physiofachbuch

Integrative Manuelle Therapie

Rudi Amberger

Unter Mitarbeit von
Thomas Brucha
Daniel Dierlmeier
Thomas Mummert
Dirk Pechmann
Matthias Schulte



iMT

Thieme


Thieme

Integrative Manuelle Therapie

Rudi Amberger

Unter Mitarbeit von
Thomas Brucha, Daniel Dierlmeier,
Thomas Mummert, Dirk Pechmann,
Matthias Schulte

1094 Abbildungen

Georg Thieme Verlag
Stuttgart • New York

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Ihre Meinung ist uns wichtig! Bitte schreiben Sie uns unter

www.thieme.de/service/feedback.html



Wichtiger Hinweis: Wie jede Wissenschaft ist die Medizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Erkenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie anbelangt. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt darauf verwandt haben, dass diese Angabe **dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes** entspricht.
Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. **Jeder Benutzer ist angehalten**, durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate und gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. **Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers.** Autoren und Verlag appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende Ungenauigkeiten dem Verlag mitzuteilen.

© 2017 Georg Thieme Verlag KG
Rüdigerstr. 14
70469 Stuttgart
Deutschland
www.thieme.de

Zeichnungen: Barbara Gay, Bremen; Heike Hübner, Berlin;
Christine Lackner, Ittlingen; Markus Voll, München
Anatomische Aquarelle aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U.
Prometheus. LernAtlas der Anatomie.
Illustrationen von M. Voll und K. Wesker.
Stuttgart: Thieme
Umschlaggestaltung: Thieme Verlagsgruppe
Umschlagfoto: Stefan Oldenburg, Heidelberg
Satz: Druckhaus Götz GmbH, Ludwigsburg
gesetzt in 3B2, Version 9.1, Unicode
Druck: Aprinta Druck GmbH, Wemding

DOI 10.1055/b-004-132 251

ISBN 978-3-13-203571-3 1 2 3 4 5 6

Auch erhältlich als E-Book:
eISBN (PDF) 978-3-13-203581-2
eISBN (epub) 978-3-13-203591-1

Geschützte Warennamen (Warenzeichen ®) werden nicht immer besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.
Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen oder die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.
Die abgebildeten Personen haben in keiner Weise etwas mit der Krankheit zu tun.

Zeit um Danke zu sagen

Nach vielen Stunden des Recherchierens, Lesens, Schreibens und Korrigierens ist es nun Zeit für ein herzliches Vergelt's Gott an all diejenigen, die zur Entstehung dieses Buches beigetragen haben. Mein erster großer Dank geht an die Mitautoren, ohne deren Unterstützung dieses Werk in diesem Umfang nicht realisierbar gewesen wäre.

Des Weiteren bedanke ich mich sehr herzlich bei all meinen Mitarbeitern von das mediABC. Durch das große Engagement und den ungebrochenen Einsatzwillen, den meine beiden Geschäftsleiter und das gesamte Team über den langen Zeitraum der Buchentstehung gezeigt haben, wurde mir der Rücken freigehalten und ich konnte einen Großteil meiner Zeit dem vorliegenden Werk widmen.

Mein ganz besonderer Dank gilt auch meiner Lebensgefährtin und Mitarbeiterin Cornelia Röder. Sie war von Anfang an mit dem Projekt betraut und hat nicht nur viele dienstliche, sondern auch etliche private Stunden hineingesteckt. Der Wunsch nach flüssigerer Lesbarkeit, leichterem Verständnis und das mehrmalige Korrigieren des gesamten Werkes entwickelten sich (fast) zur Leidenschaft.

Zu guter Letzt bedanke ich mich auch beim Thieme Verlag für das entgegengebrachte Vertrauen und vor allem für die Umsetzung unserer Wünsche und Vorstellungen.

Herzlichen Dank
Rudi Amberger

Geleitworte

Längst hat die klassische Manuelle Therapie die Grenzen der Gelenkmobilisation überschritten.

Die ursprüngliche manuelle Therapie war eine überwiegend gelenkorientierte Untersuchungs- und Behandlungsform, die ihren Schwerpunkt in der Mobilisation der Gelenkkapsel hatte.

Seit den 90er Jahren haben osteopathische und fasziale Behandlungsformen (Tom Myers, Ida Rolf, Steven Typaldos, Paul St. John, und viele mehr) zunehmend die Manuelle Therapie mit dem Gedanken der „Ursachensuche" und „Ursachentherapie" beseelt.

In den letzten zwei Jahrzehnten ist durch die empirische Arbeit vieler Therapeuten eine sehr umfangreiche Untersuchungsanalyse und eine komplexe manuelle Therapie entstanden, die versucht, die Pathologie des Patienten in seiner Gesamtheit zu erfassen und kausal eine Wiederherstellung der körperlichen Gesundheit zu erreichen.

Rudi Amberger und Kollegen ist es gelungen, mit diesem Buch klassische Manuelle Therapie mit den modernen Gedanken der Osteopathie und myofaszialen Therapie zu einem vollständigen und umfassenden Lehrbuch zu verbinden.

Dieses Buch versucht, diese Kenntnisse zu bündeln und vermittelt dabei nicht nur die Grundlage der Manuellen Therapie, sondern auch umfangreiche funktionelle anatomische Kenntnisse des gesamten Haltungsapparates, biomechanische Zusammenhänge der Gelenke in der Wechselbeziehung von Nerven, Gefäßen und viszeralen Kontakten.

Es stellt einen Leitfaden für eine strukturierte Untersuchung und Behandlung der Gelenke dar und integriert dabei die Ursache-Folgen-Kette sowie die Bedeutung der faszialen Strukturen in der Entwicklung von chronischen Schmerzsyndromen.

Meiner Meinung nach ist es ein lange überfälliges Buch, das in keinem therapeutischen Bücherschrank fehlen sollte.

Lutz M. Scheuerer BSc

Regensburg, November 2016
Bachelor of Science
in Manual Medicin & Osteopathy
Physiotherapeut
Osteopath BAO, BVO
Fachlehrer für Manuelle Therapie

Die Manuelle Therapie ist ein Sammelbegriff für eine Vielzahl wirksamer Untersuchungs- und Behandlungsmethoden, die aus der Behandlung myofaszialer Beschwerden und Schmerzen nicht mehr wegzudenken sind. Dies verdankt sie, in ihrer modernen Ausprägung, vor allem in ihrem systemischen Verständnis der Strukturen und Funktionen des Menschen: Bei chronischen Beschwerden sieht sie nicht vordergründig das Symptom, sondern überlegt, aufgrund welcher anatomischen und physiologischen Zusammenhänge das Symptom entstanden ist. Und bei akuten Beschwerden berücksichtigt sie auch die möglichen systemischen Auswirkungen der zugrundeliegenden Belastung. Entsprechend dieser systemischen Überlegungen entwickelt die Manuelle Therapie umfassende, präzise und wirksame Behandlungsstrategien.

Aber nicht nur dieses Verständnis des biologischen Systems „Mensch" ist für die Beliebtheit der Manuellen Therapie bei Patienten, Therapeuten und Ärzten ausschlaggebend. Es sind auch die qualitativ hochwertigen Weiterbildungen, die manuelle Therapeuten auf ihrem Weg zur Zertifizierung durchlaufen müssen.

Voraussetzung dafür ist, dass handlungsorientiertes Wissen und Methodenkompetenz didaktisch perfekt aufbereitet und präsentiert werden. Dies ist dem Autorenteam um Rudi Amberger in diesem Buch in hervorragender und vorbildlicher Art und Weise gelungen. Besonders beeindruckt mich die hochwertige grafische Gestaltung des Buchs. Damit trägt es wesentlich zur Verbesserung der Methodik und Didaktik des Fachs bei.

Ich wünsche diesem umfassenden und sehr gelungenen Lehrbuch der Manuellen Therapie den Erfolg und die Verbreitung, die es verdient.

Professor Dr. Erich Wühr, MSc

Bad Kötzting im Dezember 2016
Zahnarzt, Osteopath BAO, BVO
Gesundheitscampus Bad Kötzting der
Technischen Hochschule Deggendorf
Lehrgebiet Gesundheitsförderung und Prävention
Leiter des Bachelor-Studiengangs Physiotherapie
Schwerpunkt Manuelle Therapie

Vorwort

Warum kann ein Talus posterior extern zu einer Rotationsläsion von LWK V führen?
Was ist ein depressed sacrum?
Warum kann ein Zwerchfell Schulterschmerzen verursachen?

Das sind nur drei der Fragen, denen wir in diesem Buch und in unseren Kursreihen zur Integrativen Manuellen Therapie zusammen mit den Kursteilnehmern auf den Grund gehen. Wir verstehen dabei die Manuelle Therapie als in der Osteopathie verwurzelt und üben daher das Denken in Ursache-Folgen-Ketten und den Blick auf die Zusammenhänge aller Ebenen – parietal, viszeral, nerval. Das Ergebnis ist die Fähigkeit, Schmerzen zu ihrem Ursprung zurückzuverfolgen und so zum Beispiel von den Schulterschmerzen zum Zwerchfell zu gelangen – und durch eine Behandlung der Ausgangsläsion dem Patienten nachhaltig zu helfen. Die Integrative Manuelle Therapie von das mediABC ist ein undogmatisches, praxisnahes Modell mit Schwerpunkt auf der funktionellen Anatomie und der Integration verschiedener Behandlungsebenen. In unseren Kursen wird sehr viel Wert auf funktionelle Denkweise gelegt. Diese ist die Voraussetzung dafür, Läsionen in einer Ursache-Folgen-Kette (UFK), wie sie in der osteopathischen Medizin unabdingbar ist, zu erkennen und in einer sinnvollen Reihenfolge abbauen zu können.

Der Lehrplan umfasst sowohl Extremitäten und Wirbelsäule – mit besonderem Schwerpunkt auf Biomechanik und funktioneller Anatomie – als auch das parietale System und vermittelt darüber hinaus Einblicke in die Bedeutung viszeraler und neuraler Strukturen für die Manuelle Therapie.

Theorie visualisieren und verstehen

Doch gerade die funktionelle Anatomie ist hoch komplex und erschließt sich oft nicht sofort. Deswegen hat das mediABC bei der Integrativen Manuellen Therapie auch einen didaktisch-methodischen Anspruch – wir visualisieren die Theorie. In diesem Buch vermitteln wir kompliziertes Wissen in anschaulichen Bildern. Diese bildhaften Vorstellungen von Abläufen ermöglichen ein tiefes und nachhaltiges Verständnis der Zusammenhänge, welches die Grundlage für eine analytisch-logische und eigenständige Herangehensweise bildet, mit der Physiotherapeutinnen und -therapeuten ihre Patienten effektiv befunden und behandeln können.

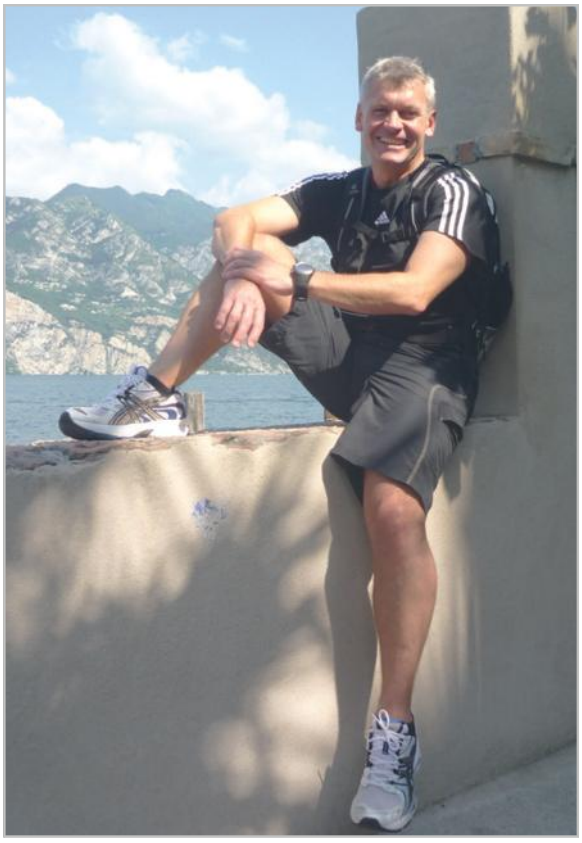
Blick über den Tellerrand

Mit dem vorliegenden Werk vermitteln wir Ihnen keine fertigen „Behandlungsrezepte“, sondern wir trainieren mit Ihnen das Denken in logischen Ketten. Da sich diese Ursache-Folgen-Ketten oft nicht an die Grenzen der Fachbereiche halten, war es uns ein besonderes Anliegen, immer wieder den Blick über den Tellerrand hinaus zu wagen und die Erkenntnisse und Sichtweisen der verschiedensten Behandlungsmethoden für die Erweiterung Ihres eigenen Verständnisses heranzuziehen. Wir möchten nicht, dass Sie das Konzept der IMT von das mediABC eins zu eins umsetzen; es ist uns vielmehr sehr wichtig, dass Sie die Manuelle Therapie verstehen und begreifen, um die zahlreichen Techniken sicher und mit Freude einsetzen zu können. Durch das aufmerksame und interessierte Lesen dieses Buches und durch den Besuch unserer Kursreihe werden Sie in der Lage sein, die Erkenntnisse verschiedener Konzepte zu bewerten und zu einem patientenorientierten Behandlungskonzept zu vereinen. Auch wenn es einige Skeptiker und Kritiker auf die Barrikaden treiben wird, so bleibt es dennoch eines unserer wichtigsten Ziele, eine perfekte Synergie aus evidenzbasierter Wissenschaft und empirischer Erfahrungsmedizin (-therapie) zu bilden. Die wissenschaftliche Beweisführung der UFKs hinkt dem praktischen Handeln zwar weit hinterher, aber wenn wir sie deswegen über Bord werfen, laufen wir Gefahr, einen Erfahrungsschatz, der sich über Jahrzehnte hinweg empirisch entwickelt hat, zu verlieren.

Sehr gerne möchten wir unsere Leidenschaft für die faszinierenden Zusammenhänge der Manuellen Therapie mit Ihnen teilen – und würden uns freuen, Sie zu unserem Zertifikatskurs begrüßen zu dürfen!

Herzlichst
Rudi Amberger, Senior Teacher IMT

Autorenvorstellung



Rudi Amberger

Senior Teacher IMT, PT, Osteopath
D.O. M.Sc. päd. Ost.

Der Grundstein meiner fantastischen Reise in die Welt der manuellen Therapie wurde dank meiner inspirierenden und motivierenden Lehrer in den Jahren 1992–1994 gelegt.

Sie vermittelten mir auf diesem komplexen Gebiet viel Wissenswertes auf sehr anschauliche Weise und vor allem die Verknüpfungen zur funktionellen Denkweise der Osteopathie fesselten mich immer wieder aufs Neue.

In den darauffolgenden Jahren (1995–2000) absolvierte ich meine Assistenzzeit zum Fachlehrer Manuelle Therapie in Donaustauf und Bayreuth und begann auf parallelem Weg mein erstes Osteopathiestudium.

Begeistert und zutiefst beeindruckt von den vielfältigen Denkansätzen, die uns die Manuelle Therapie und die Osteopathie bieten, fasste ich den Entschluss, eine eigene Kursreihe an den Start zu bringen. In den nachfolgenden Jahren vertiefte ich mein Wissen und meine Erfahrung durch das Sammeln von Erkenntnissen aus vielen unterschiedlichen manualtherapeutischen Konzepten.

Bereichert mit der empirischen Erfahrungsmedizin und -therapie aus den Bereichen Manuelle Therapie und Osteopathie und durch die intensive Beschäftigung und Auseinandersetzung mit den aktuellen evidenzbasierten Erkenntnissen entwickelte sich die Kursreihe der integrativen Manuellen Therapie. Hierbei legte und lege ich auch heute noch ein ganz besonderes Augenmerk auf die Visualisierung von funktioneller Anatomie. Mein Leitspruch aus dieser Zeit, von dem ich bis heute überzeugt bin und den ich auch meinen Kursteilnehmern stets mit auf den Weg gebe, lautet: „Manuelle Therapie ist Anatomie mit Anatomie & Anatomie, gepaart mit Physiologie, Neurophysiologie & Biomechanik."



Thomas Brucha

Physiotherapeut seit 1997 und aktuell tätig in Jena und Weimar

Senior Teacher IMT seit 2015 und Fachlehrer Krankengymnastik am Gerät seit 2014

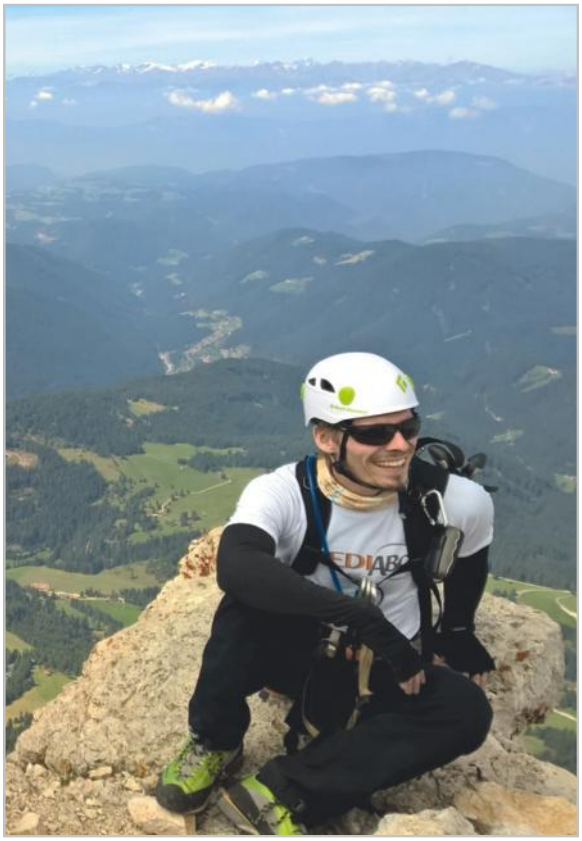
Zusammen mit Annett „Polly“ Pulina Mitinhaber des funktionellen Athletiktrainingstudios Onyva in Weimar

Betreuer des Olympiastützpunktes Jena von 1998 bis 2002

Vater von zwei Söhnen (Kevin 14 J. und Lasse 5 J.)

Die körperliche Problematik eines jeden Patienten ist eine ganz eigene individuelle Geschichte. Dass diese Individualität eines Problems und das Erforschen desselbigen nicht einfach sind, hat jeder schon in seiner täglichen Arbeit herausgefunden. Aber genau das ist das Interessante daran!

Der Erfolg einer Therapie liegt neben einer guten Befunderhebung in der Kombination von physiotherapeutischen Komponenten. Genauso verhält es sich im Fachbereich Manuelle Therapie. Die Individualität einer körperlichen Dysfunktion verbietet förmlich ein eingleisiges Konzeptdenken, denn diese Eingleisigkeit vermindert die Chance einer erfolgreichen Behandlung. Je integrativer ich tätig bin, je mehr ich über meinen eigenen Tellerrand hinausblicke, umso erfolgreicher bin ich in der Therapie meiner Patienten. Dies verdanke ich vielen Konzepten. Der Erfolg war stets unabhängig davon, ob es große, namhafte oder „no-name“-Konzepte sind und waren. Ich habe aus ihnen immer bestimmte Teile in meine Arbeit integriert. Das Konglomerat aller Konzepte bringt uns und unseren Berufsstand weiter. Es schafft uns die Möglichkeit, auf Individualität einzugehen, fallbezogen und intensiv zu forschen.



Daniel Dierlmeier

Physiotherapeut, Heilpraktiker, Osteopath
Advanced Teacher IMT, Fachlehrer KGG

Schon während der Ausbildung zum Physiotherapeuten erkannte ich, dass der menschliche Körper mehr als die Summe seiner einzelnen Teile darstellt. Gewissermaßen entsteht durch das Zusammenspiel der einzelnen Muskeln, Gelenke, Bänder und Sehnen ein einzigartiges Ganzes. Auf meiner Suche nach einer effektiven Form der Behandlung führte mein Weg nach dem Staatsexamen über die Manuelle Therapie zu einem 5-jährigen Studium der Osteopathie.

Bei meiner Arbeit als Osteopath und Heilpraktiker darf ich tagtäglich feststellen, dass kein Patient dem anderen gleicht. Aus diesem Grund dürfen wir nicht dazu übergehen, „Kochrezepte“ – besser gesagt Schemata – zur Behandlung einzelner Krankheitsbilder zu entwickeln. Vielmehr ist es wichtig, den Patienten in kurzer Zeit effektiv zu untersuchen und die Ursache der Beschwerden, die teilweise weit von der Schmerzregion entfernt liegen kann, zu finden. Die Integrative Manuelle Therapie schlägt eine Brücke zwischen der Genauigkeit der klassischen Manuellen Therapie und dem ganzheitlichen Denkansatz der Osteopathie.

„Nimm nie die Hand von deinem Patienten, bevor du nicht alle Einschränkungen an den Arterien, Venen und Nerven beseitigt hast.“ (nach Andrew Taylor Still). Die Heilung von Gewebestrukturen ist nur möglich, wenn die zugehörigen Leitungsbahnen unbehindert verlaufen, versorgen und steuern können. Im Jahr 2007 konnte ich dieses osteopathische Prinzip anschaulich untermauern im Fachbuch „Mobilisation nervaler Strukturen“, welches im Eigenverlag erschienen ist. 2015 dufte ich im Haug-Verlag das Standardwerk „Nervensystem in der Osteopathie“ veröffentlichen.

Derzeit leite ich das Zentrum für osteopathische Medizin in Furth im Wald. Mein Tätigkeitsschwerpunkt liegt hier in der Kinder- und Säuglingsosteopathie und in Naturheilverfahren. Als Lehrer unterrichte ich Manuelle Therapie, Mobilisation nervaler Strukturen sowie Praxismanagement und biete eine eigene einjährige Ausbildung zum Heilpraktiker an.

Lernen soll Spaß machen, weil es dann auch umso leichter fällt. Daher ist es mir wichtig, auf trockene Theorie zu verzichten und die Inhalte der IMT als aufregende Reise durch den Körper zu präsentieren. Mein Ziel ist es, den Schüler genauso für die Manuelle Therapie zu begeistern, wie sie mich begeistert, und ihn anzuspornen, über den Tellerrand des Konventionellen hinauszublicken.



Thomas Mummert

MSc./BSc. Osteopathie BAO, Advanced Teacher IMT
BSc. Physiotherapie

Meine Ausbildung zum Physiotherapeuten absolvierte ich von 1995 bis 1998 an der Medizinischen Akademie des Internationalen Bundes (IB) in Zittau. Nach einer zweijährigen angestellten Tätigkeit in der Physiotherapiepraxis des IB entschloss ich mich, selbstständig tätig zu werden und eröffnete 2001 eine eigene Praxis für Physiotherapie in Görlitz.

Meine Begegnung mit der Manuellen Therapie begann während meines Bachelor-Studiums an der Hochschule von Amsterdam 2002 – 2005. Neben den vielfältigen Modulen zum Thema Physiotherapie und Wissenschaft, beinhaltete dieser Studiengang auch den Zertifikatskurs „Manuelle Therapie nach dem Kaltenborn/Evjenth-Konzept".

Rudi Amberger und das integrative Manuelle Therapie-Konzept von das mediABC lernte ich 2009 kennen. Von 2009 bis 2012 absolvierte ich die Ausbildung zum Fachlehrer für Manuelle Therapie. In meinen Assistenzen wurde mir sehr schnell klar, dass hier verschiedene Herangehensweisen an die Manuelle Therapie, wie ich sie auch damals in meinem Studium erlebt habe, in einem Konzept integriert werden.

Die Manuelle Therapie mit unterschiedlichen Denkmodellen zu betrachten und zu unterrichten ist für mich eine der wichtigsten und schönsten Herausforderungen in den IMT-Kursen.

Um meinen Teilnehmern in den IMT-Kursen die Faszination der Manuellen Therapie und die Kombination mit verschiedenen Denkmodellen noch besser vermitteln zu können, setzte ich mich nochmal auf die Schulbank. 2011 begann ich das fünfjährige Studium für Osteopathie an der OSD/DIU und schloss es 2016 mit dem Titel MSc./BSc. Osteopathie BAO ab.

Eine wichtige Stütze und Ausgleich nach den Kursen ist für mich meine Familie, mit Partnerin Susann und unserer kleinen Tochter Emelie. Ruhe und Entspannung genieße ich zum einen in unserem Haus in der Nähe von Görlitz und zum anderen über ausgedehnte Spaziergänge mit unserer Boxerhündin Nina.



Dirk Pechmann

Physiotherapeut, Diplommedizinpädagoge
Advanced Teacher IMT, Fachlehrer KGG

Nach meiner Ausbildung zum Physiotherapeuten von 1995 bis 1998 an der Medizinischen Berufsfachschule der Universität Leipzig begann ich im Herbst 1998 mit der Weiterbildung zum Manualtherapeuten.

Dabei führte mich mein Weg über viele Stationen von Leipzig nach Mainz und Bad Tölz, bis ich im Jahr 2000 meine Zertifikatsausbildung Manuelle Therapie im Kaltenborn-Evjenth-Konzept abschloss. Währenddessen arbeitete ich von 1998 bis 2001 in der Moritzklinik Bad Klosterlausnitz im Bereich der orthopädischen und neurologischen Rehabilitation. Ab dem Jahr 2001 war ich am Bildungszentrum für medizinische Heilhilfsberufe in Gera als Lehrer im Fachbereich Physiotherapie und nebenberuflich in der Praxis Graupner als freier Mitarbeiter tätig.

Einmal von der Manuellen Therapie infiziert, ahnte ich nicht, welch langer Weg, aber auch wie viele positive Erfahrungen auf mich warteten.

Von Anfang an faszinierte mich die Logik, welche hinter vielen Behandlungsansätzen steht, das damit verbundene funktionelle Denken und das direkte Zusammenspiel von Ursachen, Interventionen und Folgen. So entwickelte sich die Manuelle Therapie immer mehr zu einem Steckenpferd, das ich weniger als Arbeit oder gar Belastung ansah.

Damit lag es für mich auf der Hand, meiner Zertifikatsausbildung die im Jahr 2000 in Mainz begonnene OMT-Ausbildung bei der DGOMT folgen zu lassen. Diese Zeit bescherte mir unglaublich viele positive Erfahrungen fachlicher und menschlicher Art und endete 2002 mit dem OMT-Examen.

Die Essenz aus dieser Zeit ließ mich schätzen, welch hohes Gut das Wissen und dessen Vermittlung darstellt. Somit öffneten sich für mich auch neue Denkweisen, die mir den Weg in die Pädagogik bescherten.

Diese Ambitionen führten mich einerseits zum 5-jährigen Studium der Diplommedizinpädagogik an die Charité nach Berlin und andererseits, von 2003 bis 2006, zur Assistentschaft im Konzept der Integrativen Manuellen Therapie am Institut „das mediABC“.

Während dieser Zeit vervollständigte sich mein Bild von den verschiedensten Behandlungsmaßnahmen zunehmend, insbesondere auch durch die von Rudi Amberger vorgenommene, gelungene Integration osteopathischer Sichtweisen in das Ausbildungscurriculum der IMT. Die flexible Verkettung von funktioneller Anatomie, manualtherapeutischen Anwendungen, osteopathischen Interventionen und das Bemühen, dieses Konzept nachhaltig und logisch zu vermitteln, faszinierten mich von Beginn an.

Meinen beruflichen Weg als Lehrer in der Ausbildung von Physiotherapeuten setzte ich ab 2009 an der Heimerer Schule in Leipzig fort. Im Jahr 2016 wechselte ich als Lehrer an die Medizinische Berufsfachschule der Universität Leipzig, womit sich für mich der Kreis schloss.

Meine überaus positiven Erfahrungen während meiner Ausbildung, meiner Unterrichts- und Weiterbildungstätigkeit sowie die Behandlungserfolge am Patienten bestätigen mich bis zum heutigen Tag auf meinem Weg.

Der Wechsel der Perspektive vom Schüler zum Lehrer ermöglicht es mir, das erlernte Wissen weiterzugeben in der Hoffnung, dass der Funke für die Manuelle Therapie überspringt und ich ein Stück meiner Begeisterung verbreiten kann.

Ich denke, dass meine Mitarbeit an dem vorliegenden Buch dem geneigten Leser und Kursteilnehmer dieses Anliegen nahebringt und ihm auf seinem Weg eine gute Hilfe bietet.

Ich danke meiner Familie und vor allem meiner Frau Antje für die Unterstützung und das Verständnis in all den Jahren und der kommenden Zeit. Ich hoffe, dass wir weiterhin den Spagat zwischen beruflicher Belastung und Freizeit meistern.



Matthias Schulte

Fachlehrer MT, PNF, KGG, PNF Advanced Course Instructor der IPNFA, MSc Neurorehabilitation

Die Integrative Manuelle Therapie ist für mich eine optimale Behandlung auf Struktur- und Funktionsebene. In Ergänzung mit der Behandlung auf Aktivitäts- und Partizipationsebene (PNF-Konzept) erlaubt sie eine umfassende Behandlung des Patienten.

Auch meine MT-Ausbildung begann sehr bald nach meinem Physiotherapie-, damals noch Krankengymnastikexamen. Anschließend arbeitete ich einige Jahre in einer orthopädischen Rehaklinik bzw. einer Praxis. Dann begann meine Unterrichtstätigkeit an einer Berufsfachschule für Physiotherapie. Als ich schließlich bei das mediABC mit meinen Assistenzen anfing, war ich von der Exaktheit und Anschaulichkeit des Unterrichts sehr beeindruckt. Wie z. B. anatomische und biomechanische Inhalte visualisiert und somit einfacher verständlich gemacht werden können, hatte ich so noch nirgends vorher gesehen.

Daher bin ich mir sicher, ein beruflich äußerst hilfreiches Konzept der Manuellen Therapie, nämlich die Integrative Manuelle Therapie, unterrichten und mit weiterentwickeln zu können.

In diesem Sinne kann und muss ich natürlich auch hin und wieder Inhalte aus meinem anderen Lieblingskonzept PNF mit einfließen lassen. Die Kombination von MT und PNF halte ich persönlich für überaus nutzbringend für die Patienten, denn was eher passiv mittels MT erarbeitet wurde, kann oft durch kleine Modifikationen noch weiter aktiv durch PNF gefestigt werden.

Diese Kombination versuche ich auch in meine Kiefergelenks- bzw. CMD-Kurse mit einfließen zu lassen, was bei den Teilnehmern/Innen und dadurch auch bei den Patienten immer sehr gut ankommt.

Schlussendlich freut es mich besonders, dass nun auch in der IMT das Konzept der ICF Einzug gehalten hat und so auch von dieser Seite her eine zukunftsorientierte Entwicklung weitergeführt wird.

Anschriften

Herausgeber

Rudi **Amberger**
Dachsbergstr. 10
93495 Weiding

Mitarbeiter

Thomas **Brucha**
Bauhausstr. 4
99423 Weimar

Daniel **Dierlmeier**
Bräuhausstr. 5
93437 Furth im Wald

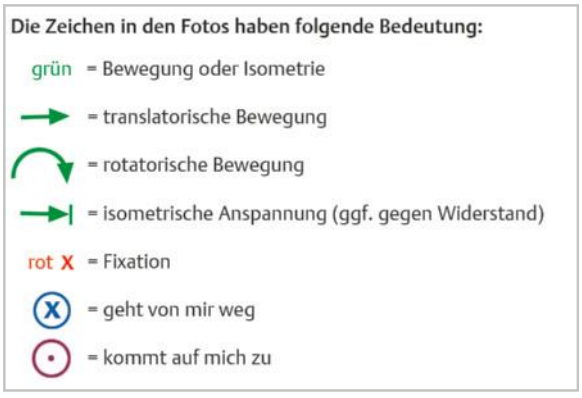
Thomas **Mummert**
Gersdorfer Str. 9b
02894 Reichenbach

Dirk **Pechmann**
Feldstr. 9
04442 Zwenkau

Matthias **Schulte**
Fasanenweg 19
93485 Rimbach

Zeichenerklärung

Hier finden Sie die Erläuterungen zu den Symbolen in den Abbildungen:



1 Einleitung

Die Anforderungen an Physiotherapeuten wandeln sich. Noch vor einigen Jahren war die Maßgabe, Krankheiten mit ihren Symptomen zu kennen und dann je nach Diagnose eine bestimmte Behandlungsmaßnahme auszuführen. Diese Herangehensweise trägt der modernen Physiotherapie und im konkreten Fall der Manuellen Therapie kaum noch Rechnung. An diese Stelle sollte heute eine symptomorientierte Untersuchung treten, die es dem Therapeuten ermöglicht, aufgrund seiner Kenntnisse und Erfahrungen, die betroffenen Strukturen zu identifizieren und somit den adäquaten Therapieansatz auszuwählen. Physiotherapeuten der heutigen Zeit sollten in der Lage sein, ihre Interventionen zu begründen, zu bewerten und damit die Behandlung den Behandlungsergebnissen anzupassen. Diese Fähigkeiten setzen ein hohes Maß an Wissen im Bereich Anatomie sowie der klinischen Untersuchungs- und der therapeutischen Interventionsmöglichkeiten voraus. Wir möchten mit diesem Buch und dem darin vorgestellten Konzept der IMT einen Beitrag leisten, dieses Wissen zu generieren und zielgerichtet anzuwenden. Infolgedessen ist diese Publikation aus didaktischen Gründen in die Grundlagen der Manuellen Therapie, sowie den Befund und die Behandlung der einzelnen Körperabschnitte gegliedert. Dabei folgen die Ausführungen immer dem gleichen Muster, was die Wiederholung der Anatomie, der daraus entstehenden funktionellen Anatomie und auch die sich ergebenden Behandlungen betrifft. Es ist uns wichtig, nicht nur Bezug zu den einzelnen Gelenken und Muskeln zu nehmen, sondern auch eine sinnvolle Verbindung zwischen Nervensystem, fazialen Strukturen, Gefäßen und dem Erkennen und Behandeln von Instabilitäten zu schaffen. Um das kausale Denken anzuregen, werden Ursache-Folgen-Ketten beschrieben, die es exemplarisch ermöglichen sollen, nachhaltig zu behandeln und den Ort für die Ursache der Beschwerden zu finden. Darin begründet sich die Integrative Manuelle Therapie, mit der wir im Jahr 2001 unseren ersten Kurs in Furth im Wald starteten. Den organisatorischen Rahmen bildete von Anfang an das Institut *„das mediABC“*, welches seit dem Jahr 2007 in Nürnberg angesiedelt ist. Seit diesem ersten Kurs war es uns immer ein Anliegen das Konzept der IMT weiterzuentwickeln. Das umfasst für uns nicht nur den fachlichen Aspekt, sondern auch das methodisch-didaktische Vorgehen, die Bereitstellung von Lehrmaterialien und die Qualifikation unserer Dozenten. Somit haben wir es geschafft, in den zurückliegenden Jahren unser Konzept kontinuierlich zu verbessern, indem wir vielseitige Erfahrungen sowie neue Erkenntnisse zahlreicher Autoren umsetzten. Diese kontinuierliche Arbeit ermöglicht es uns heute, ein gut illustriertes und strukturiertes Buch zur Verfügung stellen zu können. Unser derzeit sieben Fachlehrer und fünf Assistenten umfassendes Lehrteam ist deutschlandweit tätig und unterrichtet an 14 verschiedenen Kursstandorten. Damit ist es uns bis jetzt gelungen, über 2700 Teilnehmer durch insgesamt 135 Kursreihen mit 1350 Modulen zur Zertifikatsprüfung zu führen. Diese Unterrichtserfahrung und die fachliche Qualifikation unseres Lehrteams bilden die Substanz des vorliegenden Buches und sollen dem Leser ermöglichen, in der täglichen Praxis einen „roten Faden“ zu finden. Durch zahlreiche Anmerkungen möchten wir unsere eigenen praktischen Erfahrungen einbringen, um bestimmte Behandlungsansätze plastischer zu gestalten und somit den Zugang zu erleichtern. Auch vergehen zwischen der Verordnung und der ersten Behandlung oft mehrere Tage, die den Zustand des Patienten verändern und eine gewisse Sorgfalt des Therapeuten unabdingbar machen. Aus diesem Grund sind zahlreiche Sicherheitstests aufgeführt, die schwerwiegenden Komplikationen vorbeugen sollen. Wir haben durch die Struktur des Buches versucht, dem Leser die praktische Umsetzung zu erleichtern und dem Kursteilnehmer einen optimalen Lernerfolg zu ermöglichen. In der Zuversicht, dass uns dieses Anliegen gelungen ist, wünschen wir Ihnen viel Spaß beim Studium der Lektüre und therapeutischen Erfolg bei der Behandlung.

2 Grundlagen der Manuellen Therapie

Dirk Pechmann

In den Grundlagen der Manuellen Therapie sollen im Folgenden ein paar erforderliche Aspekte der Gelenkanatomie, der Bewegungslehre und der Bewegungsuntersuchung erörtert werden. Diese Inhalte sollen dem Verständnis der verschiedensten Befund- und Behandlungstechniken dienen.

2.1 Allgemeine Gelenklehre

Im Allgemeinen sind Gelenke (Diarthrosen) bewegliche Verbindungen zwischen zwei Knochen. Dem gegenüber stehen die unbeweglichen oder nur sehr gering beweglichen Haften, welche auch als Synarthrosen bezeichnet werden.

2.1.1 Knochenverbindungen

In ▶ Tab. 2.1 sind die wichtigsten Knochenverbindungen mit Beispielen ihres Vorkommens aufgeführt.

2.1.2 Gelenkflächen

Die Form der Gelenkflächen spielt in der Manuellen Therapie eine tragende Rolle. Sie bestimmen nicht nur die Bewegungsmöglichkeiten, sondern stellen auch die Grundlage für die Mobilisationsrichtungen dar.

Im Wesentlichen sind die Gelenkflächen von Mc Conaill (Mc Conaill u. Basmajian 1977) auf 2 Grundformen reduziert. Diese 2 Grundformen sind in ▶ Abb. 2.1 dargestellt. Es sind das Ei (ovoide Gelenkflächen) und der Sattel (sellare Gelenkflächen).

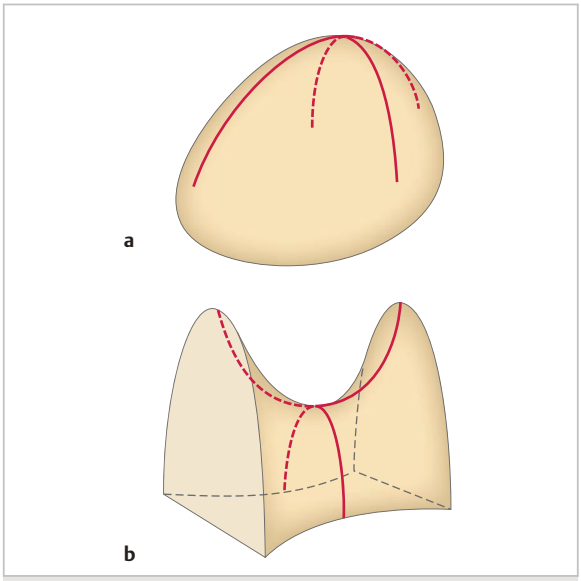


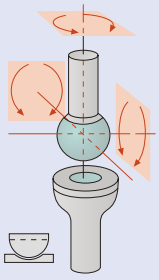
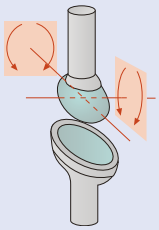
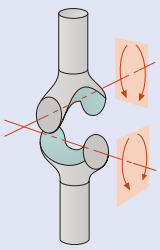
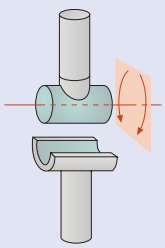
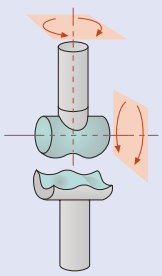
Abb. 2.1 Grundformen der Gelenkflächen.
a Ei.
b Sattel.

Diese 2 Grundformen können verändert oder unverändert belassen werden. Daraus entstehen dann unsere klassischen Gelenktypen. Im Einzelnen zeigt dies ▶ Tab. 2.2.

Tab. 2.1 Knochenverbindungen mit Beispielen ihres Vorkommens. (Modifiziert nach Kaltenborn 1999)

Diarthrosen						**Synarthrosen**		
Echtes Gelenk					Halbgelenk	Syndesmose (Junctura fibrosa)	Synchondrose (Junctura cartilaginea)	Synostose (Junctura ossea)
Articulatio				Amphiarthrose	Spalten in ehemaligen Junctura cartilaginea, die sich mit Synovia füllen	z. B. Suturen, Verzapfungen, Syndesmosis tibiofibularis	z. B. Epi- u. Apophysenfugen, Discus intervertebralis, Symphysis pubis	z. B. ehemalige Wachstumszonen
einfaches Gelenk		zusammengesetztes Gelenk		Bewegungsausmaß kleiner als 10°				
mechanisch	anatomisch	mechanisch	anatomisch					
• einachsig • zweiachsig • dreiachsig	nur eine Gelenkhöhle	mehrachsig	mehr als eine Gelenkhöhle, geteilt durch Discus, Meniskus					

Tab. 2.2 Gelenktypen.

Klassischer Gelenktyp	Gelenktypen nach Mac Conaill		Gelenkflächenform	Vereinfachte Anzahl der Bewegungsachsen	Beispiele
Kugelgelenk	unverändert ovoid	ovoid	= Kugel 	3	Art. humeri, Art. coxae
Eigelenk	verändert ovoid		= Ellipse 	2	Art. radiocarpalis
Sattelgelenk	unverändert sellar	sellar	= Sattel 	2	Art. carpometacarpalis I, Art. humeroulnaris, Art. sternoclavicularis
Scharniergelenk	verändert sellar		= Zylinder 	1	Art. tibiotalaris Artt. interphalangealis proximalis et distalis
Bikondylargelenk	Sonderformen			2	Art. genus

2.1.3 Achsen und Ebenen

Achsen und Ebenen sind notwendig, um bestimmte Bewegungen und deren Richtungen zu definieren. Dabei erfolgen rotatorische Bewegungen (Drehbewegungen) um bestimmte Achsen und translatorische Bewegungen (geradlinige Bewegungen) entlang von Ebenen.

Anatomische Ebenen

Der Körper wird mithilfe von 3 Hauptebenen, die im rechten Winkel zueinander liegen, geteilt. Diese Ebenen werden benutzt, um anatomische Knochenbewegungen zu beschreiben.

Sagittalebene

Liegt sie in der Mitte und teilt den Körper in eine rechte und eine linke Körperhälfte, wird sie als Medianebene bezeichnet. Alle anderen Ebenen, die im Körper parallel zur Medianebene verlaufen, werden Sagittalebenen genannt.

Frontalebene

Sie teilt den Körper in einen vorderen (ventralen, anterioren) und hinteren (dorsalen, posterioren) Abschnitt.

Transversalebene

Sie teilt den Körper in einen oberen und unteren Abschnitt.

Anatomische Achsen

Eine anatomische Achse entsteht aus der Schnittlinie zweier anatomischer Ebenen. In der Summe entstehen damit aus den Schnittpunkten von 3 Ebenen 3 anatomische Achsen (▶ Abb. 2.2). Um diese Achsen finden anatomische Knochenbewegungen statt.

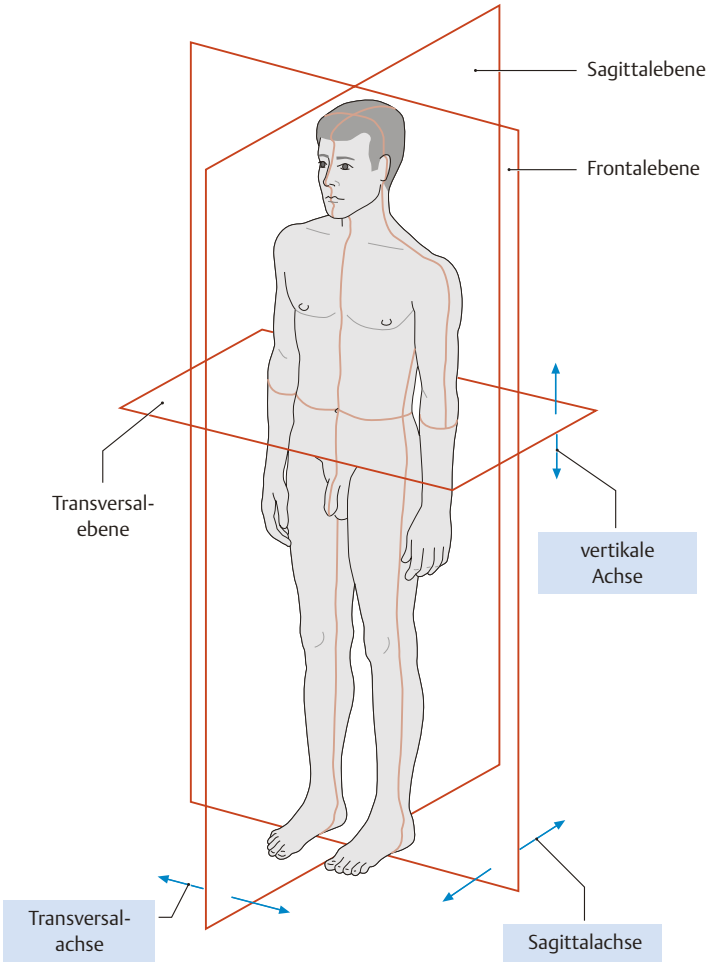


Abb. 2.2 Anatomische Achsen und Ebenen.

Vertikale Achse

- Sie ist die Längsachse und entspricht der mathematischen Y-Achse.
- Sie verläuft von kranial nach kaudal und wird deshalb auch als kranio-kaudale Achse bezeichnet.
- Da sie aus den Schnittpunkten der Sagittalebene und der Frontalebene entsteht, wird sie auch als sagitto-frontale Achse bezeichnet.
- Bewegungen um diese Achse verlaufen immer in der nicht an der Achsenbildung beteiligten Ebene, der Transversalebene.
- Die Bewegungen sind alle Rotationen, Pronation und Supination.

Transversale Achse

- Sie ist eine quere Achse, welche von der linken zur rechten Körperhälfte zieht und mathematisch der X-Achse entspricht.
- Sie kann auch als medio-laterale Achse oder Horizontalachse bezeichnet werden.
- Da sie aus den Schnittpunkten der Frontalebene und der Transversalebene entsteht, wird sie auch als fronto-transversale Achse bezeichnet.
- Bewegungen um diese Achse verlaufen immer in der nicht an der Achsenbildung beteiligten Ebene, der Sagittalebene.
- Die Bewegungen sind Flexion/Extension, Dorsalextension/Plantarflexion, Dorsalextension/Volarflexion, Dorsalextension/Palmarflexion.

Sagittale Achse

- Sie ist eine Achse, die den Körper pfeilwärts (sagitta, lat.: Pfeil) durchbohrt und mathematisch dabei der Z-Achse entspricht.
- Sie verläuft von dorsal nach ventral und wird damit auch als dorso-ventrale oder Pfeilachse bezeichnet.
- Da sie aus den Schnittpunkten der Sagittalebene und der Transversalebene entsteht, wird sie auch als sagitto-transversale Achse bezeichnet
- Bewegungen um diese Achse verlaufen immer in der nicht an der Achsenbildung beteiligten Ebene, der Frontalebene.
- Die Bewegungen sind Lateralflexion, Abduktion/Adduktion, Radial-/Ulnarabduktion, Lateralflexion rechts/links.

Helikoidale Achsen

Rotatorische, achsen- und ebenengerechte Bewegungen im dreidimensionalen Raum kann man gut mit dem Achsen-Ebenen-System beschreiben. Die rechtwinklige Lage der Bewegungsachse zu einer der 3 anatomischen Raumebenen ist aber eher der Sonderfall.

Neben den 3 rotatorischen Komponenten müssen dabei auch die 3 translatorischen Komponenten berücksichtigt werden. Eine solche Bewegung kann durch das Konzept der helikoidalen Achse beschrieben werden (Klein u. Sommerfeld 2004).

Die ▶ Abb. 2.3 stellt die Freiheitsgrade der Wirbelsäule in Bezug auf die anatomischen Raumebenen und deren rotatorische und translatorische Bewegungsmöglichkei-

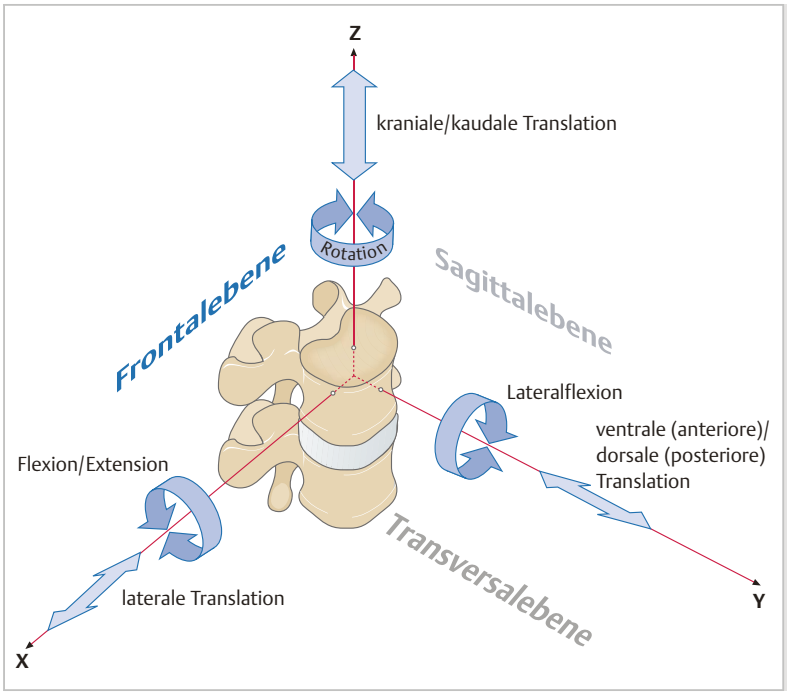


Abb. 2.3 Rotatorische und translatorische Bewegungsmöglichkeiten der Wirbelsäule.

ten dar. Dabei wird deutlich, dass es eine Kombination von rotatorischen Bewegungen, wie Flexion/Extension, Rotation und Lateralflexion, sowie translatorischen Freiheitsgraden gibt.

Eine Rotation, kombiniert mit einer Translation in Bezug auf eine dreidimensionale Achse, stellt eine helikoidale (schraubenförmige) Bewegung dar. Die ▶ Abb. 2.4 zeigt schematisch eine helikoidale (schraubenförmige) Bewegung. Sie setzt sich aus einer Translation (s) und einer Rotation (φ) in Bezug auf eine dreidimensionale Achse zusammen.

Die helikoidale Achse wird gewöhnlich durch einen Schnittpunkt mit einer Ebene lokalisiert (z. B. Koordinate x/y). Für die Orientierung werden 2 Winkel benötigt, z. B. Neigungs- und Abweichungswinkel. Damit entspricht dieses Achsenmodell eher den physiologischen Bewegungen der menschlichen Gelenke, da während einer Bewegung gleichzeitig mehrere Ebenen tangiert und Bewegungskombinationen hergestellt werden. Diese Bewegungen stehen nun in einer zwingenden Relation zueinander, da sie bei einer schräg stehenden Achse nicht einzeln ablaufen können. Man spricht dann von einer assoziierten bzw. gekoppelten Bewegung (Klein u. Sommerfeld 2004).

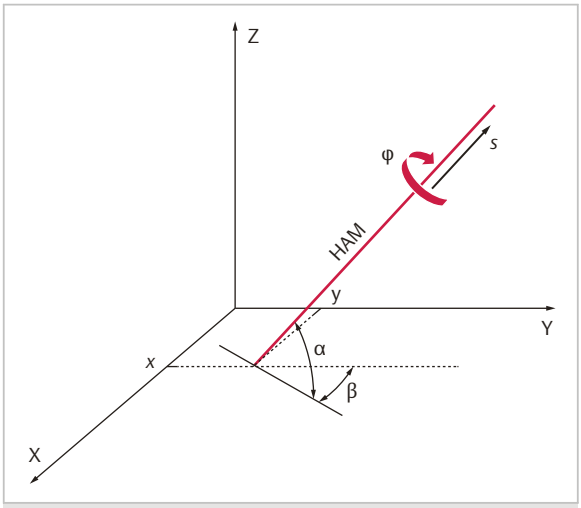


Abb. 2.4 Schraubenförmige Bewegung um eine helikoidale Achse (HAM = **H**elicoidal **A**xis of **M**otion).

Behandlungsebene in der Manuellen Therapie

Die Behandlungsebene stellt in der Manuellen Therapie eine Bezugsebene dar, zu der translatorische Testungen und Behandlungen ausgeführt werden. Sie liegt vereinfacht gesagt immer auf dem konkaven Gelenkpartner (Kaltenborn 1999, ▶ Abb. 2.5).

Unabhängig vom bewegten Gelenkpartner, der konkav oder konvex sein kann (▶ Abb. 2.6), sollte der Therapeut die Lage der Behandlungsebene auch in Bezug auf die unterschiedlichen morphologischen Baumerkmale des konkaven Gelenkpartners beachten.

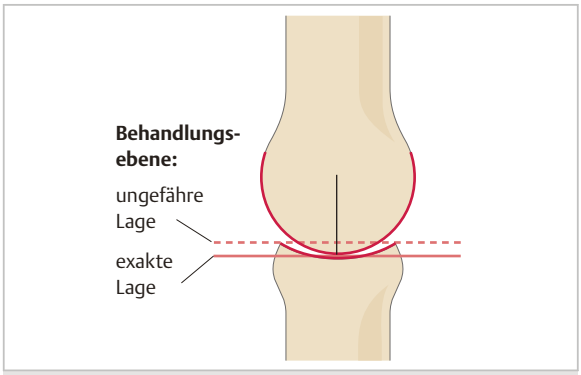


Abb. 2.5 Lage der Behandlungsebene.

2.1.4 Gelenkstellungen in der Manuellen Therapie

Neben der bekannten Neutralnullstellung, aus der die Gelenkmessung vorgenommen wird, gibt es in der Manuellen Therapie weitere, zu Untersuchungs- und Behandlungszwecken festgelegte Gelenkstellungen.

Ruhestellung

Befindet sich ein Gelenk in der Ruhestellung, sind 3 maßgebliche Kriterien erfüllt:

- Die Kapsel ist maximal entspannt und besitzt daher den größten Rauminhalt.
- Die Gelenkflächen der beiden Gelenkpartner haben hier am wenigsten Kontakt miteinander.
- Das Joint play (Gelenkspiel) ist am größten (Kaltenborn 1999).

Die Stellung wird genutzt zur Gelenkspieltestung, zur schmerzlindernden Traktion bzw. zum Gleiten.

Aktuelle Ruhestellung

Die aktuelle Ruhestellung ist die aufgrund von intra- oder extraartikulären pathologischen Zuständen geänderte Ruhestellung. In dieser aktuellen geänderten Ruhestellung ist jetzt das Gelenk am lockersten und besitzt das größte Joint play (Kaltenborn 1999).

Sie wird bei der Untersuchung und Behandlung dann benutzt, wenn es nicht möglich ist, die eigentliche Ruhestellung des Gelenks einzunehmen. Dies gilt besonders für die Traktion zur Schmerzlinderung.

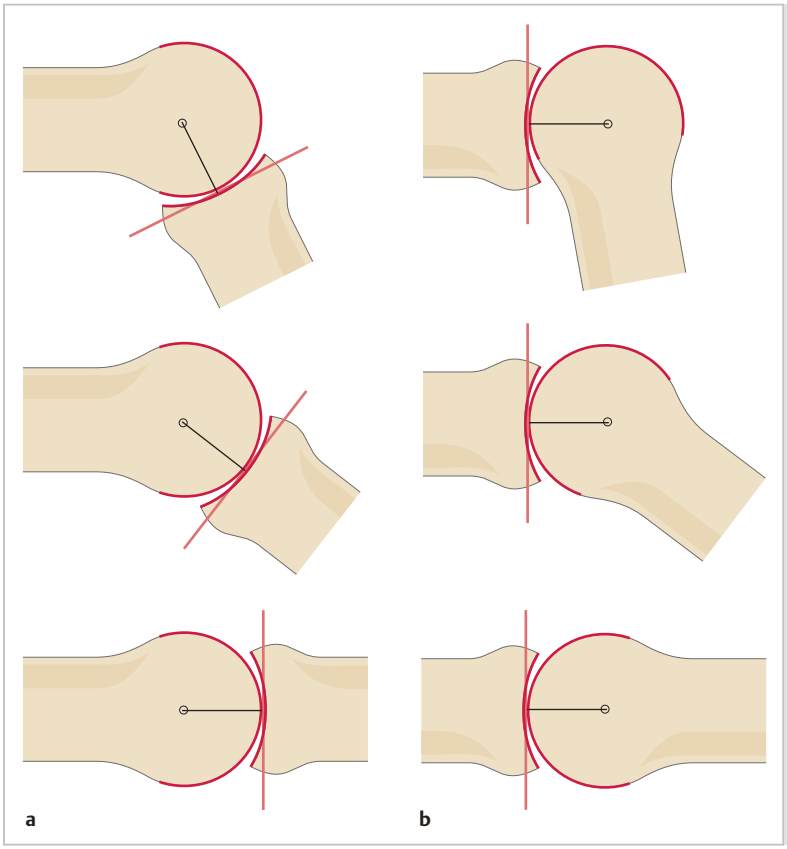


Abb. 2.6 Behandlungsebene und Gelenkpartner.
a Die Behandlungsebene bewegt sich mit dem konkaven Gelenkpartner.
b Die Behandlungsebene bleibt stehen, da der konvexe Gelenkpartner bewegt wird.

Verriegelte Stellung

Befindet sich ein Gelenk in der verriegelten Stellung, sind 3 maßgebliche Kriterien erfüllt:
- Die Kapsel und Bänder sind maximal angespannt.
- Die Gelenkflächen der beiden Gelenkpartner haben hier den meisten Kontakt miteinander.
- Das Gelenkspiel ist am geringsten (Kaltenborn 1999).

Sie wird genutzt, um die Mitbewegung von angrenzenden Gelenken zu vermeiden oder ein Gelenk auf Stabilität zu prüfen.

Aktuelle Behandlungsstellung

Sie liegt submaximal am Bewegungsende und wird ggf. dreidimensional eingestellt. In dieser Position kann das Gelenkspiel getestet werden bzw. stellt diese Position die effektivste Ausgangsstellung für die Mobilisation dar, da dabei die verkürzten Strukturen am meisten unter Spannung kommen.

2.2 Allgemeine Bewegungslehre

Knochen- und Gelenkbewegungen werden in die Osteokinematik (Lehre von der Knochenbewegung) und in die Arthrokinematik (Lehre von der Gelenkbewegung) unterteilt (▶ Abb. 2.7). Unter der Osteokinematik werden die Knochenbewegungen im Raum und unter der Arthrokinematik die Bewegungen zweier artikulierender Gelenkflächen während der Knochenbewegung zusammengefasst.

2.2.1 Osteokinematik

Die Osteokinematik beschreibt, wie sich Knochen im Raum bewegen können. Dabei erfolgen Bewegungen um Achsen und werden somit als Rotation bezeichnet. Der Knochen kann sich aber auch geradlinig im Raum bewegen, wobei wir von Translationen sprechen.

Rotationen

Rotationen sind aktive oder passive Drehbewegungen um jegliche Achse innerhalb oder außerhalb des Körpers, wobei alle Punkte eine Kreisbahn beschreiben. Dabei ent-

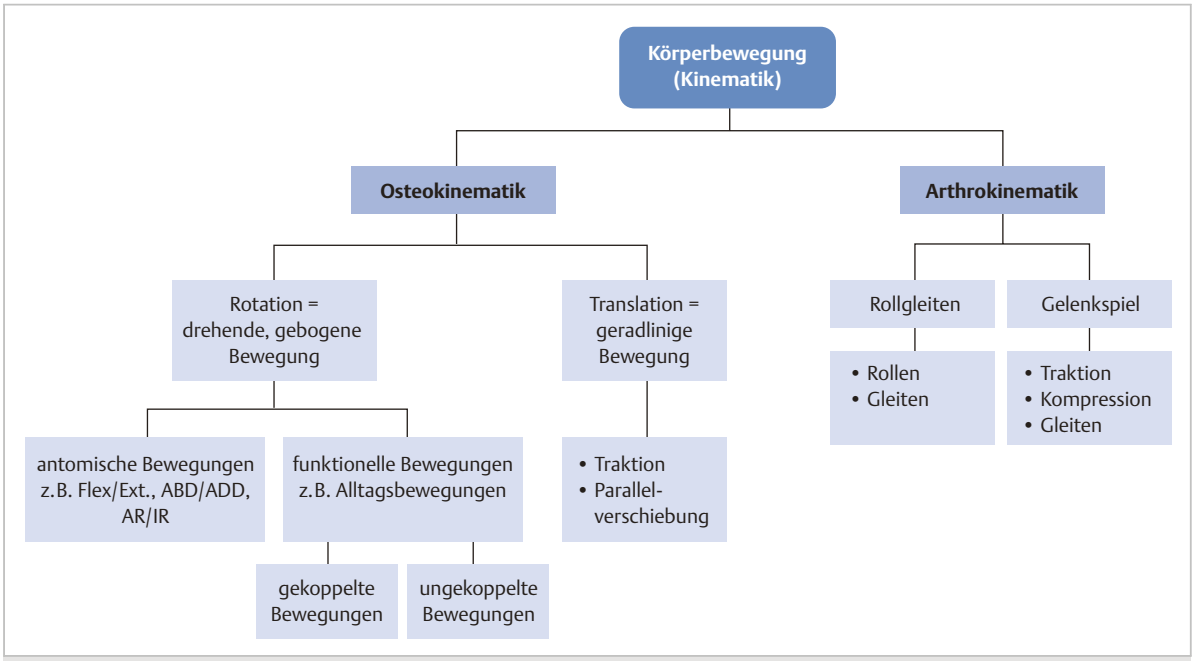


Abb. 2.7 Übersicht zu den osteokinematischen und arthrokinematischen Bewegungen (modifiziert nach Schomacher 2001).

steht gleichzeitig eine Gelenkbewegung in allen beteiligten Gelenken, welche als Rollgleiten bezeichnet wird.

Die rotatorischen (angulären) Knochenbewegungen werden unterteilt in:

▸ **Anatomische Knochenbewegungen.** Das sind aktive oder passive Rotationen um definierte Achsen in den anatomischen Ebenen. Sie werden benutzt, um den Bewegungsausschlag beim Patienten zu beschreiben und zu messen. Die Bezeichnung erfolgt mit den herkömmlichen Bewegungsbezeichnungen, wie Adduktion/Abduktion, Flexion/Extension, Lateralflexion, Innenrotation/Außenrotation.

▸ **Funktionelle Knochenbewegungen.** Das sind Bewegungen, die wir bei unseren täglichen Aktivitäten ausführen. Sie geschehen nicht um die stationären anatomischen Achsen, im Gegenteil, sie geschehen gleichzeitig um mehrere bewegliche Achsen (helikoidale Achsen). Dies ist der Fall, weil die meisten natürlichen Bewegungen in schräger oder diagonaler Richtung verlaufen. Sie sind also nicht allein auf eine der anatomischen Ebenen begrenzt. Wir unterscheiden gekoppelte und ungekoppelte (kombinierte) Bewegungen.

Gekoppelte Bewegungen sind gekennzeichnet durch:
- Die Bewegung wird aktiv und unwillkürlich ausgeführt.
- Die Bewegung hat ein größeres Bewegungsausmaß als eine gegenteilige Bewegungskombination.
- Das Endgefühl ist weicher als bei einer ungekoppelten Bewegung (Schomacher 2001).

Ein typisches Beispiel für gekoppelte Bewegungen stellt die Wirbelsäule dar. Hier wird eine Rotation immer von einer Seitneigung und eine Seitneigung immer von einer Rotation begleitet. Diese Kopplungen erfolgen nach bestimmten Mustern. Wird eine Komponente in die Gegenrichtung verkehrt, spricht man von einer ungekoppelten Bewegung.

Ungekoppelte Bewegungen sind gekennzeichnet durch:
- Die Bewegung wird willkürlich ausgeführt.
- Die Bewegung hat ein geringeres Bewegungsausmaß als eine gekoppelte Bewegung.
- Das Endgefühl ist härter als bei einer gekoppelten Bewegung (Schomacher 2001).

An der Wirbelsäule werden ungekoppelte Bewegungen unter therapeutischen Gesichtspunkten bewusst genutzt. Sie werden oftmals passiv eingestellt, um bestimmte Wirbelsäulenabschnitte zu verriegeln und somit weiterlaufende Bewegungen zu verhindern.

Translationen

Eine Translation ist eine geradlinige Bewegung eines Körpers, wobei alle Punkte, die im Körper entlang einer geraden Linie liegen, sich auf der gleichen Strecke mit der gleichen Geschwindigkeit, in die gleiche Richtung bewegen.

Reine Translationen geschehen nur passiv, da sie willkürlich mit eigener Muskelkraft nicht durchführbar sind.

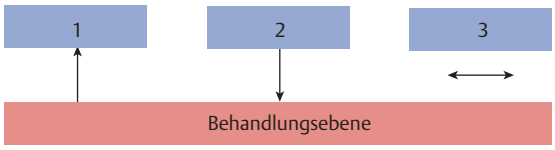


Abb. 2.8 Richtungen der translatorischen Bewegungen.

Rechtwinklige Translation (90° zur Behandlungsebene):
- weg von der Behandlungsebene = Separation (1)
- hin zur Behandlungsebene = Approximation (2)

Parallele Translation (▶ Abb. 2.8):
- parallel zur Behandlungsebene = Gleiten (3)

2.2.2 Arthrokinematik

Bewegungen, die von außen sichtbar sind (Osteokinematik) verursachen Gelenkflächenbewegungen gegeneinander im eigentlichen Arthron, welche dann als Rollgleiten bezeichnet werden.

Rollgleiten

Das Rollgleiten beschreibt das Rollen und Gleiten der Gelenkflächen gegeneinander, welches bei aktiven oder passiven Rotationen des Knochens im Gelenk geschieht.

Rollen

Rollen findet zwischen zwei Flächen statt, wenn neue Punkte auf der einen Fläche mit immer wieder neuen Punkten auf der anderen Fläche in Kontakt kommen (▶ Abb. 2.9). Rollen ist nur zwischen inkongruenten Flächen möglich, d. h. Flächen, die eine Kurvatur mit verschiedenen Radien besitzen. Das heißt, je inkongruenter ein Gelenk, desto größer ist die Rollkomponente.

Die Rollkomponente hat immer die gleiche Bewegungsrichtung wie der Knochen, unabhängig davon, ob die sich bewegende Gelenkfläche konkav oder konvex ist (▶ Abb. 2.10). Dabei liegt die Rotationsachse immer im konvexen Gelenkpartner (Kaltenborn 1999).

Die Rollkomponente kann nicht alleine stattfinden, da dies zu einer Subluxation oder zu einer Kompression führen würde (▶ Abb. 2.11). Das Rollen wird daher vermieden, wenn wir ein Gelenk mobilisieren. Somit erhält eine translatorische Mobilisation Vorrang, um das Gelenk zu schonen.

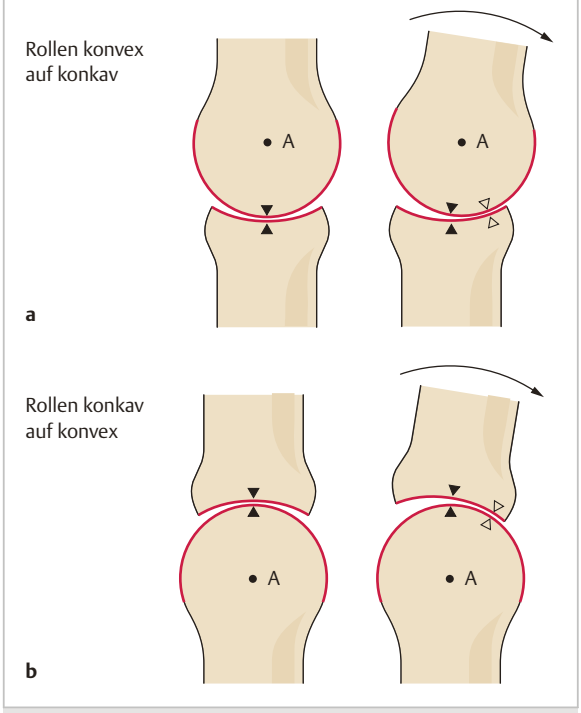


Abb. 2.9 Rollen des Gelenkpartners.
a Rollen des konvexen Gelenkpartners auf dem konkaven Gelenkpartner.
b Rollen des konkaven Gelenkpartners auf dem konvexen Gelenkpartner.

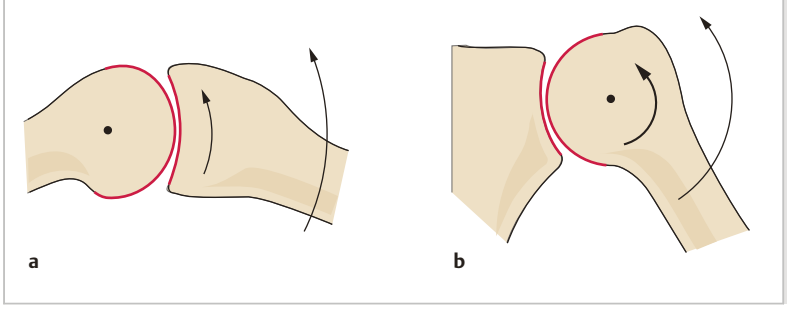


Abb. 2.10 Rollen und Knochenbewegung.
a Rollen und Knochenbewegung des konkaven Gelenkpartners.
b Rollen und Knochenbewegung des konvexen Gelenkpartners.

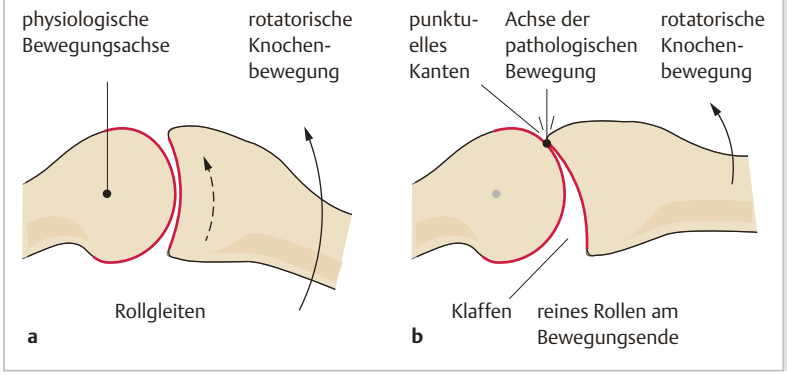


Abb. 2.11 Rollgleiten und pathologisches Rollen.
a Physiologisches Rollgleiten.
b Pathologisches Rollen im Gelenk.

Gleiten

Beim Gleiten tritt ein Punkt auf dem einen Körper mit ständig neuen Punkten auf dem anderen Körper in Kontakt (▶ Abb. 2.12). Gleiten ist zwischen inkongruenten und kongruenten Gelenkflächen möglich. Je kongruenter ein Gelenk, desto größer ist die Gleitkomponente. Bei vollständig kongruenten Gelenken erfolgt kein Rollen, sondern nur Gleiten. Da ein gerades Gleiten (Translation) vollständig plane Gelenkflächen voraussetzt, die in den menschlichen Gelenken so nicht vorkommen, findet das Gleiten als gebogenes Gleiten statt (Kaltenborn 1999).

Die Richtung der Gleitkomponente ist davon abhängig, ob die sich bewegende Gelenkfläche konkav oder konvex ist.

Konvex-Konkav-Regel

Die Konvex-Konkav-Regel (Kaltenborn, 1975) beschreibt die Richtung des Gleitens im Verhältnis zur Knochenbewegung und damit zum Rollen des Gelenks. Sie hilft dem Therapeuten die translatorische Gleitrichtung des Gelenks anhand des Knochenaufbaus zu bestimmen und damit die richtige Mobilisationsrichtung einzuhalten. Dem erfahrenen Praktiker zeigt die direkte palpatorische Untersuchung die eingeschränkte Bewegungsrichtung, welche sich nicht immer mit der Konvex-Konkav-Regel deckt. Vielmehr ist zu vermuten, dass neben der Gelenkflächenform kapsuloligamentäre Strukturen und das neuromuskuläre Kontrollsystem Einfluss auf die Gleitrichtung haben (Brandt 2007).

▶ **Konvexregel.** Der bewegte Gelenkpartner ist konvex, der fixierte Gelenkpartner ist konkav. Es findet ein im Verhältnis zum Rollen gegensinniges Gleiten statt. Die Gleitmobilisation erfolgt gegensinnig zur Osteokinematik, welche dem Rollen folgt (▶ Abb. 2.13).

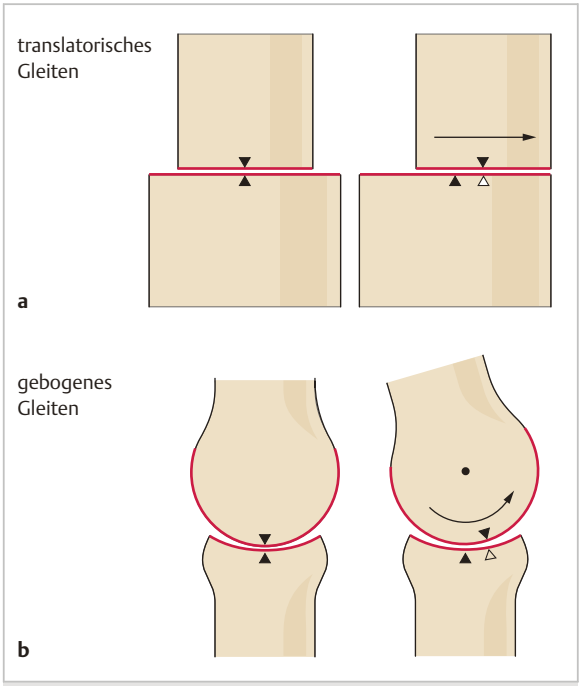


Abb. 2.12 Translatorisches und gebogenes Gleiten.
a Gleiten bei vollständig kongruenten Flächen.
b Gebogenes Gleiten im Gelenk.

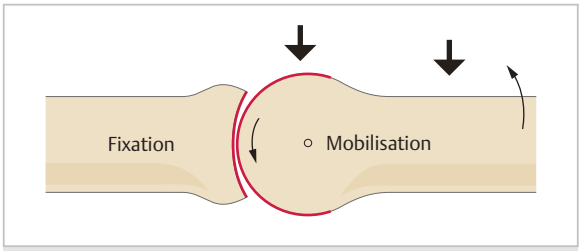


Abb. 2.13 Anwendung der Konvexregel zur Mobilisation.

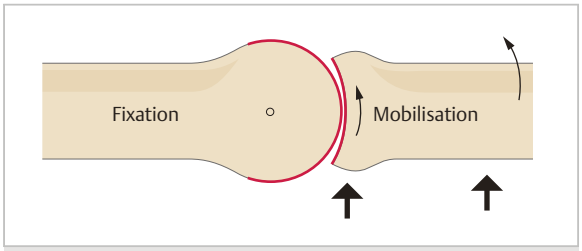


Abb. 2.14 Anwendung der Konkavregel zur Mobilisation.

► **Konkavregel.** Der bewegte Gelenkpartner ist konkav, der fixierte Gelenkpartner ist konvex. Es findet ein im Verhältnis zum Rollen gleichsinniges Gleiten statt. Die Gleitmobilisation erfolgt gleichsinnig zur Osteokinematik, welche dem Rollen folgt (► Abb. 2.14).

Fazit

Die Konvex-Konkav-Regel gibt dem Lernenden eine gute Hilfe zum Verständnis der Biomechanik und der Anwendung im Rahmen der Manuellen Therapie. Der erfahrene Manualtherapeut wird nicht nur die Gelenkflächenform, sondern auch die Einflüsse der kapsuloligamentären Strukturen und des neuromuskulären Kontrollsystems berücksichtigen und seine Behandlung dementsprechend gestalten.

Gelenkspiel

Das Gelenkspiel stellt die translatorische Bewertung der Gelenkbeweglichkeit dar. Es wird passiv, in der Ruhestellung oder außerhalb der Ruhestellung und im Seitenvergleich getestet. Die Testung erfolgt durch Traktion, Kompression und Gleiten (► Abb. 2.15):

- **Traktion** wird im rechten Winkel zur Behandlungsebene ausgeführt und bewirkt die Separation der einen Gelenkfläche von der gegenüberliegenden Gelenkfläche.
- **Kompression** wird im rechten Winkel zur Behandlungsebene ausgeführt und bewirkt eine Approximation der einen Gelenkfläche an die gegenüberliegende Gelenkfläche.
- **Gleiten** wird parallel im Verhältnis zur Behandlungsebene ausgeführt und führt zum translatorischen Verschieben der einen Gelenkfläche im Verhältnis zur gegenüberliegenden Gelenkfläche (Schomacher 2001).

Die Einschätzung der translatorischen Bewegungsausmaße erfolgt anhand einer subjektiven Bewertung in 7 Stufen (Kaltenborn 1999, ► Abb. 2.16).

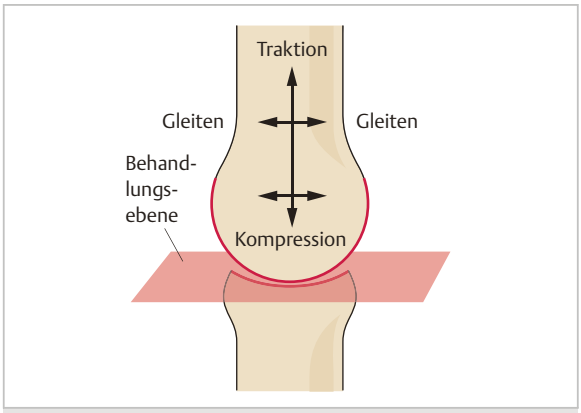


Abb. 2.15 Traktion, Kompression und Gleiten im Verhältnis zur Behandlungsebene.

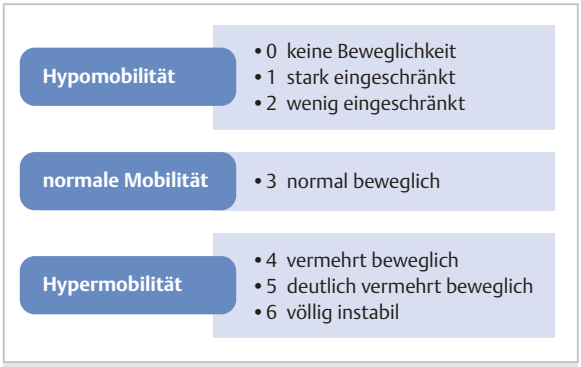


Abb. 2.16 Stufeneinteilung der Mobilitätsgrade.

2.3 Grundtechniken der Manuellen Therapie

Da die anguläre Gelenkbeweglichkeit mit der translatorischen Gelenkbeweglichkeit korreliert, werden Traktion und Gleiten zur Gelenkuntersuchung und -behandlung eingesetzt. Dabei variiert man je nach Indikation die Gelenkstellung sowie die Intensität und die Zeit der Intervention.

2.3.1 Intensitätsstufen

Angepasst an das Behandlungsziel variiert man die Intensität der Traktion oder des Gleitimpulses in 3 Stufen (► Abb. 2.17).

Stufe I (Lösen):

- Es findet keine merkbare Separation statt.
- Die Intensität wird so gewählt, dass lediglich die Adhäsionskräfte, welche zwischen den Gelenkflächen herrschen, aufgehoben werden.

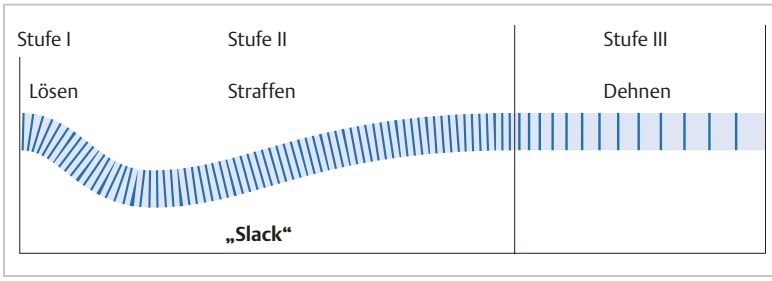


Abb. 2.17 Straffung des Kapsel-Band-Apparats bei unterschiedlicher Intensität.

- Es gilt die durch Muskelspannung, atmosphärischen Druck und den Druck durch verkürzte Strukturen auf das Gelenk einwirkende Kräfte zu neutralisieren.
- Anwendung findet die Stufe I zur Schmerzlinderung und während aller Gleittests und Gleitmobilisationen.

Stufe II (Straffen):
- Die Intensität führt zu einer Straffung des Kapsel-Band-Apparats (Slack wird weggenommen).
- In der Ruhestellung ist der Slack am größten, daher lässt sich das Gelenkspiel am besten in dieser Stellung testen.
- Anwendung findet die Stufe II bei der Gelenkspieltestung und bei der Schmerzlinderung, welche zwischen Stufe I und II ausgeführt wird.

Stufe III (Dehnen):
- Die Intensität soll den Kapsel-Band-Apparat deutlich straffen und im Idealfall zu einer plastischen Verformung der verkürzten Strukturen führen, ohne diese zu verletzen.
- Anwendung findet die Stufe III bei der Gelenkspieltestung am Ende der Stufe II und bei der Mobilisation (Kaltenborn 1999).

2.3.2 Indikationsgeleitete Vorpositionierungen

Je nach Untersuchungs- und Behandlungsziel stellt der Therapeut das Gelenk ein und verwendet die dafür vorgesehenen Intensitäten bzw. Durchführungskriterien. Dafür haben sich in der Praxis die folgenden Kombinationen bewährt.

Gelenkspieltestung erfolgt intermittierend in der Stufe II-III immer im Seitenvergleich. Es kann in der Ruhestellung, der aktuellen Ruhestellung oder submaximal am Bewegungsende getestet werden.

Schmerzlinderung erfolgt intermittierend in den Stufen I und II, in der Ruhestellung oder der aktuellen Ruhestellung.

Mobilisation erfolgt in der Stufe III intermittierend oder 7–12 Sek. gehalten. Es kann die Ruhestellung, die aktuelle Ruhestellung oder das Bewegungsende dreidimensional, submaximal (aktuelle Behandlungsstellung) vorpositioniert werden. Vorteil dabei ist, dass insbesondere die bewegungslimitierenden Strukturen unter Spannung kommen. Bei der Ruhestellung wird der Kapsel-Band-Apparat als Ganzes gestrafft, dies ist weniger spezifisch, dafür aber schonender.

2.3.3 Verriegelungen

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Mobilisation ist die Fixation des antagonistischen Gelenkpartners. Nur so kann eine effektive Behandlung und der Schutz des umgebenden Gewebes gewährleistet werden. Dafür stehen dem Therapeuten zahlreiche Möglichkeiten zur Verfügung.

► **Passive Fixation.** Dazu zählen die Fixation des Gelenkpartners durch die Hand des Therapeuten, der Sandsack, der Gurt, der Keil, die Steckbanane und weitere Lagerungshilfsmittel.

► **Passive Widerlagerung.** Eine passive Widerlagerung am Patienten erreicht man, indem der betroffene Körperabschnitt entgegen der Mobilisationsrichtung gelagert und damit eine weiterlaufende Bewegung unterbunden wird. Ein Beispiel hierzu wäre die Dehnung der Adduktoren, wobei man das gegenüberliegende Bein in Abduktion lagert.

► **Verriegelung der Extremitätengelenke.** Diese Art der Bewegungslimitierung wird genutzt, um ein anderes Gelenk über das dazwischen liegende Gelenk zu behandeln. Dazu wird das zu schützende Gelenk verriegelt (siehe verriegelte Stellung) und dann über dieses Gelenk behandelt. Ein Beispiel wäre die Vorpositionierung der Art. humeri in maximaler Abduktion und Außenrotation, womit dieses Gelenk und das ACG verriegelt wären. Der anschließende Zug am Arm ermöglicht eine Traktion im SCG.

► **Verriegelung der Wirbelsäulengelenke.** Eine Möglichkeit stellt die ligamentäre Verriegelung über Kurvatur und Gegenkurvatur dar. Ein Beispiel dafür wäre die Verriegelung der Kopfgelenke in eine Flexionsstellung, welche gehalten wird, um in den Kopfgelenken eine Exten-

sion zu verhindern. Dadurch kann wiederum in dem nachfolgenden Segment spezifischer Extension mobilisiert werden.

► **Facettenverriegelung.** Eine weitere Form der Verriegelung wäre die Facettenverrieglung, welche auf den Kopplungsgesetzen der Wirbelsäule beruht. Es erfolgt eine künstliche Verwringung der Segmente. Dies ist geeignet für intermittierende Mobilisationen und zum Schutz gefährdeter Segmente aufgrund Hypermobilität, Traumen, radikulärer Prozesse und Ähnlichem (Brokmeier 2001).

3 Befund

Matthias Schulte

3.1 Die ICF der Weltgesundheitsorganisation (WHO)

Die ICF stellt ein System zur ganzheitlichen Erfassung von Patienten dar. Da die WHO weltweit die Nutzung dieses Systems durch alle im Gesundheitsbereich tätigen Berufsgruppen fordert und fördert, kann die Kommunikation zwischen diesen durch eine einheitliche Sprache auch über Ländergrenzen hinweg erleichtert und somit effizienter werden. Auch in der Manuellen Therapie wird die ICF zukünftig zwangsläufig mehr und mehr Einfluss gewinnen.

3.1.1 Grundlagen der ICF

Die ICF ermöglicht eine strukturierte, einheitliche und ganzheitliche Erfassung und Beschreibung der biologischen, psychologischen und sozialen Situationen von Patienten. Dazu werden verschiedene Ebenen in Bezug auf die zu behandelnde Person betrachtet. Es handelt sich um die Ebene der Aktivitäten, der Körperfunktionen und -strukturen, der Teilhabe/Partizipation und der Kontextfaktoren. Die Kontextfaktoren werden noch einmal unterteilt in personenbezogene und Umweltfaktoren (▶ Abb. 3.1).

Gesundheitsproblem

Entspricht der Erkrankung bzw. der Diagnose.

Aktivitäten

Eine Aktivität ist die Ausführung einer Handlung oder Aufgabe, z. B. der Transfer vom Sitz in den Stand, Gehen, Treppensteigen oder das Greifen und das Führen einer Tasse zum Mund.

Negative Aspekte auf Aktivitätsebene, also Probleme, die eine Person bei der Ausführung einer Aktivität haben kann, werden als Beeinträchtigungen bezeichnet, z. B.: „Patient kann nicht Treppe steigen".

Patienten schildern ihre Probleme häufig auf Aktivitätsebene im Rahmen von Alltagsaktivitäten.

Körperfunktionen und -strukturen

Therapeutisch muss oft die Ursache einer Aktivitätseinschränkung auf Körperfunktions- und Strukturebene gesucht werden.

Körperfunktionen

Körperfunktionen sind die physiologischen Funktionen von Körpersystemen einschließlich psychologischer Funktionen (Becci 2014). Im neuromuskuloskeletalen Bereich werden hier z. B. Kraft, Beweglichkeit und Sensibilität eingeordnet.

Negative Aspekte werden Schädigung genannt, z. B. Verlust von Kraft oder Beweglichkeit. Dies entspricht dem Begriff der „Läsion", der in vielen MT-Richtungen und der Osteopathie bis heute historisch bedingt genutzt wird. Mit zunehmender Akzeptanz der ICF wird sich dies aber auch hier früher oder später ändern.

Körperstrukturen

Körperstrukturen sind anatomische Teile des Körpers, wie Organe, Gliedmaßen und ihre Bestandteile (Becci 2014). Bei den mit der Bewegung im Zusammenhang stehenden Strukturen werden hier z. B. die Strukturen der unteren Extremitäten, also Muskeln, Sehnen, Faszien, Ligamente und Kapsel eingeordnet.

Negative Aspekte werden Schädigung genannt, z. B. Ruptur einer Sehne oder eines Bandes, Verkürzung eines Muskels oder Kontraktur einer Kapsel.

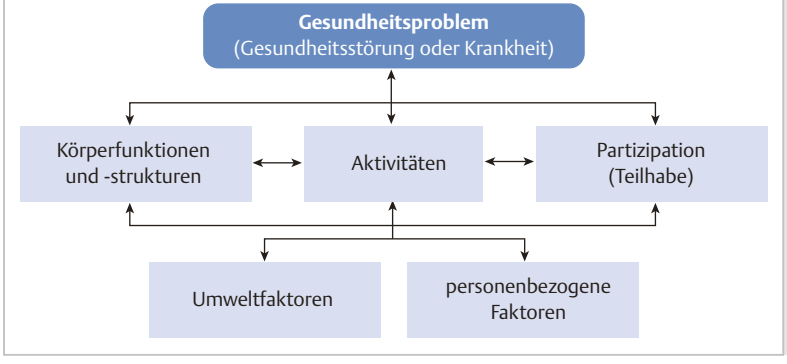


Abb. 3.1 Die Komponenten des bio-psycho-sozialen Modells der ICF und deren Wechselwirkungen (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information 2005).

Partizipation/Teilhabe

Partizipation ist das Einbezogensein einer Person in eine Lebenssituation oder einen Lebensbereich (Becci 2014), wenn eine Person z. B. in der Lage ist, dem Beruf oder Hobby nachzugehen, einzukaufen oder sich mit Freunden treffen kann.

Negative Aspekte der Teilhabe werden Beeinträchtigungen genannt, z. B. eine Person kann sich nicht mit Freunden treffen oder einkaufen gehen.

Kontextfaktoren

Kontextfaktoren sind alle Gegebenheiten des Lebenshintergrunds einer Person und werden in Umweltfaktoren und personenbezogene Faktoren unterteilt (Becci 2014).

Umweltfaktoren

Sie beziehen sich auf die Umwelt der Person und sind in der ICF klassifiziert:

- Produkte und Technologien (z. B. Gehstock, Orthesen, Medikamente)
- natürliche und vom Menschen veränderte Umwelt (z. B. Treppe mit/ohne Handlauf, Aufzug, behindertengerechte Toilette)
- Unterstützung und Beziehungen (z. B. Familie, Freunde, Kollegen, Fachleute im Gesundheitssystem)
- Einstellungen (z. B. der Familienmitglieder, des Arbeitgebers, der Kollegen)
- Dienste, Systeme und Handlungsgrundsätze (z. B. Gesundheitswesen, das Behandlungskosten übernimmt, Transportwesen, das auf die Beförderung von Rollstuhlfahrern eingestellt ist)

Personenbezogene Faktoren

Diese beziehen sich auf die Person selbst und sind in der ICF nicht klassifiziert:

- Geschlecht
- Alter
- Beruf/Ausbildung
- Hobby
- Charakter
- das nahe soziale Umfeld der Person
- Motivation

Förderfaktoren und Barrieren

Förderfaktoren

Förderfaktoren sind Kontextfaktoren, insbesondere Umweltfaktoren, die sich positiv auf die funktionale Gesundheit, insbesondere auf die Teilhabe einer Person auswirken (Becci 2014).

Ein Aufzug in einem mehrstöckigen Mietshaus stellt für eine rollstuhlpflichtige Person einen Förderfaktor dar. Nach Installation eines Handlaufs kann eine Person die Treppe im eigenen Haus wieder steigen und sich im Obergeschoss im Bad wieder selbst waschen, dieser Förderfaktor wirkt sich direkt auf die Aktivitätsebene und die Teilhabe aus.

Barrieren

Barrieren sind Kontextfaktoren, insbesondere Umweltfaktoren, die sich negativ auf die funktionale Gesundheit, insbesondere auf die Teilhabe auswirken (Becci 2014).

Eine Treppe ohne alternativen Aufzug stellt für eine rollstuhlpflichtige Person ein unüberwindbares Hindernis, also eine Barriere dar.

Die ICF in der iMT

In der iMT erfolgt die Befunderhebung auf Grundlage der ICF, dabei werden möglichst alle Ebenen der ICF berücksichtigt. Das Behandlungsergebnis soll mittels aussagekräftiger Tests dokumentiert werden.

Befunderhebung in Anlehnung an die ICF

Aktivitätsebene

In der Praxis hat sich der Start der Befunderhebung auf Aktivitätsebene bewährt. Häufig sind solche Einschränkungen schon bei der Begrüßung des Patienten oder beim Gang vom Warte- in den Behandlungsbereich anhand des Transfers vom Sitz in den Stand bzw. am Gangbild ersichtlich.

Zusätzlich sollte die Person nach Problemen in Alltagssituationen befragt werden, z. B. Patient gibt an, Schwierigkeiten beim Heruntergehen einer Treppe zu haben.

Struktur- und Funktionsebene

Nachdem gemeinsam mit dem Patienten eine Einschränkung auf Aktivitätsebene gefunden wurde, liegt es nun am Therapeuten eine oder mehrere Schädigungen auf Struktur- und Funktionsebene zu finden, die als Ursache der Aktivitätseinschränkung in Frage kommen.

Mögliche Ursachen für die Probleme beim Treppabgehen:

- Bewegungseinschränkung der Dorsalextension im oberen Sprunggelenk aufgrund einer Kontraktur der Kapsel und/oder Verkürzung der Plantarflexoren
- Schwäche des M. quadriceps femoris

Es muss also eine Hypothese für die Ursache der Aktivitätseinschränkung gebildet werden. Dazu bedient man sich der klassischen manualtherapeutischen Befundtechniken, wie sie im weiteren Kapitel 3 beschrieben sind.

Teilhabe/Partizipation

Auf dieser Ebene können durch Befragung des Patienten Einschränkungen bei der Teilhabe am sozialen Leben ersichtlich werden.

Aufgrund der Probleme beim Treppabgehen kann der Patient seine Mietwohnung schlecht verlassen, um einkaufen zu gehen oder sich mit Freunden zu treffen oder seinen Beruf auszuüben.

Kontextfaktoren

Personenbezogen – inwieweit können sich diese Faktoren auf die Genesung auswirken?:

- Alter, Geschlecht, Beruf, sozialer Hintergrund, Motivation und andere Faktoren
- Ein Büroangestellter wird z. B. mit einer Schwäche des M. quadriceps femoris tendenziell früher wieder arbeitsfähig (Teilhabe) sein als ein Bauarbeiter.

Umweltbezogen – inwieweit können sich diese Faktoren auf die Genesung auswirken?:

- Gibt es z. B. einen Handlauf an der Treppe? Wenn nicht, wäre eine Installation hilfreich?
- Kann eine Orthese oder Gehstütze hilfreich sein?
- Kann ein Treppenlift bei langfristigen Problemen, wie neurologischen Erkrankungen (z. B. Multiple Sklerose), hilfreich sein?

Beispiele von Aktivitätseinschränkungen und möglichen Ursachen auf Struktur- und Funktionsebene

In ▶ Tab. 3.1 sind mögliche Aktivitätseinschränkungen mit ihren potenziellen Ursachen auf Struktur- und Funktionsebene aufgeführt.

Tab. 3.1 Beispiele von Einschränkungen auf Aktivitätsebene mit möglichen Ursachen auf Struktur- und Funktionsebene.

Aktivitätseinschränkung	Mögliche ursächliche Schädigungen auf Struktur- und Funktionsebene
Treppabgehen	Dorsalextension im oberen Sprunggelenk eingeschränkt durch: • Kontraktur der Kapsel • Verkürzung der Plantarflexoren • Quadrizepsschwäche
Schuhe binden	Ausstrahlende Schmerzen im Lendenwirbelsäulen-, Beinbereich wegen Diskusprolaps im Segment L5/S1
Haare kämmen	Reizung der Supraspinatussehne

3.2 Evidence based medicine in der iMT

Evidence based medicine bedeutet „jede Form von medizinischer Behandlung, bei der patientenorientierte Entscheidungen ausdrücklich auf wissenschaftlicher Basis getroffen werden; steht damit im Gegensatz zu Behandlungsformen, bei denen kein wissenschaftlicher Nachweis der Wirksamkeit vorliegt“ (Zalpour 2013, S. 364).

Anwendung in der iMT:

- Die vorhandene Evidenz der Manuellen Therapie findet selbstverständlich auch in der iMT Anwendung.
- In ▶ Tab. 3.2 findet sich eine Übersicht über die verschiedenen Evidenzniveaus, je höher das Niveau ist, desto besser ist natürlich die Evidenz.
- Die Beurteilung oder Einordnung wissenschaftlicher Literatur in diese Niveaus ist allerdings nicht immer einfach.
- Daher kann es für den Praktiker durchaus ratsam sein, sich auf gut recherchierte Fachbücher zu stützen, in denen Quellenangaben aufgeführt sind.

3.3 Clinical Reasoning in der iMT

Clinical Reasoning bezeichnet „sämtliche Denk- und Entscheidungsprozesse, die während des therapeutischen Handelns durch den Therapeuten vollzogen werden“ (Zalpour 2013, S. 229).

- Es handelt sich um einen ständigen dynamischen Prozess der Entscheidungsfindung und Wiederbefundung, welche Maßnahmen für welchen Patienten zur Anwendung kommen (▶ Abb. 3.2).

Tab. 3.2 Verschiedene Evidenzniveaus (Straus et al. 2010).

Niveau	Beschreibung
1A	Systematische Reviews (Übersichtsarbeiten) zu randomisierten kontrollierten Studien
1B	Randomisierte kontrollierte Studien
1C	Randomisierte Studien mit begrenztem Konfidenzintervall, Alles-oder-nichts-Fallserien
2A	Systematische Übersichtsarbeit, Kohortenstudien
2B	Kohortenstudien, randomisierte Studien von niedriger Qualität
2C	Outcome-Studien
3A	Systematische Reviews zu Fallkontrollstudien
3B	Fallkontrollstudien
4	Serien von Fallstudien, qualitativ niedrige Kohortenstudien und Fallkontrollstudien
5	Expertenmeinung

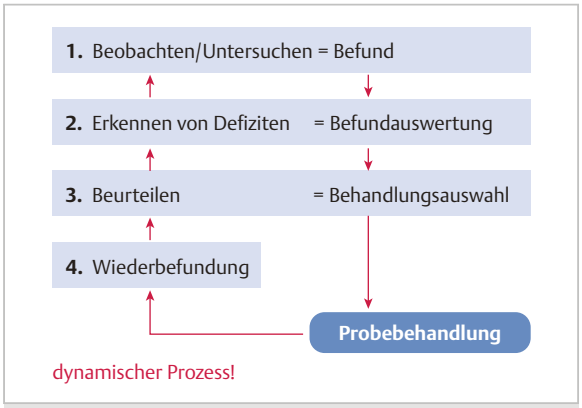


Abb. 3.2 Clinical Reasoning als ständiger dynamischer Prozess der Entscheidungsfindung und Wiederbefundung.

- Hier kommt es zum Einsatz der klassischen manualtherapeutischen und teilweise osteopathischen Befundtechniken unter Berücksichtigung aktueller Forschungsergebnisse und auf Basis der Ebenen der ICF.
- Nach der ersten Hypothesenbildung und entsprechenden Behandlungsmaßnahmen wird sowohl innerhalb der Behandlungseinheit als auch zwischen den Behandlungseinheiten regelmäßig ein Wiederbefund erhoben.
- Dadurch wird der Behandlungsprozess ständig kontrolliert, um ein möglichst gutes Ergebnis zu erzielen.
- Dazu kommen aussagekräftige und standardisierte Testverfahren zum Einsatz.

3.4 Befunderhebung

3.4.1 Anamnese

Die Beantwortung verschiedener „W-Fragen“ ergibt einen ersten Eindruck und weist die weitere Untersuchung der Person in die eine oder andere Richtung.

Was schmerzt oder ist funktionsgestört?

Nachfolgend werden mögliche strukturelle Probleme in Bezug auf anamnestische Ergebnisse, Provokationstests und die evtl. zugrunde liegende Erkrankung dargestellt.

Knochen:
- Anamnese:
  - kontinuierliche Schmerzen
  - Progression über Tage oder Wochen
  - nächtliche Schmerzen
  - Schmerzen durch Belastung
  - Trauma
- Provokation:
  - Kompression
  - Perkussion
- Krankheitsursachen:
  - Tumoren
  - raumfordernde Prozesse
  - Frakturen

Kapsel/Ligament:
- Anamnese:
  - nach bestimmten Haltungen, Startschmerzen
  - Morgensteifigkeit
  - Schmerzlinderung bei entlastenden Bewegungen
  - bohrende Schmerzen
- Provokation:
  - Palpationsdruck
- Krankheitsursachen:
  - Überdehnung

Muskeln, Sehnen, Sehnenscheiden:
- Anamnese:
  - starker Schmerz bei Bewegung gegen Widerstand
  - Schmerzausstrahlung im Verlauf des Muskels
  - Schmerzfreiheit in Ruhe
- Provokation:
  - Palpation, Dehnung, Kontraktion
- Krankheitsursachen:
  - Entzündung

Intraartikuläre Strukturen:
- Anamnese:
  - kontinuierliche Schmerzen
  - Progression
  - nächtliche Schmerzen
  - Schmerzen durch Belastung
  - vor kurzem durchlebte Infektionen
- Provokation:
  - Kompression
- Krankheitsursachen:
  - Entzündung

Arterielles Gefäßsystem:
- Anamnese:
  - Krampf
  - blasse oder rote Hautfärbung
  - verstärkt bei Kreislaufbelastung
  - haltungsabhängig
  - tiefe Schmerzausstrahlung
- Provokation:
  - Palpation der Pulse
  - Kreislaufbelastung
- Krankheitsursachen:
  - Einengung/Kompression

Venöses System:
- Anamnese:
  - Schweregefühl
  - Schwellungsgefühl
  - blaue Hautfärbung

- Überwärmung
- haltungsabhängig

- Provokation:
  - Haltungsveränderung
- Krankheitsursachen:
  - Einengung/Kompression

Lymphatisches System:
- Anamnese:
  - Schweregefühl
  - Schwellung
  - Blässe
  - klamm/feucht
  - evtl. rote Streifenzeichnung
- Provokation:
  - Palpation (Stemmerzeichen)
  - Observation
- Krankheitsursachen:
  - Einengung/Kompression

Peripheres Nervensystem:
- Anamnese:
  - Ausstrahlung im Verlauf der Nerven
  - Kraftverlust
  - Sensibilitätsstörung
- Provokation:
  - Nervendehnung
  - Reflexe
  - Sensibilitätsprüfung
- Krankheitsursachen:
  - Einengung/Kompression
  - Überdehnung

Zentrales Nervensystem:
- Anamnese:
  - Bewusstseinsstörung
  - Sprachstörungen
  - motorische Defizite
  - Gleichgewichtsstörungen
- Provokation:
  - Koordinationstests
  - Gleichgewichtstests
  - Sprachtests
- Krankheitsursachen:
  - Schlaganfall
  - Ataxien
  - M. Parkinson
  - Multiple Sklerose

Vegetatives Nervensystem, psychisch-emotional:
- Anamnese:
  - allgemeine Krankengeschichte
- Provokation:
  - Observation
- Krankheitsursachen:
  - Über-, Unterfunktion

Wann bestehen die Schmerzen oder Funktionsstörungen tageszeitlich?

Hier entscheiden die Tageszeit und der Zusammenhang mit Belastung oder Entlastung. So ergeben sich erste orientierende Anhaltspunkte z. B. für:
- rheumatischer Formenkreis, Schmerzen oder Funktionsstörungen vor allem nachts oder frühmorgens
- Hinweise auf Gelenkinstabilitäten, Schmerzen oder Funktionsstörungen vor allem nachts oder frühmorgens, verbessern sich bei Bewegung
- Tumoren, Schmerzen mit und ohne Belastung, ohne zeitliche Regelmäßigkeit

Seit wann bestehen die Schmerzen oder Funktionsstörungen?

In ▶ Abb. 3.3 ist eine mögliche zeitliche Einteilung eines Krankheitsverlaufs dargestellt. Je nach Schilderung durch den Patienten kann auf die jeweilige Phase geschlossen werden.

Wie sind die Schmerzen oder Funktionsstörungen?

- Qualität:
  - neuralgisch
  - myalgisch
  - vegetativ
- Quantität:
  - kann durch die visuelle Analogskala ausgedrückt werden

Wodurch werden die Schmerzen/ Funktionsstörungen ausgelöst? Wie können sie provoziert werden?

Gibt es Bewegungen, Haltungen oder Tätigkeiten, bei denen der Schmerz ausgelöst werden kann?

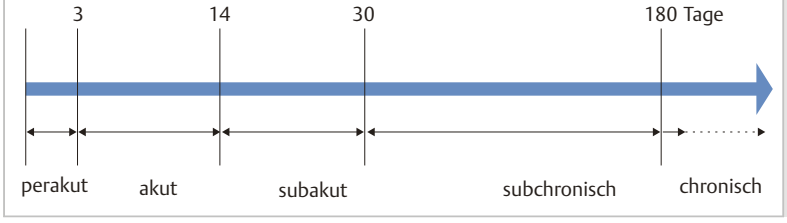


Abb. 3.3 Mögliche Einteilung des zeitlichen Verlaufs einer Erkrankung.

Falls es eine spezifische, symptomauslösende Bewegung gibt, kann diese als Test vor und nach der Behandlung genutzt werden

Womit sind die Schmerzen oder Funktionsstörungen verbunden? Mit welchen Begleiterscheinungen?

- Vegetativ:
  - (ortho)sympathisch
  - parasympathisch
- Somatisch

3.4.2 Inspektion

- Haltung:
  - Posturologie der Wirbelsäule und der Extremitäten
  - Schonhaltung
  - Fehlstellungen der Gelenke
- Alltagsbewegungen:
  - Bewegungsstereotyp beim Gehen, bei Bewegungsübergängen, beim An- und Auskleiden
  - Ausweichbewegungen
- Hilfsmittel:
  - Stützen
  - Orthesen
  - Prothesen
  - Korsett
- Formen:
  - Schwellung
  - Deformierung
  - Hypertrophie
  - Atrophie
  - Erguss
  - angeborene oder erworbene Veränderungen (z. B. Hallux valgus, Hohlfuß, Coxa vara)
- Haut:
  - Farbe
  - Narben
  - Ekzeme
  - BGM-Zonen
  - Verquellungen
  - venöse Gefäßzeichnungen (Medusen)

3.4.3 Palpation

Die allgemeine Palpation kann in Bezug auf folgende Parameter geschehen. Die spezifische Palpation wird in den jeweiligen Themengebieten gesondert beschrieben.

Haut und Unterhaut:

- Temperatur:
  - kalt: arterielle Zuflussstörung
  - warm: venöse Abflussbehinderung
  - heiß: Entzündung
- Feuchtigkeit:
  - feucht: vegetatives Ungleichgewicht
  - trocken: periphere Nervenläsion oder endokrine Störung
- Festigkeit:
  - hart: Narben, Schwielen
  - weich: lokale Flüssigkeitsansammlung
- Dicke:
  - dünn: z. B. nach lokalen Kortisoninjektionen
- Oberfläche:
  - uneben: gestörte Versorgung des Gewebes durch eine Einengung
- Sensibilität:
  - Hyperästhesie: Reizung
  - Hypoästhesie: Einengung peripherer Nerven

Muskeln:

- Festigkeit:
  - fest/hart: reflektorischer Hartspann
  - Irritationszonen
  - lokale Myogelosen
- Spannung:
  - starr: Rigor
  - elastisch: Normalbefund
- Grenzflächenmobilität:
  - verschieblich: evtl. benigne (verkapselte) Tumoren
  - unverschieblich: evtl. maligne (infiltrierende) Tumoren, Entzündungen

Gelenke:

- Oberfläche:
  - unregelmäßig: Exostosen, Periostitis, Frakturfolgen
- Klopfschmerz:
  - mäßig: evtl. Segmentlockerung, M. Scheuermann, degenerative Segmentveränderungen
  - stark: evtl. Frakturen, Osteoporose, M. Bechterew, Hämangiom
  - sehr stark: Bandscheibenvorfall, Spondylitis, Tumoren

Nerven und Gefäße:

- Druckschmerzhaftigkeit
- Pulse im Seitenvergleich palpieren

Spezielle Schmerzpalpation/Provokationstests:

- Kiblerfalte:
  - hyperalgetische Hautzonen: können sich derb, teigig, verdickt darstellen und weisen auf eine mögliche segmentale Funktionsstörung im Segment auf Höhe der Falte hin
- Bindegewebsstrich:
  - Hinweis auf metabolische Störung im Segment
  - kann auch über den Eingeweidereflex auf Störungen segmental zugeordneter innerer Organe hinweisen
  - Triggerpunkte

3.4.4 Bewegungsuntersuchung

Allgemein zu beachtende Punkte

Aktive Bewegungsprüfung:
- Quantität: Bewegungsausmaß (mittels Neutral-Null-Methode gemessen oder im Seitenvergleich)
- Qualität – Harmonie der Bewegung:
  - Ausweichbewegungen
  - Stopps während der Bewegung
  - Schmerz und Geräusche während der Bewegung
  - Ausführung der Bewegung

Passive Bewegungsprüfung:
- Es werden alle nicht-kontraktilen Strukturen der Gelenke getestet (z. B. Ligamente, Kapsel, Menisci)

Leitsymptom Schmerz

Gesetzmäßigkeiten nach Cyriax

Die Bewegungsprüfung nach Cyriax nutzt die aktive und passive Bewegungsprüfung, um festzustellen, ob nicht-kontraktile oder kontraktile Strukturen ursächlich sind (Ombregt 2002).

In ▶ Tab. 3.3 sind nicht-kontraktile und kontraktile Strukturen und ihre jeweilige Schmerzcharakteristik aufgelistet.

Differenzialdiagnostisch werden bewertet:
- Quantität: Bewegungsausmaß (gemessen oder durch Seitenvergleich)
- Qualität: Harmonie der Bewegung, Ausweichbewegung, Stopps während der Bewegung, Schmerz während der Bewegung

Es werden 2 Regeln angewendet.

▶ **Regel 1.** Wenn die aktive und passive Bewegung eingeschränkt und/oder schmerzhaft in gleicher Richtung ist, liegt eine Schädigung nicht-kontraktiler Strukturen vor; weitere Untersuchung durch Traktion, Kompression, Gleittests.

▶ **Regel 2.** Wenn in die gleiche Richtung die aktive Bewegung schmerzhaft und die passive Bewegung nicht schmerzhaft ist und die aktive und passive Bewegung eingeschränkt und/oder schmerzhaft in entgegengesetzter Richtung sind, liegt eine Schädigung kontraktiler Strukturen vor; weitere Untersuchung durch Widerstandstests.

In ▶ Tab. 3.4 sind die Interpretationen der Cyriax-Tests ersichtlich.

3.4.5 Widerstandstests nach Cyriax

Diese Tests dienen der Untersuchung der kontraktilen Strukturen auf Schmerz und Kraft sowie der Differenzierung von Muskeln aus einer Synergie.

Durchführung des isometrischen Widerstandstests nach Cyriax:
- Der Test erfolgt bei maximaler Muskelkontraktion mit dem Gelenk in Mittelstellung oder in maximaler Dehnposition.
- Durch die Anspannung wird der Muskel kürzer und dadurch die Sehne länger.
- Die Sehnenanteile, die nun auf Länge gebracht sind, haben nicht mehr die Elastizität, um bestimmten Provokationen standzuhalten bzw. diese zu kompensieren und werden reizbar.
- Liegt eine Läsion an den kontraktilen Strukturen vor, entsteht ein Schmerz.

Tab. 3.3 Übersicht über nicht-kontraktile und kontraktile Strukturen und ihre jeweilige Schmerzcharakteristik.

Nicht-kontraktil	Kontraktil
Knochen, Gelenkkapsel Ligamente, Schleimbeutel Faszien, Dura mater, Nervenwurzeln	Muskeln, Sehnen, Insertionen
schmerzhaft bei	
Traktion (Dehnung), Kompression	aktiver Kontraktion, passiver Dehnung

Tab. 3.4 Interpretationen der aktiven/passiven Bewegungsprüfung nach Cyriax.

Richtung	gleich		entgegengesetzt		Ergebnis
Bewegung	aktiv	passiv	aktiv	passiv	
Schmerz?	ja	ja	nein	nein	nicht-kontraktil
	ja	nein	ja	ja	kontraktil

Tab. 3.5 Interpretationsmöglichkeiten der Widerstandstests nach Cyriax.

Schmerz	Kraft	Ergebnis
ja	viel	kleine Muskel-Sehnen-Läsion
ja	wenig	große Muskel-Sehnen-Läsion
nein	wenig	neurologische Läsion, Ruptur von Muskel oder Sehne
nein	viel	normal, d. h. ohne Befund

In ▶ Tab. 3.5 sind die Interpretationsmöglichkeiten der Widerstandstests nach Cyriax aufgeführt.

3.4.6 Differenzierung betroffener Muskeln aus einer Synergie

- Test über eine weitere Funktion im gleichen Gelenk
- Test einer anderen Funktion in einem Nachbargelenk (gilt bei mehrgelenkigen Muskeln)

3.4.7 Muskelfunktionsprüfung

Eine zusätzliche Möglichkeit der Muskeltestung bieten die Muskelfunktionstests z. B. nach Janda (Janda 2009):

- Sind die translatorischen Tests der Gelenke (Gleiten, Kompression, Traktion) negativ, kann auch mithilfe dieser Muskeltests untersucht werden, ob der Schmerz oder die Funktionsstörung eine muskuläre Ursache haben.
- Dabei wird mit gleichbleibendem, maximalem Widerstand das ganze Bewegungsausmaß in einem Gelenk getestet, während der proximale Gelenkpartner gut fixiert ist.
- Muskelbäuche und Sehnen werden nicht fazilitiert.

In ▶ Tab. 3.6 sind die Interpretationsmöglichkeiten der Muskelfunktionstests nach Janda aufgeführt.

3.4.8 Leitsymptom Bewegungseinschränkung/vermehrte Beweglichkeit

Ablauf einer manualtherapeutischen Bewegungsuntersuchung

Die zu diesem Punkt gehörenden Tests und Vorgehensweisen werden, bezogen auf den jeweiligen Körperabschnitt, in den einzelnen Bereichskapiteln beschrieben. Es wird aber immer wie folgt untergliedert:

- Zusatz- und Safety-Tests: Zusatztests können Hinweise auf Schädigungen verschiedener Körperstrukturen geben, Safety-Tests stellen bei positivem Befund eine Kontraindikation für die Behandlung dar
- Traktion
- Kompression
- translatorische Gleittests

Mögliche Ergebnisse:

- Artikuläre Hypermobilität:
  - vergrößertes Bewegungsausmaß:
    - „ungebremstes“ Gelenkspiel
    - Instabilität als Steigerung der pathologischen Hypermobilität
    - außerhalb physiologischer Achsen
  - Schmerzprovokation bei Dehnung in endgradiger Stellung
  - Schmerz und Rigor nach statischer Belastung
  - Schmerzreduktion bei Stellungsänderung und Bewegung
  - lokale ligamentäre Irritation, Neigung zu Gelenkblockierungen, röntgenologisch evtl. Exostosen nachweisbar

Tab. 3.6 Interpretationsmöglichkeiten der Muskelfunktionstests nach Janda.

Stufe	%	Beschreibung
0	0	keinerlei Kontraktion
1	10	keine Bewegung – nur Muskelanspannung
2	25	Bewegung nur unter Ausschluss der Schwerkraft möglich
3	50	Bewegung gegen Schwerkraft möglich
4	75	Bewegung gegen starken Widerstand möglich
5	100	Bewegung gegen maximalen Widerstand möglich (konzentrisch)
6	100	Bewegung gegen maximalen Widerstand möglich (exzentrisch)

- artikuläre Hypomobilität
- verminderte Beweglichkeit in einem oder mehreren Gelenken
- Schmerzbeeinflussung durch Distraktion oder Kompression
- lokale ligamentäre Irritation, muskulärer Hypertonus, Muskelspasmus, Muskelverkürzung, Dysfunktion

3.4.9 Endgefühl

Einer der wichtigsten Untersuchungsaspekte in der Manuellen Therapie ist die Evaluierung des rotatorischen und translatorischen Endgefühls. Das Endgefühl ist die Bewegungsqualität zwischen dem ersten und dem letzten Stopp.

- Der Endgefühltest erfolgt aus der NNS passiv bis zum 1. Weichteilstopp,
- dann mit Überdruck bis zum 2. Stopp (bremsende Widerstandszunahme) und letzten Stopp.

Physiologisches Endgefühl:

- bei Muskeln und Weichteilen: weich-elastisch (z. B. Ellbogenflexion)
- bei Kapseln und Ligamenten: fest-elastisch (z. B. Knieextension)
- Knochen und Knorpel: hart-elastisch (z. B. Ellbogenextension)

Pathologisches Endgefühl:

- andere Qualität als für dieses Gelenk erwartet (z. B. bei Ellbogenflexion fest-elastisch: Hinweis auf kapsuläre/ligamentäre Einschränkung)
- leeres Endgefühl/Schmerz (Gelenk kann nicht bis ans Bewegungsende gebracht werden)
- Endgefühl tritt an einer anderen Stelle auf (z. B. Ellbogenflexion endet bei 90°)

3.4.10 Kapselmuster

Als Kapselmuster bezeichnet man die Einschränkung des Gelenkspiels und der angulären Bewegung in eine oder mehrere Richtungen, die bei jedem Gelenk in einer bestimmten Gesetzmäßigkeit erfolgt.

Kapselmuster finden wir nur bei Gelenken, die von Muskeln geführt werden. Aus diesem Grund besitzen Sakroiliakalgelenk und Akromioklavikulargelenk kein Kapselmuster. Bei der Rückbildung der Schädigung erfolgt die Wiederherstellung der Beweglichkeit und des Gelenkspiels in umgekehrter Reihenfolge ihrer Entstehung und kann damit Indikator des Behandlungserfolgs sein.

Ursachen für ein Kapselmuster sind eingeschränkte Gleitfähigkeit oder Kapselschrumpfung während und nach einem entzündlichen Prozess.

Entspricht die Bewegungseinschränkung eines Gelenks nicht dem Kapselmuster, liegt eine andere Erkrankung vor. Die gestörte Bewegungsrichtung ist dann untypisch.

Ursachen für ein untypisches Kapselmuster:

- Erkrankungen extraartikulärer Strukturen (z. B. fasziale Verklebungen, muskuläre Verkürzungen, Bindegewebsverklebungen)
- traumatische Deformierungen des Gelenks
- Meniskusläsionen
- freie Gelenkkörper
- entzündliche extraartikuläre Prozesse

In ▶ Tab. 3.7 sind wichtige Gelenke mit ihren jeweiligen Kapselmustern aufgeführt.

3.4.11 Neurologische Untersuchung

- Sensibilitätsprüfung, segment- und dermatombezogen z. B. mit spitzem/stumpfem Gegenstand
- Kennmuskelprüfung, segmentbezogen
- Reflextests, segmentbezogen

Tab. 3.7 Wichtige Gelenke mit ihren jeweiligen Kapselmustern.

Gelenk	Kapselmuster
Art. humeri	Außenrotation > Abduktion > Innenrotation
Art. humeroulnaris	Flexion > Extension
Art. radiocarpea	gleichmäßig in alle Richtungen
Art. carpometacarpalis I	Abduktion > Extension
DIP + PIP + IP	Flexion > Extension
MCP	Einschränkung der Beweglichkeit in alle Richtungen (Flexion am meisten betroffen)
Art. coxae	Innenrotation > Extension > Abduktion > Außenrotation
Art. femorotibialis	Flexion > Extension
Art. talocruralis	Plantarflexion > Dorsalextension
MTP	Einschränkung der Beweglichkeit in alle Richtungen (Flexion am meisten betroffen)
PIP + DIP + IP	Einschränkung der Beweglichkeit in beide Richtungen (Flexion am meisten betroffen)

Tab. 3.8 Technikauswahl nach strukturspezifischer Festlegung.

Ursache	Behandlungsmaßnahmen
Bewegungseinschränkung	
Kapsel	translatorische Gleittechniken/Traktion
Muskel	Muskeldehnung
Faszien	Faszienmobilisation
Vermehrte Beweglichkeit	
Kapsel	aktive Stabilisierung
muskuläre Instabilität	aktive Stabilisierung/Koordinationstraining
Schmerz	
nicht-kontraktile Strukturen	• Mobilisation (z. B. Faszien, Dura, Nervenwurzel) • Friktionen (z. B. Ligamente, Kapsel)
kontraktil	• aktive/passive schmerzfreie Mobilisation (z. B. Muskel) • Friktionen (z. B. Muskel-Sehnen-Übergang)
neural	Nervenmobilisation

- Nervenmobilität, gesamter Nerv kann auf Mobilität geprüft werden, wie z. B. der N. ischiadicus beim Lasèguetest oder Straight leg raise (SLR)
- Koordinationstests, z. B. Finger-Finger-Versuch, Finger-Nase-Versuch, Ferse-Patella

Interpretation:

- Wenn sowohl der Test von Reflex und Kennmuskel als auch die Sensibilitätsprüfung auf das gleiche Segment verweisen, liegt eine radikuläre (auch: primär segmentale) Reaktion vor.
- Radikuläre Syndrome zeigen also sensible, motorische und vegetative Veränderungen in den segmental dazugehörigen peripheren Regionen in Form von Minusqualitäten (z. B. Hyporeflexie, Hyposensibilität, Kraftverlust).
- Stimmen die Ergebnisse der Tests nicht überein, liegt eine pseudoradikuläre Reaktion vor.
- Findet sich bei der Sensibilitätsprüfung kein komplettes Dermatom, so muss eine Area nervina und somit ein peripherer Nerv als Ursache in Betracht gezogen werden.
- Es können auch Plusqualitäten auftreten (z. B. Hyperreflexie, Hypersensibilität).

3.5 Befundinterpretation und Auswahl der Techniken

Die in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Befundtechniken ergeben verschiedene strukturelle Ursachen von Pathologien und laufen auf spezifische Behandlungsmaßnahmen hinaus (▶ Tab. 3.8).

4 Anatomie in vivo

Rudi Amberger

Differenzierte anatomische Kenntnisse und deren Übertragung auf jeden einzelnen unserer Patienten zählen zu den wichtigsten Grundlagen der Manuellen Therapie.

Die Kunst der Palpation und das individuelle Visualisieren erfordern ein hohes Maß an Übung, Erfahrung und Einfühlungsvermögen. Aus diesen Gründen widmen wir diesem bedeutenden Thema ein eigenes Kapitel, um Ihnen die Notwendigkeit für das Erlernen und für die stetige Weiterentwicklung dieser Fertigkeit ein Stück näher zu bringen.

4.1 Einführung in die Palpation

Als Palpation bezeichnet man eine manuelle Untersuchung, in die mithilfe differenzierter Wahrnehmung sämtliche spürbaren Eigenschaften integriert werden.

Funktionstests liefern uns hierzu folgende wichtige Details:

- Lokalisation einer Läsion
- Differenzierung zwischen kontraktiler und nicht-kontraktiler Struktur
- Beurteilung von Gewebeveränderungen einer somatischen Dysfunktion
- Lokalisation der Läsion in einer schon bekannten Struktur, die für die Störung verantwortlich ist

4.1.1 Palpation in Ruhe

Bei der Palpation in Ruhe bewegen sich die Hände auf und in verschiedenen Geweben und Gewebeschichten; währenddessen findet keinerlei Bewegung statt. Abhängig von der Gewebequalität variiert der Therapeut im Palpationsgebiet in Bezug auf Druck und Fläche.

Folgende Strukturen können palpiert werden:

- Haut und Unterhaut
- Fettschicht
- Gelenkkapsel
- Bänder
- Gefäße
- Nerven
- Faszien
- Muskulatur
- Sehnen
- Sehnenscheiden
- Bursen
- Viszera
- knöchernes Skelett

Der Therapeut arbeitet dabei:

- flächig und ohne Druck mit Daumenkuppe, Fingerspitzen des Zeige-, Mittel- und Ringfingers, wenn er die Hautfeuchtigkeit beurteilt; bzw. flach und mit leichtem Druck, wenn er Turgor und Hautverschieblichkeit evaluiert; bzw. mit allmählich steigendem Druck zur Beurteilung der Druckdolenz, der physiologischen Gewebeanordnung und der elastischen und plastischen Gewebebeschaffenheit
- mit der Dorsalseite seiner Finger und Handrücken, wenn er ohne Kontakt die Hauttemperatur beurteilt
- vorsichtig mit dem Fingernagel, um den Verlauf von Nerven zu bestimmen
- mit dem Kibler'schen Handgriff, wenn er die einzelnen Gewebeschichten auf ihre Verschiebbarkeit überprüft
- mit der Fingerkuppe seines sensibelsten Palpationsfingers, um diffizile Palpationsqualitäten zu unterscheiden und zu beurteilen

Auch verschiedenste Gewebeeigenschaften können palpiert werden:

- Hautfeuchtigkeit als Indikator für Sympathikus-Aktivität
- reguläre Gewebeanordnung (Schichtung)
- Wassergehalt (Turgor) der oberflächlichen Gewebeschichten
- elastische und plastische Gewebeeigenschaften
- durch Strahlung verursachte Temperatur (mit oder ohne direkten Kontakt)
- Verschiebbarkeit der einzelnen Strukturen und der Gewebeschichten
- Palpationsqualität, die dem palpierten Gewebe entspricht
- Spannungsgrad bzw. Tonus der Muskulatur
- Beschaffenheitsmerkmale von Periost, Sehnen, Ligamenten, Nerven und Gefäßen
- adäquate Druckdolenz, Klopf- und Rütteldolenz

Es ist von Vorteil, die Palpation an gesundem Gewebe zu üben; anschließend sollte diese Fertigkeit dann im Vergleich zu verändertem oder pathologischem Gewebe weitertrainiert werden.

Statische Palpationstechnik:

Weniger ist mehr!

Gerade zu Beginn, bis der Therapeut durch häufiges Üben und Anwenden seine Sensibilität geschult und eine gewisse Routine entwickelt hat, ist es sehr hilfreich, mit nur einer Hand zu arbeiten.

Um konzentriert arbeiten zu können, sollte der Therapeut während der Behandlung für Ruhe sorgen und die Technik mit geschlossenen Augen ausführen.

Tiefliegende Gewebeschichten sollten grundsätzlich mit großflächigem Kontakt untersucht werden; hierdurch wird die Schmerzfreiheit des Patienten gewährleistet.

Die Palpationstiefe ist abhängig von Gewebequalität, Druck- und Kontaktfläche. Der Therapeut baut während seiner Untersuchung einen gewissen „Grunddruck" auf und stellt dadurch eine mechanische Einheit zwischen dem Palpationskontakt und der palpierten Gewebeschicht her, mit der ein Gleiten auf der palpierten Struktur möglich wird.

Handelt es sich bei der Untersuchung um eine tiefliegende Struktur, so sollte der Palpationskontakt möglichst genau eingesetzt werden. Das Gewebeareal, aus dem der Therapeut Informationen für seine Beurteilung erhält, ist nämlich durch die Verschiebbarkeit der Gewebeschichten zwischen dem Palpationskontakt und der palpierten Struktur limitiert.

Indem der Therapeut den Gewebekontakt großflächig auffängt (z. B. durch seine gesamte Handfläche), ergibt sich für ihn die Möglichkeit, den Palpationskontakt zu entlasten und dadurch gleichzeitig seine Wahrnehmung zu vertiefen.

Mechanorezeptoren:

In der Regel zeigen die meisten Druckrezeptoren ein dynamisches Adaptationsverhalten, d. h., sie reagieren zwar auf Druckveränderungen bei leichtem Druck, bleiben aber unempfindlich bei der Ausübung von konstant hohem Druck. Das Adaptationsverhalten der Rezeptoren wird durch Druckmodulation, Richtungswechsel und Kontaktwechsel verändert. Bei der Palpation in Ruhe (statische Palpation) wird deshalb der Palpationskontakt bewegt, wobei im Gegenzug bei der Palpation in Bewegung der Palpationskontakt ruhig gehalten werden kann.

Schmerzempfinden des Patienten:

- Der Zustand des palpierten Gewebes entscheidet, ob Druck als Druck oder bereits als Schmerz empfunden wird.
- Der Schmerz, der evtl. durch die Palpation ausgelöst werden kann, beeinträchtigt das Druckempfinden des Patienten. Deshalb ist es wichtig, dass der Patient den Therapeuten während der Palpation stets rechtzeitig über größere Veränderungen bezüglich der Druck- und Schmerzempfindung informiert.
- Druckdolenz allein ist kein zuverlässiges Zeichen für eine pathologische Gewebeveränderung!
- Schmerz wird nicht immer am Entstehungsort wahrgenommen!
- Stark schmerzende Stellen sollten zuerst palpiert werden. Bei Dauerschmerz muss die Palpation beendet werden.

Optimaler Palpationsdruck:

- Der Druck ist optimal, wenn so leicht wie möglich und so fest wie notwendig palpiert wird.
- Mehr Druck bedeutet nicht zwangsläufig, dass wir mehr spüren, sondern eher weniger, da die Mechanorezeptoren aufgrund der Druckerhöhung adaptieren!

Struktur und Gewebe:

- Die Palpation sollte stets systematisch nach Art und Topographie der Gewebe erfolgen. Oberflächliche Gewebe werden zuerst palpiert; die tiefer liegenden Gewebe dann ihrer Lage entsprechend nacheinander.
- Je härter sich das palpierte Gewebe anfühlt, desto oberflächlicher gelegen wird es empfunden.

Palpationsrichtung:

- Strukturen und deren Begrenzungen können am einfachsten lokalisiert werden, indem man sie rechtwinklig zu ihrem Verlauf palpiert.

Gegenhalt:

- Palpation mit Gegenhalt oder gegen eine feste Unterlage hält das Gewebe gegen den Palpationsdruck.

Kontinuität:

- Während der Palpation sollte der Kontakt mit der Haut des Patienten möglichst nicht unterbrochen werden. Die Hände sollen ruhig und sicher bewegt werden.

Palpationsregeln für das Auffinden bestimmter Strukturen

Ligamente: Palpation im gespannten Zustand.

Muskeln: Tief liegende Muskeln werden am besten quer zu ihrem Faserverlauf und unter Zug palpiert.

Sehnen: Diese werden durch Muskelkontraktion und -dehnung prominenter.

Nerven: Sie werden durch bestimmte Stellungen der Extremitäten- und Wirbelsäulengelenke unter Zug gesetzt und können in diesem gespannten Zustand leichter palpiert werden.

Gefäße: Arterielle Gefäße werden durch das Ertasten des Pulses lokalisiert. Kleinere Gefäße sind besser palpabel, wenn sie durch feste Gewebe abgestützt werden.

4.1.2 Dynamische Palpation

Die Bewegungspalpation beurteilt das aktiv und passiv mögliche Bewegungsausmaß, die Bewegungsqualität und das Endgefühl im Gelenk. Hierfür wird eine Fingerkuppe auf den Gelenkspalt oder zwei andere knöcherne Referenzpunkte gelegt und das Gelenk aktiv und/oder passiv aus der Mittelstellung durch die ganze Bewegungsbahn bewegt. Hierbei bleibt der Palpationsfinger während der ganzen Bewegung mit beiden Gelenkpartnern in Kontakt und palpiert deren relative Beweglichkeit. Die Bewegung ist einfacher zu beurteilen, wenn nur ein Gelenkpartner bewegt und der andere ruhig gehalten wird.

Eigenschaften, die palpiert werden können:

- Quantität: Beurteilung des Bewegungsausmaßes der (knöchernen) Gelenkpartner im Verhältnis zueinander
- Qualität: qualitative Beurteilung der Bewegung durch die ganze Bewegungsbahn bis zum physiologischen Stopp
- Endgefühl: Beurteilung der endgradigen Beweglichkeit bis zum anatomischen Stopp
- Symptome: Beurteilung der Symptomveränderung in Bezug auf Intensität und Lokalisation

Die Palpation erfolgt mit den Fingerkuppen; es gibt 3 Varianten:

- Ein Finger palpiert beide Gelenkpartner gleichzeitig und überkreuzt den Gelenkspalt.
- Zwei Finger derselben Hand können knöcherne Kontaktpunkte je eines Gelenkpartners palpieren.
- Je ein Finger jeder Hand kontaktiert knöcherne Kontaktpunkte je eines Gelenkpartners.

Technik der dynamischen Palpation:

- Siehe Technik der statischen Palpation.
- Das Gelenk wird von der Mittelstellung durch die ganze Bewegungsbahn und wieder zurück zur Mittelstellung bewegt.
- Die Bewegung erfolgt zuerst um eine Achse, in einer Bewegungsebene und in einem Gelenk. Später kann um mehrere Achsen gleichzeitig bewegt werden.
- Das Gelenk wird langsam und mit kleinstmöglicher Kraft bewegt.
- Die Palpationshand palpiert und „beobachtet", ohne sich zu bewegen. Sie führt oder behindert die Bewegung in keiner Weise.
- Die Bewegung der Weichteile kann die Bewegungsbeurteilung der knöchernen Gelenkpartner erschweren. Deshalb palpiert der Palpationsfinger mit kleinstmöglichem, aber doch genügendem Druck, so dass der Kontakt mit den Gelenkpartnern erhalten bleibt.
- Es ist einfacher eine Bewegung des Kontaktpunkts in Richtung des palpierenden Fingers zu fühlen, als eine Bewegung, die sich vom Palpationsfinger entfernt. Der Palpationsfinger wird deshalb so platziert, dass sich ein Kontaktpunkt in Richtung des Fingers bewegt.

4.2 Schulter/Schultergürtel

4.2.1 Schulter/Schultergürtel – dorsale Ansicht

Die im Text aufgeführten Referenzpunkte für Schulter/Schultergürtel dorsale Ansicht (▶ Tab. 4.1) finden Sie in ▶ Abb. 4.1 und ▶ Abb. 4.2.

Palpation:

Die Margo medialis **1** (▶ Abb. 4.1) verläuft parallel zur WS im Abstand von etwa 3–4 cm. Ihr kranialster Punkt befindet sich etwa auf Höhe Th2, ihr kaudalster Punkt etwa auf Höhe Th7–Th8.

Kaudal der Margo medialis ist der Angulus inferior **2** (▶ Abb. 4.1) zu palpieren; dieser geht lateral in die Margo lateralis **3** (▶ Abb. 4.1) über, welche nach kranio-lateral im Tuberculum infraglenoidale endet.

Nach kranio-lateral wird es aufgrund muskulärer Überlappungen (M. teres major, M. teres minor, M. infraspinatus, M. latissimus dorsi) schwierig, dem Rand zu folgen. Das Tuberculum infraglenoidale tastet man in der Axilla unter Umgehung der oben genannten Muskeln. Als Orientierung dient hierfür der Margo lateralis.

Der Angulus superior **4** (▶ Abb. 4.1) ist kranial der Margo medialis zu palpieren und geht nach lateral in die Margo superior **5** (▶ Abb. 4.1) über. Allerdings erschweren M. levator scapulae, M. rhomboideus minor und M. trapezius pars transversus die Palpation.

Die Margo superior bildet die kraniale Begrenzung der Fossa supraspinata **6** (▶ Abb. 4.2); auch hier beeinträchtigen M. supraspinatus und M. trapezius pars descendens die Palpation. Das Lig. transversum scapulae superius überdeckt die Incisura scapulae und ist in Ausnahmefällen bei sehr hageren Patienten zu palpieren.

Tab. 4.1 Referenzpunkte für Schulter/Schultergürtel.

Referenzpunkt	Bezeichnung
1	Margo medialis
2	Angulus inferior
3	Margo lateralis
4	Angulus superior
5	Margo superior
6	Fossa supraspinata
7	Spina scapulae
8	Trigonum scapulae
9	Fossa infraspinata
10	hinteres Akromioneck
11	hinterer Einstieg Art. acromioclavicularis
12	lateraler Akromionrand
13	vorderes Akromioneck
14	vorderer Einstieg Art. acromioclavicularis
15	Processus coracoideus
16	Art. sternoclavicularis
17	Incisura jugularis
18	Tuberculum minus
19	Sulcus intertubercularis
20	Tuberculum majus
21	Clavicula
22	Fossa infraclavicularis
23	Ansatz M. supraspinatus
24	Ansatz M. infraspinatus

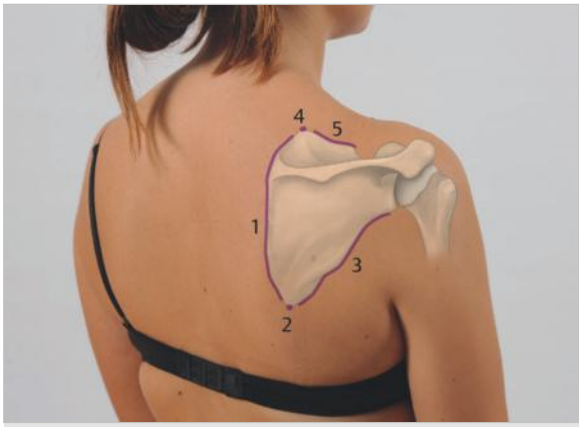


Abb. 4.1 Schulter(-gürtel) von dorsal. **1** Margo medialis, **2** Angulus inferior, **3** Margo lateralis, **4** Angulus superior, **5** Margo superior.

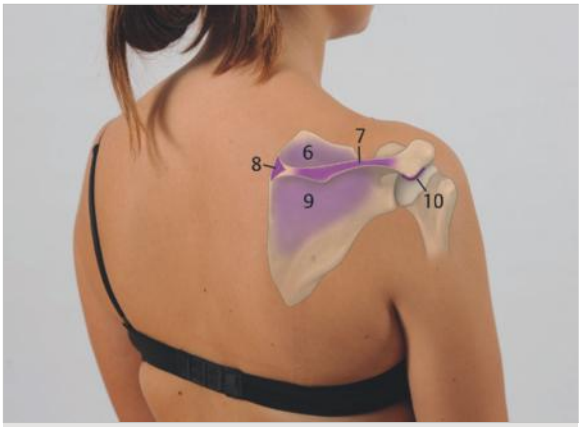


Abb. 4.2 Schulter(-gürtel) von dorsal. **6** Fossa supraspinata, **7** Spina scapulae, **8** Trigonum scapulae, **9** Fossa infraspinata, **10** hinteres Akromioneck.

Die Spina scapulae **7** (▶ Abb. 4.2) liegt etwa auf Höhe Th3 und beginnt mit einer flach-dreieckigen Erhebung, dem Trigonum scapulae **8** (▶ Abb. 4.2). Die Schulterblattgräte verkörpert die kaudale Begrenzung der Fossa supraspinata und die kraniale Begrenzung der Fossa infraspinata **9** (▶ Abb. 4.2). Ihre Kontur wird nach kranio-lateral schmaler und endet lateral, fast in einem 90°-Winkel, über das hintere Akromioneck **10** (▶ Abb. 4.2) in das Akromion.

Der M. infraspinatus liegt in der Fossa infraspinata.

Vom Angulus inferior scapulae folgt man dem Muskelbauch des M. teres major nach kranio-lateral. Dieser verschwindet in der Axilla, um ventral am Humerus anzusetzen. Mit leichtem Widerstand in Innenrotation ist er gegen den M. teres minor abzugrenzen.

Der M. subscapularis lässt sich palpieren, indem man von der Margo lateralis nach medial in den Zwischenraum von Schulterblatt und Thoraxrückseite gleitet.

4.2.2 Schulter/Schultergürtel – ventrale Ansicht

Die im Text genannten Referenzpunkte für Schulter/Schultergürtel ventrale Ansicht (▶ Tab. 4.1) finden Sie in ▶ Abb. 4.3 und ▶ Abb. 4.4.

Palpation:

Der dorsale Einstieg in die Art. acromioclavicularis **11** (▶ Abb. 4.3) verläuft nach lateroventral in einem spitzen Winkel. Man folgt dem oberen Rand der Spina scapulae und mündet, ventral begrenzt von der Clavicula, in diese hintere Einkerbung.

Wandert man vom hinteren Akromioneck über den lateralen Akromionrand **12** (▶ Abb. 4.3), so stößt man ventral auf das vordere Akromioneck **13** (▶ Abb. 4.3).

Im weiteren Verlauf nach medial gelangt man in eine kleine Einkerbung, die den vorderen Einstieg der Art. acromioclavicularis **14** (▶ Abb. 4.3) darstellt. Klavikula und Akromion bilden hier einen stumpfen Winkel nach ventral; im Anschluss folgt die konkave Kurvatur der Klavikula.

1–2 cm distal dieser Konkavität des lateralen Klavikulateils befindet sich die knöcherne Erhebung des Processus coracoideus **15** (▶ Abb. 4.4). Der vordere Teil des Lig. coracoclaviculare wird als Lig. trapezoideum bezeichnet und lässt sich subclaviculär zwischen Processus coracoideus und dem Unterrand der Klavikula **21** (▶ Abb. 4.4) palpieren. Die Pars clavicularis des M. deltoideus erschwert die Palpation. Das Lig. conoideum bildet den hinteren Teil des Lig. coracoclaviculare und ist nicht zu palpieren.

Folgt man dem Corpus claviculae über seine konvexe Kurvatur nach medial, so gelangt man zur Extremitas sternalis der Clavicula und zu dem Gelenkspalt der Art. sternoclavicularis **16** (▶ Abb. 4.4).

Die Incisura jugularis **17** (▶ Abb. 4.4) lässt sich ebenfalls gut palpieren.

1–2 cm lateral des Processus coracoideus liegt das Tuberculum minus **18** (▶ Abb. 4.4); über eine wechselnde Innenrotation und Außenrotation des Humerus lässt es sich deutlich abgrenzen.

Der Sulcus intertubercularis **19** (▶ Abb. 4.4) folgt dem Tuberculum minus nach lateral; er ist die Leitstruktur für die Sehne des langen Bizepskopfes. Über wechselnde Rotationen des Humerus bzw. über eine Anspannung gegen Widerstand in die Anteversion ist er relativ einfach zu lokalisieren. Dabei entsteht zwischen Pars clavicularis und Pars acromialis des M. deltoideus eine Furche, welche identisch mit dem Sulcus intertubercularis ist. Lateral des

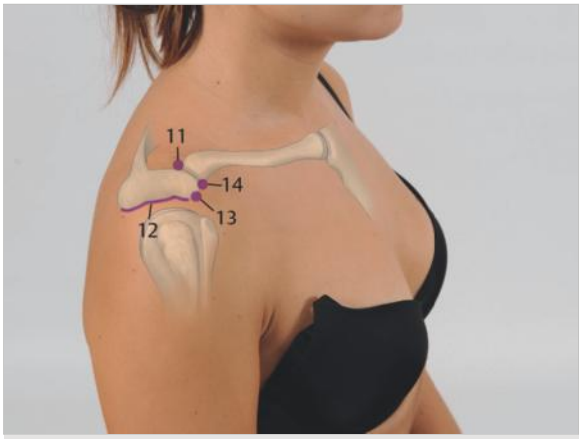


Abb. 4.3 Schulter(-gürtel) von lateral/ventral. **11** hinterer Einstieg Art. acromioclavicularis, **12** lateraler Akromionrand, **13** vorderes Akromioneck, **14** vorderer Einstieg Art. acromioclavicularis.

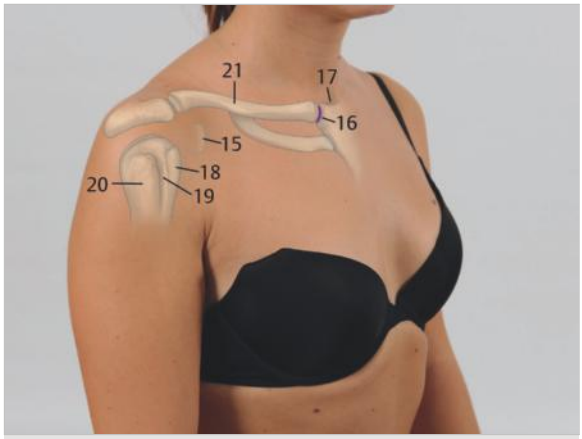


Abb. 4.4 Schulter(-gürtel) von ventral. **15** Proc. coracoideus, **16** Art. sternoclavicularis, **17** Incisura jugularis, **18** Tuberculum minus, **19** Sulcus intertubercularis, **20** Tuberculum majus, **21** Clavicula.

Sulcus befindet sich das Tuberculum majus **20** (▶ Abb. 4.4); auch dieser breitflächige Knochenvorsprung lässt sich über wechselnde Rotationen des Humerus palpieren.

Für die Palpation des M. pectoralis minor wird der Arm des Patienten leicht abduziert. Etwas unterhalb der Axilla gleiten die Finger 2 bis 5 von ventral unter den M. pectoralis major tief nach kranio-medial; dort stoßen die Fingerkuppen an den lateralen Rand des M. pectoralis minor. Die Palpation kann sowohl unter als auch über dessen Muskelbauch erfolgen.

M. pectoralis major, M. deltoideus pars clavicularis und M. biceps brachii erschweren die Palpation des M. coracobrachialis. In Seitlage lässt er sich in der Tiefe unter den Muskeln M. pectoralis major und M. deltoideus pars clavicularis nach kranio-medial in Richtung Processus coracoideus palpieren. Bei einer Anteversion mit Widerstand kontrahieren seine Muskelbündel.

Klinischer Bezug

Es muss beachtet werden, dass an neuralen und vaskulären Strukturen Affektionen provoziert werden können!

4.2.3 Schulter/Schultergürtel – kraniale Ansicht

Den im Text angeführten Orientierungspunkt für Schulter/Schultergürtel kraniale Ansicht (▶ Tab. 4.1) finden Sie in ▶ Abb. 4.5.

Palpation:

Das Lig. coracoacromiale ist eine fest-elastische Struktur, die den subakromialen Raum überdacht. Dieses Band ist schwierig zu palpieren, da die Pars clavicularis des M. deltoideus darüber liegt. Der M. supraspinatus lässt sich indirekt durch die Pars descendens des M. trapezius in der Fossa supraspinata lokalisieren. Die direkte Palpation erfolgt, indem man den ventralen Rand der Pars descendens nach dorsal schiebt und über die Margo superior in die Fossa supraspinata gleitet. Die Fossa infraclavicularis **22**, die auch als „Mohrenheim'sche Grube" bezeichnet wird, liegt medial des Processus coracoideus und ist als Vertiefung zwischen Klavikula und dem Vorderrand des M. deltoideus zu tasten; hier verlaufen V. und A. subclavia sowie der Plexus brachialis.

Die Palpation der Ansätze von M. supraspinatus und M. infraspinatus erfolgt unter Vorpositionierung des Patientenarms.

Oben genannte Ansatzpunkte finden Sie in ▶ Abb. 4.5 und ▶ Abb. 4.6.

Der sehnige Ansatz des M. supraspinatus **23** (▶ Abb. 4.5) ist bei maximaler Innenrotation des Armes unterhalb des vorderen Akromionecks zu palpieren.

Der Sehnenansatz des M. infraspinatus **24** (▶ Abb. 4.6) ist bei 90° Anteversion und 90° Außenrotation (bei gebeugtem Ellenbogen) und ca. 30° horizontaler Adduktion unterhalb des hinteren Akromionecks zu palpieren. Der gemeinsame Ansatz aller 3 Teile des M. deltoideus liegt

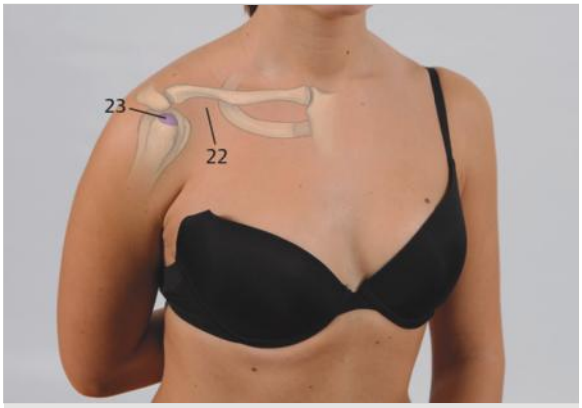


Abb. 4.5 Schulter(-gürtel) von ventral. **22** Fossa infraclavicularis. **23** Ansatz M. supraspinatus.



Abb. 4.6 Schulter(-gürtel) von dorsal. **24** Ansatz M. infraspinatus.

mittig des Humerus an der Tuberositas deltoidea, welche sich am lateralen Humerusschaft erhebt.

4.3 Ellenbogen

4.3.1 Ellenbogen – posteriore Ansicht

Die im Text angeführten Referenzpunkte für den Ellenbogen posteriore Ansicht (▶ Tab. 4.2) finden Sie in ▶ Abb. 4.7 und ▶ Abb. 4.8.

Tab. 4.2 Referenzpunkte für den Ellenbogen.

Referenzpunkt	Bezeichnung
1	Epicondylus lateralis humeri
2	Art. humeroradialis
3	Olecranon
4	Epicondylus medialis humeri
5	Sulcus nervi ulnaris
6	N. ulnaris
7	Capitulum humeri
8	Lig. collaterale radiale
9	Caput radii mit Lig. anulare radii
10	M. brachioradialis
11	M. extensor carpi radialis longus
12	M. extensor carpi radialis brevis
13	Sulcus bicipitalis medialis mit Nn. ulnaris u. medianus
14	A. brachialis
15	N. medianus
16	Sehnenansatz M. biceps brachii
17	Lacertus fibrosus

Palpation:

Der Epicondylus lateralis humeri **1** (▶ Abb. 4.7) ist ein Ausläufer der Margo lateralis humeri und der Crista supracondylaris lateralis nach distal. Seine Palpation gestaltet sich am einfachsten von lateral und posterior.

Direkt posterior des Epicondylus lateralis humeri entsteht bei maximaler Extension eine Vertiefung/Grube, in der nach distal hin der Gelenkspalt der Art. humeroradialis tastbar ist **2** (▶ Abb. 4.8). Es lassen sich sowohl das distal liegende Radiusköpfchen als auch der proximal liegende posteriore Teil des Epicondylus lateralis humeri unterscheiden.

Über Pronation und Supination ist das Radiusköpfchen mit der Circumferentia articularis radii deutlich zu palpieren. Im zirkulären Verlauf um die Circumferentia spannt sich das Lig. anulare radii. Der Gelenkspalt hebt sich auf bei der Bewegung von Extension in Flexion.

Das Olecranon **3** (▶ Abb. 4.7) lässt sich in jeder Position des Ellenbogens mühelos palpieren. In 90° Flexion bildet es zusammen mit beiden Epikondylen ein gleichschenkliges Dreieck (Hüter-Dreieck).

Wenn der Ellenbogen extendiert ist, liegen Olecranon und beide Epikondylen auf einer horizontalen Linie. Bei leichter Ellenbogenflexion gelangt man ein kleines Stück in die Fossa olecrani. Distalwärts des Olecranon palpiert man die Margo posterior der Ulna bis zum Processus styloideus ulnae.

Der Epicondylus medialis humeri **4** (▶ Abb. 4.7 u. ▶ Abb. 4.10) ist der Ausläufer der Margo medialis humeri und der Crista supracondylaris medialis. Er zeigt sich deutlich prominenter als der Epicondylus lateralis humeri. Posterior des Epicondylus medialis humeri liegt der Sulcus nervi ulnaris **5** (▶ Abb. 4.7), in dem der N. ulnaris **6** (▶ Abb. 4.7 u. ▶ Abb. 4.10) seinen Verlauf nimmt. Bei extendiertem Ellenbogen ist der Nerv im Sulcus vorsichtig zu palpieren.

Der M. triceps brachii zeichnet sich bei Extension des Ellenbogens am posterioren Humerus mit seinen 3 Muskelbäuchen ab. Lateral befindet sich das Caput laterale und medial das Caput mediale, welches distaler liegt. Das Caput longum, einschließlich seiner Sehne, palpiert man in der Axilla mit der Kombination von 90° Abduktion im Schultergelenk, Anspannung in die horizontale Abduktion und Extension im Ellenbogen. Der M. anconeus verläuft zwischen Olecranon und Epicondylus lateralis humeri.

4.3.2 Ellenbogen – laterale Ansicht

Die im Text genannten Orientierungspunkte für den Ellenbogen laterale Ansicht (▶ Tab. 4.2) finden Sie in ▶ Abb. 4.8 und ▶ Abb. 4.9.

Palpation:

Ein kleiner lateraler Teil des Capitulum humeri **7** (▶ Abb. 4.8) lässt sich proximal der Art. humeroradialis erreichen. Das Lig. collaterale radiale **8** (▶ Abb. 4.8) ist bei maximaler Extension im Gelenkspalt des Humeroradialgelenks **2** (▶ Abb. 4.8) zu palpieren. Dieses fest-elastische Band hält das Caput radii **9** (▶ Abb. 4.8) in Position und überbrückt nach lateral den Gelenkspalt.

Der M. brachialis zeichnet sich mittig auf der lateralen Seite des Humerus ab. Mit der Kombination von maximaler Ellenbogenflexion und Pronation kann man die kontraktile Anspannung palpieren. In 90° Ellenbogenflexion und der Mittelstellung zwischen Pronation und Supination lässt man den Patienten in Flexion anspannen. Der dadurch hervorspringende Muskelbauch repräsentiert den M. brachioradialis **10** (▶ Abb. 4.9).

Der M. extensor carpi radialis longus **11** (▶ Abb. 4.9) ist bei 90° gebeugtem Ellenbogen und der Nullstellung zwischen Pronation und Supination direkt distal des M. brachioradialis zu finden; sichtbar und tastbar wird dieser bei Dorsalextension der Hand.

Direkt darunter und distal des M. extensor carpi radialis longus liegt der kleinere Muskelbauch des M. extensor carpi radialis brevis **12** (▶ Abb. 4.9).

Ulnarwärts des M. extensor carpi radialis brevis nimmt der M. extensor carpi ulnaris seinen Ursprung; dieser ist bei Dorsalextension und Ulnarabduktion im Handgelenk deutlich zu palpieren.

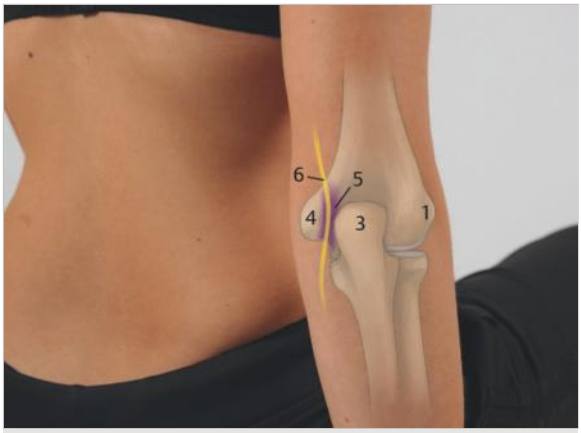


Abb. 4.7 Ellenbogen von posterior. **1** Epicondylus lateralis humeri, **3** Olecranon, **4** Epicondylus medialis humeri, **5** Sulcus nervi ulnaris, **6** N. ulnaris.

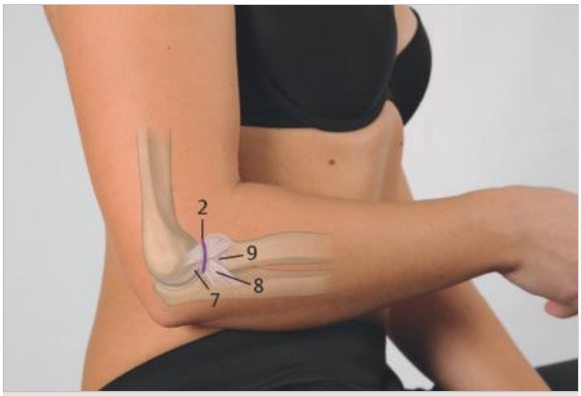


Abb. 4.8 Ellenbogen von lateral. **2** Art. humeroradialis, **7** Capitulum humeri, **8** Lig. collaterale radiale, **9** Caput radii mit Lig. anulare radii.

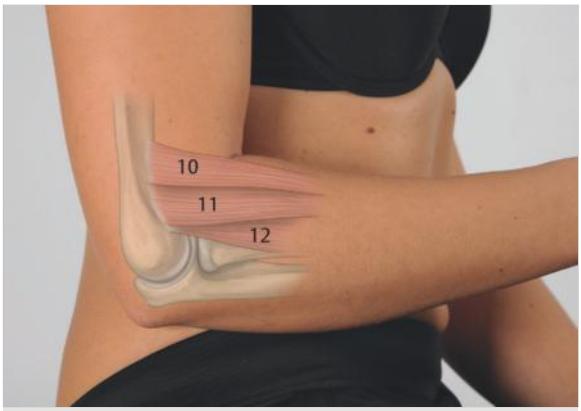


Abb. 4.9 Ellenbogen von lateral. **10** M. brachioradialis, **11** M. extensor carpi radialis longus, **12** M. extensor carpi radialis brevis.

4.3.3 Ellenbogen – mediale Ansicht

Die im nachfolgenden Text angeführten Referenzpunkte für den Ellenbogen mediale Ansicht (▶ Tab. 4.2) finden Sie in ▶ Abb. 4.10 und ▶ Abb. 4.11.

Palpation:

Der Sulcus bicipitalis medialis **13** (▶ Abb. 4.10) befindet sich an der Innenseite des Oberarms zwischen M. biceps brachii und M. triceps brachii. Verfolgt man den Weg nach distal und leicht nach posterior, so gelangt man zum Epicondylus medialis humeri **4** (▶ Abb. 4.10 u. ▶ Abb. 4.7). Posterior und distal des Epicondylus medialis befindet sich der Sulcus nervi ulnaris, in dem der N. ulnaris **6** (▶ Abb. 4.10 u. ▶ Abb. 4.7) verläuft.

Die Pulsation der A. brachialis **14** (▶ Abb. 4.11) ist in der fossa cubiti deutlich zu palpieren; postero-medial der Arterie befindet sich der N. medianus **15** (▶ Abb. 4.11). An der Grenze zwischen mittlerem und distalem Drittel des Oberarms verlässt der N. ulnaris den Sulcus bicipitalis medialis. Bevor dieser in den Sulcus nervi ulnaris einstrahlt, lässt er sich medial des M. triceps brachii pars medialis palpieren.

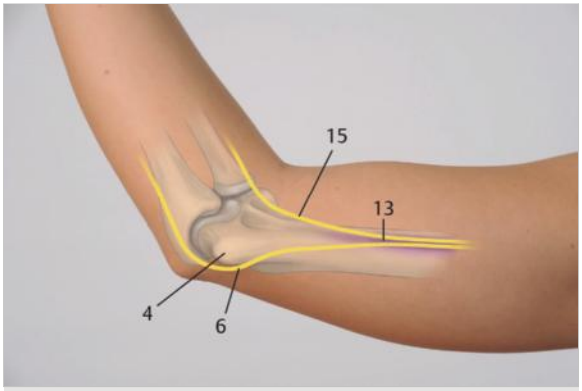


Abb. 4.10 Ellenbogen von medial. **4** Epicondylus medialis humeri, **6** N.ulnaris, **13** Sulcus bicipitalis medialis mit Nn. ulnaris und medianus, **15** N. medianus.

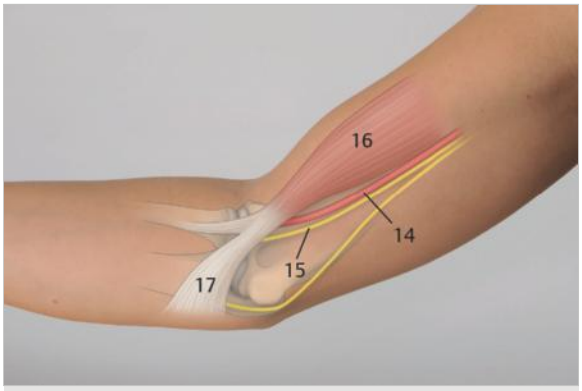


Abb. 4.11 Ellenbogen von anterior/medial. **14** A. brachialis, **15** N. medianus, **16** M. biceps brachii, **17** Lacertus fibrosus.

Der Muskelbauch des M. biceps brachii ist deutlich zu tasten; im weiteren Verlauf verschwindet er proximal unter der Pars clavicularis des M. deltoideus. Hier lässt sich über eine Anspannung des Ellenbogens in Flexion das Caput longum (lateral) vom Caput breve (medial) differenzieren.

Der Sehnenansatz des M. biceps brachii **16** (▶ Abb. 4.11) an der Tuberositas radii ist ebenfalls deutlich zu palpieren.

Einen weiteren Ansatz bildet der Lacertus fibrosus **17** (▶ Abb. 4.11), eine faszienartige Auffächerung, die nach medial um die Ulna verläuft. Platziert man seine Finger lateral des Epicondylus medialis humeri und lässt den Patienten leicht in Flexion spannen, gelangt man mit den Fingerkuppen unter diese bindegewebige Platte.

In der Fossa cubiti orientiert man sich an der Sehne des M. biceps brachii. Medial der Sehne gelangt man zur Pulsation der A. brachialis und wiederum medial der Arterie, noch tiefer in der Fossa cubiti, kann man den gitarrensaitenartigen N. medianus palpieren.

Der M. pronator teres lässt sich nur schwer abgrenzen. Positioniert man die Finger etwas distal und ventral des Epicondylus medialis humeri und lässt den Patienten in eine Pronation gegen Widerstand anspannen, so wird die Kontraktion dieses Muskels spürbar.

Die Palpation des M. flexor carpi ulnaris erfolgt über eine Anspannung in die Volarflexion und Ulnarabduktion im Handgelenk. Aus dieser Position lässt er sich dann an der medialen Seite der Ulna palpieren, wobei sein sehniger Ansatz direkt proximal des Os pisiforme zu tasten ist. Radialwärts der Sehne befindet sich die A. ulnaris.

4.4 Hand

4.4.1 Hand – dorsale Ansicht

Die unten genannten Orientierungspunkte für die Hand von dorsal (▶ Tab. 4.3) finden Sie in ▶ Abb. 4.12 und ▶ Abb. 4.13.

Palpation:

Der Processus styloideus ulnae **1** (▶ Abb. 4.12) ist dorsalseitig an der Extremitas distalis ulnae sehr prominent zu palpieren. Über eine radiale Abduktion kann man das Lig. collaterale ulnare direkt distal des Processus spüren.

Der Gelenkspalt zum Os triquetrum **2** (▶ Abb. 4.13) lässt sich unterhalb des Processus styloideus ulnae einfach finden; der dazwischen gelagerte Discus articularis ist jedoch nicht zu palpieren. Folgt man dem Processus styloideus nach radial, gelangt man in den Gelenkspalt des distalen Radioulnargelenks **3** (▶ Abb. 4.12) Dieser liegt in Verlängerung des III. und IV. intermetacarpalen Zwischenraumes.

Radialseitig an der Extremitas distalis radii befindet sich der Processus styloideus radii **4** (▶ Abb. 4.12). Er liegt

Tab. 4.3 Referenzpunkte für die Hand.

Referenzpunkt	Bezeichnung
1	Processus styloideus ulnae
2	Os triquetrum
3	distales Radioulnargelenk
4	Processus styloideus radii
5	Tuberculum dorsale
6	M. extensor carpi radialis longus
7	M. extensor carpi radialis brevis
8	Os trapezoideum
9	Os metacarpale II
10	Os metacarpale III
11	Os capitatum
12	Os lunatum
13	Os hamatum
14	Os metacarpale V
15	Os metacarpale IV
16	M. abductor pollicis longus
17	M. extensor pollicis brevis
18	M. extensor pollicis longus
19	Os pisiforme
20	Os scaphoideum
21	Os trapezium
22	Os metacarpale I
23	Fossa tabatière
24	Loge de Guyon
25	Hamulus ossis hamati
26	A. ulnaris
27	N. ulnaris
28	Lig. carpi transversum
29	Lig. pisohamatum
30	Tuberculum ossis scaphoidei
31	Tuberculum ossis trapezii
32	M. flexor carpi radialis
33	M. palmaris longus
34	A. radialis
35	N. medianus

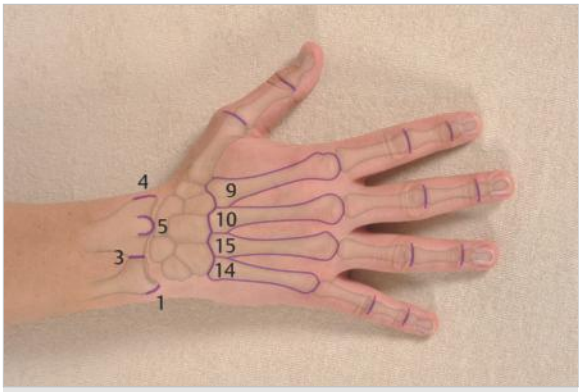


Abb. 4.12 Hand von dorsal. **1** Proc. styloideus ulnae, **3** distales Radioulnargelenk, **4** Proc. styloideus radii, **5** Tuberculum dorsale, **9** Os metacarpale II, **10** Os metacarpale III, **14** Os metacarpale V, **15** Os metacarpale IV.

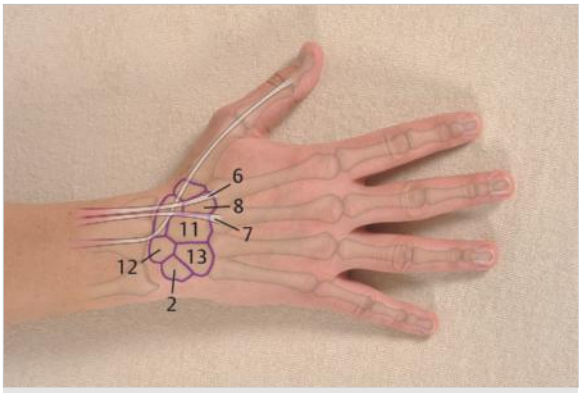


Abb. 4.13 Hand von dorsal. **2** Os triquetrum, **6** M. extensor carpi radialis longus, **7** M. extensor carpi radialis brevis, **8** Os trapezoideum, **11** Os capitatum, **12** Os lunatum, **13** Os hamatum.

distaler und ist nach dorsal weniger prominent ausgeprägt als der ulnare Styloid.

Das Tuberculum dorsale (Tuberculum von Lister) **5** (▶ Abb. 4.12) erhebt sich dorsalseitig auf dem Radius und befindet sich in Verlängerung des II. und III. Intermetakarpalraums. Radialseitig ziehen die Mm. extensor carpi radialis longus **6** (▶ Abb. 4.13) und brevis **7** (▶ Abb. 4.13) zu den Basen der Metakarpalen II und III.

Das Os trapezoideum **8** (▶ Abb. 4.13) liegt in Verlängerung des Os metacarpale II **9** (▶ Abb. 4.12) nach proximal und direkt ulnarwärts neben dem Os trapezium.

Folgt man dem Os metacarpale III **10** (▶ Abb. 4.12) über die Basis hinaus nach proximal, gelangt man in die Kapitatumgrube, in der sich das Os capitatum **11** (▶ Abb. 4.13) befindet.

Von der Kapitatumgrube nach proximal stößt man auf das Os lunatum **12** (▶ Abb. 4.13), welches durch eine Volarflexion der Hand noch deutlicher zu palpieren ist (Dorsalgleiten).

Für das Os hamatum **13** (▶ Abb. 4.13) mit dem Hamulus ossis hamati orientiert man sich an der ulnarseitig leicht erhabenen Basis des Os metacarpale V **14** (▶ Abb. 4.12). Proximal dieser Basis befindet sich eine kleine Vertiefung, aus der bei einer Radialabduktion die Spitze des Os hamatum hervortritt. Das Os hamatum steht zudem auch mit dem Os metacarpale IV **15** (▶ Abb. 4.12) in Kontakt.

4.4.2 Hand – radiale Ansicht

Die im Anschluss angeführten Referenzpunkte für die Hand von radial (▶ Tab. 4.3) finden Sie in der ▶ Abb. 4.14.

Palpation:

Radial seitliche Begrenzungen werden volar von den Muskeln M. abductor pollicis longus **16** und M. extensor pollicis brevis **17** gebildet. Dorsal findet die Begrenzung durch den M. extensor pollicis longus **18** statt.

4.4.3 Hand – volare Ansicht

Die unten angeführten Referenzpunkte für die Hand von volar (▶ Tab. 4.3) finden Sie in ▶ Abb. 4.14, ▶ Abb. 4.15 und ▶ Abb. 4.16.

Palpation:

Das Os pisiforme **19** (▶ Abb. 4.15) lässt sich volarwärts auf dem Os triquetrum palpieren und bei leichter Volarflexion auch gut gegen das Os triquetrum mobilisieren.

Folgt man der Spitze des Processus styloideus radii volarseitig nach distal, erreicht man unmittelbar das Os scaphoideum **20** (▶ Abb. 4.15). Bei einer Ulnarabduktion tritt es nach radial hervor und ist dadurch gut tastbar.

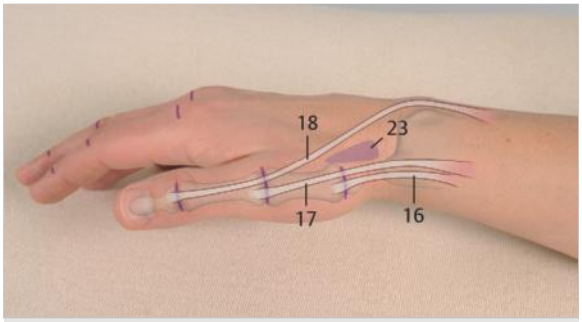


Abb. 4.14 Hand von radial. **16** M. abductor pollicis longus, **17** M. extensor pollicis brevis, **18** M. extensor pollicis longus, **23** Fossa tabatière.

Um das Os trapezium **21** (▶ Abb. 4.15) zu palpieren, orientiert man sich an der volarseitig leicht erhabenen Basis des Os metacarpale I **22** (▶ Abb. 4.15).

Von hier aus proximal befindet sich der Gelenkspalt des Karpometakarpalgelenks I. Ein weiterer Orientierungspunkt erschließt sich durch die Fossa tabatière **23** (▶ Abb. 4.14), die sich durch Radialabduktion und Extension des Daumens bildet.

Von proximal nach distal lassen sich folgende Strukturen innerhalb der Tabatière palpieren: Processus styloideus radii, Os scaphoideum, Os trapezium, Carpometacarpalgelenk I und Basis des Os metacarpale I.

Legt man eine Fingerkuppe distal in die Tabatière, befindet man sich auf dem Os trapezium.

Die Loge de Guyon **24** (▶ Abb. 4.15) befindet sich zwischen Os pisiforme und Hamulus ossis hamati **25** (▶ Abb. 4.15); hier verlaufen die A. ulnaris **26** (▶ Abb. 4.15) und der N. ulnaris **27** (▶ Abb. 4.16).

Volarseitig wird der Karpaltunnel durch das Lig. carpi transversum **28** (▶ Abb. 4.16) gebildet. Den ulnaren Abschluss bildet das Lig. pisohamatum **29** (▶ Abb. 4.16), welches auch die Loge de Guyon deckelt. Eine direkte Palpation beider Strukturen ist nicht möglich; jedoch lässt sich das ungefähre Ausmaß der Ligamente abschätzen, indem man auf der Ulnarseite den Hamulus ossis hamati und das Os pisiforme mit den Tubercula von Os scaphoideum **30** (▶ Abb. 4.16) und Os trapezium **31** (▶ Abb. 4.16) auf der Radialseite verbindet. Mithilfe von Faustschluss und leichter Flexion lassen sich die Sehnenansätze des M. flexor carpi radialis **32** (▶ Abb. 4.16) und des M. palmaris longus **33** (▶ Abb. 4.16) erkennen und palpieren. Über die Sehne des M. flexor carpi radialis lässt sich zudem die Pulsation der A. radialis **34** (▶ Abb. 4.16) lokalisieren. Der N. medianus **35** (▶ Abb. 4.16) verläuft direkt unterhalb und/oder radialseitig der Sehne des M. palmaris longus und lässt sich palpatorisch kaum bestimmen; er durchzieht zur Versorgung des Daumenballens den Karpaltunnel und kann in seiner Lage variieren, je nach Bewegungsausmaß von Hand, Fingern oder Ellenbogen.

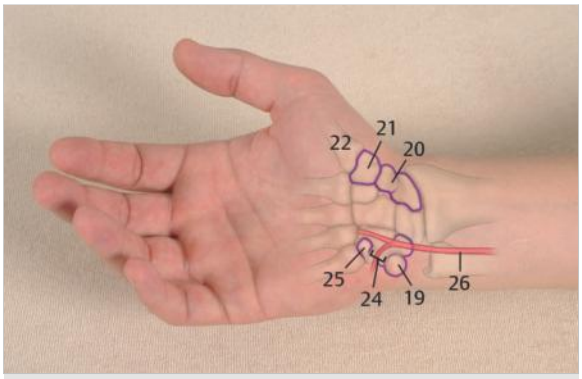


Abb. 4.15 Hand von volar. **19** Os pisiforme, **20** Os scaphoideum, **21** Os trapezium, **22** Os metacarpale I, **24** Loge de Guyon, **25** Hamulus ossis hamati, **26** A. ulnaris.

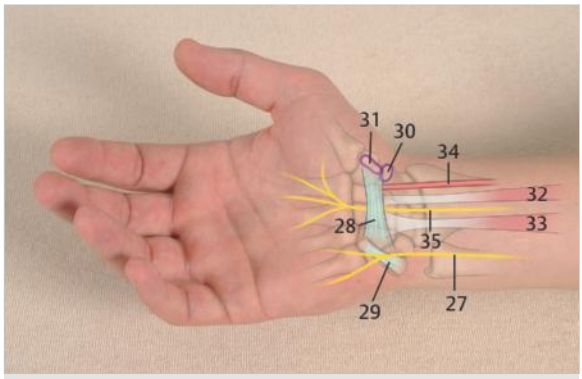


Abb. 4.16 Hand von volar. **27** N. ulnaris, **28** Lig. carpi transversum, **29** Lig. pisohamatum, **30** Tub. ossis scaphoidei, **31** Tub. ossis trapezii, **32** M. flexor carpi radialis, **33** M. palmaris longus, **34** A. radialis, **35** N. medianus.

4.5 Knie

4.5.1 Knie – laterale und mediale Ansicht

Die im folgenden Text genannten Orientierungspunkte für das Knie von medial und lateral (▶ Tab. 4.4) finden Sie in ▶ Abb. 4.17 und ▶ Abb. 4.18.

Palpation:

Distal des medialen und lateralen Epicondylus befindet sich der jeweilige Gelenkspalt, wobei der laterale Gelenkspalt **1** (▶ Abb. 4.17) geringfügig tiefer liegt als der mediale **7** (▶ Abb. 4.18). Die Palpation gestaltet sich unter Flexion/Extension-Bewegungen einfacher. Die Menisci medialis **8** (▶ Abb. 4.18) und lateralis **2** (▶ Abb. 4.17) liegen im jeweiligen Gelenkspalt; bei 90° Flexion und Rotation im Knie wandern sie auf dem Tibiaplateau nach anterior und posterior.

Der mediale Epicondylus **9** (▶ Abb. 4.18) zeigt sich prominenter als der laterale **3** (▶ Abb. 4.17) und verfügt über eine starke Erhebung, die als Tuberculum adductorium **12** (▶ Abb. 4.18) bezeichnet wird und als Ansatz für den M. adductor magnus dient. Für die Palpation des medialen **10** (▶ Abb. 4.18) und lateralen Kondylus **4** (▶ Abb. 4.17) beginnt man von distal kommend in der kleinen Grube, jeweils rechts oder links der Apex patellae. Über die Spitze des Palpationsfingers lässt sich die mit Knorpel überzogene Gelenkfläche des jeweiligen Kondylus ertasten.

Das mediale Kollateralband **11** (▶ Abb. 4.18) lässt sich nur schwer abgrenzen. Folgt man dem medialen Gelenkspalt mit dem Finger von anterior nach posterior, so wird dieser vom anterioren Rand des hier beginnenden Lig. collaterale mediale aus dem Spalt herausgedrückt.

Für die Palpation des Lig. collaterale laterale **5** (▶ Abb. 4.17) befindet sich der Patient in Rückenlage, das Bein ist im Knie flektiert und wird in Abduktion abgelegt. Am lateralen Gelenkspalt ertastet man in dieser Position eine straffe, runde Struktur.

Der laterale Kondylus ist mit dem Caput fibulae **6** (▶ Abb. 4.17) gelenkig verbunden; man orientiert sich deswegen vom Kniegelenksspalt nach distal.

Tab. 4.4 Referenzpunkte für das Knie.

Referenzpunkt	Bezeichnung
1	lateraler Gelenkspalt
2	lateraler Meniskus
3	lateraler Epikondylus
4	lateraler Kondylus
5	Lig. collaterale laterale
6	Caput fibulae
7	medialer Gelenkspalt
8	medialer Meniskus
9	medialer Epikondylus
10	medialer Kondylus
11	Lig. collaterale mediale
12	Tuberculum adductorium
13	Tuberositas tibiae
14	Tuberositas tractus iliotibialis (Gerdi)
15	Patella
16	Basis patellae
17	Apex patellae
18	Lig. patellae
19	Hoffa-Fettkörper
20	M. rectus femoris
21	M. biceps femoris
22	M. gracilis
23	M. semitendinosussehne
24	N. tibialis
25	N. fibularis communis

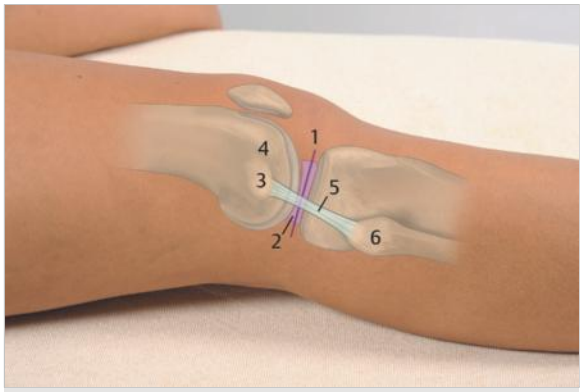


Abb. 4.17 Knie von lateral. **1** Lateraler Gelenkspalt, **2** lateraler Meniskus, **3** lateraler Epicondylus, **4** lateraler Condylus, **5** Lig. collaterale laterale, **6** Caput fibulae.

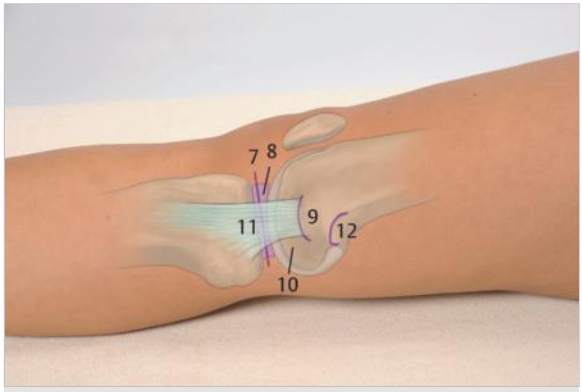


Abb. 4.18 Knie von medial. **7** Medialer Gelenkspalt, **8** medialer Meniskus, **9** medialer Epicondylus, **10** medialer Condylus, **11** Lig. collaterale mediale, **12** Tuberculum adductorium.

4.5.2 Knie – anteriore Ansicht

Die im nachfolgenden Text beschriebenen Referenzpunkte für das Knie von anterior (▶ Tab. 4.4) finden Sie in ▶ Abb. 4.19.

Palpation:

Unterhalb des lateralen Tibiaplateaus befindet sich eine knöcherne Erhebung, die als Tuberositas tractus iliotibialis **14** bezeichnet wird.

Unmittelbar daneben findet man die Tuberositas tibiae **13**, von der aus der fächerförmige Sehnenansatz des Pes anserinus in mediale Richtung über den Condylus medialis tibiae verläuft.

Der M. articularis genus ist indirekt unter dem M. rectus femoris **20** und dem M. vastus intermedius zu palpieren und zu behandeln. Er ist erreichbar, indem man sich 3 Querfinger proximal des oberen Patellarandes (**16** Basis patellae) seitlich des M. rectus femoris in die Tiefe orientiert.

Von medial und lateral der Patella **15** strahlen Retinaculae nach medio-distal und latero-distal zum Condylus tibiae.

Das Lig. patellae **18** ist direkt distal zwischen dem Apex patellae **17** und der Tuberositas tibiae zu palpieren. Jeweils lateral und medial der Sehne befindet sich der weich zu palpierende Hoffa-Fettkörper **19**, der in Extension einfacher zu tasten ist.

4.5.3 Knie – posteriore Ansicht

Die unten angeführten Orientierungspunkte für das Knie von posterior (▶ Tab. 4.4) finden Sie in ▶ Abb. 4.20.

Palpation:

Für die Bestimmung des M. biceps femoris **21** befindet sich der Patient in Rückenlage und sein Bein liegt mit 90° Knieflexion auf der Schulter des Therapeuten. Bei Anspannung in Knieflexion wird die Bizepssehne lateral in der Fossa poplitea deutlich sichtbar, während medial in der Kniekehle die Sehne des M. semitendinosus **23** erscheint.

Medial und leicht nach anterior versetzt lässt sich daneben die Sehne des M. gracilis **22** ertasten. Palpiert man entlang des lateralen Randes der Semitendinosussehne und arbeitet sich in die Tiefe nach anterior, so ertastet man einen kleinen Muskelanteil des M. semimembranosus („im Schatten der Semitendinosussehne liegend").

Zur Differenzierung der beiden Nerven N. tibialis **24** und N. fibularis communis **25** befindet sich der Patient in der gleichen Ausgangsposition. Bei Dorsalextension im Fuß tritt der N. tibialis zentral in der Fossa poplitea als eine fingerdicke Struktur hervor.

Mit eingestellter Plantarflexion im Fuß orientiert man sich medial der Bizepssehne in der Tiefe nach anterior und palpiert den N. fibularis communis als gitarrensaitenartige Struktur.

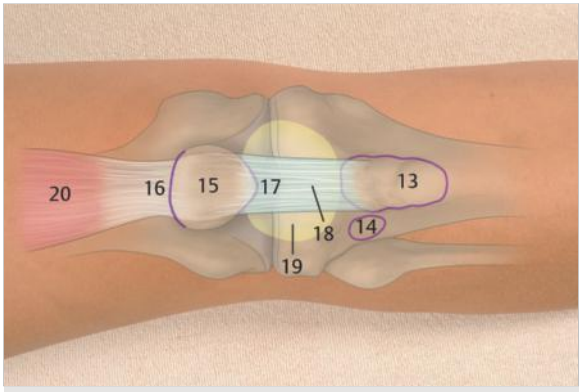


Abb. 4.19 Knie von anterior. **13** Tuberositas tibiae, **14** Tuberositas tractus iliotibialis, **15** Patella, **16** Basis patellae, **17** Apex patellae, **18** Lig. patellae, **19** Hoffa-Fettkörper, **20** M. rectus femoris.

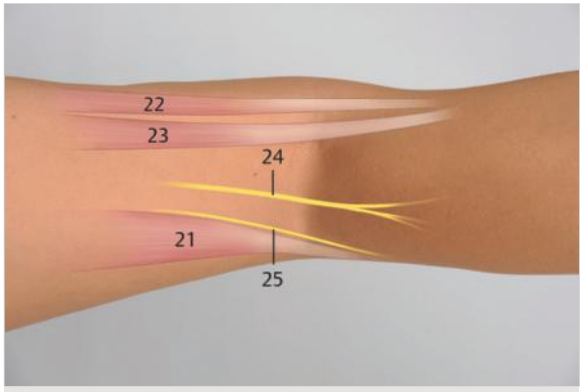


Abb. 4.20 Knie von posterior. **21** M. biceps femoris, **22** M. gracilis, **23** M. semitendinosussehne, **24** N. tibialis, **25** N. fibularis communis.

4.6 Fuß

4.6.1 Fuß – laterale Ansicht

Die im nachfolgenden Text angeführten Referenzpunkte für den Fuß von lateral (▶ Tab. 4.5) finden Sie in ▶ Abb. 4.21 und ▶ Abb. 4.22.

Palpation:

Der laterale Malleolus **1** (▶ Abb. 4.21) ist etwas prominenter ausgeprägt als der mediale **6** (▶ Abb. 4.22) und liegt zudem weiter distal.

Etwa 1 Querfinger distal des Außenknöchels erreicht man die Trochlea peronealis **2** (▶ Abb. 4.21). An dieser knöchernen Erhebung separiert sich der Verlauf der beiden Mm. fibularis longus und brevis, die zu den Flexoren des Fußes zählen und an der lateralen Fibula und den Septa intermuscularia entspringen. Von dort aus ziehen sie hinter dem Malleolus lateralis vorbei, bevor der M. fibularis brevis zur Tuberositas ossis metatarsi V gelangt und der M. fibularis longus an der Plantarseite des Os cuneiforme mediale und an der Basis des Os metatarsi I seinen Ansatz findet.

Tab. 4.5 Referenzpunkte für den Fuß.

Referenzpunkt	Bezeichnung
1	lateraler Malleolus
2	Trochlea peronealis
3	Lig. talofibulare anterius
4	Lig. talofibulare posterius
5a	Lig. calcaneofibulare
5b	Sinus tarsi
6	medialer Malleolus
7	Lig. tibionaviculare
8	Lig. tibiotalare anterius
9	Lig. tibiotalare posterius
10	Lig. tibiocalcaneare
11	Sustentaculum tali
12	Lig. calcaneonaviculare plantare
13	Tuberositas ossis navicularis
14	Art. talocruralis
15	Os naviculare
16	Os cuneiforme mediale
17	Os metatarsale I
18a	Os cuneiforme intermedium
18b	Os metatarsale II
19a	Os cuneiforme laterale
19b	Os metatarsale III
20	Chopart-Gelenklinie
21	Os cuboideum
22	Lisfrancsche Gelenklinie
23	Tuberositas ossis metatarsalis V

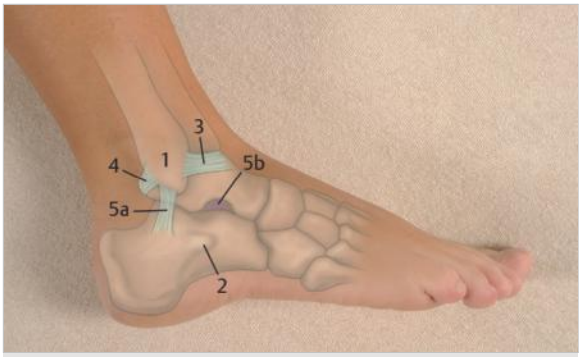


Abb. 4.21 Fuß von lateral. **1** Malleolus lateralis, **2** Trochlea peronealis, **3** Lig. talofibulare anterius, **4** Lig. talofibulare posterius, **5a** Lig. calcaneofibulare, **5b** Sinus tarsi.

Folgende Bänder befinden sich an der lateralen Seite, sind jedoch nicht klar zu differenzieren und zu palpieren:

Lig. talofibulare anterius **3** (▶ Abb. 4.21), Lig. talofibulare posterius **4** (▶ Abb. 4.21) und Lig. calcaneofibulare **5a** (▶ Abb. 4.21). Antero-medial des Malleolus lateralis entsteht bei Dorsalextension im Fuß eine Vertiefung, in welcher der Sinus tarsi **5b** (▶ Abb. 4.21) zu tasten ist.

Dieser stellt den lateralen Einstieg in das subtalare Gelenk dar, welches durch das Lig. talocalcaneum interosseum in eine vordere und eine hintere Kammer geteilt wird. Die Muskeln M. extensor digitorum brevis und M. extensor hallucis brevis deckeln mit ihren Ursprüngen den Sinus tarsi, lassen sich aber nur schwer differenzieren.

4.6.2 Fuß – mediale Ansicht

Die unten genannten Referenzpunkte für den Fuß von medial (▶ Tab. 4.5) finden Sie in ▶ Abb. 4.22.

Palpation:

Die Ligg. tibionaviculare **7**, tibiotalare anterius **8**, tibiotalare posterius **9** und tibiocalcaneare **10** stellen Bandstrukturen dar, die schwer abzugrenzen und zu palpieren sind.

Etwa 2 Querfinger distal des Malleolus medialis liegt das Sustentaculum tali **11**, dessen knöcherner Vorsprung sich gut tasten lässt, indem man von plantar nach dorsal palpiert und somit an diesen Knochenvorsprung anstößt. Hier inseriert das Lig. calcaneonaviculare plantare **12**, welches zur Tuberositas ossis navicularis **13** zieht, die sich 1–2 Querfinger zehenwärts dieses Vorsprungs erhebt.

Die Ligg. talonaviculare, bifurcatum und tibiofibulare anterius stellen nicht klar zu differenzierende Bandstrukturen an der dorsalen Seite des Fußes dar.

Die Gelenkverbindung der Art. talocruralis **14** lässt sich mit 2 Fingerspitzen zwischen beiden Malleoli auf Höhe der Trochlea tali palpieren.

In rechtwinkliger Stellung des Fußes lässt sich das Collum tali lokalisieren, indem man sich von der anterioren

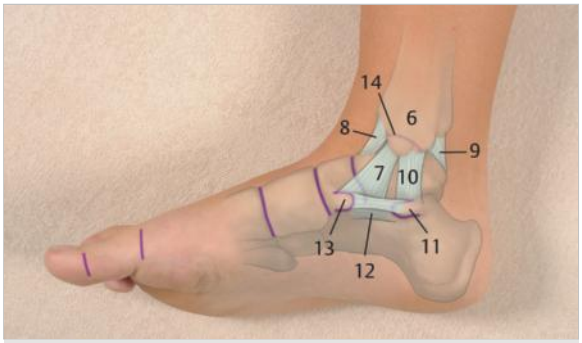


Abb. 4.22 Fuß von medial. **6** Malleolus medialis, **7** Lig. tibionaviculare, **8** Lig. tibiotalare anterius, **9** Lig. tibiotalare posterius, **10** Lig. tibiocalcaneare, **11** Sustentaculum tali, **12** Lig. calcaneonaviculare plantare, **13** Tuberositas ossis navicularis, **14** Art. talocruralis.

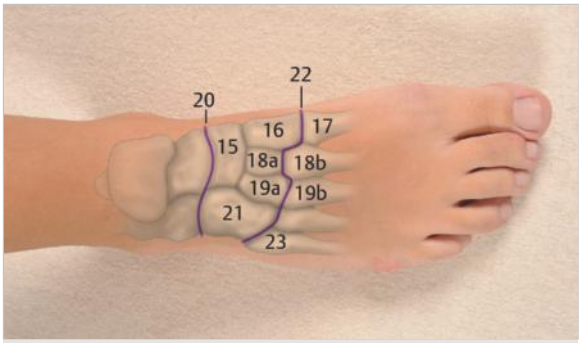


Abb. 4.23 Fuß von dorsal. **15** Os naviculare, **16** Os cuneiforme mediale, **17** Os metatarsale I, **18a** Os cuneiforme intermedium, **18b** Os metatarsale II, **19a** Os cuneiforme laterale, **19b** Os metatarsale III, **20** Chopart-Gelenklinie, **21** Os cuboideum, **22** Lisfrancsche Gelenklinie, **23** Tuberositas ossis metatarsalis V.

Tibiakante nach distal orientiert. Das Caput tali ist aufgrund seines Gelenkkontakts zum Os naviculare nicht zu palpieren.

4.6.3 Fuß – dorsale Ansicht

Die im nachfolgenden Text angeführten Referenzpunkte für den Fuß von dorsal (▶ Tab. 4.5) finden Sie in ▶ Abb. 4.23.

Palpation:

Da die Ossa cuneiformia I, II und III nach posterior in direkter Nachbarschaft mit dem Os naviculare **15** stehen, orientiert man sich von der Tuberositas ossis navicularis nach distal.

Von hier aus haben das Os cuneiforme mediale **16** mit Os metatarsale I **17**, das Os cuneiforme intermedium **18a** mit Os metatarsale II **18b** und das Os cuneiforme laterale **19a** mit Os metatarsale III **19b** Kontakt.

Die Verwendung dieser Orientierungspunkte erleichtert die Palpation der Ossa cuneiforma I–III, welche generell sehr schwer abzugrenzen sind. Das Os cuneiforme II ist etwas kleiner und mit der distalen Kante nach proximal versetzt.

Für die Chopart-Gelenklinie **20** erfolgt die Orientierung medialseitig an der Tuberositas ossis navicularis nach proximal in den Gelenkspalt zwischen Talus und Naviculare; lateral palpiert man die Tuberositas ossis cuboidei an der Plantarseite des Kuboids und folgt ihr ebenfalls nach proximal in den Gelenkspalt zwischen Kalkaneus und Kuboid. Verbindet man beide Punkte zu einer horizontalen Linie, so müsste diese 1 Querfinger anterior der Malleoli liegen.

Das Os cuboideum **21** lässt sich auch über die Basen der Ossa metatarsalia IV und V erkunden.

Praxistipp

Der Gelenkspalt des Kuboids zu Metatarsalia V und IV verläuft von latero-proximal nach medio-distal!

Die Lisfrancsche Gelenklinie **22** hat annähernd einen queren Verlauf bis zur Tuberositas ossis metatarsalis V. Zur Orientierung dient der Gelenkspalt zwischen Os metatarsale V, Tuberositas ossis metatarsalis V **23** und Os cuboideum sowie der Gelenkspalt zwischen der Basis des Os metatarsale I und dem Os cuneiforme mediale.

Der weitere Verlauf der Gelenklinie kann über die Verbindung der Ossa cuneiformia II und III zu den Ossa metatarsalia II und III kontrolliert werden.

Lateral der Margo anterior tibiae liegt der Muskelbauch des M. tibialis anterior, dessen Sehne bei Dorsalextension und Supination auf Höhe der Malleolen deutlich sichtbar wird. Lateral dieser Sehne befindet sich die Sehne des M. extensor hallucis longus, dem sich die Sehne des M. extensor digitorum longus anschließt, wenn man sich weiter nach lateral orientiert.

4.7 Becken

4.7.1 LBH-Region

4.7.2 LBH-Region – ventrale und laterale Ansicht

Die unten angeführten Orientierungspunkte für die LBH-Region von ventral und lateral (▶ Tab. 4.6) finden Sie in ▶ Abb. 4.24 und ▶ Abb. 4.25.

Tab. 4.6 Referenzpunkte für das Becken.

Referenzpunkt	Bezeichnung
1	Crista iliaca
2	Tuberculum iliacum
3	SIAS
4	M. sartorius
5	M. tensor fasciae latae
6	SIAI
7	Trigonum femorale laterale
8	Tractus iliotibialis
9	Tuberculum pubicum
10	Symphysis pubica
11	M. adductor longus
12	Scarpa-Dreieck/Trigonum femorale mediale
13	Lig. inguinale
14	Lacuna vasorum
15	Lacuna musculorum
16a	N. femoralis
16b	N. cutaneus femoris lateralis
17a	A. femoralis
17b	V. femoralis
18	Trochanter major
19	Crista sacralis mediana S2
20	SIPS
21	SIG
22	Tuber ischiadicum
23	Crista sacralis mediana
24	Hiatus sacralis
25	Cornua sacralia
26	Cornua coccygea
27	Lig. sacrotuberale
28	M. piriformis
29	Angulus inferior lateralis
30	N. ischiadicus
31	Foramen infrapiriforme
32	Foramen suprapiriforme

Palpation:

Die Crista iliaca **1** (▶ Abb. 4.24) kann man von dorsal nach ventral und umgekehrt palpieren. In ihrem Verlauf ist ein Tuberculum iliacum **2** (▶ Abb. 4.24) zu tasten, welches den breitesten Beckendurchmesser markiert.

Auf der Ventralseite endet die Crista iliaca in der SIAS**3** (▶ Abb. 4.24); die dortigen Muskelursprünge des M. sartorius **4** (▶ Abb. 4.24) und M. tensor fasciae latae **5** (▶ Abb. 4.24) sind anfällig für Insertionstendopathien.

Die SIAI **6** (▶ Abb. 4.24) ist nur indirekt durch den Sehnenansatz des M. rectus femoris in der Spitze des Trigonum femorale laterale **7** (▶ Abb. 4.25) zu palpieren.

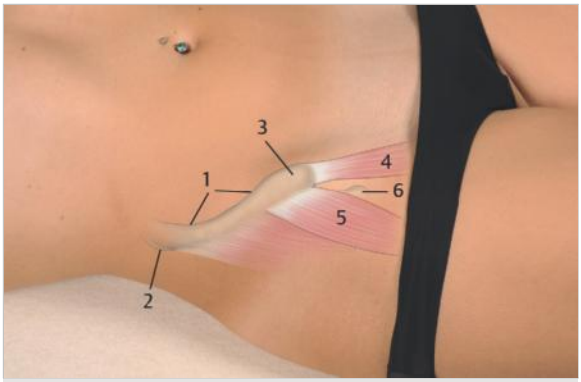


Abb. 4.24 LBH-Region von ventral. **1** Crista iliaca, **2** Tuberculum iliacum, **3** SIAS, **4** M. sartorius, **5** M. tensor fasciae latae, **6** SIAI.



Abb. 4.25 LBH-Region von lateral. **7** Trigonum femorale laterale, **8** Tractus iliotibialis.

An der lateralen Seite des Oberschenkels palpiert man distalwärts bis zum Condylus lateralis tibiae die derbe fasziale Struktur des Tractus iliotibialis **8** (▶ Abb. 4.25).

4.7.3 LBH-Region – ventrale und mediale Ansicht

Die im nachfolgenden Text genannten Referenzpunkte für die LBH-Region von ventral und medial (▶ Tab. 4.6) finden Sie in ▶ Abb. 4.27 und ▶ Abb. 4.28.

Palpation:

Für die Lagebestimmung des Tuberculum pubicum **9** (▶ Abb. 4.27) wird die Palpationshand flach auf den Bauch gelegt. Man schiebt mit den Fingerkuppen nach kaudal, bis man auf die Symphysis pubica **10** (▶ Abb. 4.27) stößt. Von dort aus orientieren wir uns nach lateral an die Ränder der Symphyse, wo sich die Tubercula als kleine Knochenpunkte erheben. Im weiteren Verlauf nach lateral erstreckt sich der Ramus superior ossis pubis. Verfolgt man den kaudalen Weg vom Tuberculum pubi-

cum parallel zur Symphyse, gelangt man zum Ramus inferior ossis pubis.

Die Palpation des Foramen obturatum gestaltet sich diffizil; hierfür ist der kaudale Einstieg sowohl für den Patienten als auch für den Therapeuten die beste Variante. Wir lassen den Patienten sein gleichseitiges Bein aufstellen und umgreifen mit der kaudalen Hand von anteromedial den Oberschenkel.

Die extendierten Finger zeigen nach lateral, der Daumen ist abgespreizt und liegt unter dem M. adductor longus **11** (▶ Abb. 4.26); aus dieser Position lässt sich der Ramus inferior ossis pubis palpieren. Einen Querfinger lateral und einen Querfinger posterior davon wird der Daumen positioniert. Unter Pronation und leichter Dorsalextension im Handgelenk wandert die Daumenspitze ventral des Ramus ossis ischii in das Foramen obturatum; der Daumen zeigt dabei in Richtung der gegenüberliegenden Schulter. Beurteilt wird die Flexibilität der Membrana obturatoria. Die A. und V. obturatoria sind beim Durchtritt durch den Canalis obturatorius nicht zu tasten.

Für den kranialen Einstieg benutzt der Therapeut seine kraniale Hand und positioniert seinen Daumen einen Querfinger lateral und kranial des M. adductor longus.

Der M. sartorius und M. tensor fasciae latae werden folgendermaßen palpiert: Der Patient befindet sich in Rückenlage und spannt gegen Widerstand des Therapeuten in Hüftflexion. Dadurch treten an der SIAS zwei Muskelbäuche hervor, die ein nach distal offenes V bilden (Trigonum femorale laterale). Der mediale Muskelbauch verkörpert den M. sartorius und der laterale den M. tensor fasciae latae.

Direkt dorso-lateral dieses lateralen Muskelbauchs lässt sich ein kleiner Teil des M. glutaeus medius palpieren, bevor sich der M. glutaeus maximus darüberlegt. Die SIAI lässt sich indirekt tasten, indem man einen Finger in die kranial zulaufende Spitze des Trigonum femorale laterale legt (Patient spannt zur Hilfe in Hüftflexion). Wenn der Patient in eine Knieextension gegen Widerstand anspannt, lässt sich der Sehnenansatzbereich bzw. ein kleiner Muskelanteil des M. rectus femoris palpieren.

Lässt man den Patienten in Adduktion gegen Widerstand anspannen, springt an der Innenseite des Oberschenkels der schlanke Muskelstrang des M. adductor longus hervor. Zusammen mit dem lateral gelegenen M. sartorius bildet er das Trigonum femorale mediale, auch Scarpa-Dreieck genannt **12** (▶ Abb. 4.28), welches ein nach proximal offenes V darstellt. Medial des M. sartorius befindet sich der M. iliopsoas, lateral des M. adductor longus liegt der M. pectineus. Der M. gracilis lässt sich postero-medial des M. adductor longus als gitarrensaitenartige Struktur palpieren.

Die Lage des M. psoas major lässt sich folgendermaßen bestimmen: Der Patient befindet sich in Rückenlage mit aufgestellten Beinen; von der SIAS orientiert man sich 3 Querfinger nach kranio-medial in Richtung Bauchnabel. Die Finger 2 bis 5 der Palpationshand arbeiten sich vorsichtig in die Tiefe, wo sie vertebrale Knochenstrukturen (v. a. L3) und den M. psoas major ertasten können. Eine

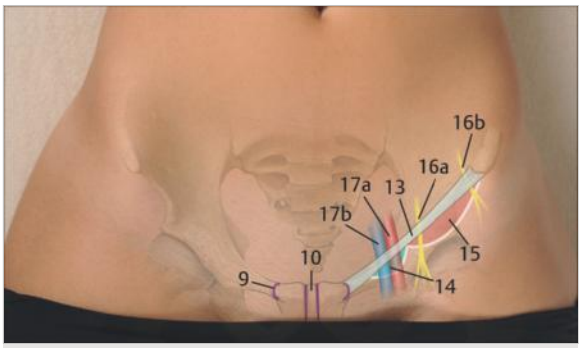


Abb. 4.27 LBH-Region von ventral. **9** Tuberculum pubicum, **10** Symphysis pubica, **13** Lig. inguinale, **14** Lacuna vasorum, **15** Lacuna musculorum, **16a** N. femoralis, **16b** N. cutaneus femoris lateralis, **17a** A. femoralis, **17b** V. femoralis.



Abb. 4.26 Behandlung Foramen obturatum in Rückenlage.

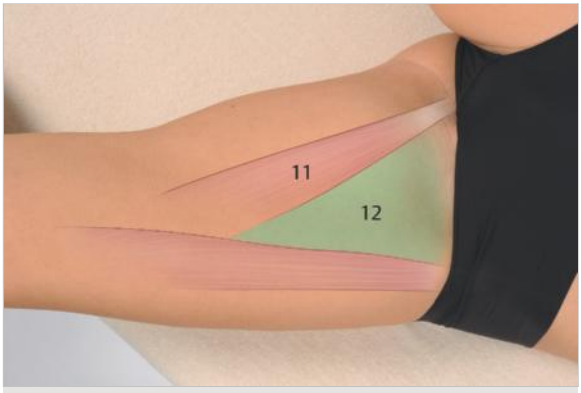


Abb. 4.28 LBH-Region von medial. **11** M. adductor longus, **12** Scarpa-Dreieck/Trigonum femorale mediale.

Kontrolle erfolgt über eine Anspannung des Beines in eine Hüftflexion.

Für den M. iliacus wählt man den Einstieg direkt medial der SIAS. Sein oberer Anteil lässt sich palpieren, indem die Finger einer Hand von der SIAS nach medial in die Fossa iliaca gleiten. Legt man die Fingerspitzen oder den Daumen parallel zu einer Linie zwischen SIAS und dem Tuberculum pubicum, entspricht dies dem Verlauf des Lig. inguinale **13** (▶ Abb. 4.27).

Dieses Band erstreckt sich in die Tiefe und begrenzt dadurch nach kaudal und ventral den Canalis inguinalis. Dieser Kanal wird durch den Arcus iliopectineus in eine Lacuna vasorum **14** (▶ Abb. 4.27) und eine Lacuna musculorum **15** (▶ Abb. 4.27) unterteilt.

Die Lacuna musculorum liegt lateral der Lacuna vasorum und dient dem M. iliopsoas und den Nerven N. femoralis **16a** (▶ Abb. 4.27) und N. cutaneus femoris lateralis **16b** als Pforte, während die A. femoralis **17a** (▶ Abb. 4.27), V. femoralis **17b**, Lymphgefäße bzw. -knoten und eine Kollaterale des N. genitofemoralis die medial liegende Lacuna vasorum nutzen. Etwa 2–3 Querfinger medial des M. sartorius findet man die Pulsation der A. femoralis; nach medial anliegend folgt die V. femoralis.

4.7.4 LBH-Region – dorsale Ansicht

Die unten angeführten Referenzpunkte für die LBH-Region von dorsal (▶ Tab. 4.6) finden Sie in ▶ Abb. 4.29 und ▶ Abb. 4.30.

Palpation:

Der Trochanter major **18** (▶ Abb. 4.29) lässt sich über Rotationsbewegung des Beines palpieren. Geeignete Referenzpunkte zum Messen stellen entweder seine lateralste oder seine proximal gelegenste Erhebung dar.

Von der Crista iliaca nach dorsal lassen sich auf Höhe von S2 **19** (▶ Abb. 4.29) die erhabenen Unterränder der SIPS**20** (▶ Abb. 4.29) tasten, die durch das Anhaken beider Daumen von kaudal zu palpieren sind.

Sie sind leichter bei Rumpfflexion zu tasten und bei jenen Patienten, bei denen sich 2 Beckengrübchen zeigen. Medial der SIPS lässt sich auf Höhe von S1–S3 der dorsale Einstieg in die Syndesmosis sacroiliaca und weiterführend auch in das SIG **21** (▶ Abb. 4.29) palpieren. Die SIPI hingegen lassen sich palpatorisch nicht lokalisieren.

Die Lage der Crista sacralis mediana **23** (▶ Abb. 4.29) lässt sich mit 1 Finger, den man kranial in Verlängerung der Längsanalfalte anlegt, bestimmen. Sie stellt die Verschmelzung der Processi spinosi der Sakralwirbel dar. Sowohl die Crista sacralis intermedia als auch die Crista sacralis lateralis sind nicht zu palpieren.

Der Hiatus sacralis **24** (Abb. 4.29) lässt sich erreichen, indem man mit dem aufgelegten Finger der Crista sacralis mediana nach kaudal folgt. Diese Vertiefung wird von 2 knöchernen Erhebungen flankiert, die als Cornua sacralia **25** (▶ Abb. 4.29) bezeichnet werden. Im Anschluss an diese beiden Elemente folgt das Os coccygis, an welchem sich ebenfalls 2 kleine Knochenvorsprünge befinden. Diese Cornua coccygea **26** (▶ Abb. 4.30) liegen unterhalb der Cornua sacralia auf dem 1. Kokzygealwirbel. Die lateralen Ränder und die Spitze des Os coccygis sind problemlos palpabel. Etwa 1 Querfinger kaudal und 2–3 Querfinger lateral erreicht man die kranialen Ausläufer der Tubera ischiadica **22** (▶ Abb. 4.29).

Zur Bestimmung des Trochanter minor liegt das Bein des Patienten in Extension und Innenrotation. Man palpiert ihn in der Tiefe, 2–3 Querfinger lateral der kaudalen Spitze des Tuber ischiadicum, zwischen der ischiocruralen Gruppe und dem M. glutaeus maximus.

Wenn man die kraniale Spitze des Tuber ischiadicum ertastet, von dort weiter nach kranio-medial wandert und sich in die Tiefe arbeitet, lässt sich dort das Lig. sacrotuberale **27** (▶ Abb. 4.30) als eine fest-elastische Struktur erspüren.

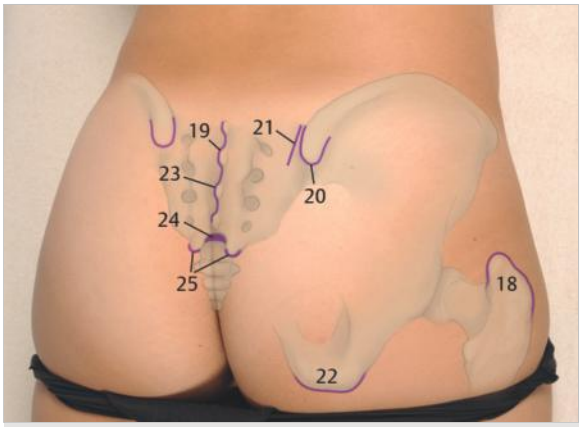


Abb. 4.29 LBH-Region von dorsal. **18** Trochanter major, **19** Crista sacralis mediana (S2), **20** SIPS, **21** SIG, **22** Tuber ischiadicum, **23** Crista sacralis mediana, **24** Hiatus sacralis, **25** Cornua sacralia.

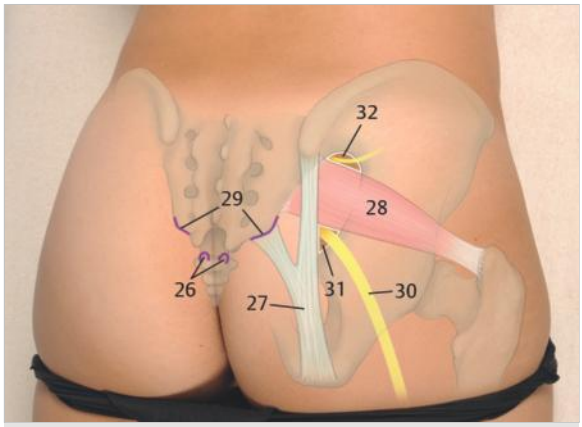


Abb. 4.30 LBH-Region von dorsal. **26** Cornua coccygea, **27** Lig. sacrotuberale, **28** M. piriformis, **29** Angulus inferior lateralis, **30** N. ischiadicus, **31** Foramen infrapiriforme, **32** Foramen suprapiriforme.

Das Lig. sacrospinale lässt sich hingegen nicht palpieren. Für die Lokalisation des M. piriformis **28** (▶ Abb. 4.30) gelten folgende Referenzpunkte:

Er nimmt seinen Verlauf in einem Dreieck, das von SIPS, Angulus inferior lateralis **29** (▶ Abb. 4.30) und Trochanter major gebildet wird.

In der Mitte einer Linie zwischen Längsanalfalte und Trochanter major lässt sich der N. ischiadicus **30** (▶ Abb. 4.30) als bandnudelförmige Struktur palpieren; sein Austritt befindet sich jedoch etwas höher und medialer durch das Foramen infrapiriforme **31** (▶ Abb. 4.30).

Verbindet man eine Linie zwischen SIPS und Tuber ischiadicum und markiert dann die Mitte dieser Linie, so entspricht dies der Lage des Foramen infrapiriforme.

Hier treten folgende Strukturen aus, die an dieser Stelle allerdings nicht zu palpieren sind:

- N. pudendus
- N. glutaeus inferior
- N. ischiadicus
- N. cutaneus femoris posterior
- V. und A. pudenda interna
- V. und A. glutaealis inferior

Auch der N. glutaeus superior lässt sich in seiner Austrittsstelle im Foramen suprapiriforme **32** (▶ Abb. 4.30) nicht palpieren. Dennoch ist es wichtig die Durchtrittspforte lokalisieren zu können. Die Orientierung erfolgt hierfür an einer Linie, die nach einer Verbindung der SIPS mit dem gleichseitigen Trochanter major entsteht. Ausgehend von der SIPS, liegt in der Grenze vom 1. zum 2. Drittel dieser Linie die Austrittsstelle des Nervs aus dem Foramen suprapiriforme. Zudem verlaufen hier auch die A. und V. glutaealis superior.

Für die Palpation der Fossa ischiorectalis (▶ Abb. 4.31) eignet sich die Seitlage mit angewinkelten Beinen.

Der Therapeut steht hinter dem Patienten und rotiert das oben liegende Bein nach innen (Inflare des Iliums). Aus dieser Vorpositionierung palpiert man mit genügend Hautfaltenreserve medial am Tuber ischiadicum nach kranial in Richtung des Beckenbodens. Dann wird das Bein abgelegt und das Ilium über die Crista iliaca in Outflare gezogen.



Abb. 4.31 Palpation Fossa ischiorectalis.

Praxistipp

Vorher Vertrauen zum Patienten aufbauen und während der gesamten Palpation Blickkontakt halten!

4.8 Wirbelsäule und Thorax

4.8.1 Wirbelsäule und Thorax – dorsale Ansicht

Die im nachfolgenden Text angeführten Referenzpunkte (▶ Tab. 4.7) finden Sie in ▶ Abb. 4.32 und ▶ Abb. 4.33.

Tab. 4.7 Referenzpunkte Wirbelsäule und Thorax.

Referenzpunkt	Bezeichnung
1	Lumbosakraler Übergang (LSÜ)
2	Dornfortsatz L5
3	Dornfortsatz L4
4	Querfortsatz L1
5	Facettengelenk
6	Processus spinosus Th1
7	Processus spinosus Th4
8	Processus spinosus Th7
9	Processus spinosus Th10
10	Processus spinosus Th11
11	Processus spinosus Th12
12	Processus transversus Th5
13	Processus spinosus C7 (Prominenz)
14	Axis – Dornfortsatz
15	Processus transversus C7
16	Lig. nuchae
17	M. sternocleidomastoideus
18	M. splenius capitis
19	M. semispinalis capitis
20	Processus mastoideus
21	M. levator scapulae
22	N. occipitalis minor
23	M. trapezius
24	N. occipitalis major
25	Angulus sterni
26	2. Rippe
27	1. Rippe
28	Fossa supraclavicularis majoris
29	Fossa supraclavicularis minoris mit N. phrenicus

Palpation:

Folgt man der Crista sacralis mediana mit einem Finger nach kranial, palpiert man eine Vertiefung, die den LSÜ **1** (▶ Abb. 4.32) darstellt; direkt darüber lässt sich der Dornfortsatz von L5 **2** (▶ Abb. 4.32) palpieren. Um sicher zu gehen, dass es sich tatsächlich um den Dornfortsatz von L5 handelt, gibt man einen senkrechten Druck auf die Spitze des Querfortsatzes von L5 und palpiert dabei, dass der DF von L5 in entgegengesetzte Richtung der Rotation abweicht.

Auf Höhe des Dornfortsatzes L4 **3** (▶ Abb. 4.32) liegt der Mittelpunkt einer gedachten horizontalen Linie zwischen den Cristae iliacae; auf Höhe der Crista sacralis mediana von S1 befindet sich der Mittelpunkt einer gedachten horizontalen Linie zwischen der linken und rechten SIPS. Die Unterkanten der SIPS (▶ Abb. 4.29) werden jedoch auf Höhe von S2 palpiert.

Praxistipp

Manchmal liegt der LWK 5 weit ventral im Becken, so dass stattdessen der Processus spinosus 4 palpiert wird (Bauch unterlagern).

Das Abzählen der Processi spinosi sollte von der Seite geschehen, da ihre Spitzen zweihöckrig sein können.

- Der Querfortsatz L1 **4** (▶ Abb. 4.32) ist ca. 2 Finger breit lateral auf der Höhe des Zwischenraums der Processi spinosi von Th12 und L1 zu finden.
- Der Querfortsatz L2 ist ca. 2½ Finger breit lateral auf der Höhe des Zwischenraums der Procc. spinosi von L1 und L2 zu finden.
- Der Querfortsatz L3 liegt ca. 3 Finger breit lateral zwischen den Procc. spinosi L2 und L3.
- Der Querfortsatz L4 liegt ca. 2½ Finger breit lateral zwischen den Procc. spinosi L3 und L4.
- Der Querfortsatz L5 liegt ca. 2 Finger breit lateral zwischen den Procc. spinosi L4 und L5.
- Das Facettengelenk Th12/L1 befindet sich 1 Fingerbreite lateral der Unterkante des Proc. spinosus Th12.
- Das Facettengelenk L1/L2 **5** (▶ Abb. 4.32) liegt 1 Fingerbreite lateral der Unterkante des Proc. spinosus L1.
- Das Facettengelenk L2/L3 ist 1 Fingerbreite lateral der Unterkante des Proc. spinosus L2 zu finden.
- Das Facettengelenk L3/L4 befindet sich 1 Fingerbreite lateral der Unterkante des Proc. spinosus L3.
- Das Facettengelenk L4/L5 liegt 1 Fingerbreite lateral des Zwischenraums der Procc. spinosi L4 und L5.
- Das Facettengelenk L5/S1 ist 1 Fingerbreite lateral des Proc. spinosus L5 zu finden.

Die Lagebestimmung der Processi spinosi Th1–Th12 erfolgt über das Abzählen von kranial oder kaudal. Die entsprechenden Wirbelkörper (WK) befinden sich auf verschiedenen Niveaus darüber.

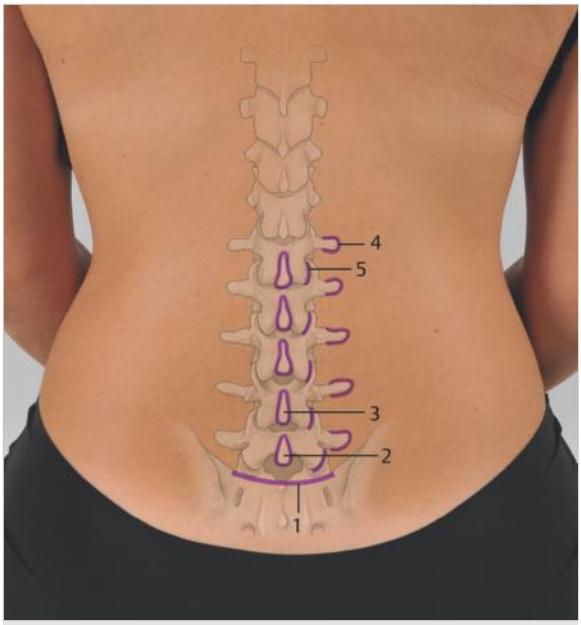


Abb. 4.32 WS und Thorax von dorsal. **1** Lumbosakraler Übergang (LSÜ), **2** Dornfortsatz L5, **3** Dornfortsatz L4, **4** Querfortsatz L1, **5** Facettengelenk.

Praxistipp

Ein halbes Niveau entspricht einem Querfinger.

- Bei den Processi spinosi 1–3 **6** (▶ Abb. 4.33) liegen die Wirbelkörper ein halbes Niveau darüber.
- Bei den Processi spinosi 4–6 **7** (▶ Abb. 4.33) liegen die Wirbelkörper 1 Niveau darüber.
- Bei den Processi spinosi 7–9 **8** (▶ Abb. 4.33) liegen die Wirbelkörper 1½ Niveaus darüber.
- Bei Processus spinosus 10 **9** (▶ Abb. 4.33) liegt der Wirbelkörper ein halbes Niveaus darüber.
- Bei Processus spinosus 11 **10** (▶ Abb. 4.33) liegt der Wirbelkörper 1 Niveau darüber.
- Bei Processus spinosus 12 **11** (▶ Abb. 4.33) liegt der Wirbelkörper ein halbes Niveau darüber.
- Auf gleicher Höhe der Wirbelkörper befinden sich die dazugehörigen Processi transversi **12** (▶ Abb. 4.33). Diese sind ca. 2 Querfinger lateral der Processi spinosi-Reihe zu palpieren.
- 3–4 Querfinger lateral der Processi spinosi der BWS palpiert man den Angulus costae als knöchernen Bogen.

Weitere Orientierungen im aufrechten Stand:

- Th1/Th2 = Angulus superior scapulae
- Th3 = Trigonum scapulae
- Th4 = Aortenbogen
- Th5 = Luftröhrengabelung
- Th7 = Angulus inferior scapulae
- Th9/Th10 = Zwerchfellkuppe

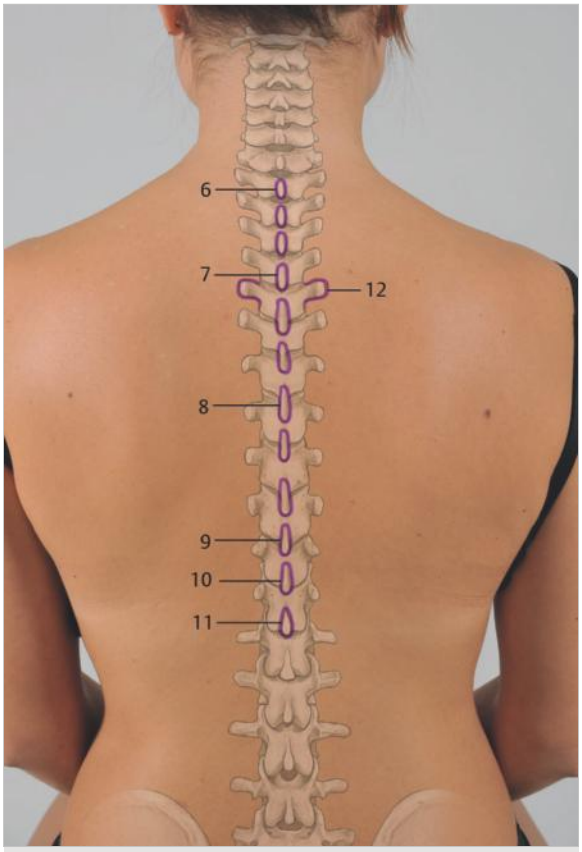


Abb. 4.33 WS und Thorax von dorsal. **6** Proc. spinosus Th1, **7** Proc. spinosus Th4, **8** Proc. spinosus Th7, **9** Proc. spinosus Th10, **10** Proc. spinosus Th11, **11** Proc. spinosus Th12, **12** Proc. transversus Th5

4.8.2 HWS – dorsale Ansicht

Die im anschließenden Text genannten Referenzpunkte für die HWS von dorsal (▶ Tab. 4.7) finden Sie in ▶ Abb. 4.34 und ▶ Abb. 4.35.

Palpation:

Man bestimmt den 7. HWK **13** (▶ Abb. 4.34), indem man die HWS extendiert; der dabei palpierte Dorn von C6 legt sich auf den Dorn von C7.

Die Processi spinosi der WK 3–5 lassen sich aufgrund der lordotischen Haltung kaum palpieren.

Direkt unterhalb des Occiputs befindet sich der Arcus posterior atlas, welcher keinen Processus spinosus besitzt.

Der Axis-Dornfortsatz **14** (▶ Abb. 4.34) ist hingegen deutlich zu palpieren.

Dieser und die Processi spinosi bis zum 6. WK weisen ein gegabeltes Erscheinungsbild auf.

Lateral der Processi spinosi der WK 2–7 lassen sich die Gelenke der HWS lokalisieren. Deren diffizile Palpation wird durch eine Lateralflexion zur Gegenseite erleichtert. Beispiel: Höhe Processus spinosus C5 = Gelenk C5/C6.

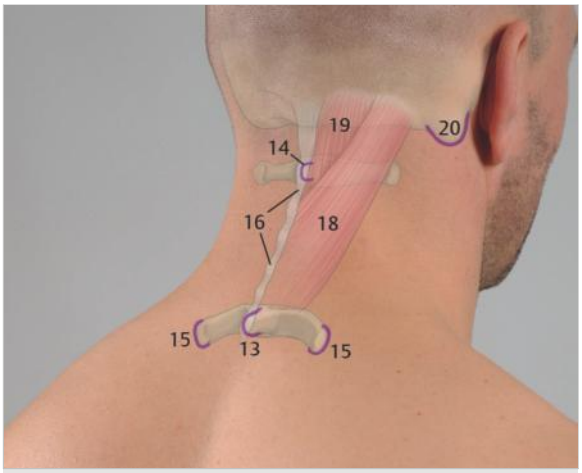


Abb. 4.34 HWS von dorsal. **13** Processus spinosus C7 (Prominenz), **14** Axis - Dornfortsatz, **15** Proc. transversus C7, **16** Lig. nuchae, **18** M. splenius capitis, **19** M. semispinalis capitis, **20** Proc. mastoideus.

Die Palpation der Processi transversi C2–C7 gestaltet sich schwierig und für den Patienten manchmal auch unangenehm. Für deren Lokalisierung orientiert man sich zwischen M. trapezius pars descendens und M. sternocleidomastoideus. Über die breitesten Processi transversi verfügt C7 **15** (▶ Abb. 4.34); diese sind in einer senkrechten Verlängerung des Processus mastoideus angeordnet.

Das Lig. nuchae **16** (▶ Abb. 4.34), das seine Fortführung im Lig. supraspinale findet, lässt sich als fest-elastische Struktur zwischen den Processi spinosi bestimmen. Das Okziput besitzt im Ansatzbereich dieses Ligaments Insertionslinien für Muskulatur: Die Linea nuchae superior dient dem M. sternocleidomastoideus **17** (▶ Abb. 4.35) als Ansatz. Die Mm. splenius capitis **18** (▶ Abb. 4.34) und semispinalis capitis **19** (▶ Abb. 4.34) verwenden die Linea nuchae suprema als Ansatz und die kurzen Nackenextensoren inserieren an der Linea nuchae inferior.

2 Querfinger dorso-kaudal des Kiefergelenks befindet sich beidseits der Processus mastoideus **20** (▶ Abb. 4.34).

Etwa 1 Querfinger ventro-kaudal des Processus mastoideus liegen die Processi transversi atlanti. Von den Processi transversi des 1. und 2. Halswirbels sowie von den Tubercula posteriora der Processi transversi C3 und C4 entspringt der M. levator scapulae **21** (Abb. 4.35) und verläuft zum Angulus superior und Margo medialis scapulae.

Die Skalenimuskulatur ist direkt dorsal des M. sternocleidomastoideus zu palpieren, indem der Daumen parallel der Processi transversi gelegt wird. Die Muskulatur wird nach kaudo-lateral weich getastet.

Der N. occipitalis minor **22** (▶ Abb. 4.35) verläuft zwischen M. trapezius **23** (▶ Abb. 4.35) und M. sternoclei-

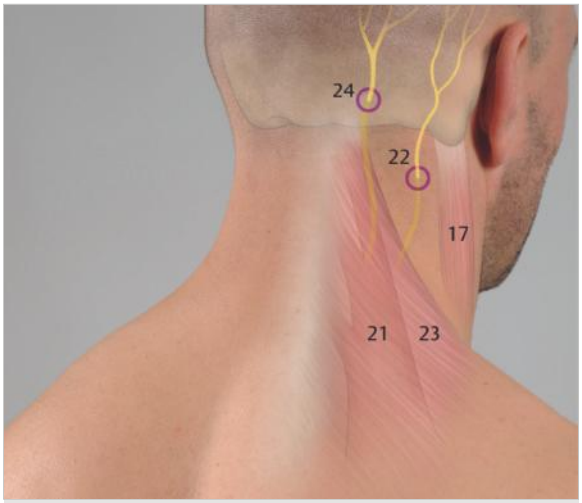


Abb. 4.35 HWS von dorsal. **17** M. sternocleidomastoideus, **21** M. levator scapulae, **22** N. occipitalis minor, **23** M. trapezius, **24** N. occipitalis major.

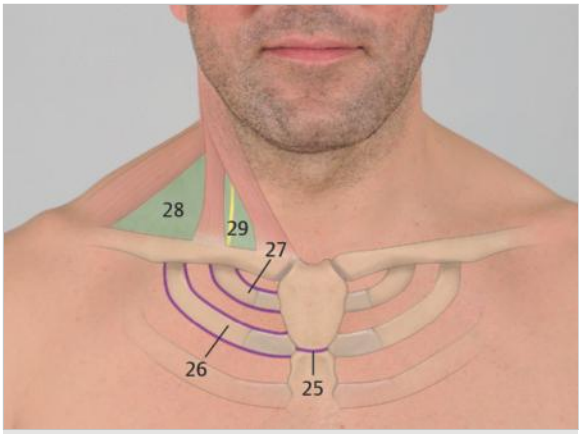


Abb. 4.36 Oberer Thorax von ventral. **25** Angulus sterni, **26** 2. Rippe, **27** 1. Rippe, **28** Fossa supraclavicularis majoris, **29** Fossa supraclavicularis minoris mit N. phrenicus.

domastoideus auf Höhe von C4 in kranio-mediale Richtung, wo er direkt subokzipital austritt.

Die Austrittsstelle des N. occipitalis major **24** (▶ Abb. 4.35) befindet sich ca. 1 Querfinger kranial und 2 Querfinger medial der Austrittsstelle des N. occipitalis minor im Lig. nuchae.

Zwischen dem M. sternocleidomastoideus und der Trachea lässt sich die prävertebrale Halsmuskulatur abgrenzen, indem man mit den Fingerkuppen einer Hand vorsichtig in die Tiefe tastet. Die A. carotis communis lässt man seitlich der Palpationsfinger vorbeigleiten, wobei ihre Pulsationseigenschaften evaluiert werden. In der Tiefe stößt man auf Weichteile und knöcherne, vertebrale Strukturen.

4.8.3 Oberer Thorax – ventrale Ansicht

Die unten angeführten Orientierungspunkte für den oberen Thorax von ventral (▶ Tab. 4.7) finden Sie in ▶ Abb. 4.36.

Palpation:

Die Lage der Incisura jugularis (vgl. 17 in ▶ Abb. 4.4) lässt sich problemlos bestimmen, indem der Palpationsfinger von der Mitte des Sternums in kraniale Richtung bewegt wird, bis eine kleine Grube zu tasten ist. Orientiert man sich von der Incisura aus ca. 2 Fingerbreiten nach kaudal, so erreicht man den Angulus sterni **25**, der als quere Erhebung spürbar ist. Palpiert man von hier aus mit 2 Fingern nach lateral, bietet dieser Angulus eine sichere Möglichkeit, um den Verlauf der 2. Rippe **26** zu bestimmen. Die 1. Rippe **27** lässt sich lokalisieren, indem man den Palpationsfinger in den 1. Interkostalraum oberhalb der 2. Rippe legt und den Schultergürtel in eine passive Elevation führt.

Oberhalb der Klavikula befindet sich eine Vertiefung, die als Fossa supraclavicularis majoris **28** bezeichnet wird; auf gleicher Höhe, nach medial versetzt, lässt sich als kleinere Vertiefung die Fossa supraclavicularis minoris **29** palpieren. Diese wird nach medial durch den M. sternocleidomastoideus pars mandibularis und nach lateral durch dessen Pars clavicularis begrenzt.

Desweiteren nimmt hier der N. phrenicus seinen Verlauf.

4.9 Schädel und Kiefer

4.9.1 Schädel und Kiefer – laterale Ansicht

Die im nachfolgenden Text genannten Referenzpunkte für den Schädel und den Kiefer von lateral (▶ Tab. 4.8) finden Sie in ▶ Abb. 4.37.

Palpation:

Für die Lokalisation der Kiefergelenke befindet sich der Patient in Rückenlage. Der Therapeut sitzt am Kopfende der Bank, hinter dem Patienten. Indem er seine Zeigefinger beidseits des Gehörgangs in ventrale Richtung bewegt, gelangt er jeweils in eine kleine Grube, in der sich die Art. temporomandibularis **1** palpieren lässt. Wenn der Patient dabei seinen Mund leicht öffnet und schließt, ist eine deutliche Gelenkfunktion zu spüren. Der Übergang des Ramus mandibulae **2** zum Corpus mandibulae wird durch den Angulus mandibulae **4** gebildet. Parallel zu diesem Winkel, ca. eine ½ Fingerbreite nach kranial, befindet sich die Tuberositas masseterica **3**. Hier lässt sich die flächige Insertion des vom Arcus zygomaticus **8** ent-

Tab. 4.8 Referenzpunkte für den Schädel und den Kiefer.

Referenzpunkt	Bezeichnung
1	Art. temporomandibularis
2	Ramus mandibulae
3	Tuberositas masseterica
4	Angulus mandibulae
5	Protuberantia mentalis
6	M. masseter
7	Squama ossis temporalis mit M. temporalis
8	Arcus zygomaticus
9	Linea temporalis superior
10	Linea temporalis inferior

springenden M. masseter **6** palpieren. Die Protuberantia mentalis **5** markiert die Grenze zwischen der rechten und linken Mandibula. Der M. temporalis lässt sich großflächig im Bereich der Squama ossis temporalis **7** sowie entlang der Linea temporalis superior **9** und inferior **10** ertasten.

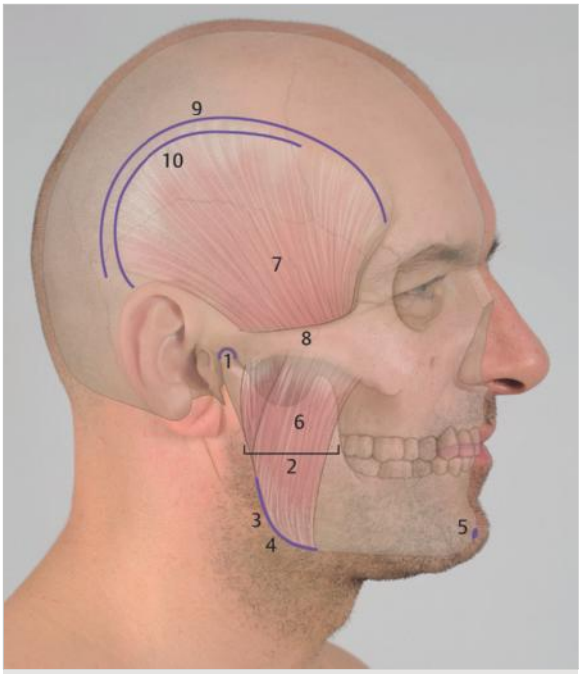


Abb. 4.37 Schädel und Kiefer von lateral. **1** Art. temporomandibularis, **2** Ramus mandibulae, **3** Tuberositas masseterica, **4** Angulus mandibulae, **5** Protuberantia mentalis, **6** M. masseter, **7** Squama ossis temporalis mit M. temporalis, **8** Arcus zygomaticus, **9** Linea temporalis superior, **10** Linea temporalis inferior.

5 Muskelanatomie und Muskelphysiologie

Thomas Brucha

5.1 Einleitung

In der Wissenschaft der Wortherkunft, der Etymologie, ist der lateinische Begriff musculus mit „Mäuschen" übersetzbar. Ein Muskel, der sich partiell oder vollständig unter der Haut bewegt, gleicht dem Bild einer Bewegung eines kleinen Tieres.

Hippokrates (460–377 v. Chr.) und Galen (129–216 n. Chr.) versuchten sehr früh die Funktionsweise eines Muskels zu erklären. Jedoch führte erst der niederländische Anatom Jan Swammerdam im 17. Jahrhundert erste bahnbrechende neurophysiologische Versuche durch.

Zur Erkenntnisgewinnung in der Muskelanatomie und Muskelphysiologie wurden sehr viele Tierexperimente durchgeführt, deren Ergebnisse zum Teil diskussionswürdig sind, wenn man sie auf den menschlichen Organismus überträgt.

Es gibt 3 grundlegend verschiedene Muskeltypen, welche in ▶ Tab. 5.1 aufgeführt sind.

5.2 Aufbau der quergestreiften Skelettmuskulatur

5.2.1 Allgemeiner Aufbau der Muskulatur

Der allgemeine Muskelaufbau ist in ▶ Abb. 5.1 dargestellt.

Klinischer Bezug

Die ausreichende Flüssigkeitszufuhr in Form von Wasser ist wesentlicher Bestandteil der Struktur- und Funktionserhaltung der Muskulatur.

Die Zusammensetzung der Bestandteile variiert zwischen den Muskelfasertypen in Bezug zu ihren aktuellen Funktionalitäten (Ehrhardt 2011).

Tab. 5.1 Muskeltypen.

Muskeltyp	Vorkommen
quergestreift	Skelett, äußere Augenmuskeln, Pharynx- und Larynxmuskulatur, Ösophagusmuskulatur
glatt	Hohlorgane, Gefäßwände, Bronchien, Geschlechtsorgane, Auge (M. sphincter et dilatator pupillae, M. ciliaris), Haut (M. arrector pili)
speziell	Herz, Schweiß-, Speichel- und Tränendrüsen

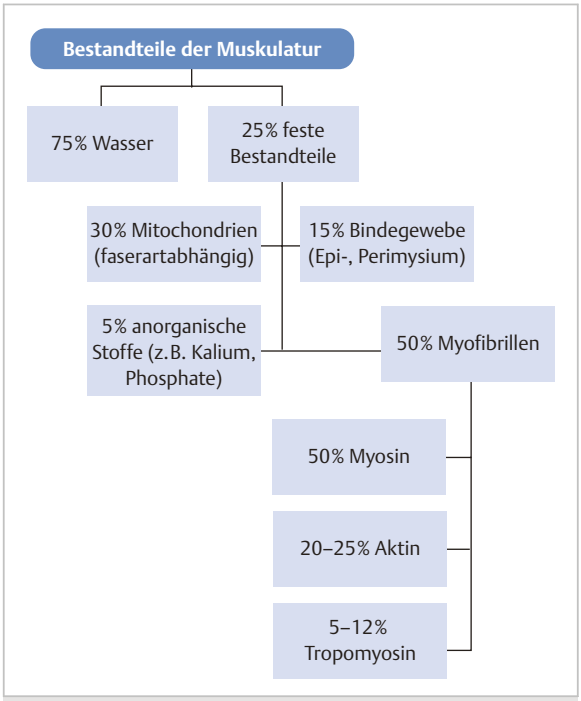


Abb. 5.1 Allgemeiner Muskelaufbau.

5.2.2 Mikroskopischer und makroskopischer Aufbau der Muskulatur

Aus mesodermalen Stammzellen entstehen durch Teilung Myoblasten. Diese einkernigen Zellen fusionieren und bilden mit mehreren Zellkernen einen dünnen, langen und schlauchartigen Myotube. In diesem werden die Myofibrillen gebildet.

Die Myofibrillen enthalten parallel oder seriell angeordnete Sarkomere. Ein solches ist ca. 2,5 µm groß, wird von zwei Z-Scheiben begrenzt und in Zonen eingeteilt (▶ Abb. 5.2). Die Z-Scheiben der Sarkomere dienen als Verankerung der Aktin- und Myosinfilamente.

Titin, das größte bekannte Protein im Körper, dient der Zentrierung zwischen Myosin und Aktin und ist außerdem Längen- und Kraftsensor. Es hat eine herausragende Funktion in der strukturellen Organisation des Sarkomers.

Titin wird bei der Durchführung einer passiven Muskeldehnung enorme Bedeutung zugesprochen. Der Grund liegt darin, dass die elastische Kraft, die bei einer passiven Dehnung von Titin erzeugt wird, ca. 50 % der gesamten passiven Spannung des Skelettmuskels ausmacht. Die an-

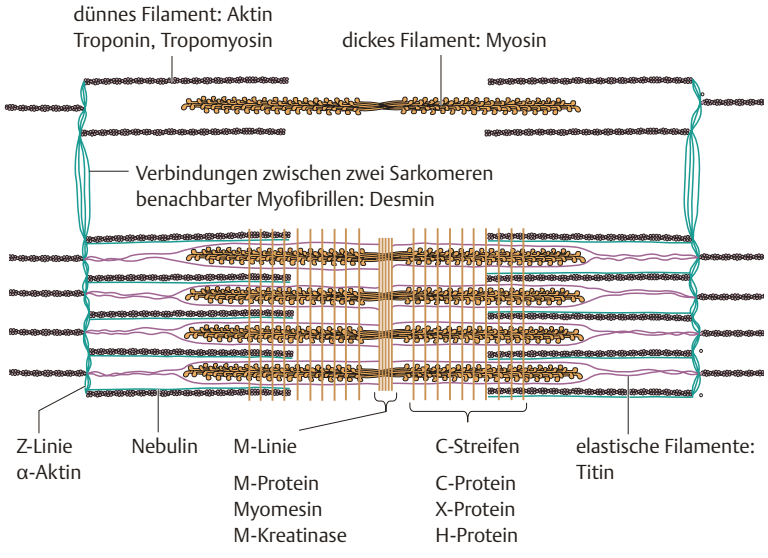


Abb. 5.2 Das Sarkomer.

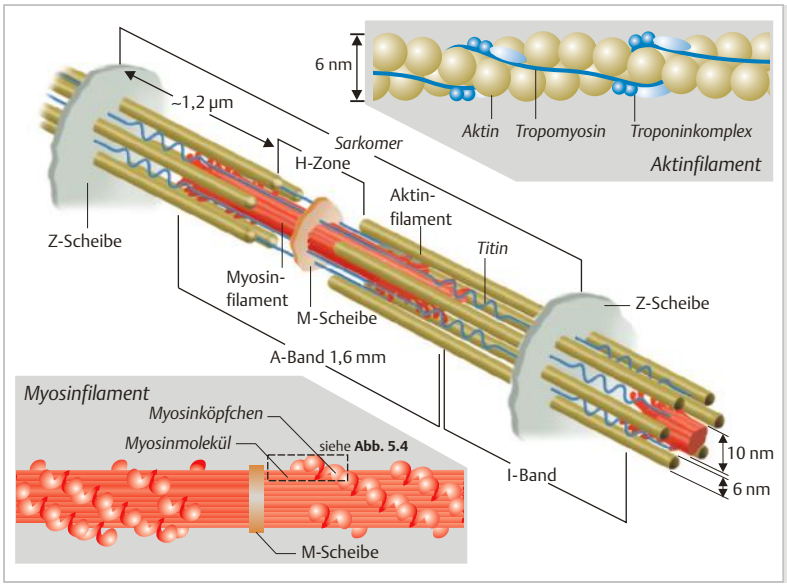


Abb. 5.3 Aktin und Myosin.

deren 50 % entstehen während der Dehnung des extrazellulären Kollagennetzwerks (Kap. 8).

Das Aktinfilament besteht aus 2 verdrillten Aktinketten, die von 2 Eiweißbausteinen, Tropomyosin und Troponin, umlagert werden (▶ Abb. 5.3).

2 schwere Myosinketten und je 2 Paar leichte Myosinketten bilden das Myosin. Es wird in einen Kopf, Hals und Myosinschaft gegliedert (▶ Abb. 5.3 u. ▶ Abb. 5.4).

Die Gesamtheit der Myotuben mit den Myofibrillen bildet eine Muskelfaser (▶ Abb. 5.5).

Die Muskelfaser ist die Skelettmuskelzelle. Sie besitzt einen Durchmesser von 10–100 µm und kann bis zu 20 cm lang werden. Ihre Membran ist das Sarkolemm.

Das Sarkolemm stülpt sich tief in die Muskelfaser ein und bildet transversale Tubuli, die als T-System bezeichnet werden. Das T-System vergrößert die Membranoberfläche 5- bis 10mal. Dadurch kann sich ein Aktionspotenzial schneller ausbreiten und weitere biochemische Prozesse auslösen, die dann zur Kontraktion führen.

An dieser Stelle gibt es als Zellbesonderheit die sog. Satellitenzelle.

Die Muskulatur von Säugetieren befindet sich in einem postmitotischen Stadium. Sie ist weder in der Lage DNA zu synthetisieren, noch kann sie Zellteilung (Mitose) vornehmen. Genauer gesagt kann sich diese Muskulatur nicht erneuern oder vermehren.

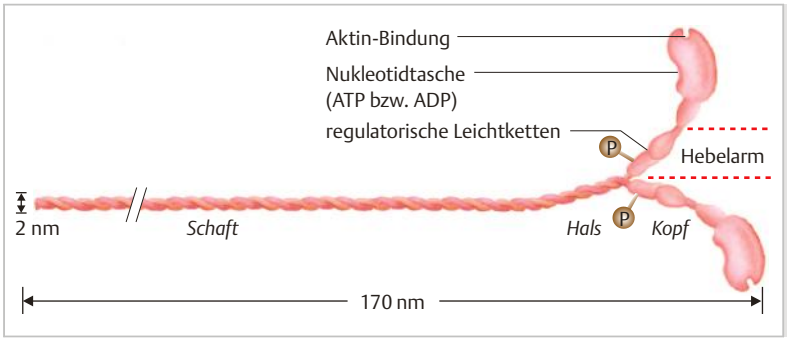


Abb. 5.4 Myosin.

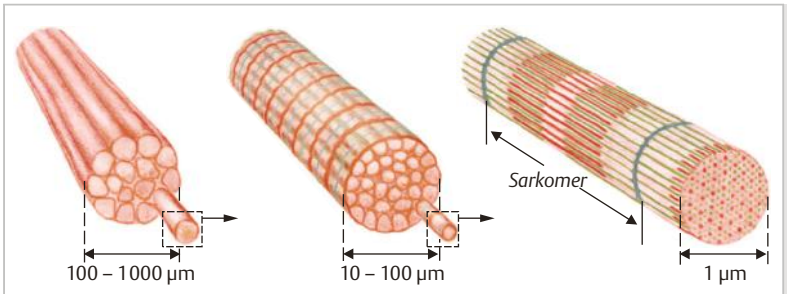


Abb. 5.5 Muskelfaser.

Satellitenzellen sind mesodermale Stammzellen, die sich nicht weiterentwickelt haben. Sie lagern sich satellitenähnlich um einen Myotube und eine Muskelfaser am Ende der Fetalperiode an. Sie wurden von Mauro 1961 zum ersten Mal elektronenmikroskopisch beschrieben. Im Gegensatz zur mehrkernigen Muskelzelle besitzt sie nur einen Zellkern. Es gibt im Schnitt zwischen 5 und 15 Satellitenzellen auf 100 Muskelfasern, was jedoch sehr stark abhängt vom Alter, Trainingszustand, Konstitutionstyp (mesomorph, endomorph, ektomorph), Muskelfasertyp und der Muskelgruppe.

Bei Mikrotraumen wandern die Satellitenzellen (Zellmobilität!) entlang der gesamten Faser an den betroffenen Bereich, teilen sich, werden zu Myoblasten und regenerieren das traumatisierte Gewebe.

Klinischer Bezug

Die Mobilität der Satellitenzellen profitiert von einem gut beweglichen Bindegewebe und einer gut zirkulierenden interstitiellen Flüssigkeit.

Nicht alle Muskelfasern verlaufen von einem tenosalen Ende zum anderen, sondern enden irgendwo im Muskel. Solche Muskelfasern haben myonale Verbindungen. Sie sind seitlich an einer anderen Muskelfaser angelegt. Allerdings ist bis heute nicht geklärt, wie diese komplexe Organisation und die damit verbundene longitudinale und transversale Kraftübertragung zentralmotorisch kontrolliert wird. Unter diesem Aspekt sind die vektoriellen Muskelkräfte schwer zu bestimmen, was neue Fragen bezüglich der Definition der Arthrokinematik aufwirft.

Endomysium ist zartes Bindegewebe, welches die Muskelfaser umschließt. Es beherbergt die Endaufzweigung der motorischen Nerven und zahlreiche Kapillaren.

Perimysium internum untergliedert die Muskelfasern zu Primärbündeln. Diese Primärbündel sind ca. 1 mm² groß und enthalten ca. 250 Muskelfasern. Perimysium externum fasst Primärbündel zu Sekundärbündeln zusammen.

Epimysium ist lockeres, kollagenes Bindegewebe, liegt unter der Faszie und umhüllt den Muskel (▶ Abb. 5.6). Epimysium verbindet den Muskel mit der Faszie und ist Träger von Blut und Lymphgefäßen.

Klinischer Bezug

Jede Form der bindegewebigen Therapie ist elementar für die muskuläre Physiologie!

Die Faszie hält den Muskel zusammen und ermöglicht die Verschiebung gegen seine Umgebung (▶ Abb. 5.6).

Das Bindegewebe eines gesamten Muskels ist von großer Bedeutung. Es bündelt die Muskelfasern zu Einheiten, führt Gefäße und Nerven, ermöglicht die Verschieblichkeit der Muskelfasern bei Kontraktion und Erschlaffung

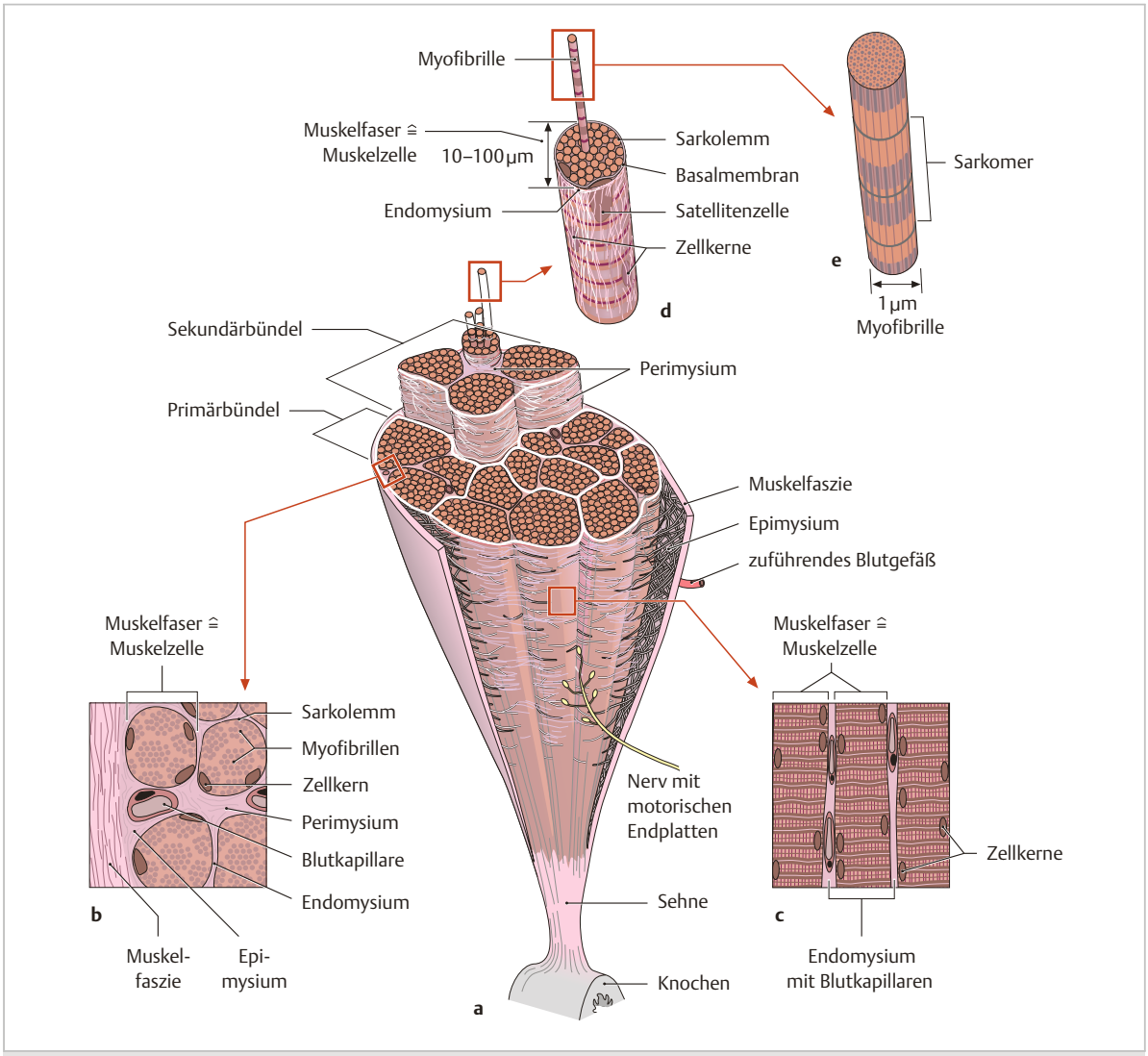


Abb. 5.6 Epimysium und Muskelfaszie.

und vermindert durch Herabsetzung der Reibung einen Kraftverlust.

Das Bindegewebe wirkt im physiologischen Fall nicht bewegungslimitierend, da es sich immer an die entsprechende Alltagsbelastung anpasst. Gesetz nach Roux: „Die Funktion formt das Organ".

Es muss jedoch die Frage gestellt werden, wie sich dieses Gewebe nach einer längeren Immobilisation (z. B. Gips) verhält. Dabei kommt es zum Abbau der Glykoaminoglykane bzw. der Proteoglykane/Glykoproteine, was wiederum zur Sulfatbrückenbildung der Kollagenfibrillen führt. Damit geht eine deutliche Belastungsminderung bzw. Traumatisierungsgefahr einher.

5.3 Muskelphysiologie

Motorkortex, Basalganglien, Thalamus, Mittel- und Kleinhirn und das Rückenmark sind die wesentlichen Komponenten des motorischen Systems.

5.3.1 Die motorische Einheit

Die motorische Einheit ist eine Gruppe von Muskelfasern, die von einem Motoneuron über motorische Endplatten innerviert werden (▶ Abb. 5.7).

Eine einzelne Nervenfaser kann eine einzelne Muskelfaser innervieren. Sie kann sich aber auch aufteilen und für die Innervation vieler Muskelfasern verantwortlich sein. Jedoch innerviert ein Axon immer eine Muskelfaser.

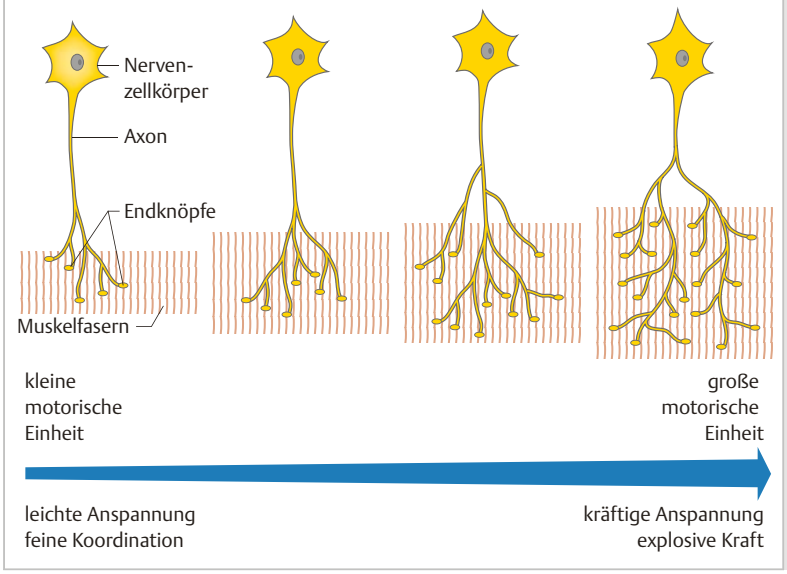


Abb. 5.7 Motorische Einheit.

In einer motorischen Einheit kontrahieren sich entweder alle innervierten quergestreiften Muskelfasern gleichzeitig oder keine (Alles-oder-Nichts-Gesetz). Zahl und Größe der motorischen Einheiten sind in jedem Muskel verschieden. Je kleiner die motorische Einheit ist, umso feiner kann die Bewegung abgestuft werden. In den äußeren Augenmuskeln versorgt ein Motoneuron ca. 10 Muskelfasern. In den Extremitätenmuskeln innerviert ein Motoneuron ca. 100–2000 Muskelfasern.

Typisierung der motorischen Einheiten

Die Typisierung der motorischen Einheiten (Burke et al. 1973) finden Sie in ▶ Tab. 5.2.

Motorische Einheiten werden nach Milner-Brown et al. (1973) in der Reihenfolge von den schwächsten zu den stärksten rekrutiert. Hierbei spielt ein hoher oder niedriger Schwellenwert eine Rolle.

Tab. 5.2 Typisierung der motorischen Einheiten.

Typisierung	Eigenschaften
FF-Typ (fast fatigable)	• innerviert viele Muskelfasern • kann schnell Kraft entwickeln • ist schnell ermüdbar • die Kraft erfährt mit der Zeit einen starken Abfall
FR-Typ (fast fatigue resistant)	• innerviert weniger Muskelfasern als der FF-Typ • kann schnell Kraft entwickeln • ist ermüdungsresistenter als der FF-Typ
S-Typ (slow)	• entwickelt nur langsam Kraft • besitzt eine sehr hohe Ermüdungsresistenz • innerviert nur wenige Muskelfasern • sein alpha-Motoneuron ist durch einen kleinen Zellkörper und kleine Axone gekennzeichnet

Motorische Endplatte

Die motorische Endplatte ist die Synapse zwischen Nerv und Muskelzelle (▶ Abb. 5.8). Sie befindet sich mittig der Muskelfaserlänge. Von diesem Endplattenstreifen breitet sich die Erregung aus, wird aber mit zunehmender Distanz davon immer schwächer.

Die motorische Endplatte besteht aus der präsynaptischen Membran, dem synaptischen Spalt und der postsynaptischen Membran.

5.3.2 Erregungsleitung und Erregungsübertragung

Die Nervenerregung am Axonende bewirkt ein Eindringen von Kalziumionen aus der Umgebung der motorischen Endplatte in das Motoaxon. Diese Ca^{2+}-Ionen bewirken, dass sich die synaptischen Bläschen, die Acetylcholin enthalten, mit der präsynaptischen Membran verbinden. Das Acetylcholin wird in den synaptischen Spalt freigesetzt und im Anschluss resynthetisiert.

Das Acetylcholin bindet sich an einen nicotinergen Rezeptor der postsynaptischen Membran, dem Sarkolemm. Es kommt zur lokalen Depolarisation und zur Auslösung eines Aktionspotenzials. Dieses bewegt sich zeitgleich in beide Richtungen der Muskelfaserlänge fort.

Das Aktionspotenzial gelangt über die Oberflächenmembran und das T-System zu den terminalen Zisternen des sarkoplasmatischen Retikulums, welche Ca^{2+}-Ionen ausschütten. Dieses bindet sich an Troponin C und es kommt zur Brückenbildung zwischen Myosin und Aktin und zur Kontraktion (▶ Abb. 5.9).

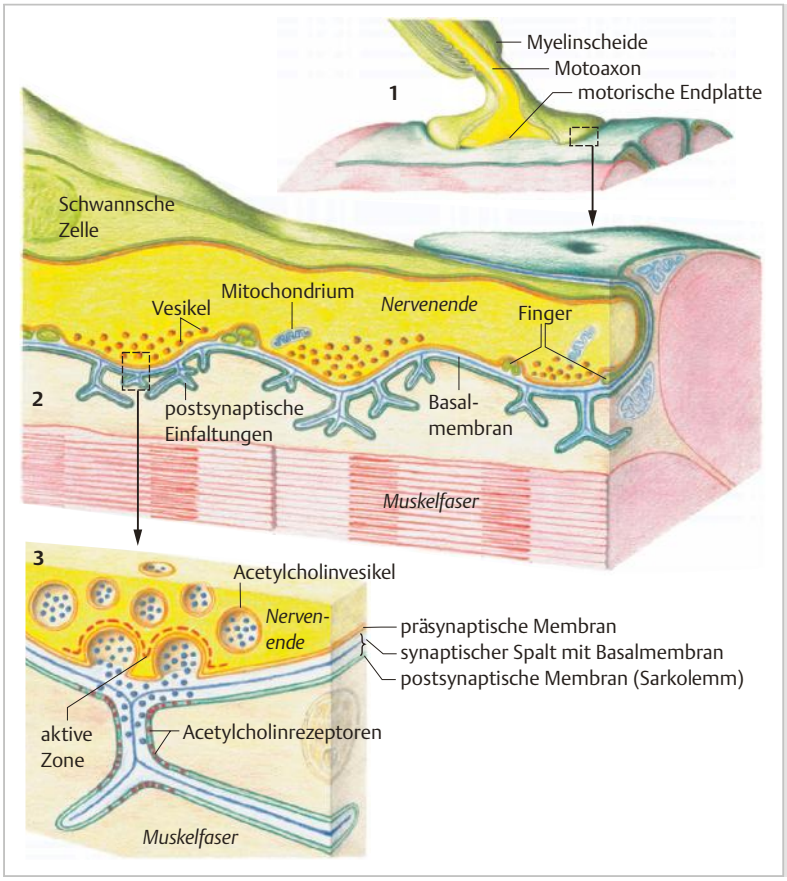


Abb. 5.8 Motorische Endplatte.

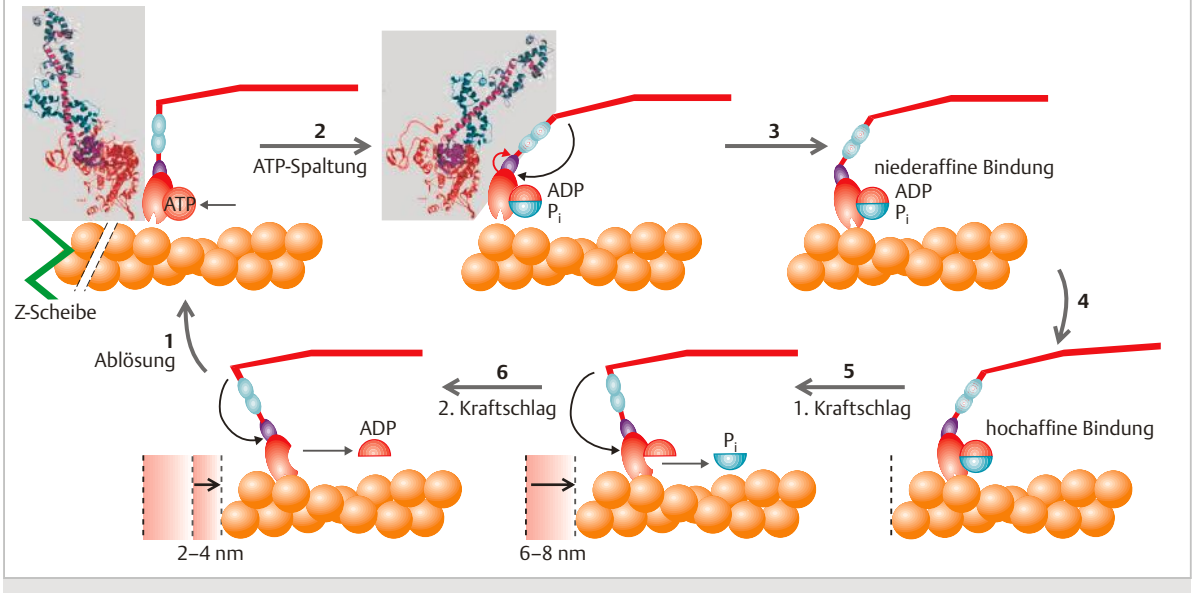


Abb. 5.9 Brückenbildung zwischen Aktin und Myosin.

Klinischer Bezug

Störungen des Kalziumstoffwechsels beeinflussen die muskuläre Erregbarkeit. Das Chvostek-Zeichen ist das Beklopfen des N.-facialis-Stammes vor dem Ohrläppchen mit nachfolgender Kontraktion der Gesichtsmuskulatur. Dies ist ein Hinweis auf nervale Übererregbarkeit und deutet auf Hypokalzämie hin.

Zusammenfassung und klinische Schlussfolgerungen

Dieser komplizierte Vorgang läuft in Abhängigkeit vom Muskelfasertyp in nur wenigen Millisekunden ab.

Es ist egal, ob es sich um eine isometrische oder isotonische Kontraktion handelt, die Länge der Aktin- und Myosinfilamente bleibt gleich. Bei einer isotonischen Kontraktion verändert sich nur das Ausmaß der Überlappung. Die dicken und dünnen Filamente gleiten aneinander vorbei (Gleitfilamenttheorie nach Huxley).

Soll eine größere Kontraktionsstrecke erreicht werden, muss sich der Vorgang mehrfach wiederholen. Die Myosinköpfchen benutzen dann die jeweils nächste herangezogene Anheftstelle. Insgesamt können sich Sarkomere um ca. 40–50 % verkürzen.

Jedes „dicke Filament" besitzt ca. 500 Myosinköpfe und jeder dieser Köpfe kann den Zyklus mehrere hundert Mal pro Sekunde durchlaufen. Die Geschwindigkeit dieses Vorgangs ist jedoch abhängig vom Muskelfasertyp. Dieser Schritt wird durch das an das Troponin C gebundene Kalzium wesentlich beschleunigt. Ist kein Kalzium vorhanden, findet dieser Vorgang wesentlich langsamer statt.

Wenn Adenosintriphosphat völlig fehlt, können die Querbrücken nicht mehr aufgelöst werden, es kommt zu einer kompletten Versteifung (Totenstarre). Bemerkenswert ist hierbei, dass der energiebenötigende Prozess das Loslösen des Myosinkopfes ist. Somit haben Dehntechniken, die zum Ziel haben, einen Muskel zu ermüden, da er sich dann ja nicht „wehren" kann, keine physiologische Begründung.

Die postisometrische Relaxation funktioniert unter diesem Aspekt auch nicht, da der Moment des „sich nicht wehren Könnens" nur 20–30 ms beträgt und damit therapeutisch nicht nutzbar ist.

Der detonisierende Effekt entsteht wahrscheinlich durch die anschließende Mehrdurchblutung. Also die Zuführung von Energie und nicht umgekehrt (Ehrhardt 2011).

5.3.3 Energiestoffwechsel

Ein Muskel benötigt zur Krafterzeugung Energie in Form von Adenosintriphosphat. Diese Energie wird bei der Spaltung von Adenosintriphosphat freigesetzt. Da der Adensointriphosphat-Speicher bei der Kraftproduktion schnell erschöpft ist, bedarf es einer Synthese bzw. einer Adenosintriphosphat-Regeneration.

Dafür stehen 3 Systeme (▶ Tab. 5.3) zur Verfügung, die sich in ihrer metabolischen Produktionskapazität, Adenosintriphosphat zu bilden, und in ihrer metabolischen Leistung, d. h. die Bildung einer Menge Adenosintriphosphat pro Zeiteinheit, unterscheiden.

Phosphagenes System

(▶ Abb. 5.10)

Die Kreatinkinase- und Adenylatkinase-Reaktion sind 2 schnelle Adenosintriphosphat synthetisierende chemische Reaktionen, die im Sarkoplasma stattfinden:

- Die Kreatinkinase regeneriert Adenosintriphosphat aus Adenosindiphosphat und Phosphokreatin.
- Bei der Adenylatkinase wird aus Adenosindiphosphat, Adenosintriphosphat und Adenosinmonophosphat hergestellt.
- Die Energie reicht für ca. 10–20 Sekunden.

Klinischer Bezug

Die Substitution mit Kreatin sollte nur unter professioneller Aufsicht geschehen.

Glykolytisches System

(▶ Abb. 5.10)

Das glykolytische System beherbergt den biologischen Prozess der Glykolyse. Auch dieser energiegewinnende Prozess findet im Sarkoplasma statt:

- Die 1. Quelle für die Glykolyse ist die freie Glukose in der Muskelfaser. Diese Moleküle entstammen der Nahrung oder der Resynthetisierung aus der Leber.

Tab. 5.3 3 Systeme der Energiebildung.

phosphagenes System	glykolytisches System	mitochondrales System
besitzt die höchste metabolische Leistung, aber die geringste Produktionskapazität	besitzt eine niedrige metabolische Leistung, aber eine höhere Produktionskapazität als das phosphagene System	besitzt die niedrigste metabolische Leistung, aber die höchste Produktionskapazität von allen 3 energiegewinnenden Prozessen

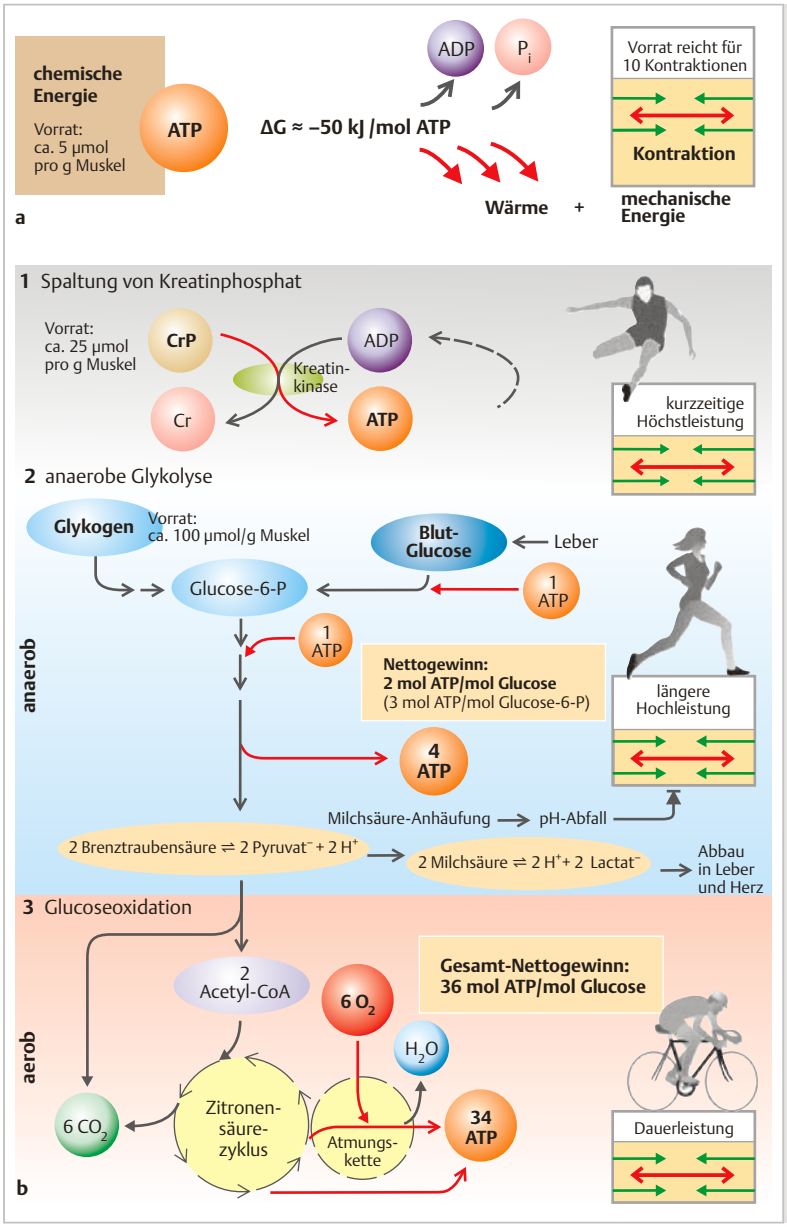


Abb. 5.10 Systeme der Energiebildung.

- Die 2. Quelle ist das Glukose-1-phosphat, welches aus dem Abbau von Glykogen im Muskel entsteht. Glykogen ist die intrazelluläre Speicherform von Glukose.

Laktat, welches aus einem Produkt der Glykolyse, dem Pyruvat, hervorgehen kann, ist kein Abfallprodukt des anaeroben Stoffwechsels, wie oft behauptet wird. Laktat wird z. B. als Substanz zur Energieproduktion in verschiedenen Organen, wie Herz, Gehirn, Niere verwendet, jedoch senkt es auch den pH-Wert, was zu einer schnellen muskulären Ermüdung führt.

Der glykolytische Energieprozess wird bei leichter Muskeltätigkeit nach ca. 1 Min. vom mitochondralen System abgelöst, weil dessen Adenosintriphosphat-Produktion ergiebiger ist.

Mitochondrales System

(▶ Abb. 5.10)

Ein oxidativer Prozess in den Mitochondrien lässt aus Acyl-CoA Acetyl-CoA entstehen. Dieses Acetyl-CoA kann zusammen mit Sauerstoff aus Adenosindiphosphat und Phosphor Adenosintriphosphat regenerieren.

Dauerleistungen können nur mit dieser aeroben Energiegewinnung aus Glukose und Fetten durchgeführt werden. Die Voraussetzung für diesen chemischen Prozess ist

die Sauerstoffutilisation des Gewebes (= Ausdruck der Kapillarisierung).

5.4 Fasertypen der Skelettmuskulatur

Muskelfasern wurden schon zu Beginn des 18. Jahrhunderts aufgrund ihrer Farbe, sprich dem Myoglobingehalt, klassifiziert. So unterteilte man in weiß und rot. Man weiß heute, dass die physiologischen Eigenschaften einer Muskelfaser mit der motorischen Einheit, zu der sie gehört, übereinstimmen.

Muskelfasereigenschaften lassen sich in 4 Hauptmerkmale unterteilen:

- Stoffwechsel, d. h. Energieproduktion und Energieversorgung
- Erregbarkeit, d. h. Auslösung eines Aktionspotenzials
- Zeitumfang der Kraftproduktion, d. h. Querbrückenzyklus und Energieumwandlung
- Erregungs–Kontraktions-Kopplung, d. h. intrazellulärer Kalziumstoffwechsel

Muskelfasern besitzen sehr breitgefächerte metabolische, morphologische und funktionelle Eigenschaften. Klassifizierungen sind aus diesem Grund kaum möglich, denn es gibt sog. slow twitch fibers mit hohem Myoglobingehalt, die trotzdem eine schnelle Kontraktionsfähigkeit besitzen.

Es werden grob 3 Hauptmuskelfasertypen unterschieden (▶ Tab. 5.4):

- Typ 1
- Typ 2A
- Typ 2X

Und zusätzlich 2 Hybridmuskelfasertypen:

- Typ 1/2A
- Typ 2A/2X

Die Faserverteilung beim Menschen ist heterogen. Typ-1- und Typ-2A-Fasern überwiegen deutlich gegenüber den 2X-Fasern.

Tab. 5.4 Fasertypen der Skelettmuskulatur.

Fasertyp	Merkmale
Typ 1	Typ-1-Fasern besitzen im Verhältnis zu den beiden anderen Typen viele Mitochondrien und oxydative Enzyme, mehr Satellitenzellen und haben eine niedrige Adenosintriphosphatasen-Aktivität.
Typ 2A und 2X	Typ-2A- und -2X-Fasern besitzen eine hohe Adenosintriphosphatasen-Aktivität und sind schneller in der Kontraktion, was sich auch in den Typen der motorischen Einheiten widerspiegelt. Hierbei ist der Typ 2X noch schneller als der Typ 2A.

Praxistipp

Muskuläres Training sollte in jedem Altersbereich aus Elementen der Kraftausdauer, der Schnellkraft und der Maximalkraft zusammengesetzt sein. Trainingsmethoden und Trainingsintensitätstechniken sollten vielfältig und abwechslungsreich angewandt werden.

5.5 Begriffe und ihre Deutung

Intramuskuläre Koordination

Es werden für die meisten Skelettmuskeln bei maximal willkürlicher Kraftanstrengung die motorischen Einheiten vollständig rekrutiert, denn der tonische Rekrutierungsschwellenwert liegt selbst bei großen Muskeln im Bereich zwischen 85–95 % der willkürlichen Spitzenkraft. Die aufgabenspezifischen motorischen Einheiten sind also aktiv.

Nach mehrwöchigem Training mit entsprechenden Messungen der willkürlichen Spitzenkraft ist Folgendes festzustellen:

- der Querschnitt der eingesetzten Muskelfasern hat zugenommen
- die Motoneurone haben eine erhöhte Frequenz von Aktionspotenzialen
- der Trainierende hat motorisch gelernt, die Antagonisten beim Einsatz der Agonisten weniger stark zu aktivieren

Sozusagen gibt es keine intramuskuläre Koordination, wie sie häufig beschrieben wird (Toigo 2015).

Exzentrische, konzentrische, isometrische Muskelfunktion

Hubbard u. Stetson (1938) prägten die 3 Muskelfunktionsbegriffe:

- pliometrisch
- miometrisch
- isometrisch.

Exzentrik und Konzentrik, geometrische Begriffe, die in Zusammenhang mit einem Kreis beschrieben werden, sind als Bezeichnungen für Muskelfunktionen nicht korrekt und sollten durch pliometrisch und miometrisch ersetzt werden.

Muskuläre Dysbalance

Muskuläre Dysbalance bezeichnet grob gesehen ein heterogenes Muskelgleichgewicht. Nun sind die meisten leistungserbringenden Tätigkeiten im Alltag und im Sport in ihrer mehrdimensionalen Funktionalität nicht symmetrisch.

Aus dieser Tatsache lässt sich folgende Frage formulieren, die wiederum reichlich Diskussionsstoff liefert: Benötigen wir evtl. die körperliche Asymmetrie, die ungleiche Gelenkbeweglichkeit und Muskeldysbalance, um Leistungsfähigkeit zu erlangen?

Muskelfaserhypertrophie

Das Volumen einer Muskelfaser nimmt zu. Dies kann mit oder ohne gleichzeitige Zunahme der Zellkernanzahl in derselben Muskelfaser passieren.

Muskelfaserhyperplasie

Bis heute ist die Muskelfaserhyperplasie nicht vollständig geklärt. Muskelfasern sind postnatal nicht teilungsfähig. Satellitenzellen sind im Falle einer Degeneration und Regeneration zur Myogenese fähig. Jedoch spricht man hier nicht von Muskelfaserhyperplasie. In Tierversuchen von Kelley 1996 wurde eine Muskelfaserhyperplasie beobachtet, was durch Paul u. Rosenthal 2002 jedoch wieder entkräftet wurde.

Muskelfasersplitting ist bei Muskelsystemerkrankungen und bei gedopten Sportlern zu beobachten (Eriksson et al. 2005). Beim Muskelfasersplitting handelt es sich höchstwahrscheinlich um nicht vollständig funktional angelegte Myotuben.

Muskelfaseratrophie

Die Muskelfaseratrophie ist ein Verlust an Muskelmasse. Es kommt zu einer Reduzierung der Muskelproteinsynthese. Nach längerer Funktionslosigkeit des Muskels kommt es ebenfalls zu einer Muskeldenervierung, was mit einem Muskelfaserverlust einhergeht.

6 Neuroanatomie und -physiologie

Rudi Amberger

Neuroanatomie und -physiologie gehören vermutlich zu den spannendsten Themen im Bereich der Manuellen Therapie. Milliarden von winzig kleinen Nervenzellen schicken in einer Millisekunde millionenfache Informationen über unzählige Datenleitungen, wodurch es uns möglich ist, mit einem Freund spazieren zu gehen, sich dabei zu unterhalten und gleichzeitig noch ein offenes Auge und Ohr für die Natur zu haben. Ohne dieses einzigartige System wären ein praktisches Handeln, Denken, aber auch das Erleben von Imagination oder Emotion und noch so vieles mehr, nicht möglich.

6.1 Gliederung des Nervensystems

Die Gliederung des Nervensystems ist in ▶ Tab. 6.1 zusammengefasst.

6.2 Gehirn

6.2.1 Allgemeiner Überblick

Das durchschnittliche Gewicht des Gehirns beträgt 1245 g bei der Frau und 1375 g beim Mann. Seine Oberfläche beläuft sich auf ca. 1,5 m^2 und es verfügt über ca. 100 Milliarden eng miteinander verschalteten Nervenzellen, von denen wiederum einige mit bis zu 10.000 Synapsen ausgestattet sind. Das Gehirn stellt das aktivste Organ des Menschen dar, das mit 20 % des Sauerstoffs vom Herzen versorgt wird. Es besteht aus 2 stark gefurchten Hemisphären, die durch einen tiefen Einschnitt voneinander getrennt sind. Eine Verbindung der beiden Gehirnhälften besteht durch das Corpus callosum (Balken, ▶ Abb. 6.1). Die rechte Gehirnhälfte repräsentiert die linke Körperseite und umgekehrt.

Anatomische Gliederung des Gehirns

Die anatomische Gliederung des Gehirns ist in ▶ Tab. 6.2 zusammengefasst und in ▶ Abb. 6.1 dargestellt.

▶ Tab. 6.3 zeigt ausgewählte Areale der Hirnrinde mit den entsprechenden Funktionen (▶ Abb. 6.2).

Zwischenhirn, Mittelhirn und Nachhirn sind mit ihren Aufgaben und Regulationen in ▶ Tab. 6.4 dargestellt.

Tab. 6.1 Gliederung des Nervensystems.

Zentrales Nervensystem		Peripheres Nervensystem			
Gehirn	Rückenmark	somatisches Nervensystem	vegetatives Nervensystem		
			Orthosympathikus	Parasympathikus	Enterisches Nervensystem

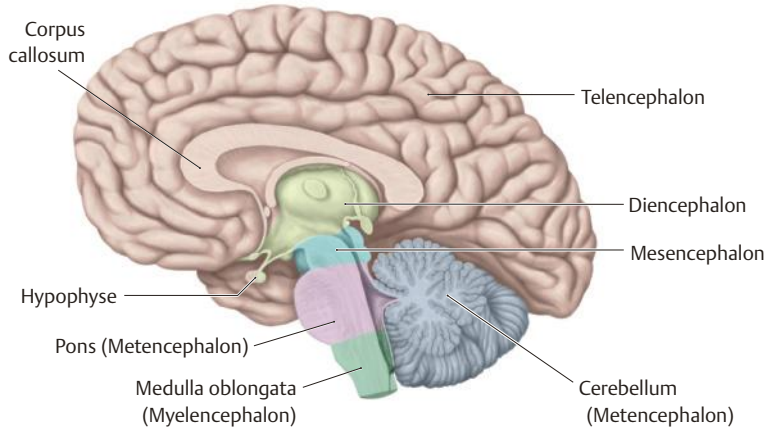


Abb. 6.1 Anatomische Gliederung des Gehirns.

Tab. 6.2 Anatomische Gliederung des Gehirns.

Embryonal	Hirnteil	Hirnstruktur	
Prosencephalon (Vorderhirn)	Telencephalon (Großhirn)	Hirnrinde	Frontallappen (Stirnlappen)
			Parietallappen (Scheitellappen)
			Okzipitallappen (Hinterhauptlappen)
			Temporallappen (Schläfenlappen)
			Insellappen (liegt bedeckt unter Teilen von Frontal-, Parietal- und Temporallappen)
			Limbischer Lappen
		Marklager	
		Basalkerne	
	Diencephalon (Zwischenhirn)	Epithalamus mit Epiphyse	
		Thalamus (dorsalis)	
		Subthalamus (Thalamus ventralis)	
		Hypothalamus mit Hypophyse	
Mesencephalon (Mittelhirn)	Mesencephalon (Mittelhirn)	Tegmentum	
		Crura cerebri	
		Tectum	
Rhombencephalon (Nachhirn)	Metencephalon	Pons (Brücke)	Kerne
			Faserbahnen
		Cerebellum (Kleinhirn)	Kleinhirnrinde
			Kleinhirnkerne
			Kleinhirnstiele
	Myelencephalon	Medulla oblongata (verlängertes Rückenmark)	Kerne
			Faserbahnen

Tab. 6.3 Rindenareale mit ihren Funktionen.

Hirnareale			Funktion
Hirnrinde	Frontallappen	Präfrontaler Kortex	Planung, Erinnerung, Lernen, Kreativität, Imagination, Glaube, Wille, Introspektion, Orientierung, Argumentation
		Prämotorischer Kortex	initiiert, steuert und kontrolliert Bewegungen
		Motorischer Kortex	führt motorische Handlungen aus
	Parietallappen mit somatosensorischem Kortex		über Exterozeptoren und Propriozeptoren werden die haptische Wahrnehmung und Eigenwahrnehmung verarbeitet (Fühl- und Sinneseindrücke), steuert die räumliche Wahrnehmung und das räumliche Denken, ist an Prozessen wie Lesen und Rechnen beteiligt
	Okzipitallappen		primäre Sehrinde
	Temporallappen		ist primär für das Hören zuständig, enthält auch das sensorische Sprachzentrum und beherbergt einen zentralen Teil des Gedächtnisses (Hippocampus)
	Insellappen		sensorischer und motorischer Einfluss auf viszerale Strukturen, beteiligt an der Wahrnehmung von Gerüchen und Geschmack sowie an der Bewertung von Schmerz

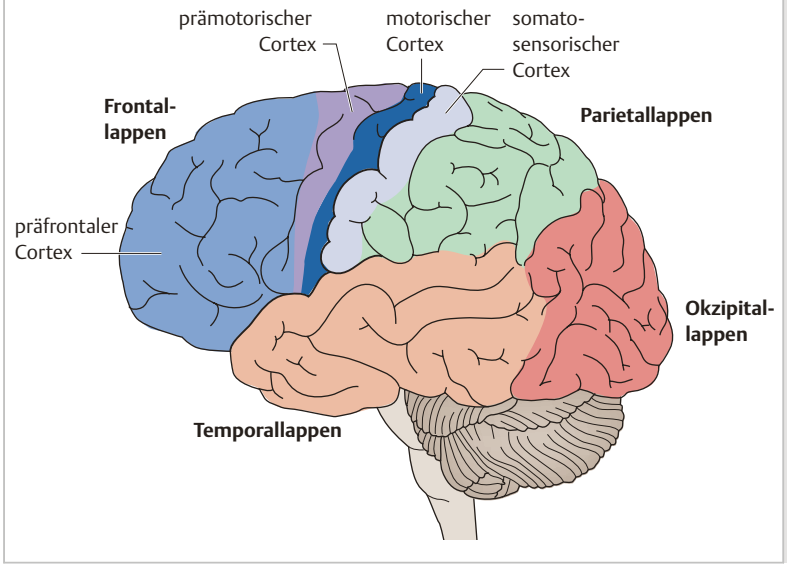


Abb. 6.2 Verteilung der Rindenareale.

Tab. 6.4 Aufgaben von Zwischen-, Mittel- und Nachhirn.

Hirnareale			Funktion
Mesencephalon			Verarbeitung von sensorischer Information, Reflexzentrum, Umschaltstation zwischen Sinnesorganen und Muskulatur
Diencephalon	Thalamus	Epithalamus mit Epiphyse	sowohl zentrales Nervensystem als auch endokrine Drüse, spielt eine wichtige Rolle bei optischen Reflexen und wird so beeinflusst von Tag-/Nacht- und Jahreszeiten
		Subthalamus (Thalamus ventralis)	kontrolliert die Erregung des Thalamus dorsalis
		Thalamus dorsalis	moduliert die auf- und absteigenden Informationen zum Großhirn und regelt auf diese Weise die kortikale Erregung
		Hypothalamus mit Hypophyse	sie bilden gemeinsam die über- und untergeordnete Struktur des vegetativen und endokrinen Systems und regeln u. a. Körpertemperatur, Biorhythmus und Wasserhaushalt
Metencephalon	Pons (Nuclei pontis)		sind Umschalt- sowie Durchgangsstationen zwischen Klein- und Großhirn und spielen eine Rolle beim Erlernen neuer Bewegungsmuster und Korrigieren von Bewegungsabläufen
	Cerebellum		steuert die Körpermotorik, sorgt für die Orientierung im Raum und koordiniert Bewegungsabläufe
Myelencephalon	Medulla oblongata		fungiert als Schnittstelle zwischen dem aufsteigenden Rückenmark und dem Hirnstamm und ist an der Regelung von Atmung, Kreislauf und Stoffwechsel beteiligt

Limbisches System

Das limbische System charakterisiert eine funktionelle Einheit und besteht aus Hippocampus, Fornix (Basalganglien, Septum pellucidum), Teilen des Thalamus, zingulärem Kortex und Amygdala. Es hat eine bedeutende Funktion für das Gedächtnis, aber auch für Emotionen und Triebverhalten.

6.3 Rückenmark

6.3.1 Allgemeiner Überblick

Das Rückenmark erstreckt sich von der Medulla oblongata bis zum Kokzygealmark auf Höhe L1/L2 und wird in 5 Segmente aufgeteilt. Entsprechend der Austrittshöhe der Spinalnerven unterscheidet man:

- Zervikalmark
- Thorakalmark
- Lumbalmark
- Sakralmark
- Kokzygealmark

6.3.2 Anatomische Gliederung des Rückenmarks

Das Rückenmark wird in eine Substantia grisea und eine Substantia alba unterschieden. In der grauen Substanz befinden sich die Nuclei (Zellkörper) und in der weißen Substanz die Tracti (Datenleitungen). Die graue Substanz wird in Vorderhorn, Seitenhorn und Hinterhorn unterteilt (▶ Abb. 6.3).

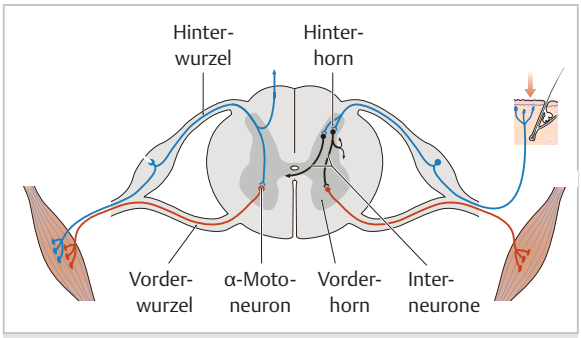


Abb. 6.3 Anatomische Gliederung, dargestellt im transversalen Schnitt.

6.3.3 Funktionelle Gliederung des Rückenmarks (Substantia alba)

▶ Tab. 6.5 verschafft einen Überblick über die Aufteilung der Substantia alba im Rückenmark. Die entsprechende Verteilung ist in ▶ Abb. 6.4 dargestellt.

Auf- und absteigende Bahnen des Rückenmarks

Hinterstrangbahn (Tractus spinothalamicus posterior)

▶ Tab. 6.6 zeigt die Informationen zur Hinterstrangbahn und ist in ▶ Abb. 6.5 dargestellt.

Pyramidenbahn (Tractus pyramidalis)

▶ Tab. 6.7 zeigt die Informationen zur Pyramidenbahn und ist in ▶ Abb. 6.6 dargestellt.

Tab. 6.5 Gliederung der Substantia alba.

Bahn	Qualität	Verschaltung/Kreuzung
sensibler Vorderseitenstrang (Tractus spinothalamicus)	Schmerz, Temperatur, grobe Druck-Tastempfindung (protopathische Sensibilität)	segmentale Verschaltung mit nachfolgender Kreuzung über die Commissura alba
Hinterstrangbahnen (Fasciculus gracilis et cuneatus)	fein differenzierte Tastwahrnehmung u. Propriozeption (epikritische Sensibilität)	Verschaltung und Kreuzung erst im Hirnstamm
Kleinhirnseitenstrangbahnen	propriozeptive Impulse zum Kleinhirn	teilweise gekreuzt, teilweise ungekreuzt zum Kleinhirn
Pyramidenbahn (Tractus corticospinalis)	feinmotorische Innervation der distalen Extremitätenmuskulatur	90 % kreuzen im Bereich der Medulla, 10 % kreuzen später
extrapyramidale Bahnen (Ursprung in den Hirnnervenkernen)	grobmotorische Innervation der proximalen Extremitätenmuskulatur	auf unterschiedlichen Höhen, z. T. auch keine Kreuzung

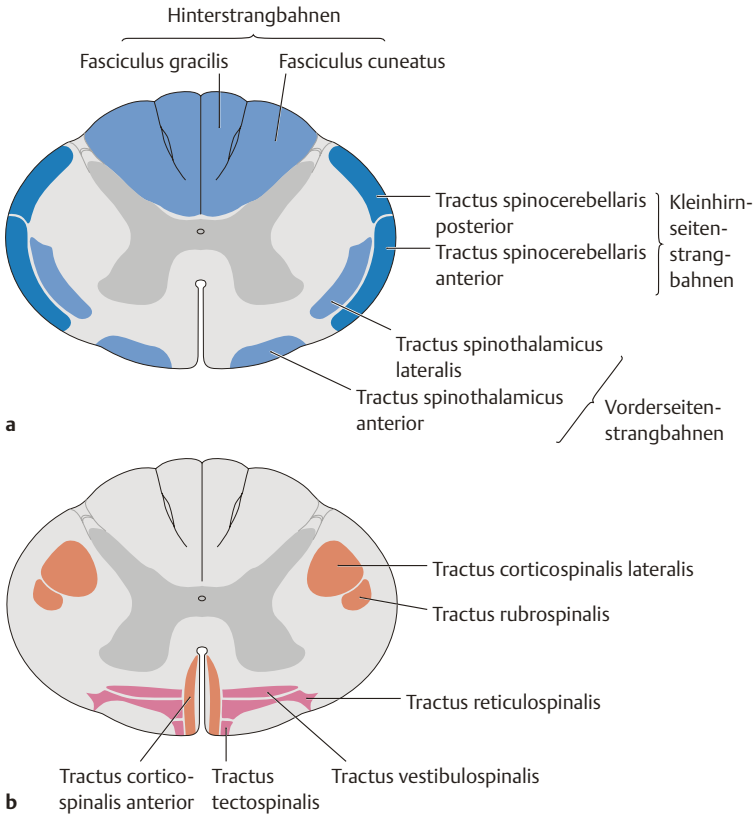


Abb. 6.4 Verteilung der Tracti im Rückenmark.
a Aufsteigende Bahnen im Rückenmark
b Absteigende Bahnen im Rückenmark.

Tab. 6.6 Hinterstrangbahn.

Anteile	Beginn	Ende	Verlauf	Kreuzung	Funktion
Fasciculus gracilis (Goll-Strang)	Haut-, Gelenk-, Sehnenrezeptoren der unteren Extremitäten	Cortex cerebri	über 3 Neurone und 2 Umschaltstellen	Seitenkreuzung in Medulla oblongata	Informationen aus Rezeptoren von Haut, Muskeln, Sehnen und Gelenken (epikritische Sensibilität, Berührung, Druck, Vibration, Haltungs- oder Bewegungsgefühl)
Fasciculus cuneatus (Burdach-Strang)	Haut-, Gelenk-, Sehnenrezeptoren der oberen Extremitäten				

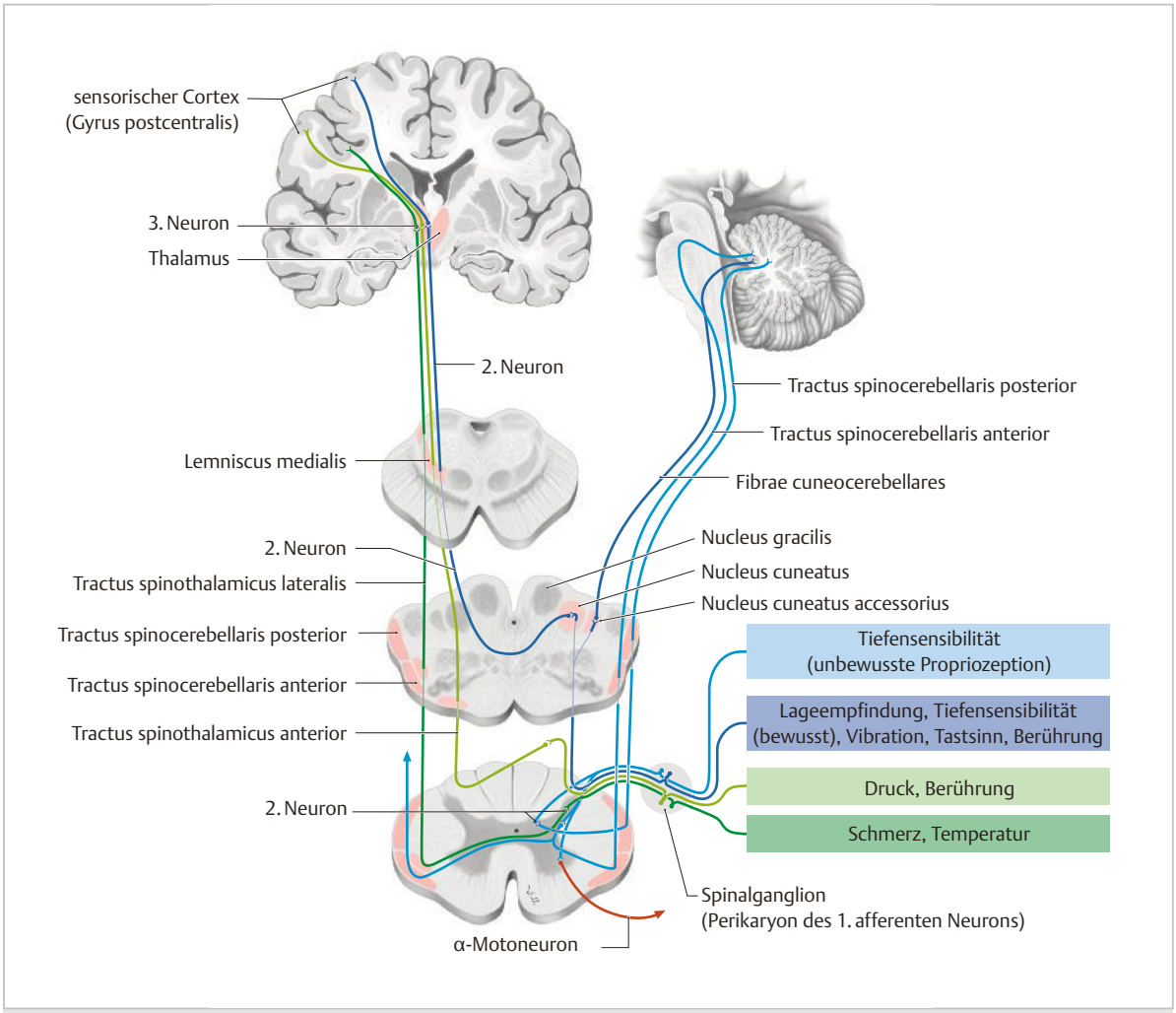


Abb. 6.5 Hinterstrangbahn.

Tab. 6.7 Pyramidenbahn.

Anteile	Beginn	Ende	Verlauf	Kreuzung	Funktion	
Tractus corticonuclearis	Cortex (Gyrus praecentralis)	Skelettmuskulatur des Kopfes	• über Hirnstamm (motorische Hirnnervenkerne) • mit 2 Neuronen und einer Umschaltstelle	im Hirnstamm	efferente Bahn der bewussten Willkürmotorik für die Muskeln	von Kopf und zum Teil vom Hals
Tractus corticospinalis		Skelettmuskulatur	• vom Gyrus praecentralis zum RM (motorische Vorderhornzellen) • mit 2 Neuronen und einer Umschaltstelle	• ca. 80 % in der Medulla oblongata (Pyramidenkreuzung) • ca. 20 % im Zielsegment des Rückenmarks (segmentale Kreuzung)		der Skelettmuskulatur, Dämpfung von Eigenreflexen

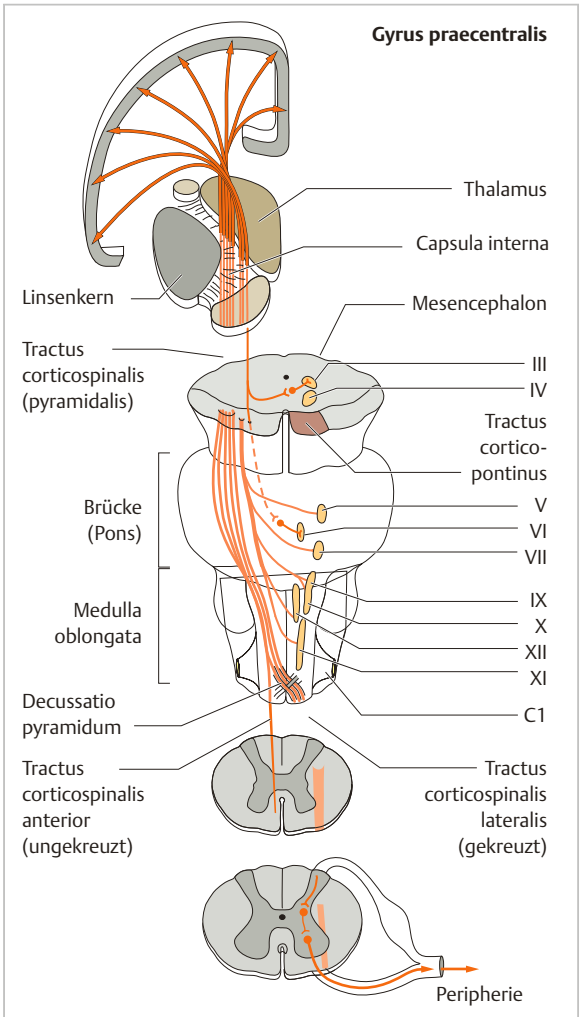


Abb. 6.6 Pyramidenbahn.

6.4 Aufbau und Einteilung der Nervenfasern

6.4.1 Allgemeiner Aufbau einer Nervenzelle

Ein Neuron besteht aus einem Zellkörper (Soma) und 2 unterschiedlichen Zellfortsätzen (▶ Abb. 6.7). Die Dendriten übertragen die Erregungen anderer Zellen auf die eigene Zelle und der Neurit (Axon) leitet die eigene Erregung an andere Zellen weiter. In einem Zellkörper befinden sich ein Zellkern (Nucleus), Mitochondrien und Nissl-Schollen. Der Axonhügel stellt das Bindeglied zwischen dem Rezeptorsegment und dem Überleitungssegment dar. Je nach Nervenfasertyp (▶ Tab. 6.8) gestaltet sich das Axon als nicht myelinisiert bis sehr dickwandig myelinisiert und verfügt in der Regel über Synapsen am erregungsübertragenden Ende. Ausnahmen bilden hier die eher langsam leitenden Fasern, die als freie Nervenendigungen vorzufinden sind.

6.4.2 Einteilung der Nervenfaserarten

6.4.3 Rezeptorsysteme und Reflexe

Sensoren und Rezeptoren stellen Sinnesorgane des menschlichen Körpers dar, die Informationen aus der Umwelt und dem Körperinneren vermitteln und somit zur bewussten Reaktion oder zur unbewusst ablaufenden Reflexaktivität beitragen.

Einteilung der Rezeptoren

Rezeptoren werden in 3 Bereiche klassifiziert (▶ Abb. 6.8).

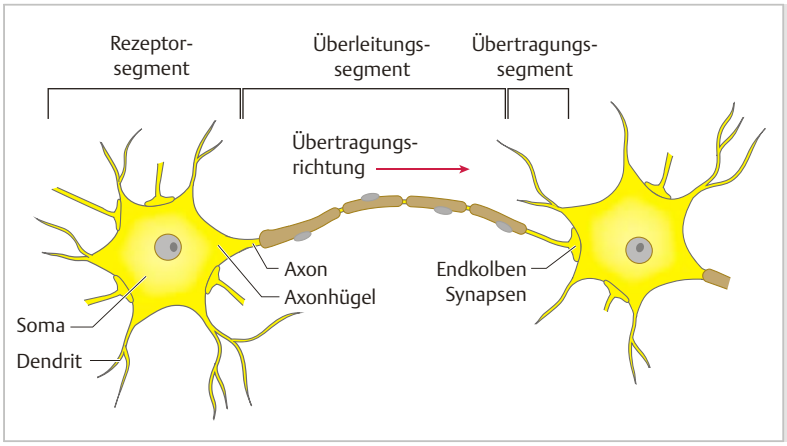


Abb. 6.7 Nervenzelle.

Tab. 6.8 Einteilung der Nervenfaserarten.

Einteilung nach Erlanger und Gasser		Einteilung nach Lloyd und Hunt		Durchmesser in µm	Leitungsgeschwindigkeit in m/s
motorisch und sensorisch (efferent und afferent)		nur sensorisch (afferent)			
Typ	**Funktionen**	**Typ**	**Funktionen**		
Aα1	• motorische, phasische, extrafusale Muskelfaser • Muskelspindel (afferent)	Ia	Muskelspindel (monosynaptische Reflexe)	10–20	70–120
Aα2	• motorisch, tonische, extrafusale Muskelfaser • Muskelspindel (afferent)	Ib	Sehnenorgan (Schutzreflex über Inhibition des Aα-Motoneurons)		
Aβ	• Druckrezeptoren der Haut (afferent) • Kinästhesie • extra-, intrafusale Muskelfasern	II	• Muskelspindeln • Gelenkkapsel • Druckrezeptoren	7–15	30–70
Aγ	Muskelspindel • γd (dynamisch) Kernsack • γs (statisch) Kernkette	IIIa	• Gelenkkapsel Typ I • Druck- und Thermorezeptoren der Haut	4–8	15–30
Aδ	• Druck • Temperatur • akuter Schmerz (afferent)	IIIb	• Mechanorezeptoren • Nozirezeptoren akuter Schmerz	2–5	12–30
B	präganglionäre Visceroefferenzen (vegetative Fasern)			1–3	3–15
C	• vegetativ: postganglionär • somatisch: langsamer Schmerz	IV	Nozirezeptoren für chronisch dumpfen Schmerz (viszerosensibel)	0,5–1,5	0,5–2

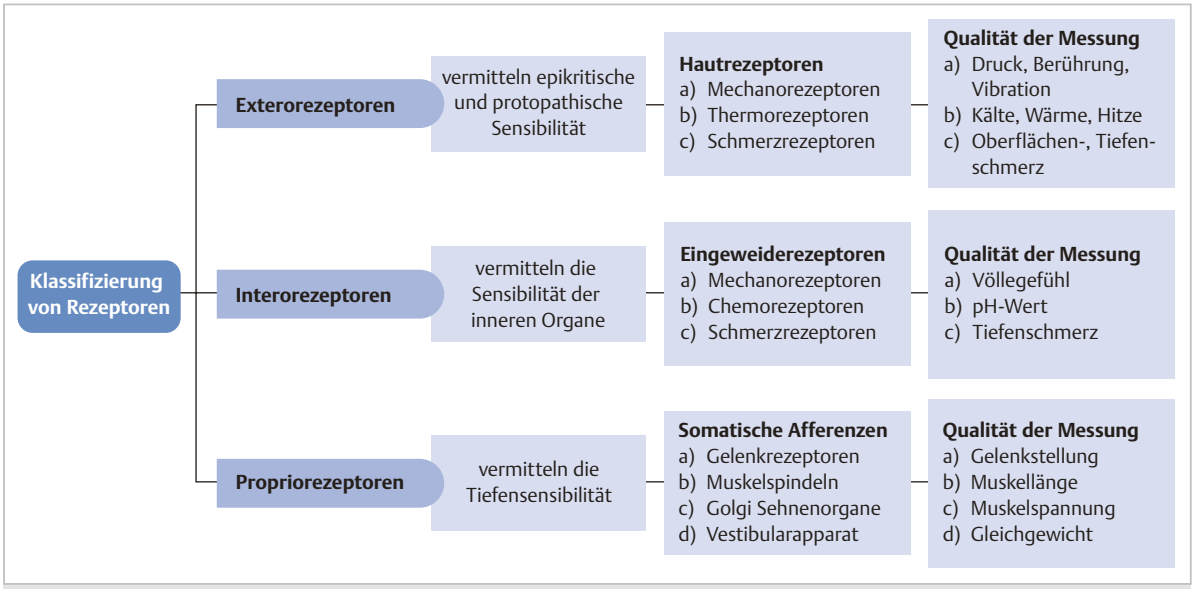


Abb. 6.8 Klassifizierung von Rezeptoren.

Propriorezeptoren

Zu den Aufgaben der Propriorezeptoren gehören die Wahrnehmung von Körperbewegung und -lage im Raum bzw. der Lage/Stellung einzelner Körperteile zueinander, die Erhaltung des Körperschwerpunkts auf der Unterstützungsfläche sowie die Durchführung und Steuerung koordinierter Bewegungen.

Die Propriozeption ergibt sich aus der Information der Afferenzen der Muskel- und Sehnenrezeptoren, der Mechanorezeptoren am und im Gelenk und aus den Hautrezeptoren (Gollhofer 2000). Propriorezeptoren messen Gelenkstellung, Muskeltonus und Muskellänge. Ihre Informationen bezüglich der Tiefensensibilität laufen über die hintere Wurzel und die Hinterstrangbahn zentral ins Gehirn.

Die Verarbeitung der Informationen erfolgt sowohl auf Rückenmarksebene als auch im Kleinhirn und Großhirn. Zu den wichtigsten Propriorezeptoren zählen die Muskelspindeln und Golgi-Sehnenorgane (Reuter 1994).

Muskelspindelsystem

Lage

Muskelspindeln liegen innerhalb eines Skelettmuskels, parallel zu den extrafusalen Muskelfasern.

Aufbau

▶ Abb. 6.9 zeigt den schematischen Aufbau einer Muskelspindel. Die Muskelspindel besteht aus spindelförmigen Bindegewebskapseln, die etwa 3–20 spezialisierte intrafusale Muskelfasern umschließen. Diese Intrafusalfasern werden in Kernketten- und Kernsackfasern eingeteilt. Von den Kernkettenfasern, die überwiegend statische Antworten geben, gehen sowohl Ia- (primäre Muskelspindel-Afferenzen) als auch II-Fasern (sekundäre Muskelspindel-Afferenzen) aus. Von den Kernsackfasern, die überwiegend dynamische Antworten liefern, gehen nur die schnellleitenden Ia-Fasern ab. Im Äquatorialbereich werden beide Typen von dicken Ia-Fasern umschlungen (anulospiralige Endigung). An den Polen der Muskelspindel befinden sich kontraktile Abschnitte, die über eine Aγ-Faser als eigenen Nerv versorgt werden.

Funktionen

Muskelspindeln agieren als Längendetektoren und sind deshalb in der Lage, Dehnungen bzw. Längenzunahmen von Muskeln zu registrieren. Ia- und II-Fasern leiten bei Dehnung des Muskels Signale von den Muskelspindeln in die Hinterhörner des Rückenmarks und spalten sich dort in Kollateralen. Diese Kollateralen steigen teilweise über die Hinterstränge (Funiculus cuneatus und gracilis) auf und informieren Groß- und Kleinhirn über den aktuellen Dehnungszustand des Muskels. Sie ziehen aber auch ins Vorderhorn und bilden Synapsen mit den Aα-Motoneuronen (monosynaptische und polysynaptische Verschaltungen). Wenn die Muskelspindel erregt wird, kommt es durch die synaptische Umschaltung zur Depolarisation des Motoneurons. Die propriozeptive Meldung lässt die extrafusale Arbeitsmuskulatur kontrahieren, um die ursprüngliche Länge wiederherzustellen. Die daraus resultierende Antwort führt zu einer Fazilitation der Agonisten und einer Inhibierung der antagonistischen Muskelsynergien (reziproke Hemmung). Eine solche Reflexzuckung hat eine kurzfristige Hemmung des Aα-Motoneurons zur Folge (Renshaw-Zelle und Spindelpause, ▶ Abb. 6.10).

Adäquater Reiz

Eine Änderung der Muskellänge erfolgt sowohl durch Kontraktion als auch durch passive oder aktive Dehnung.

Sollwerteinstellung der Muskelspindeln

Muskelspindeln liegen parallel in der Muskulatur und werden gedehnt, indem der Muskel gedehnt wird, bzw. werden sie gestaucht, wenn der Muskel eine Stauchung erfährt.

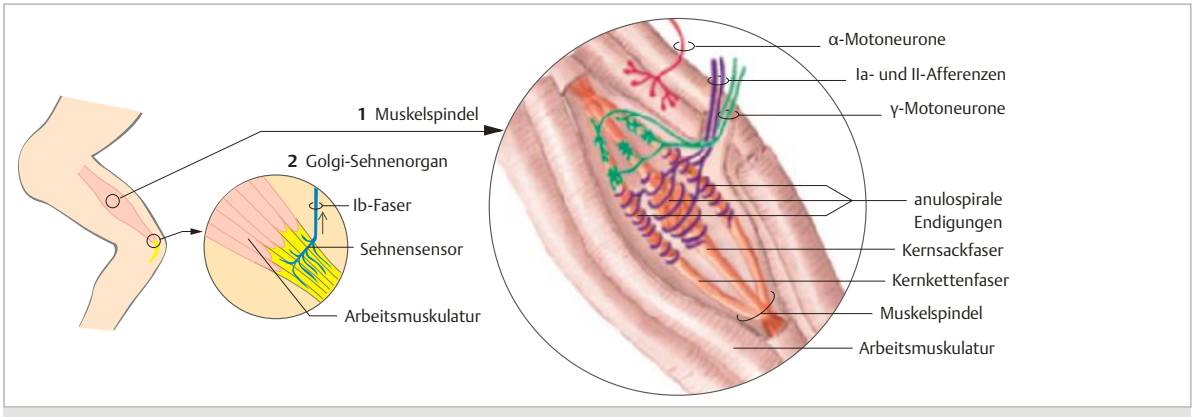


Abb. 6.9 Aufbau einer Muskelspindel.

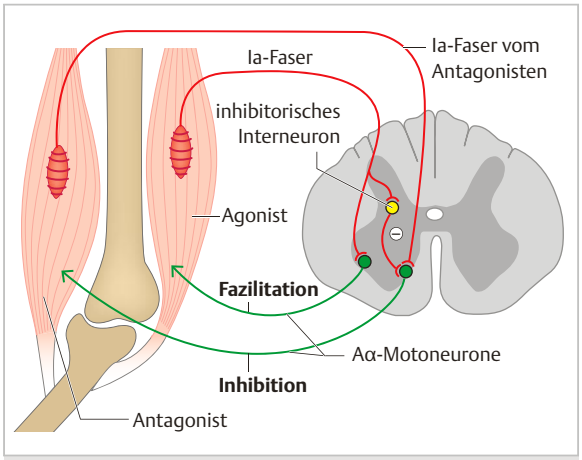


Abb. 6.10 Renshaw-Zelle und Spindelpause.

Zu stark gestauchte Muskelspindeln sind jedoch nicht in der Lage, die Länge und auch die Längenänderungen optimal zu messen. Deshalb wirken die kontraktilen Fasern an den Polen der Muskelspindeln der Stauchung durch Kontraktion entgegen. Diese Fasern werden über Aγ-Motoneurone versorgt, die vom Kortex angesteuert werden. Auf diese Weise erhöhen Aγ-Motoneurone die Empfindlichkeit der Längenrezeptoren um schnelle Längenänderungen zu registrieren. Folglich werden bei Willkürbewegungen außer den Aα-Fasern auch die Aγ-Fasern vom ZNS aktiviert (Aα-Aγ-Koaktivierung). Während der Muskelkontraktion vermag die Aα-Aγ-Koaktivierung die Empfindlichkeit der Längenrezeptoren zu sichern, wodurch die Messgenauigkeit gewährleistet ist (► Abb. 6.11).

Golgi-Sehnenorgane

Lage

Die Golgi-Sehnenorgane liegen in den Sehnen eines Skelettmuskels und sind in Serie zu den Skelettmuskelfasern geschaltet.

Aufbau

Golgi-Sehnenorgane sind Bindegewebskapseln, die mit einer afferenten Nervenfaser der Gruppe Ib versorgt werden. Diese Ib-Fasern gelangen afferent in die Hinterhörner des Rückenmarks, wo eine Spaltung in Kollateralen eintritt. Diese laufen dann teilweise zum ZNS und versorgen es mit Informationen über die aktuelle Muskelspannung. Andere Kollateralen ziehen zum Vorderhorn und werden dort auf ein hemmendes Interneuron, welches zum Aα-Motoneuron des Muskels zieht, zu dem die Sehne gehört und auf ein bahnendes Interneuron, welches zum Aα-Motoneuron des Antagonisten zieht, umgeschaltet.

Funktionen

Sie messen die mechanische Spannung in der Sehne des Muskels und somit die Kraft, die an der Sehne des Muskels ausgeübt wird (vor allem bei isometrischer Kontraktion). Die Zunahme der Muskelspannung, die über ein Interneuron vermittelt wird, kann somit das Aα-Motoneuron des Agonisten hemmen (autogene Hemmung) und den Antagonisten bahnen. Dadurch vermindert sich sowohl die Aktivität als auch der Tonus des eigenen agonistischen Muskels. Golgi-Sehnenorgane dienen somit der raschen Feinregulierung und Konstanthaltung des Muskeltonus. Nachlassende Muskelkraft verringert die Spannung in der Sehne, wodurch auch die Aktivität des Golgi-

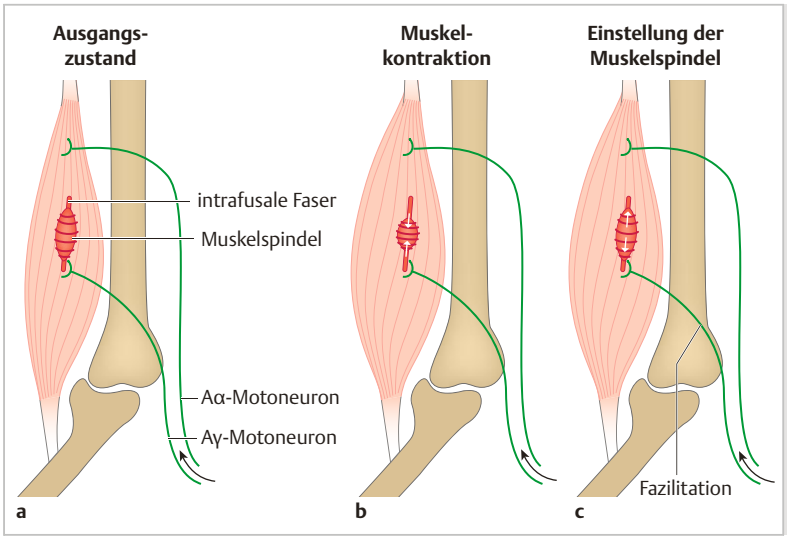


Abb. 6.11 Sollwerteinstellung der Muskelspindel: a Ausgangszustand, b Muskelkontraktion, c Einstellung der Muskelspindel.

Organs geringer wird. Indem der hemmende Einfluss des Interneurons sinkt, wird das Aα-Motoneuron disinhibiert und der Muskeltonus steigt (▶ Abb. 6.12).

Adäquater Reiz

Eine Änderung der Muskelspannung kann sowohl durch Kontraktion als auch durch aktive oder passive Dehnung ausgelöst werden.

Fazit

Golgi-Sehnenapparat und Muskelspindelsystem kooperieren miteinander und werden von supraspinalen Zentren eingestellt.

Gelenkrezeptoren

Typ-I-Rezeptoren

Typ-I-Rezeptoren liegen im Stratum fibrosum der Gelenkkapsel und verfügen über ein langsames Adaptionsverhalten. Ihre Aufgabe ähnelt der Funktion der Ruffini-Endorgane (Informationen über die Gelenkstellungen). Die Gelenkkapselanteile, die am meisten unter Spannung stehen, erregen die Rezeptoren, welche überwiegend statische und nur einen geringen Teil dynamische Aufgaben erfüllen.

Typ-II-Rezeptoren

Typ-II-Rezeptoren liegen im Stratum synoviale der Gelenkkapsel; sie zeichnen sich durch schnelle Adaptionsfähigkeit aus und besitzen eine ähnliche Aufgabe wie die Pacini-Körperchen (Informationen über die Gelenkstellungen). Ihre Erregung erfolgt durch Bewegung, also dynamische Aufgaben. Die Frequenzen erhöhen sich, wenn sich die Gelenkbewegung beschleunigt.

Typ-III-Rezeptoren

Typ-III-Rezeptoren verlaufen gemeinsam mit dem arteriellen System in allen Strukturen des Gelenks und sind als reine Spannungsfühler zu bezeichnen. Ihre Aufgabe ähnelt der des Golgi-Sehnenapparats an den Sehnenspindeln (Messung von Spannungsänderungen). Derartige Rezeptoren gibt es überwiegend an den Gelenken der Extremitäten und nur sehr vereinzelt an der WS.

Typ-IV-Rezeptoren

Typ-IV-Rezeptoren stellen freie Nervenendigungen dar, die adaptierenden und nicht adaptierenden Schmerz melden. Sie verlaufen gemeinsam mit dem arteriellen System in alle Strukturen des Gelenks (Ausnahme: z. B. Menisci werden nur am Rand mit Rezeptoren versorgt).

Reflexe

Ein Reflex ist eine unwillkürliche, rasche und gleichartige Reaktion eines Organismus auf einen bestimmten Reiz. Reflexe werden neuronal vermittelt und die Grundlage dafür bildet ein Reflexbogen (▶ Abb. 6.13).

Einteilung von Reflexen

Reflexe werden in Eigenreflexe und Fremdreflexe (▶ Abb. 6.14) eingeteilt.

Monosynaptischer Reflexbogen

Beispiel – Patellarsehnenreflex

Reflexe werden über Muskelspindeln vermittelt und nicht über die Golgi-Sehnenorgane. Ein Schlag auf die Patellarsehne bewirkt am M. quadrizeps einen leichten Zug, der von der Muskelspindel als adäquater Reiz registriert wird. Dadurch werden Ia-Fasern aktiviert, die wiederum monosynaptisch auf das Aα-Motoneuron umschalten. Dieses Motoneuron innerviert nun den Skelettmuskel, in

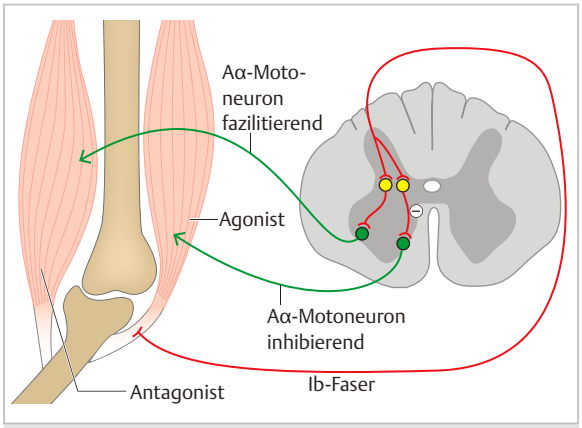


Abb. 6.12 Funktionsweise des Golgi-Sehnenapparats.

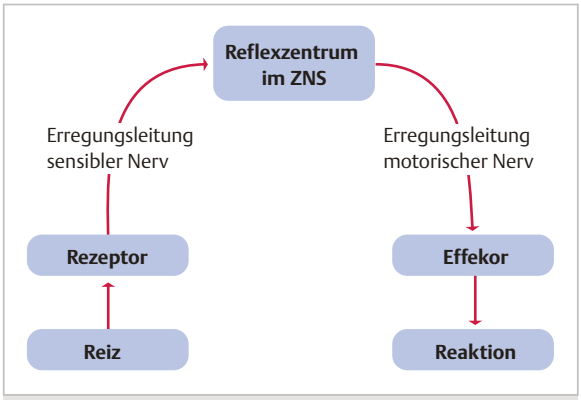


Abb. 6.13 Reflexbogen.

Eigenreflex	Fremdreflex
Merkmale: • Rezeptoren und Effektor im gleichen Organ (deshalb Eigen...) • direkter Reflexbogen, direkte Umschaltung von der afferenten auf die efferente Bahn • monosynaptischer Reflex (eine Umschaltung im RM) • Reflexzeit kürzer als bei Fremdreflex • Reizantwort ist abhängig von der Reizstärke • einmaliger, überschwelliger Reiz löst eine Antwort aus (keine Summation von Reizen) • keine Ermüdbarkeit • keine Abschwächung der Reizantworten nach dicht aufeinanderfolgenden Reizen	*Merkmale:* • Rezeptoren und Effektor nicht im gleichen Organ (deshalb Fremd...) • indirekter Reflexbogen, keine direkte Umschaltung von afferenter auf efferente Bahn • polysynaptische Reflexe (mehrere Umschaltstellen/RM – Segmente einbezogen) • Reflexzeit länger als bei Eigenreflex (mehrere Umschaltstellen) • Reizantwort ist unabhängig von der Reizstärke • mehrere unterschwellige Reize sind zu überschwelligem Reiz summierbar • ermüdbar • Abschwächung der Reizantworten nach dicht aufeinanderfolgenden Reizen
Beispiele: • Muskeldehnungsreflexe: • Patellarsehnenreflex • Achillessehnenreflex • Bicepssehnenreflex • Tricepssehnenreflex • Radius-Periost-Reflex	*Beispiele:* • Wegziehreflex (gehört zu den Flexorenreflexen) • gekreuzter Streckreflex • Würgereflex, Schluckreflex • Saugreflex, Kornealreflex • Pupillenreflex • Bauchhautreflex • Cremasterreflex

Abb. 6.14 Eigen- und Fremdreflexe.

diesem Fall den M. quadrizeps femoris, so dass eine Muskelzuckung entsteht. Über ein hemmendes Interneuron wird der Antagonist (M. biceps femoris) gehemmt und der Reiz wird von den Muskelspindeln des M. quadrizeps femoris aufgenommen. Dessen Fasern liefern anschließend den Eigenreflex als Reflexantwort (▶ Abb. 6.15).

Motoneurone können vom Zentralnervensystem bereits leicht vorerregt werden, wodurch die Reflexantwort erleichtert wird. Eine derartige reflexbahnende Vorerregung kann durch den Jendrassik-Handgriff erzielt werden: Man bittet hierfür den Probanden seine Finger beider Hände ineinander zu verhaken und im Anschluss die Hände kräftig auseinander zu ziehen.

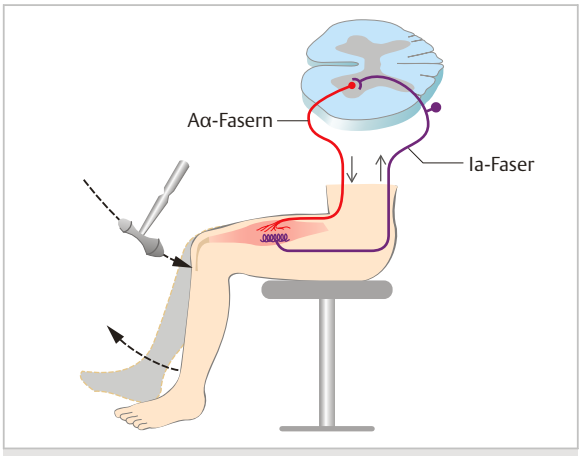


Abb. 6.15 Eigenreflex am Beispiel des Patellarsehnenreflexes.

7 Bindegewebe in der Therapie

Dirk Pechmann

Viele therapeutische Interventionen haben zum Ziel, das Bindegewebe zu beeinflussen. Aus diesem Grund ist es ratsam, den grundlegenden Aufbau zu verstehen. Es gibt zahlreiche verschiedene Bindegewebeformen. Im Folgenden sollen nur die aufgeführt werden, welche für die Therapie relevant sind (▶ Abb. 7.1).

7.1 Aufbau des Bindegewebes

Das Bindegewebe besteht aus Zellen und der Matrix (▶ Abb. 7.2) mit den extrazellulären Bestandteilen.

7.1.1 Fibroblasten

Fibroblasten (▶ Abb. 7.3) kommen in Kapseln, Bändern, Aponeurosen, Membranen, Sehnen, Sehnenscheiden, intramuskulärem und intraneuralem Bindegewebe sowie teilweise auch in Menisken, Disken und Bandscheiben vor.

Funktionen:

- Produktion von Kollagenase zum Aufbrechen der Molekularstruktur des Kollagens (Abbau von altem Kollagen)
- Myofibroblasten sichern in der Proliferationsphase die Stabilität des neu gewachsenen Gewebes
- Produktion von Fasern (kollagene und elastische)
- Produktion von Grundsubstanz mit Glykosaminoglykanen (GAGs), Proteoglykanen (PGs) und Verbindungsproteinen (Stabilität des Bindegewebes)

Kollagene Fasern

Sie werden von den Fibroblasten synthetisiert, sind weißlich und nach dem Wasser die zweitgrößte Komponente unseres Bindegewebes. Eine Übersicht der unterschiedlichen Kollagentypen findet sich in ▶ Abb. 7.4.

Kollagensynthese

Die Biosynthese des Kollagens teilt sich in einen intrazellulären und einen extrazellulären Abschnitt (▶ Abb. 7.5).

Im intrazellulären Anteil entsteht das Prä-Prokollagen (inkl. Signalpeptid) an den Ribosomen des endoplasmatischen Retikulums (ER). Nach dem Transport ins Lumen des ER werden die Signalpeptide abgespalten und es entsteht Prokollagen. Die Prokollagene bilden Kollagenhelices aus, die als alpha1- bzw. alpha2-Prokollagene bezeichnet werden. Anschließend erfolgt die Hydroxylierung von Prolyl- und Lysyl-Resten. Diese Reaktionen sind abhängig von Vitamin C, α-Ketoglutarat, O_2 und Fe^{2+}-Ionen. Des Weiteren erfolgt intrazellulär die Zusammenlagerung dreier Kollagen-α-Helices zu einer Tripelhelix, welche durch das Registerpeptid (N-terminaler Abschnitt eines Prokollagens) ermöglicht wird. Nun gelangt die hydroxylierte Tripelhelix (Prokollagen) aus dem ER in den Golgi-Apparat und wird dort vor allem an der Aminosäure Hydroxylysin noch zusätzlich glykosyliert. Dies erfolgt O-glykosidisch, durch Anheftung über den Sauerstoff der Seitenkette des Aminosäurerestes. Am Ende kommt die

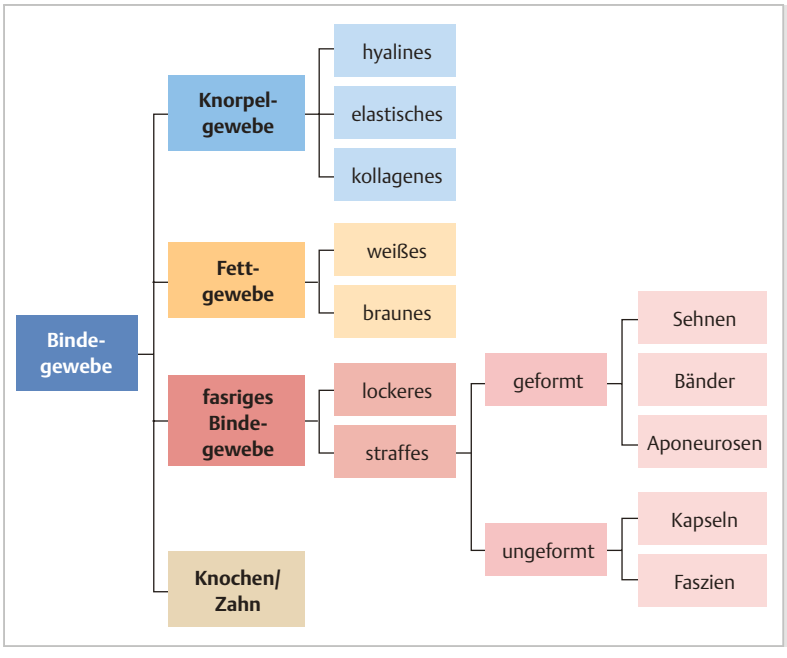


Abb. 7.1 Bindegewebsarten.

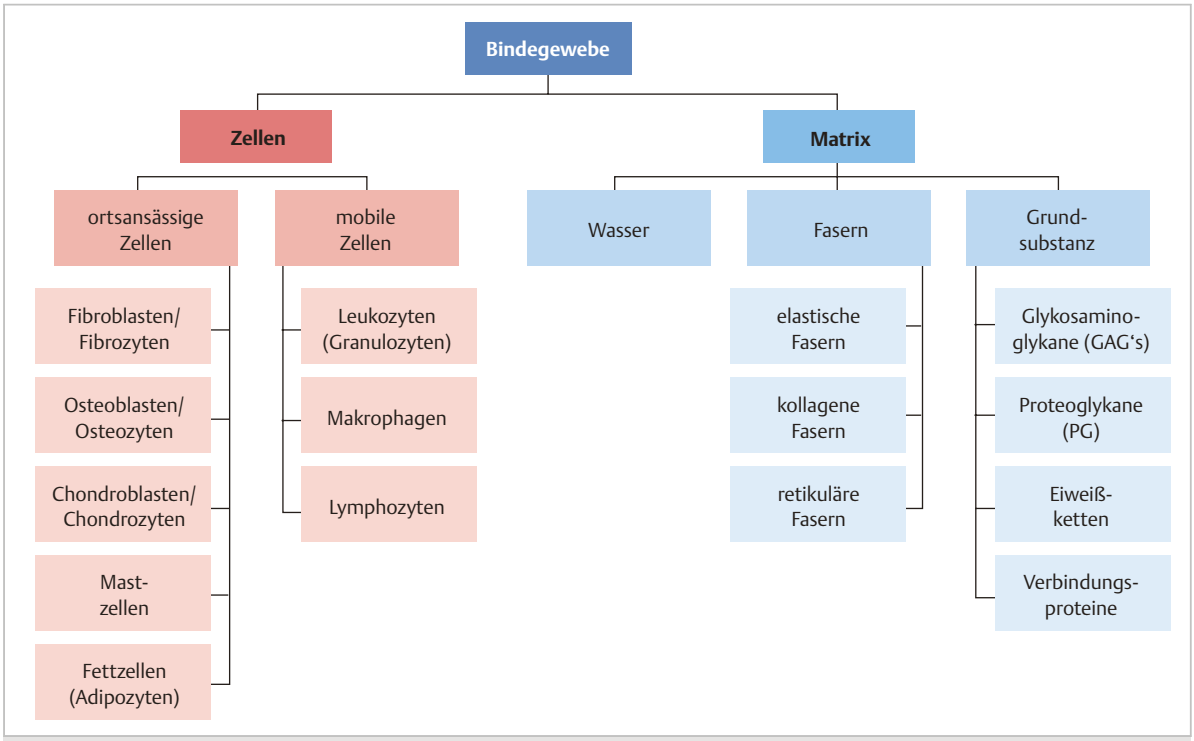


Abb. 7.2 Bestandteile des Bindegewebes.

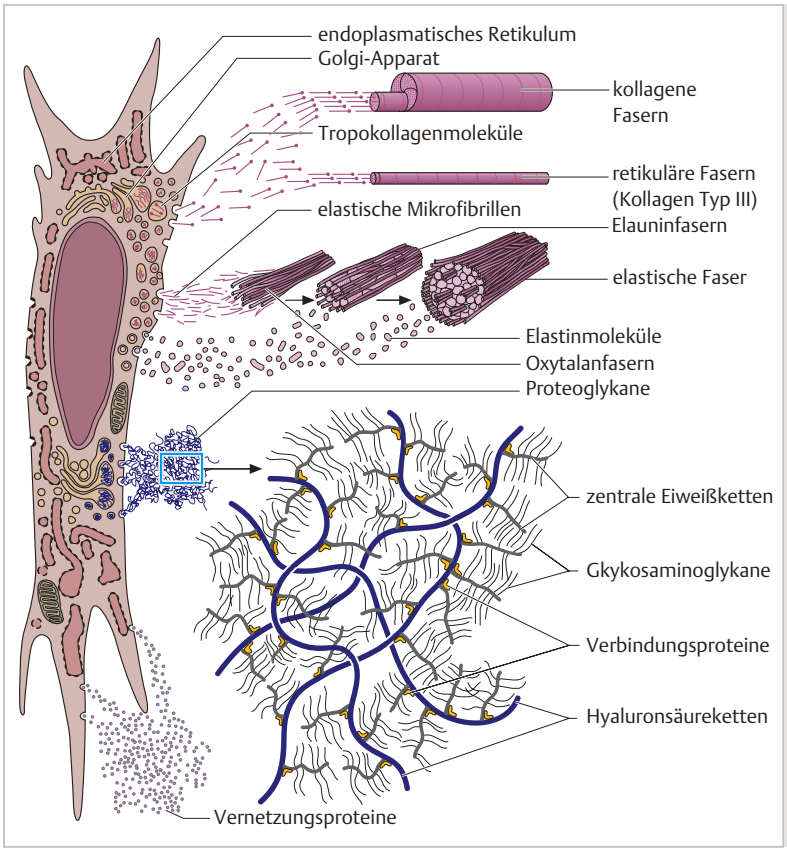


Abb. 7.3 Fibroblast mit Synthesebestandteilen.

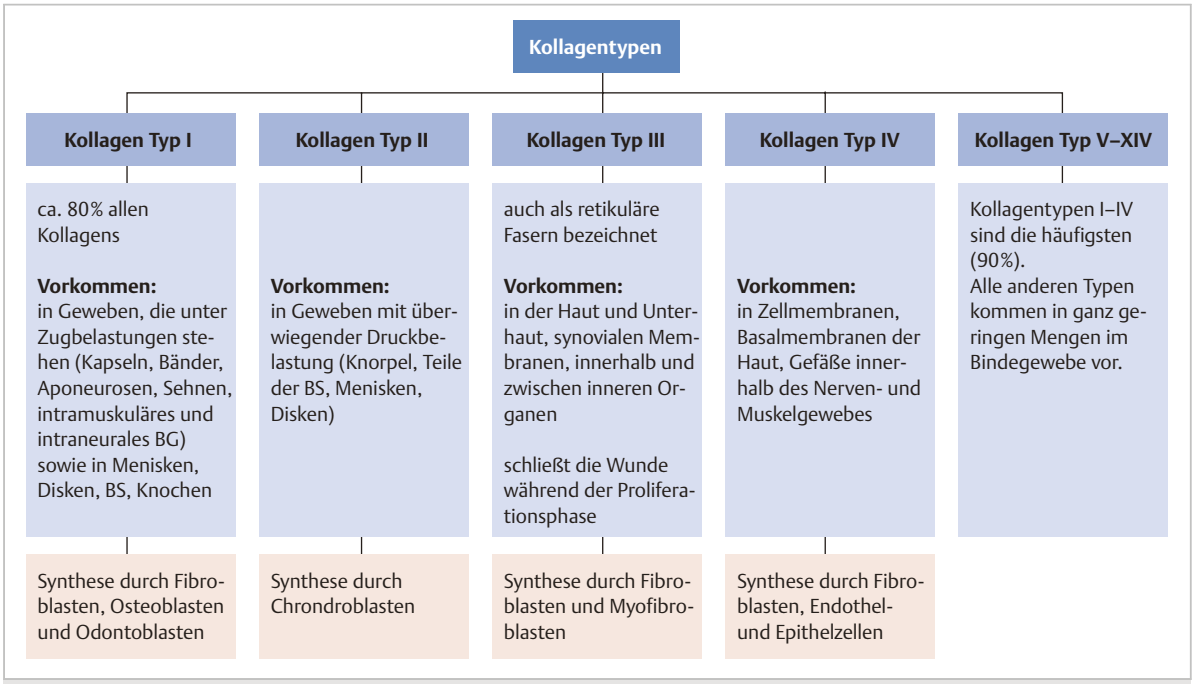


Abb. 7.4 Übersicht zu den Kollagentypen.

vollständige Tripelhelix (das Prokollagen) in sekretorische Vesikel und wird in die extrazelluläre Matrix abgegeben.

Extrazellulär erfolgt die Entfernung der Propeptide durch Peptidasen und die Zusammenlagerung der Trippelhelices zu Mikrofibrillen.

Diese Mikrofibrillen verbinden sich wieder mit anderen Mikrofibrillen, und so baut sich extrazellulär eine äußerst stabile Struktur auf, die aus vielen kleinen, unzähligen Einzelbausteinen besteht (▶ Abb. 7.6).

Kollagene Fasern besitzen eine sehr hohe Zugfestigkeit von ca. 6 kg/mm^2. Damit ist die Zugfestigkeit höher als die von Stahl. Die Ausrichtung der kollagenen Fasern richtet sich nach der einwirkenden Belastung. Erfolgt die Belastung ständig auf dieselbe Art und Weise, wird sich das Kollagen daran orientieren und die Fasern verlaufen parallel. In diesem Fall entsteht geformtes, straffes Bindegewebe (▶ Abb. 7.7b), was z. B. in Sehnen und Bändern vorkommt. Erfolgt die Belastung jedoch aus ständig wechselnder Richtung, entsteht ungeformtes, straffes Bindegewebe (▶ Abb. 7.7a), was z. B. in Kapseln und in Faszien und um und in Muskeln und Nerven vorkommt (van den Berg 2003a).

Das Maschengeflecht des kollagenen Netzwerks passt sich den verschiedenen Zugbelastungen an (▶ Abb. 7.8).

So besteht eine endgültige Kollagenstruktur (Ligament/Sehne/Kapsel) aus unzähligen Prokollagenen, die sich alle über Sulfatbrücken verbunden haben.

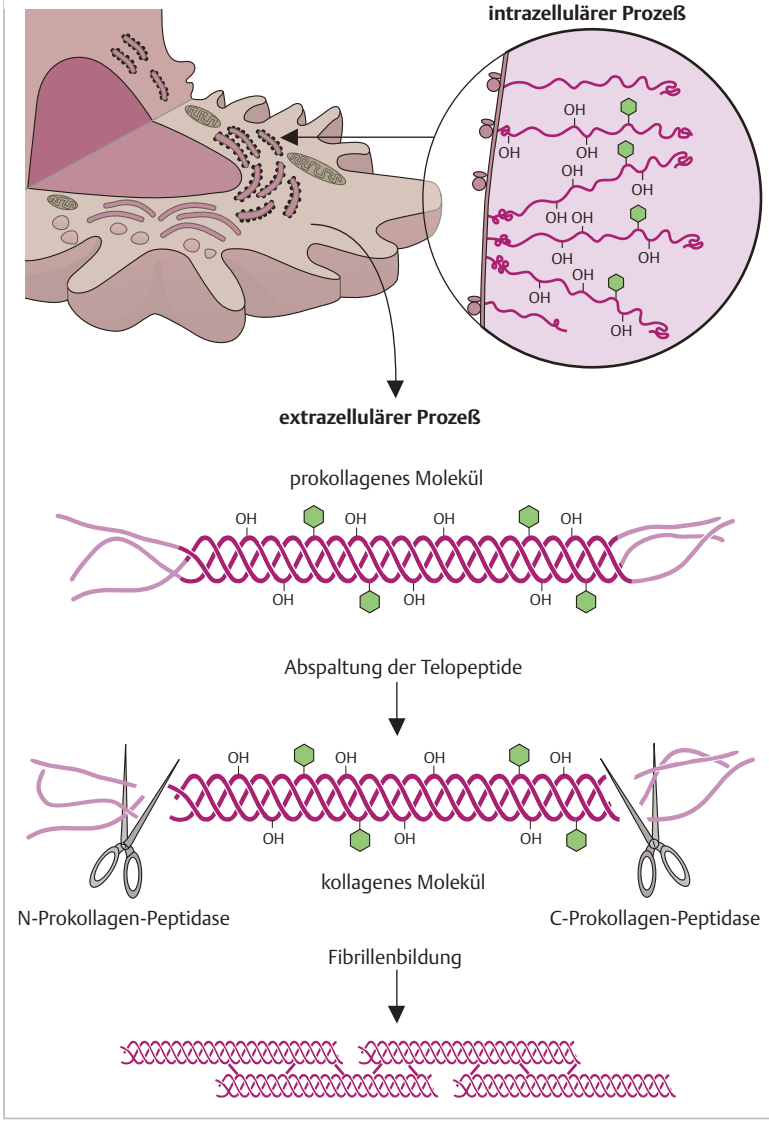


Abb. 7.5 Intra- und extrazelluläre Biosynthese von Kollagen.

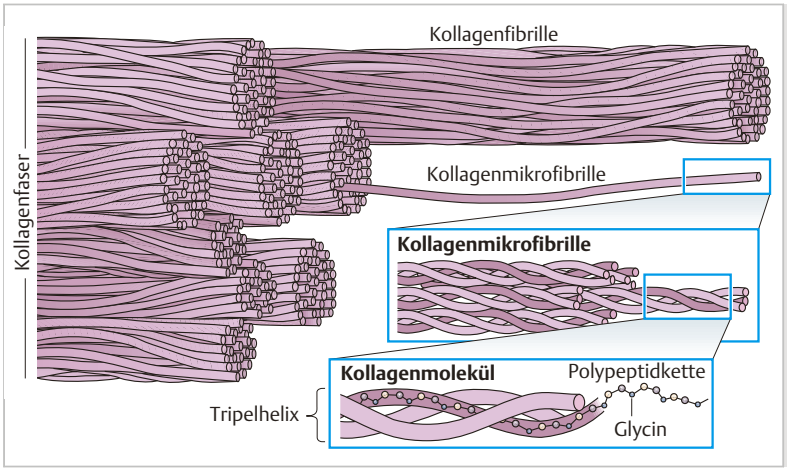


Abb. 7.6 Entstehung einer Kollagenfibrille.

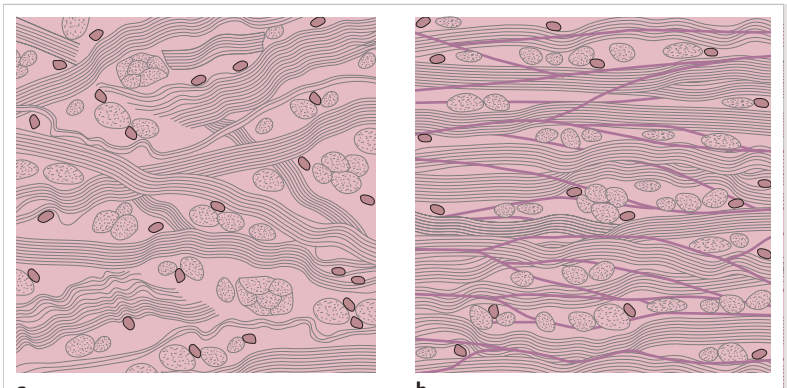


Abb. 7.7 Ungeformtes und geformtes straffes Bindegewebe.
a Ungeformtes, straffes Bindegewebe.
b Geformtes, straffes Bindegewebe.

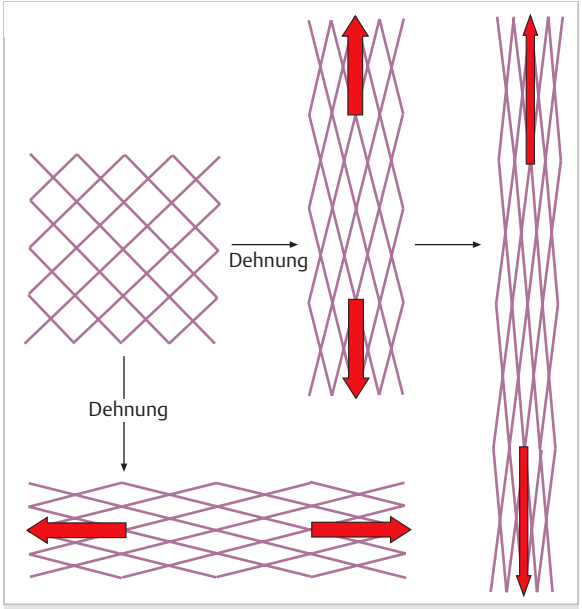


Abb. 7.8 Verhalten des kollagenen Netzwerks bei Dehnung.

7.1.2 Matrix

Die Matrix wird von den Fibroblasten produziert und umfasst alle extrazellulären Komponenten des Bindegewebes. Ein Bestandteil ist unter anderen die Grundsubstanz, welche entscheidende Funktionen erfüllt.

Grundsubstanz

Die Grundsubstanz besteht u. a. aus Glykosaminoglykanen und Proteoglykanen. Proteoglykane (z. B. Hyaluronsäure, Chondroitinsulfat) und Proteoglykanaggregate, die aus Glykosaminoglykanen aufgebaut sind, verbinden Zellen, kollagene und elastische Fasern und binden Wasser an sich (van den Berg 2003a).

▶ Abb. 7.9 zeigt den Aufbau eines Proteoglykanaggregats und die Verbindung zweier Kollagenfasern durch diese Aggregate.

Eine zentrale Rolle spielt die Hyaluronsäure. Sie bildet die zentrale Kette der Proteoglykanaggregate, wie man sie v. a. im Knorpel und in der Bandscheibe findet. Hyaluronsäure ist extrem stark negativ geladen und hat deshalb eine sehr große Affinität zu Wasser. An ihr heften sich mithilfe von Verbindungsproteinen die Proteogly-

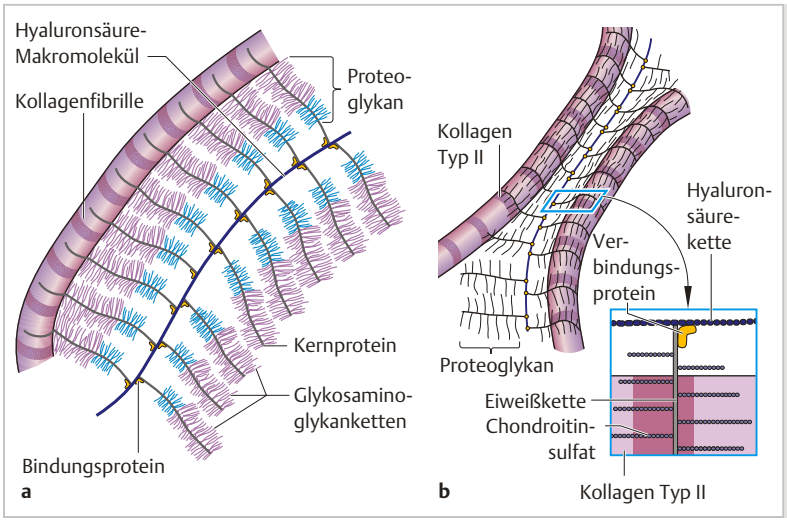


Abb. 7.9 Proteoglykanaggregat.
a Aufbau eines Proteoglykanaggregats.
b Verbindung zweier kollagenen Fasern durch ein Proteoglykanaggregat.

kanaggregate, die einer Bürste mit Stiel ähneln, an. Diese Proteoglykanaggregate bestehen aus Proteoglykanen mit angehefteten Glykosaminoglykanen (GAGs) (Ehrhardt 2011).

Diese GAGs sind negativ geladen und können eine große Menge an Wasser aufnehmen. Im Kollagen Typ I bis zu 1 Liter pro Gramm Trockengewicht.

Da die Proteoglykanaggregate alle nebeneinander liegen, stoßen sie sich ab (sind negativ geladen) und stabilisieren sich. Dadurch versuchen sie einen möglichst großen Raum einzunehmen (hierdurch entsteht im unbelasteten Zustand auch die Wellenform im Kollagen).

Das Kollagen ist positiv geladen. Da sich die Hyaluronsäure dazwischen einlagert (mit all dem Wasser der GAGs), wird das Kollagen somit immer auf Abstand gehalten. Kommt es zu einer Zugbelastung, verschiebt sich erst die Hyaluronsäure und die Wellenform des Kollagens wird aufgehoben (Pufferfunktion). Somit wird das Kollagen gut stabilisiert, obwohl auch Biegebelastungen und geringe Zugbelastungen möglich sind.

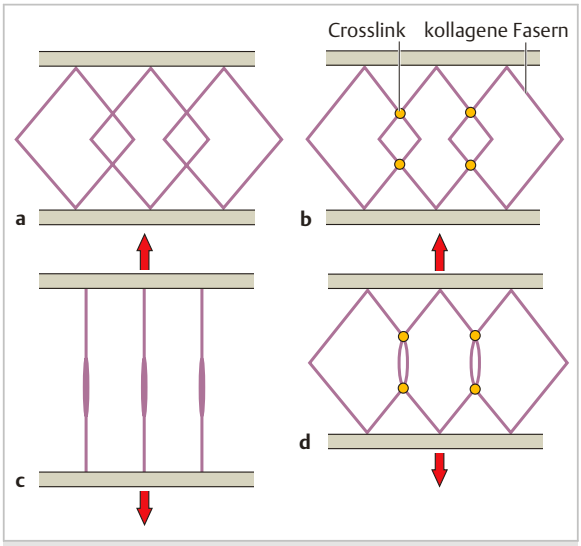


Abb. 7.10 Crosslinks.

7.2 Pathophysiologie des Bindegewebes

Störungen in diesem Zustand haben sofort Folgen auf die Belastungsfähigkeit der betroffenen Strukturen. GAGs sind negativ geladen, möchten gern zum Kollagen (positiv geladen) und binden viel Wasser. Wird jetzt am Kollagen gezogen, muss die Hyaluronsäure nachgeben.

Durch das Vorhandensein von Wasser entsteht bei Belastung ein isokinetischer Widerstand zwischen den Kollagenfasern. Dadurch können enorme Kräfte absorbiert werden. Fehlt diese Wasserbindungsfähigkeit im kollagenen Gewebe, sinkt die Belastungsfähigkeit rapide ab und es kommt schnell zu einem Trauma.

7.2.1 Folgen einer Immobilisation

Der Produktionsreiz für die Fibroblasten ist Bewegung. Bleibt dieser aus, kommt es auch nicht zum funktionellen Kollagenaufbau und somit auch nicht zur Heilung (Ehrhardt 2011).

Die Verbindungsstellen der einzelnen Strukturen bestehen zuerst aus Wasserstoffbrücken, welche noch nicht sehr fest sind. Erst später werden diese in feste Sulfatbrücken (Crosslinks, ▶ Abb. 7.10) umgebaut, die sich nie wieder lösen, sondern erst, wenn das Kollagen selbst abgebaut wird. Deshalb ist es wichtig, rechtzeitig für eine gute Ausrichtung der Fasern zu sorgen, damit die ersten Verbindungen in einem funktionellen Faserverband zustande kommen.

Mit der Immobilisation verändert sich nicht nur die Synthesefunktion der Fibroblasten, sondern es vermindert sich auch die Belastungsfähigkeit der Gewebe. Nach 6 Wochen Ruhigstellung beträgt die Belastbarkeit des vorderen Kreuzbandes nur noch ca. 30 %.

Bei einer Immobilisation wird kein Kollagen gebildet. Damit wird auch keine Hyaluronsäure mehr produziert. Da Hyaluronsäure sehr schnell abgebaut wird, ist sie nach ca. 7 Tagen nicht mehr vorhanden (Ehrhardt 2011). Das hat zur Folge, dass die Pufferfunktion zwischen den Kollagenen verlorengeht und sie nicht mehr stabilisiert werden (der Zwischenraum ist leer).

Da Kollagen positiv geladen ist, stoßen sich die Fasern vorerst ab, mit der Zeit kommt es jedoch zu einer Umpolung und sie legen sich zusammen. Nun werden, wie üblich, Wasserstoffbrücken als „Probeverbindungen" gelegt. Bleiben diese bestehen, werden sie durch Sulfatbrücken (Crosslinks) ersetzt. Dieser Vorgang geschieht schon nach ca. 6 Wochen und führt zu einer festen, nicht lösbaren Verbindung. Somit ist die Belastbarkeit der betroffenen Struktur stark herabgesetzt, da jegliche Pufferfunktion fehlt.

Damit kann eine Reorganisation erst nach ca. 300–500 Tagen stattfinden, was der Turn-over-Zeit von Bindegewebe entspricht. Wenn sich nun restlos alles Kollagen so verbunden hat und keine Zelle mehr in der Lage ist Hyaluronsäure (und damit Proteoglykane/Glykoaminoglykane) zu bilden, sind die therapeutischen Interventionen beschränkt. Die Aufgabe des Therapeuten bestände nun darin, die Restbeweglichkeit zu erhalten und dafür zu sorgen, dass die noch vorhandene Zellmatrix erhalten bleibt. Damit könnten auch noch möglichst viele Wasserstoffbrücken gelöst werden, um eine höhere Belastbarkeit zu erreichen. Am Ende gilt es den richtigen Zeitpunkt zu finden, an dem sich das Kollagen wieder umbaut, um es dann funktionell auszurichten (Ehrhardt 2011).

Prophylaktisch steht hier nur die frühfunktionelle Belastung des Patienten nach Traumen oder Operationen zur Verfügung, um die pathophysiologischen Folgen für das Bindegewebe so gering wie möglich zu halten.

8 Myofasziale Behandlungstechniken

Rudi Amberger

Die klassische Manuelle Therapie beschäftigt sich mit der Mobilisation und Stabilisation von Gelenken. Unverzichtbar sind in einem umfassenden Behandlungskonzept aber auch andere therapeutische Verfahren, wie z. B. die Mobilisation des Nervensystems oder myofasziale Behandlungen. Welche myofasziale Behandlung (▶ Abb. 8.1) zum Einsatz kommt, richtet sich in erster Linie nach den vorherrschenden Weichteilläsionen.

8.1 Muskeldehnung

In den zurückliegenden Jahrzehnten konnte einiges über den Mythos „Dehnen" wissenschaftlich belegt oder widerlegt werden. Sei es die Minimierung des Verletzungsrisikos, die Wiederherstellung der Muskelbalance oder die Verbesserung der Regeneration. So schön und verlockend es auch klingen mag, doch leider konnte keine dieser drei Idealvorstellungen bewiesen werden. Nichtsdestotrotz räumt man diesen Erkenntnissen bis heute einen zu niedrigen Stellenwert ein, sowohl in den Trainingsformen des Sports als auch in der Rehabilitation.

8.1.1 Mechanische Grundlagen der manuellen Dehnung

Wird ein Muskel gedehnt, werden zuerst Aktin und Myosin auseinandergezogen. Das riesige Filamentprotein Titin, welches sich von der Z-Scheibe bis zur M-Bande eines Sarkomers erstreckt, verhindert ein übermäßiges Auseinandergleiten. Gleichzeitig bringt es das Sarkomer nach dem Dehnreiz wieder in die ursprüngliche Länge zurück. Die bremsende Funktion des umhüllenden Bindegewebes würde erst bei einem Dehnungsgrad von ca. 170 % einsetzen, also zu einem Moment, in dem sich Aktin und Myosin nicht mehr überlappen würden.

Um zu erfahren, ob eine manuelle Dehnung zu einer Verlängerung der Muskulatur führt und ob diese auch über einen längeren Zeitraum bestehen bleibt, sind noch viele Fragen zu klären. Bis heute konnte weder im Tierexperiment noch beim Menschen nachgewiesen werden, dass es durch manuelle Dehnungen zum Anbau von in Serie geschalteten Sarkomeren kommt.

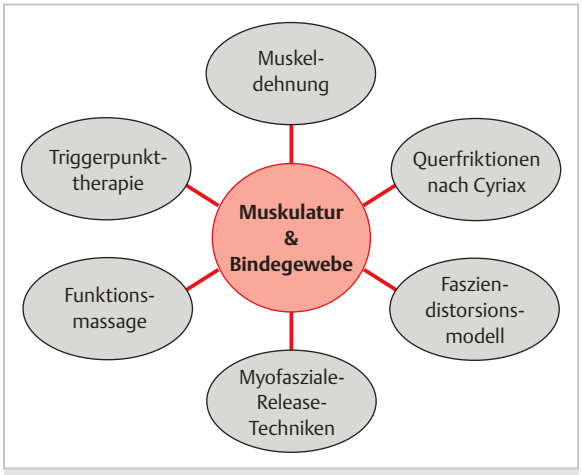


Abb. 8.1 Myofasziale Behandlungsmöglichkeiten.

8.1.2 Neurophysiologische Grundlagen der manuellen Dehnung

Einige dieser Grundlagen bedienen sich der Sherrington-Regelkreise oder nehmen die Gesetzmäßigkeiten von Reflexen als Voraussetzung. Reflexe sind jedoch zum Teil sehr komplexe neurophysiologische Prozesse und würden sie in Bezug zur manuellen Dehnung unter wissenschaftlichen Kriterien untersucht werden, würde sich schnell herausstellen, dass diese Annahmen zum Teil nicht haltbar sind.

Dehnen und Muskeltonus

In Sport und Therapie gibt es positive Erfahrungen in Bezug zur Reduzierung des aktiven Muskeltonus durch Dehnungen, Freiwald (2013) betont aber auch, dass die wissenschaftliche Evidenz nicht ausreichend gesichert ist.

Beim passiven Dehnen kommt es zur Auslösung eines monosynaptischen Reflexkreises, was den aktiven Muskeltonus steigen lässt. Neuronale Adaptationen reduzieren jedoch die Erregbarkeit der Ia-Fasern sowie der Aα-Motoneurone (Behm 2011), was zu einer Reduzierung der afferenten und efferenten Impulse und in der Folge auch der muskulären Aktivität führt (McHugh 2010).

Stressverarbeitung durch Gamma-Schleife

- Um eine gewisse Leistungsbereitschaft zu erhalten oder um Stress zu verarbeiten, werden aus höheren Zentren des ZNS Erregungen auf die Aγ-Motoneurone geleitet, welche in der Folge die kontraktilen Elemente der Muskelspindeln zur Kontraktion bringen.
- Ia-Afferenzen aus dem Äquatorialbereich werden erregt und gelangen über das Hinterhorn zu den Aα-Motoneuronen im Vorderhorn.
- Diese Efferenzen bringen wiederum die agonistische Muskulatur zur Kontraktion und somit zur aktiven Muskeltonussteigerung (▶ Abb. 8.2).

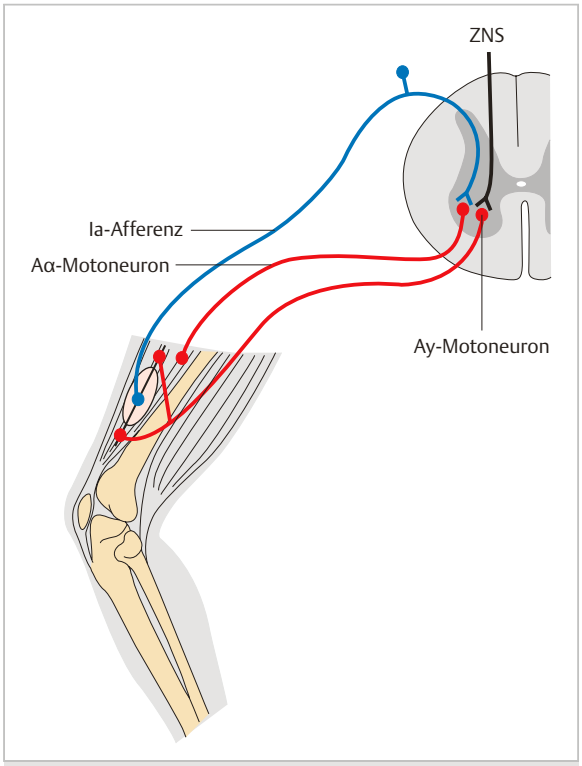


Abb. 8.2 Gamma-Innervation.

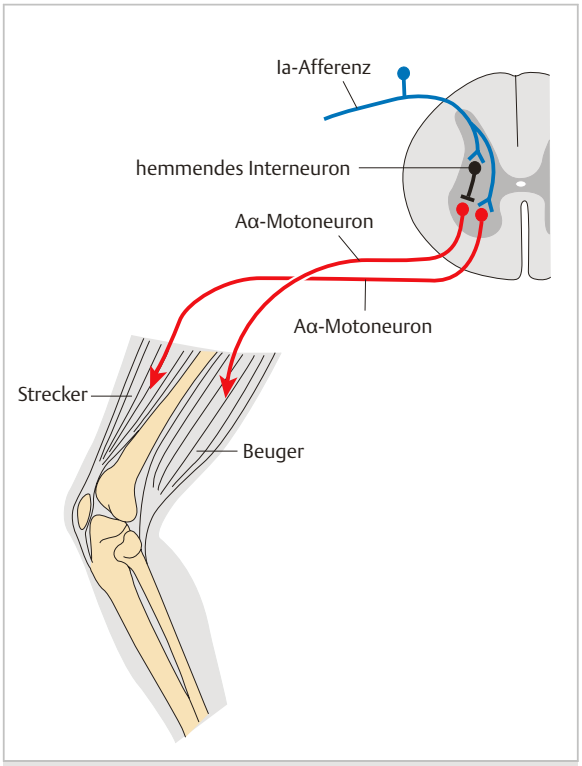


Abb. 8.3 Reziproke Hemmung.

Reziproke Hemmung

- Die reziproke Hemmung wirkt auf die antagonistische Muskulatur tonussenkend.
- Eine Kontraktion der agonistischen Muskulatur liefert eine Ia-Afferenz ins Hinterhorn.
- Hier erfolgt eine Durchleitung zum Vorderhorn und eine Umschaltung auf ein hemmendes Interneuron.
- Das fazilitierende Aα-Motoneuron versorgt den agonistischen Muskel, während das dem Interneuron nachgeschaltete Aα-Motoneuron zur antagonistischen Muskulatur zieht und diese hemmt (▶ Abb. 8.3).

Autogene Hemmung

- Die Golgi-Rezeptoren reagieren bei aktiver Kontraktion und bei passiver Dehnung und schicken ihre Impulse über die Ib-Faser zum Rückenmark.
- Hier erfolgt wiederum eine Umschaltung auf ein Zwischenneuron, welches hemmend auf das Aα-Motoneuron wirkt.
- Der Reiz muss ziemlich groß sein, denn die Hemmung dient der Konstanterhaltung des Muskeltonus (▶ Abb. 8.4).

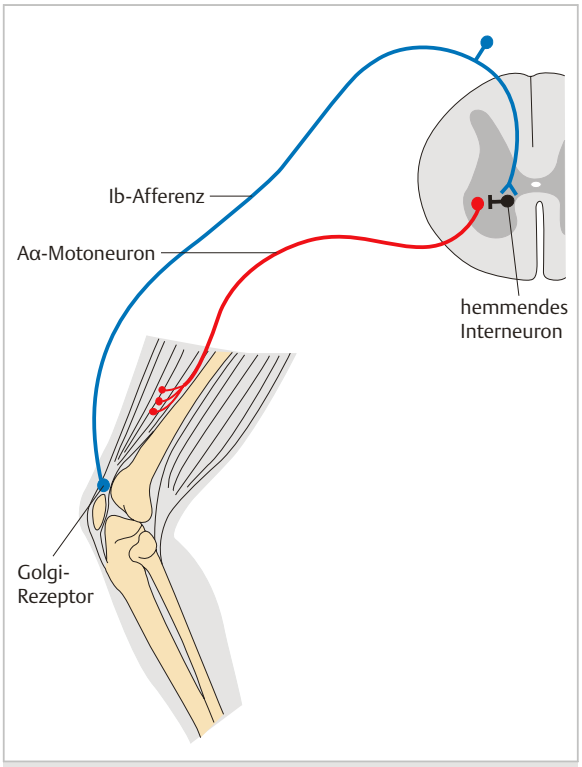


Abb. 8.4 Autogene Hemmung.

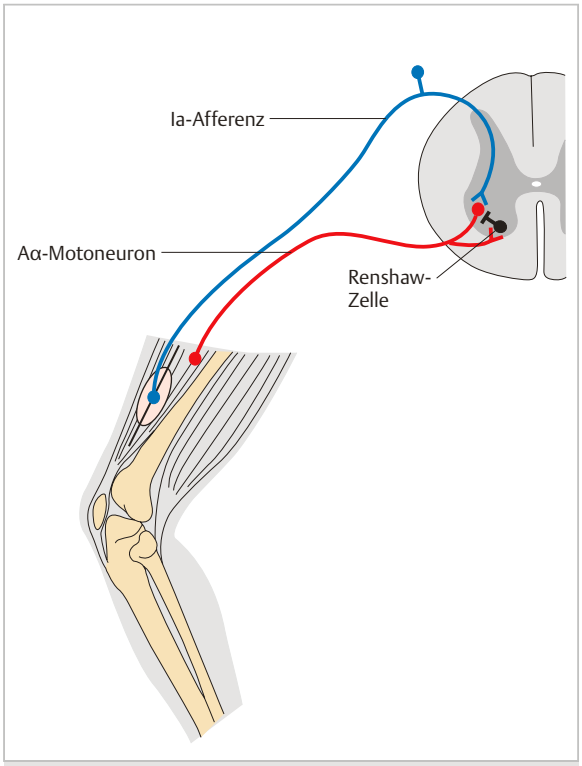


Abb. 8.5 Renshaw-Inhibition.

Renshaw-Hemmung

- Die Renshaw-Inhibition geht vom Aα-Motoneuron selbst aus.
- Kleine Kollateralen zweigen ab und ziehen über ein hemmendes Zwischenneuron (Renshaw-Zelle) an die eigene Synapse und wirken dort hemmend.
- Die Hemmung dient der Signalausschaltung (▶ Abb. 8.5).

8.1.3 Möglichkeiten zur Muskeldehnung

Grundsätzlich wird zwischen dem statischen und dem dynamischen Dehnen unterschieden. Beide Arten des Dehnens lassen sich mit von innen oder von außen wirkenden Kräften kombinieren (▶ Abb. 8.6).

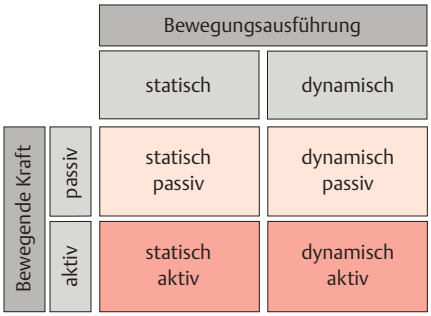


Abb. 8.6 Möglichkeiten der Muskeldehnung.

Durchführung der Muskeldehnung

Die Durchführung der Muskeldehnung richtet sich in erster Linie nach der Zielsetzung der Dehnung. Hier gilt es, eine strukturelle Verkürzung von einer Tonusproblematik zu unterscheiden. Bei der strukturellen Verkürzung ist das Ziel die Erweiterung des Bewegungsausmaßes, während bei der Tonusproblematik die Detonisierung des Muskels im Vordergrund steht.

Eine Vielzahl von Dehnmethoden steht dafür zur Verfügung, allerdings haben sich nur 5 mit Variationen in Sport und Therapie bewährt (▶ Tab. 8.1). Vergleiche hierzu auch Kap. 8.1.2 Neurophysiologische Grundlagen der manuellen Dehnung.

Fazit

Die Wissenschaft konnte bis heute noch immer nicht mit Sicherheit klären, welche Vor- oder Nachteile durch Muskeldehnung entstehen. Um die vielen offenen Fragen zu beantworten, sind noch eine Menge wissenschaftliche Untersuchungen nötig. Letztendlich muss jeder Therapeut für sich entscheiden, welches Ziel er verfolgt und welche Technik er dafür verwenden möchte.

Tab. 8.1 Dehntechniken mit Vor- und Nachteilen.

Dehntechnik	Durchführung	Vor- und Nachteile
statisches Dehnen	passiv gehaltene Dehnposition von 10–15 Sek. bis 1 Min.	• neurophysiologische Aspekte stehen im Vordergrund • Dehnung kann gut kontrolliert und beobachtet werden • keinen oder nur sehr geringen Einfluss auf das Bindegewebe
dynamisches Dehnen	5–15 Sek. rhythmisch, endgradig federnde Bewegungen mit geringer Geschwindigkeit	• geeignet zur Vorbereitung auf sportliche Leistungen • das Bewegungsausmaß wird durch das endgradige Federn ständig erweitert • kein Verletzungsrisiko und kein Auslösen von Reflexen (Freiwald 2013)
Anspannen-Entspannen-Dehnen (Contract Relax)	submaximale isometrische Kontraktion von 2–10 Sek. und anschl. passive Dehnung	• Mehrdurchblutung durch reaktive Hyperämie • Kräftigung der Muskulatur • Förderung der Körperwahrnehmung
Agonistische Kontraktion und Dehnen (Agonist Contract)	• aktives Hineinbewegen und Halten für weniger als 10 Sek. in der aktuellen Dehnposition • Dehnposition kann passiv unterstützt werden	• Nutzung der reziproken Hemmung des antagonistischen Muskels • Vergrößerung des aktiven Bewegungsausmaßes • Kräftigung des agonistischen Muskels
Kombination aus Anspannen-Entspannen und anschließender agonistischer Kontraktion und Dehnen	• submaximale isometrische Kontraktion von 2–10 Sek. • anschließend aktives Hineinbewegen und Halten für weniger als 10 Sek. in der aktuellen Dehnposition • Dehnposition kann passiv unterstützt werden	• Förderung der Körperwahrnehmung • Vergrößerung des aktiven Bewegungsausmaßes • Nutzung der reziproken Hemmung des antagonistischen Muskels • Kräftigung der agonistischen und antagonistischen Muskulatur

8.2 Funktionsmassage

Die Funktionsmassage ist eine besondere Form der Massage, welche mit Bewegungen an den Extremitäten einhergeht. Sie dient unter anderem zur Vorbereitung auf mobilisierende Techniken.

8.2.1 Wirkungsweise der Funktionsmassage

- Reflektorische Entspannung der behandelten und der umgebenden Muskulatur
- Schmerzlinderung durch Stimulation von Mechanorezeptoren
- Kontrollierte Mobilisation der Gelenke
- Hyperämie der behandelten und der umgebenden Muskulatur
- Stimulation der Propriozeptoren
- Bildung von längsgerichteten, zugfesten Fasern (Kolster 2003)

8.2.2 Durchführung der Funktionsmassage

- Ursprung und Ansatz des zu behandelnden Muskels annähern
- Druck gegen den Muskel in Richtung des Ursprungs
- Ursprung und Ansatz voneinander entfernen mit gleichzeitiger Knetung in Längsrichtung (parallel zu den Muskelfasern)
- Druckentlastung
- Rückkehr zur Ausgangsposition
- Behandlung dauert 3–5 Min. und erfolgt rhythmisch und langsam (Kolster 2003)

8.3 Querfriktionen nach Cyriax

Deep friction ist eine quer zum Faserverlauf ausgerichtete Funktionsmassage, welche tief und kräftig ausgeführt wird.

8.3.1 Wirkungsweise der Querfriktion

Die unterschiedlichen Wirkmechanismen sind in ▶ Tab. 8.2 dargestellt (Kolster 2003).

Kurze Applikationsdauer (3–5 Min.) mit dem Ziel der Verbesserung der Beweglichkeit (▶ Abb. 8.7).

Lange Applikationsdauer (15–20 Min.) mit dem Ziel der Aktivierung von Entzündungsreaktionen (▶ Abb. 8.8).

Tab. 8.2 Mechanische und reflektorische Wirkmechanismen der Querfriktion.

Wirkmechanismus	Wirkung
Mechanisch	Aktivierung von Fibroblasten zur Ausschüttung von Kollagenfasern, welche sich in Längsrichtung zu funktionellen und zugfesten Verbänden organisieren
Reflektorisch	• Mehrdurchblutung durch Freisetzung von Entzündungsmediatoren, wie Histamin, Serotonin, Prostaglandin, Bradykinin und anderen • Lokale und regionale Senkung des Muskeltonus • Herabsetzung des Orthosympathikotonus • Schmerzreduzierung durch Stimulation von Mechanorezeptoren

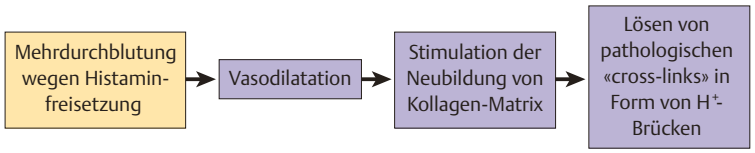


Abb. 8.7 Prozessablauf zur Verbesserung der Beweglichkeit.

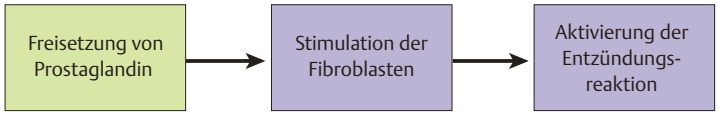


Abb. 8.8 Prozessablauf zur Aktivierung von Entzündungsreaktionen.

Fazit

Biomechanische Veränderungen, welche durch „deep frictions" verursacht werden, sind abhängig von der Applikationsdauer.

8.3.2 Durchführung der Querfriktion

- Der Kontaktpunkt bewegt sich als mechanische Einheit gemeinsam mit der Haut des Patienten.
- Der Kontakt wird rechtwinklig zum Faserverlauf der betroffenen Struktur ausgeführt.
- Der Kontakt wird mit Druck quer über die betroffene Struktur und ohne Druck zurück bewegt.
- Der Kontakt kann mit anderen Fingern, Daumen oder Handwurzeln verstärkt werden.
- Der Kontakt erfolgt mit rhythmischen Bewegungen aus dem Handgelenk, dem Ellbogen und der Schulter.
- Die Intensität des Kontaktes muss ständig der Schmerztoleranz des Patienten angepasst werden (Kolster 2003).

8.4 Fasziendistorsionsmodell

Das Fasziendistorsionsmodell ist eine manipulative Behandlungsmethode. Zur Diagnosefindung werden die Körpersprache des Patienten über seine subjektiven Beschwerden, der Verletzungsmechanismus und die klinische Befunderhebung herangezogen (Typaldos 1999).

8.4.1 Fasziendistorsionstypen

Das Fasziendistorsionsmodell teilt die Läsionen in 6 Gruppen ein:

1. Triggerband: verdrehtes Faszienband
2. Triggerpoint-Hernie: Durchdringen oder Vorwölben von unterliegendem Gewebe durch die Faszienebene
3. Kontinuumdistorsion: Übergangszonen zwischen Knochen und Sehnen oder Knochen und Bändern sind verändert
4. Faltdistorsion: werden in Einfalt- und Entfaltdistorsionen unterschieden und spiegeln Veränderungen in allen Faszienebenen
5. Zylinderdistorsion: spiralige Verdrehungen und Überlappungen der zylindrischen Oberflächenfaszien
6. Tektonische Fixierung: veränderte Gleitfähigkeit zwischen den Faszienebenen

8.4.2 Wirkungsweise des Fasziendistorsionsmodells

Die Wirkungsweise des Fasziendistorsionsmodells besteht darin, die Faszien durch spezielle Techniken in ihre ursprüngliche Form und ihren natürlichen Spannungszustand zu bringen.

8.4.3 Durchführung

- Triggerband: verdrehte fasziale Strukturen werden durch den Druck des Daumens im Triggerbandverlauf korrigiert
- Triggerpoint-Hernie: Reposition von protrahiertem Gewebe mittels Druck unter die Faszienebene
- Kontinuumdistorsion: Druck auf die knöchernen Übergangszonen
- Faltdistorsion: Traktion oder Kompression auf die fazialen Strukturen des Gelenks
- Zylinderdistorsion: Entwirrung der spiraligen Verdrehungen durch gegenläufige Bewegungen beider Hände oder lineare Auseinanderziehungen mit beiden Daumen bei Überlappungen der zylindrischen Oberflächenfaszien
- Tektonische Fixierung: Mobilisation oder Manipulation des Gelenks mit und ohne Kompression

8.5 Myofasziale Releasetechniken

Die myofasziale Releasetechnik ist eine Kombination unterschiedlicher Weichteiltechniken. Durch die gezielte Behandlung tiefliegender bindegewebiger Restriktionen gelingt es, die aneinander grenzenden faszialen Strukturen zu lösen. Der Therapeut setzt dabei Reize in Form von Druck, Zug, Verschiebungen und Verwringungen. Das Resultat der Behandlung beruht auf einer Veränderung der Mechanik und neuroreflektorischen Mechanismen.

8.5.1 Behandlungsprinzipien der myofaszialen Releasetechnik

- Konzept von locker bis fest (tight-loose, Greenman 2005):
  - Asymmetrien im Gewebe werden sowohl durch Straffheit und Verspannung wie auch durch Lockerung und Schwäche erzeugt.
  - Es wird durch biomechanische und neuroreflektorische Komponenten gesteuert.
  - Die den Muskel umgebende Faszie nähert sich an, was zur Folge hat, dass die Faszie des Antagonisten in der Adaptationsreaktion locker und entspannt wird.
- Neuroreflektorische Reaktion:
  - Durch die therapeutische Anwendung entsteht ein afferenter Stimulus und hierdurch eine zentrale Neuprogrammierung über Rückenmark, Hirnstamm und Kortex. Dieser Regelkreis führt in der Folge häufig zur efferenten Inhibition (Greenman 2005).
- Releasephänomen:
  - Bei der myofaszialen Releasetechnik ist das „Lösen des Gewebes“, das mit einer Muskel- und Faszienentspannung einhergeht, das Ergebnis einer auf den Körper einwirkenden äußeren Kraft. Durch das Lösen verspannter Gewebe wird versucht, die Symmetrie in Form und Funktion wiederherzustellen (Greenman 2005).

8.6 Triggerpunkttherapie

Die Triggerpunkttherapie ist eine mechanische Therapieform, die ihren Einsatz dort findet, wo Zentren erhöhter Reizbarkeit auf mechanische Stimulationen überempfindlich reagieren.

8.6.1 Wirkungsweise der Triggerpunkttherapie

- Verbesserung der lokalen Durchblutung
- Senkung der Nozi- und Orthosympathikusaktivität
- Lösen ischämischer Zonen innerhalb eines Sarkomers
- Verbesserung der intra- und intermuskulären Beweglichkeit
- Lösen von reaktiv entstandenen Bindegewebsveränderungen

8.6.2 Durchführung der Triggerpunkttherapie

Bei der Durchführung der Triggerpunkttherapie kann man grundsätzlich 2 unterschiedliche Anwendungsweisen unterscheiden.

Die ersten Arten der Behandlungsformen zielen auf die reflektorische Beeinflussung der Triggerpunkte ab. Hierzu zählen:

- Kälteapplikation mit anschließenden Dehnungen
- Muskelenergietechniken
- Strain-Counterstrain
- myofasziale Releasetechniken

Diese Techniken sind allgemein verbreitet und zeigen auch eine gute Wirkung. Allerdings reichen in der Regel bei sehr chronischen und hartnäckigen Schmerzsyndromen Techniken mit reflektorischer Wirkung alleine nicht mehr aus.

Die manuelle Triggerpunkttherapie nutzt zusätzlich die direkte Beeinflussung des Triggerpunkts und des Bindegewebes. Auch hier werden 4 verschiedene Techniken unterschieden:

- manuelle Kompression des Triggerpunkts
- manuelle Dehnung der Triggerpunktregion
- manuelle Dehnung der oberfächlichen und intramuskulären Faszien
- manuelles Lösen von intermuskulären Gleitschichten

9 Wundheilung

Thomas Mummert

Die Wundheilung ist ein vom Körper selbst regulierter Prozess und ermöglicht, bei physiologischem Ablauf, eine völlige Wiederherstellung von zerstörtem Körpergewebe. Ein falscher Reiz zur falschen Zeit kann verheerende Folgen haben. Deshalb kommt es in der Therapie darauf an, zum richtigen Zeitpunkt den richtigen Reiz zu setzen, um die Wundheilung nicht zu stören, sondern zu unterstützen.

Gerade in der heutigen Zeit können mannigfaltige Einflüsse, wie Stress, Medikamente und falsch eingesetzte oder zu starke Therapiereize als Eingriffe in die Selbstheilung gesehen werden und damit kontraproduktiv wirken.

Die Wundheilung ist ein fließender Prozess und wird aus didaktischen Gründen in 4 Phasen unterteilt. Dabei gelten für unterschiedliche Gewebe auch unterschiedliche Wundheilungszeiten. Alle Phasen müssen voll durchlaufen werden. Eine Unterbrechung einer Phase bedeutet eine Unterbrechung der gesamten Wundheilung (Ehrhardt 2011).

9.1 Phasen und Wundheilungszeiten des Bindegewebes

1. Phase: Blutungsphase (ca. 20 Min.)
2. Phase: Exsudationsphase (ca. 24–48 Std.)
3. Phase: Proliferationsphase (bis zu 28 Tage)
4. Phase: Remodulationsphase (bis zu 500 Tage)

9.2 Ablauf und Klinik der Wundheilungsphasen

9.2.1 Blutungsphase

Durch die Traumatisierung des Gewebes kommt es einerseits zur Verletzung von Gefäßen und zum anderen zur Verformung der Zellmembran, wodurch die Membrankanäle geöffnet werden. Als Kettenreaktion kommt es zu einem Einstrom bzw. zur Freisetzung von sog. alogenen Stoffen (Kap. 10.2.2). Vor allem die Ausschüttung von Substanz P aktiviert weitere Blutzellen und stimuliert die Freisetzung weiterer Botenstoffe (z. B. Aktivierung von Mastzellen-Degranulation → Histaminfreisetzung, die Monozytenaktivierung → Freisetzung von Zytokinin, die Aktivierung der Blutplättchen → Serotoninfreisetzung, Stimulation der Makrophagen → Thromboxanfreisetzung). Besonders die Makrophagenaktivierung (Thromboxanbildung) führt zur Einwanderung von Thrombozyten und damit zur Auslösung der Gerinnungskaskade (Umwandlung von Prothrombin in Thrombin → Aktivierung von Fibrinogen in Fibrin). Ebenfalls in dieser Phase erfolgt die Aktivierung des Sympathikus, der wiederum die präkapillären Sphinkter schließt. Hierbei kommt es zu einer pH-Wert-Änderung im Gewebe in Richtung saures Millieu.

Klinischer Bezug

In dieser Phase erfolgen keine Interventionen, da es ein automatisch-regulativer Prozess ist.

9.2.2 Exsudationsphase

Durch die Zerstörung bzw. Verformung der Zellmembran kommt es zur Abspaltung der Phosphatköpfe von den Lipidketten durch die Phospholipase. Somit werden Phospholipide (Fette) frei und wandern in das interstitielle Wasser. Als weitere Folge entsteht nun Arachidonsäure, die ihrerseits über die Zyklooxygenase die Prostaglandinsynthese und die Bildung von Thromboxan auslöst (▶ Abb. 10.5).

Der Abbau der Lipide erfolgt über die Lipoxygenase durch Bradykinin. Hierbei entsteht Histamin und Serotonin, was eine Vasodilatation bewirkt und durch Leukotrienenfreisetzung das Austreten von Leukozyten und Granulozyten ins Gewebe veranlasst. Diese fressen das verletzte bzw. abgestorbene, „schlechte" Gewebe auf, bis sie voll sind und platzen. Dies bewirkt eine sog. positive Chemotaxis („biochemischer Furz", Ehrhardt 2011), welche die Fibroblasten anlockt und aktiviert. Mit diesem Schritt wird die nächste Wundheilungsphase eingeleitet.

Klinischer Bezug

Diese Phase wird auch als neurogene Entzündungsphase bezeichnet und stellt ebenfalls eine relative Kontraindikation für therapeutische Interventionen dar.

Vorrangig sind Immobilisation oder Entlastung sowie Zurückhaltung mit jeder Form von mechanischer Belastung angezeigt. Schmerz des Patienten als Bewegungsgrenze ist voll zu respektieren. Bewegungen bzw. Belastungen sollten nur im Matrixbelastungsbereich (z. B. hubfreie Mobilisation) erfolgen.

9.2.3 Proliferationsphase

Die Fibroblasten produzieren nun die Matrix, alle Grundsubstanzen und festen Bestandteile für die Neubildung von Gewebe (Kollagen). Hierzu benötigen die Fibroblas-

ten Sauerstoff zur Produktion (Neoangionese), da es sonst zu einer ungünstig wirkenden Laktatanhäufung kommt. Zusätzlich muss jetzt die chemische Information (Chemotaxis) durch adäquate mechanische Information abgelöst werden, da sonst nur unzureichendes und minderwertiges Kollagen (Typ III/IV) gebildet wird.
In der Proliferationsphase entsteht zunächst ein chaotisches Faserbild des neu gebildeten Kollagens, welches sich erst durch die Zug- und Druckbelastung organisiert und ausrichtet.
Ab ca. 16–21 Tagen erfolgt die Umwandlung zum strafferen und belastungsfähigen Kollagen Typ I.

Klinischer Bezug

Der Organisationsgrad der Faserstruktur ist abhängig von physiologischen Belastungsreizen; keine Belastungsreize bedeuten schlechte Organisation. Daher sind nun adäquate mechanische Zug- und Druckapplikationen, sowohl manual- als auch physiotherapeutisch, unbedingt notwendig. Der Schmerz bestimmt weiterhin den Belastungsgrad.

9.2.4 Remodulationsphase

Durch adäquate mechanische Informationen bzw. eine optimale Belastung erfolgt nun ein Umbau der Wasserstoffbrücken in Sulfatbrücken. Diese verfestigen sich weiter und führen zu einer Stabilisierung des Faserbildes.

Dauer der Phase hängt von der sog. „Turn-Over-Rate" des Gewebes ab, in ▶ Tab. 9.1 werden die einzelnen Regenerationszeiten der verschiedenen Gewebe dargestellt.

Tab. 9.1 Regenerationszeiten von Gewebe.

Gewebe	Regenerationszeit
Hautgewebe	7–10 Tage
Synovia	8–14 Tage
Bandscheibe (innen)	2–3 Wochen
Muskelgewebe	3–4 Wochen
Knochen	4–6 Wochen
Bandscheibe (außen)	300–500 Tage
Sehnengewebe	
Gelenkkapsel	
Bänder	

Klinischer Bezug

Wichtig sind funktionelle Belastungen in allen Raumebenen, um eine optimale Faserausrichtung zu erzielen. Vorrangig sind manuelle Techniken in den Stufen 2–3 bzw. in Stufe 3 und einer dreidimensionalen Einstellung des Gelenks durchzuführen sowie ein freies, funktionelles Belastungstraining.

9.3 Störende Einflüsse auf die Wundheilung

9.3.1 Kortison

Kortison hat entzündungshemmende Wirkung, da es den Umbau der Phospholipide in Arachidonsäure hemmt und somit einen Kollagenabbau bewirkt (Senkung der Entzündungsmediatoren im Gewebe). Weiterhin löst Kortison die Kettenverbindung der Kollagene auf, was zu einer Instabilität der Faserstruktur führt. Zusätzlich senkt es den lnsulinspiegel und hemmt somit die Energiespeicherung, daher wird nun Kollagen vermehrt als Energieträger genutzt, es kommt zum Kollagenabbau. Proteoglykane werden durch den Abbau freigesetzt und es kommt zur vermehrten Wassereinlagerung (Ödeme). Kortisoninjektionen in ein Gelenk bewirken je nach Präparat ca. 4–6 Wochen Kollagenabbau, erst danach kann ein erneuter Aufbau erfolgen, welcher wiederum 4–6 Wochen benötigt. Schlussendlich kann somit 12 Wochen keine volle Belastungsfähigkeit appliziert werden und Trainingsintensität und die Reizstärke müssen entsprechend angepasst werden.

9.3.2 Acetylsalicylsäure

Acetylsalicylsäure hat wie Kortison entzündungshemmende Wirkung, da es den Umbau der Arachidonsäure in Prostaglandine (Zyklooxygenase) hemmt. Somit reduziert sich deutlich die Schmerzwahrnehmung, aber die Exsudationsphase läuft nicht vollständig ab. Der weitere Ablauf der Wundheilungskaskade stoppt.

9.3.3 Eisanwendung

Merke

Eisanwendungen bewirken das Gegenteil von dem, was der Körper von sich aus macht, um zu „heilen".

Durch das „Herunterkühlen" des Gewebes werden auch die Nozizeptoren in der Haut und den Gewebeschichten negativ beeinflusst. Unter anderem kommt es zu einer Herabsetzung der Leitgeschwindigkeit und es können keine Informationen für die Auslösung der neurogenen Entzündung gegeben werden. Die efferente Wirkung der Typ-IV-Fasern wird nahezu ausgeschaltet (Kap. 10.2.2).

Die Kälte vermindert die Durchblutung, welche der Körper nach der ablaufenden Entzündungsreaktion (Exsudationsphase) für die Proliferation benötigt. Zusätzlich kommt es zu einer Vasokonstriktion, welche negativ die Funktion des Lymphgefäßsystems beeinflusst und somit den Abtransport der Gewebsflüssigkeit verhindert und den Leukozytentransport zur Verletzung erschwert. Des Weiteren können lange Eisanwendungen Schwellungen provozieren, da die Lymphgefäße geschädigt werden (Ehrhardt 2011).

10 Schmerzphysiologie

Thomas Mummert

10.1 Einleitung

Schmerz gilt seit jeher als ein Kardinalsymptom in der Medizin. Die meisten Patienten, die wir in unserer täglichen Praxis untersuchen und behandeln, geben in ihrer Anamnese Schmerz als Hauptursache für ihre Beschwerden an.

Laut der International Association for the Studies of Pain (IASP) wird Schmerz als ein unangenehmes Sinnes- und Gefühlserlebnis definiert, welches mit aktueller oder potenzieller Gewebsschädigung verknüpft ist oder mit Begriffen einer solchen Schädigung beschrieben wird. (IASP 1979)

Diese Definition birgt zwei interessante Aspekte in sich. Zum einen definiert sie den Schmerz als eine Sinneswahrnehmung, welche durch gewebsschädigende Reize ausgelöst und als unangenehm erlebt wird. Das lässt durchaus den Schluss zu, dass Schmerz erst im Bewusstsein – also im Kortex – entsteht.

Alois Brügger formulierte zum Begriff Schmerz Folgendes: „Schmerz ist ein Summationsphänomen zeitlicher und/oder örtlicher Nozizeption sowie die aktive Aufforderung des Organismus an das Individuum an der Schonung der Störfaktoren teilzunehmen“ (Brügger 2000). Auch hier wird deutlich, dass Schmerz erst in den höheren kortikalen und damit bewussten Zentren gebildet wird.

Der zweite Aspekt beinhaltet, dass Schmerz auf Grund einer Gewebeschädigung entsteht, welche aktuell oder aber auch vergangen sein kann. Das bedeutet, dass zwischen Gewebsschädigung und Schmerz differenziert werden muss und dass eine Gewebsschädigung nicht automatisch einen Schmerz erzeugt.

10.2 Physiologie des Schmerzes und der Nozizeption

Dem Schmerz als subjektive Sinnesempfindung, entsprechend der Definition der IASP, muss die Gewebeschädigung entgegengestellt werden. Gewebsschädigung wird unter dem Fachbegriff Nozizeption zusammengefasst.

Nozizeption wird durch die IASP wie folgt definiert: „Nozizeption ist das Weiterleiten von Informationen über IIIb und IV afferente Nervenfasern zum Hinterhorn des Rückenmark hinsichtlich einer tätigen oder drohenden Schädigung des Organismus“ (IASP 1986).

Somit bedeutet Nozizeption die Aufnahme und Verarbeitung noxischer (gewebsschädigender) Reize durch das Nervensystem. Darauf spezialisierte Nervenzellen bilden das nozizeptive System. Dieses nozizeptive System lässt sich in das periphere und das zentrale nozizeptive System gliedern. Die Aktivierung dieses Systems führt dann zu weiteren Reaktionen im Organismus. Unter anderem erzeugt es im bewussten Zustand die subjektive Sinnesempfindung Schmerz (Van den Berg 2003b; Mersky 1979).

Stellt man sich die Frage, wie eine Gewebeschädigung, also Nozizeption, entsteht, so kann vereinfacht davon ausgegangen werden, dass auf Grund von einer Überbelastung, die Belastungsfähigkeit einer Struktur überschritten wurde. Das Maß für die Belastbarkeit von Strukturen ergibt sich aus ihrem Grad der Adaptation und Antizipation:

- Adaptation (Anpassen) beschreibt dabei die Fähigkeit des Organismus die Stimuli der Innen- und Außenwelt aufzunehmen und zu verarbeiten.
- Antizipation (Verstärken) bezeichnet die Möglichkeit des Organismus, basierend auf Erfahrungen der Ereignisse aus Innen- und Außenwelt, seine Anpassungsprozesse zu verstärken.
- Adaptation + Antizipation = Belastbarkeit.

Die Belastbarkeit kennzeichnet somit den Zustand des Organismus, bei dem sich die Funktion an das durchschnittliche Niveau des täglichen Lebens angepasst hat.

Daraus lässt sich ableiten, dass zwischen Belastung und Belastbarkeit eines Organismus oder einer einzelnen Struktur ein Gleichgewicht herrschen muss. Wird dieses Gleichgewicht auf Dauer gestört, führt dies zur Überlastung einer Struktur, wodurch eine Gewebsschädigung bzw., per Definition, eine Nozizeption ausgelöst wird.

10.2.1 Nozizeptives System

Das nozizeptive System wird in ein peripheres nozizeptives und ein zentrales nozizeptives System eingeteilt.

Peripheres nozizeptives System

Mit dem peripheren nozizeptiven System werden vor allem die nozizeptiven Primärafferenzen oder Nozizeptoren bezeichnet. Dabei handelt es sich um freie Nervenendigungen und langsam leitende Axone, welche in fast allen Körperregionen vorkommen. Die Innervationsdichte gestaltet sich allerdings für die verschiedenen Organe auf unterschiedliche Weise. Die Fasern werden vom Typ her unterschiedlich in der Literatur angegeben. Einige Autoren benutzen die Klassifikation der Nervenfasern nach Erlanger und Gasser, andere verwenden die Einteilung nach Lloyd und Hunt. Nach Erlanger und Gasser gehören die Nozizeptoren zum Typ Aδ- und C-Fasern, nach Lloyd und Hunt sind es Fasern vom Typ IIIb und IV (Kap. 6).

Weiterhin können die Nozizeptoren nach der Art ihrer Aktivierung unterschieden werden (Yaksch u. Hammond 1982, Chaouch u. Besson 1986). Die erste Gruppe bilden hierbei die Mechanonozizeptoren. Es handelt sich hierbei um Aδ-Fasern, welche nur auf stärkere mechanische Reize antworten, d. h., ihre Reizschwelle liegt höher als die der Mechanorezeptoren. Etwa 20 % der Aδ-Fasern von Hautnerven reagieren auf diese Weise. Sie habituieren relativ schnell, d. h., bei Wiederholungsreizen werden die Antworten kleiner bis hin zur Inaktivierung. Zur zweiten Gruppe zählen die Thermonozizeptoren, welche in der Regel zum C-Fasertyp gehören und auf Temperaturen über 43 °C ± 1 °C reagieren. Bei Aktivierung dieser Thermonozizeptoren tritt ein kurzer schneller Schmerz ein, auf den bei anhaltender oder intensiverer Wärmezufuhr ein langsamer Schmerz folgt. Mehrere Faktoren spielen dabei eine Rolle: zum einen die Freisetzung von chemisch wirksamen Stoffen und des Weiteren die Beteiligung anderer Nozizeptoren, z. B. polymodaler Nozizeptoren (Dodt 1954, Bigelow et al. 1945).

Die polymodalen Nozizeptoren lassen sich in eine dritte Gruppe einordnen, die auf mechanische, thermische und chemische Reize reagiert. Ihre Reizschwelle für mechanische und thermische Reize liegt aber entweder über oder unter der ersten bzw. zweiten Gruppe der genannten Nozizeptoren. Etwa 90 % der C-Fasern eines Hautnervs gehören zu dieser Gruppe. Eine der wichtigsten Eigenschaften dieser Nozizeptoren stellt ihre chemisch ausgelöste Erregung dar. Sie bewirkt die Freisetzung sog. alogener Substanzen und Entzündungsmediatoren, welche im geschädigten Gebiet die uns bekannten typischen Entzündungsreaktionen auslösen. Man spricht dann von einer neurogenen Entzündung.

Zentrales nozizeptives System

Das zentrale nozizeptive System wird in ein aufsteigendes und in ein absteigendes System unterteilt (▶ Abb. 10.1).

Zum aufsteigenden zentralen nozizeptiven System zählen die graue Substanz des Rückenmarks, der Tractus spinothalamicus sowie der laterale und mediale Thalamus. Das absteigende System setzt sich aus dem Hypothalamus, dem periaquäduktalen Grau, der Formatio reticularis (lateralis und medialis), dem Nucleus raphe magnus und dem dorso-lateralen Funiculus zusammen. Aufsteigendes und absteigendes System sind sowohl mit dem Kortex als auch mit dem limbischen System verbunden, welches im zentralen nozizeptiven System ebenfalls eine wichtige Rolle spielt. Die Hauptaufgaben dieser beiden Systeme bestehen in der Weiterleitung der nozizeptiven Informationen (sowohl von der Peripherie nach rostral als auch umgekehrt), der Verarbeitung und Speicherung dieser Informationen und schließlich in der Steuerung bzw. Kontrolle der Antworten (Reaktionen) auf diese noxischen Reize. Als Antworten auf die nozizeptiven Informationen können sowohl inhibitorische (hemmende) als auch exzitatorische (verstärkende, erhöhende) Reaktionen gezählt werden.

10.2.2 Physiologie der Nozizeption

In ▶ Abb. 10.2 werden in vereinfachter Form die physiologischen Reaktionen im Organismus dargestellt, die auf Grund einer ausgelösten Nozizeption ablaufen.

Durch Überlastung einer Struktur kommt es zur Aktivierung des nozizeptiven Systems. Dieses System hat die Aufgabe, die Informationen an das Hinterhorn des Rückenmarks weiterzuleiten und erste Reaktionen vor Ort auszulösen. Im Speziellen beinhaltet dies die Aktivierung einer neurogenen Entzündungsreaktion im Bereich der Schädigung. Läuft diese Entzündungsreaktion ab, sprechen wir von einer lokalen Störung. Bei einem physiologischen Ablauf dieser Folgekette wird erwartet, dass es am Ende zu einer normalen Ausheilung der überlasteten Struktur und somit zu einer spontanen Verbesserung des Gesamtgeschehens kommt.

Zwischen der Einwirkung eines aktuellen oder potenziellen gewebsschädigenden Reizes und der Schmerzwahrnehmung läuft eine komplexe biochemische und elektrophysiologische Funktionskette ab, die sich in 4 Teilprozesse gliedern lässt:

- 1. Transduktion
- 2. Transmission
- 3. Modulation
- 4. Perzeption

Transduktion

Transduktion bezeichnet die Umwandlung von Reizen in elektrische Potenziale in den sensorischen Endigungen der Nozizeptoren. Somit spielt sich die Transduktion auf der peripheren Ebene ab. Für die Aufnahme von mechanischen, chemischen oder thermischen Reizen sind die Nozizeptoren mit speziellen Molekülkomplexen ausgestattet. Bei mechanischen Gewalteinwirkungen kommt es zur Verformung der Membran, wodurch die Membrankanäle geöffnet werden. Als Kettenreaktion führt dies zu einem Einstrom bzw. zur Freisetzung von sog. alogenen Stoffen. Bekannt sind Mediatoren wie Bradykinin, Seretonin, Histamin, Prostaglandin, Acetylcholin, sowie Neuropeptide wie CGRP – calcitonin gene-related peptide, Neurokinin A und Substanz P. Diese Stoffe bewirken zum einen eine weitere Sensibilisierung der Nozizeptoren mit gleichzeitiger Erhöhung der nozizeptiven Erregungspotenziale zum Hinterhorn des Rückenmarks und zum anderen Reaktionen im Gewebe, die Lewis (1942) als sog. Triple Response (Dreifachantwort) beschrieb (▶ Abb. 10.3).

1. Plasmaaustritt aus Gefäßen (Extravasation, lokales Ödem)
2. extreme Vasodilatation (Rötung)

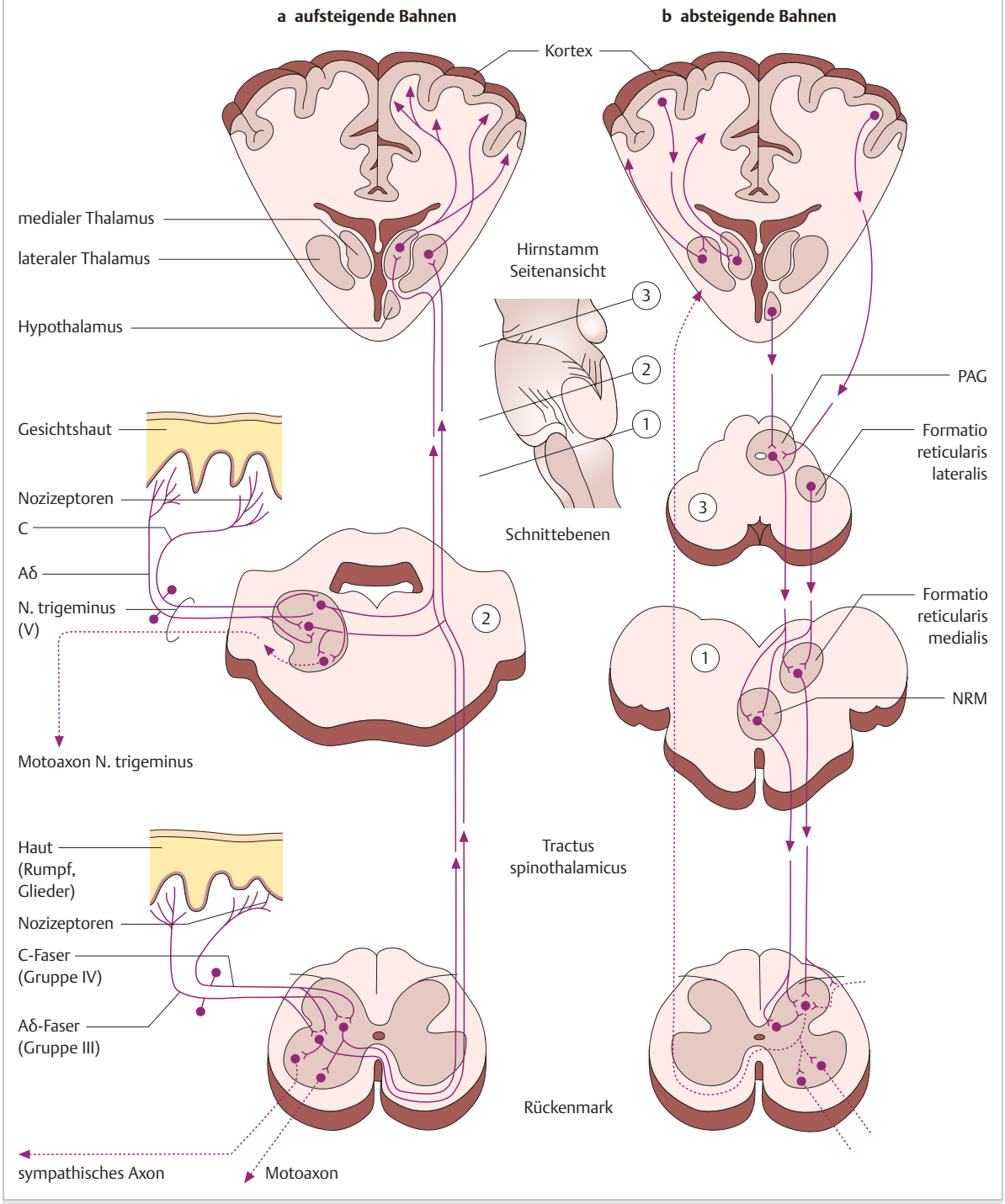


Abb. 10.1 Aufsteigende Bahnen des nozizeptiven Systems, die die noxischen Reize aufnehmen und verarbeiten; absteigende Bahnen des nozizeptiven Systems, die die nozizeptive Verarbeitung im Rückenmark hemmen oder bahnen.

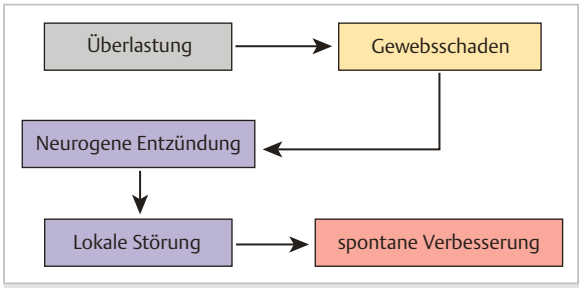


Abb. 10.2 Physiologischer Ablauf einer Nozizeption.

3. schnell ansteigende Schmerzempfindlichkeit im Reizgebiet („surrounding flare", Lewis 1942)

Die Folge dieser Aktivierungs- und Freisetzungsprozesse ist das Entstehen einer neurogenen Entzündung, welche die weiteren Heilungsprozesse der geschädigten Struktur beeinflusst bzw. unterstützt. Darüber hinaus wird die biologische Halbwertszeit bei der Proliferation von kollagenem Bindegewebe positiv beeinflusst bzw. beschleunigt (Hoogland 2001). Somit wird den Nozizeptoren nicht nur eine afferente Funktion zugeschrieben, sondern zugleich auch eine efferente. Die Hauptaufgabe der efferenten Funktion besteht in der Auslösung und Steuerung der neurogenen Entzündung (▶ Abb. 10.3 u. ▶ Abb. 10.4).

Eine, wie in ▶ Abb. 10.5 und ▶ Abb. 10.6 dargestellte, neurogene Entzündung läuft sehr lokal und begrenzt im Bereich der Gewebeschädigung ab. Deshalb wird diese örtlich ablaufende Entzündungsreaktion als eine „lokale Störung" bezeichnet.

Eine lokale Störung besitzt eine klare, „saubere" Anamnese, d. h., Ursache und Folge stehen in Übereinstimmung. Die Gewebeheilung nimmt einen normalen Verlauf und es sind keine segmentalen Ausbreitungen sichtbar. Man spricht hier auch von einer *primären Hyperalgesie (PHA)*. Wird der Heilungsprozess nicht unterbrochen oder verzögert (Kap. 10.2.3), so können die weiteren Phasen der Gewebeheilung physiologisch ablaufen und es folgt eine spontane Verbesserung bzw. Heilung.

Die weiteren Teilprozesse der Folgekette – Transmission, Modulation und Perzeption – spielen sich auf zentraler Ebene ab, wobei die Perzeption kortikal (bewusst)

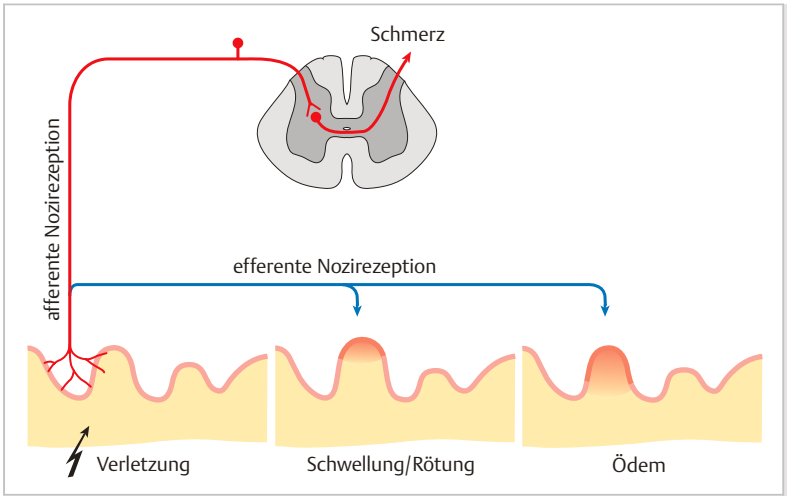


Abb. 10.3 Triple Respons of Lewis (1942), Dreifachantwort auf einen gewebeschädigenden Reiz.

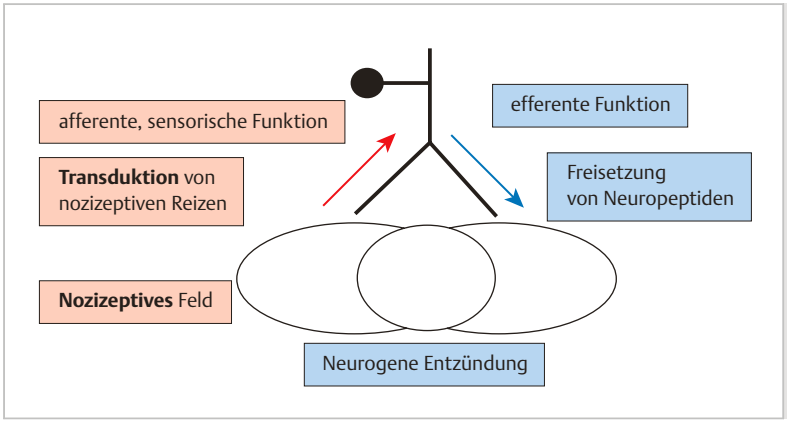


Abb. 10.4 Efferente Funktion von Nozizeptoren; diese führt dazu, dass Neuropeptide aus den freien sensorischen Endigungen der Nozizeptoren freigesetzt werden und im Gewebe eine neurogene Entzündung erzeugen.

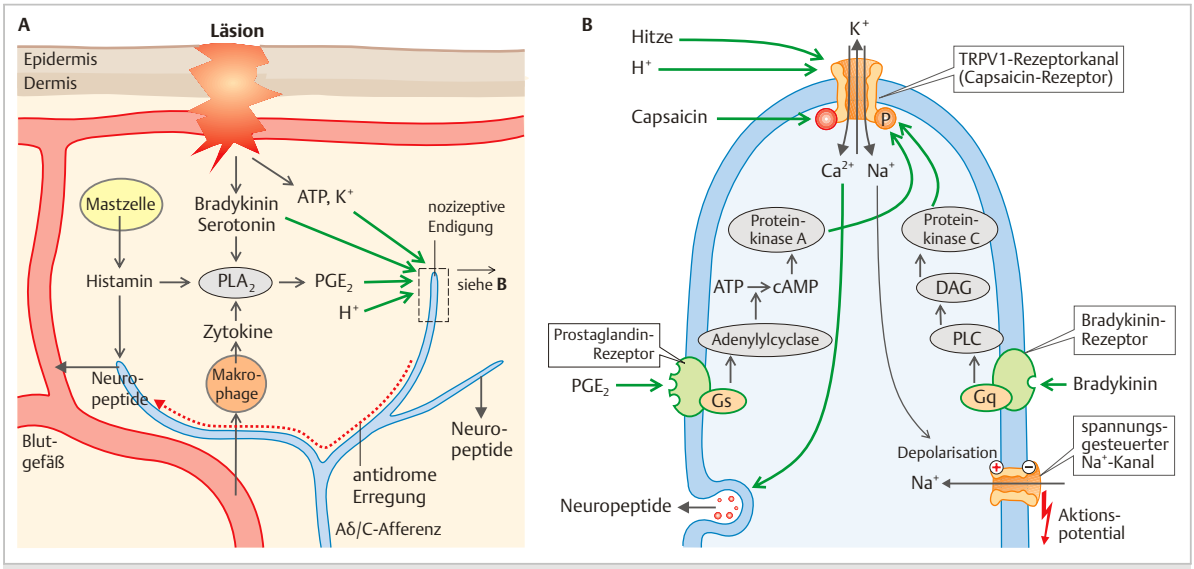


Abb. 10.5 Einfluss der verschiedenen neurogenen Substanzen der Nozizeption; Freisetzung weiterer gewebs-, gefäß- und nervenstimulierender Stoffe, die zur Auslösung der neurogenen Entzündung beitragen.

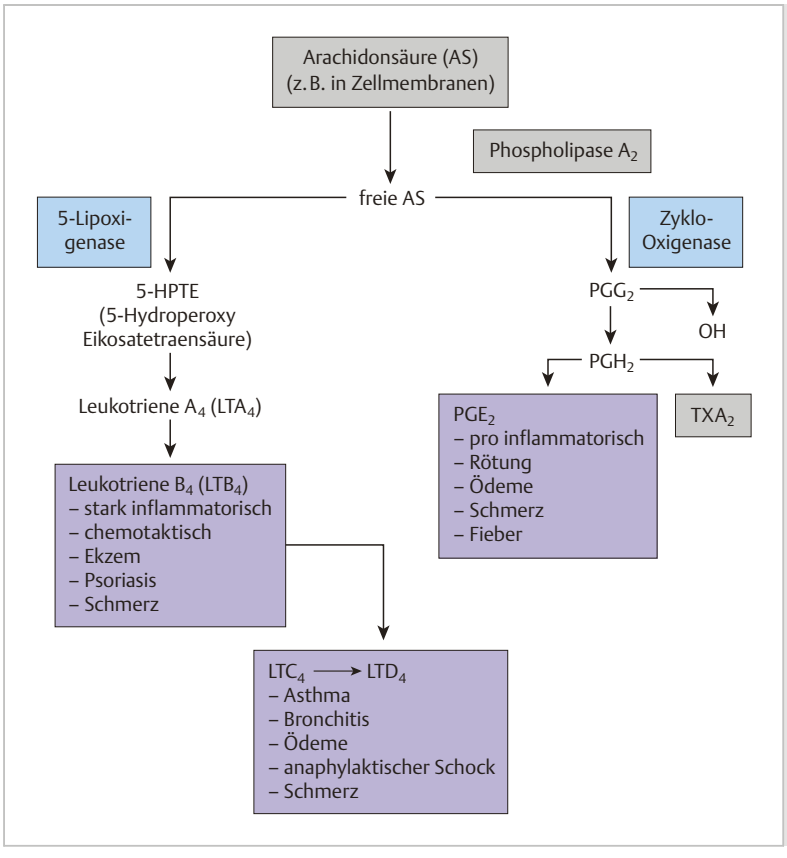


Abb. 10.6 Vereinfachte Darstellung der Biosynthese von Prostaglandin, Thromboxan und Leukotrienen aus Arachidonsäure und Histamin sowie Serotonin durch Phospholipase und Zyklooxygenase als Folge einer Gewebeschädigung.

und die Transmission und Modulation vornehmlich subkortikal (unbewusst) ablaufen.

Transmission

Die als elektrische Impulse kodierten afferenten nozizeptiven Informationen werden im peripheren Nervensystem (PNS) in schnellleitenden myelinisierten Aδ-Fasern und in langsam leitenden unmyelinisierten C-Fasern über die Hinterwurzel ins Hinterhorn des Rückenmarks weitergeleitet (▶ Abb. 10.7).

Synaptische Erregungsübertragung: Im Hinterhorn des Rückenmarks erfolgt die synaptische Erregungsübertragung auf die nachgeschalteten zentralen Neurone. Dabei werden Neurotransmitter wie Glutamat, CGRP, Substanz P und weitere Aminosäuren sowie Neuropeptide freigesetzt. Durch die zentralen Neurone werden nun die nozizeptiven Informationen hauptsächlich über den kontralateralen Vorderseitenstrang (Tractus spinothalamicus) und zu einem geringen Teil über den ipsilateralen Tractus spinothalamicus zu höheren zentralnervösen Zentren weitergeleitet.

Modulation

Bei der Betrachtung der Physiologie der Nozizeption stellt die Modulation einen der wichtigsten und für die Schmerztherapie interessantesten Aspekte dar.

Die Modulation verdeutlicht, auf welche Art und Weise die weitergeleiteten afferenten nozizeptiven Informationen in den verschiedenen Ebenen, vom Hinterhorn des Rückenmarks bis zum Kortex, beantwortet, moduliert und vor allem gehemmt werden. Zu den wichtigsten Modulationsmöglichkeiten zählen die Reflexe, die spinalen und supraspinalen Hemmsysteme sowie die hemmenden Neurotransmitter und endogen wirkenden Opioide.

Reflexe

Im Hinterhorn werden die synaptisch übertragenen nozizeptiven Informationen in motorische und/oder vegetative (sympathische) Reflexe eingebunden. Ein Teil dieser Reflexe wird spinal (auf segmentaler Ebene) organisiert, der andere Teil über supraspinale Reflexbögen (mehrere Segmente) verschaltet.

Motorische Reflexe

Sherrington beschrieb den Beuge- oder Fluchtreflex als typischen motorischen Reflex, der die Antwort auf einen nozizeptiven Input darstellt. Dabei wird die Extremität durch eine Flexionsbewegung rasch von der nozizeptiven Quelle weggezogen. Diese Beugereflexe werden durch Interneurone aktiviert, welche auf dem gleichen spinalen Segment zwischen den nozizeptiven Afferenzen und den entsprechenden Aα-Motoneuronen geschaltet sind.

Sympathische Reflexe

Sie werden zunächst über den Hirnstamm auf supraspinaler Ebene kontrolliert, dann aber auch über spinale Reflexbögen auf segmentaler Ebene. Die Wirkungen der nozizeptiven Informationen auf das vegetative Nervensystem (VNS) gestalten sich unterschiedlich.

Als Erstes können Reaktionen an der Körperoberfläche beobachtet werden. Sie beinhalten koordinierte Aktionen des sympathischen NS und ähneln den Reaktionen beim Abwehrverhalten, wie z. B. Aktivieren der Schweißdrüsen, Erhöhung des Blutflusses in der Skelettmuskulatur, Erhöhung des Herzzeitvolumens, Verlangsamung des Blutflusses und damit auch Ruhigstellung der Funktion im Magen-Darm-Trakt, Aktivierung des Nebennierenmarks – wodurch die Ausschüttung von Adrenalin provoziert wird (Khasar et al. 1998, Jänig u. Häbler 2000) –

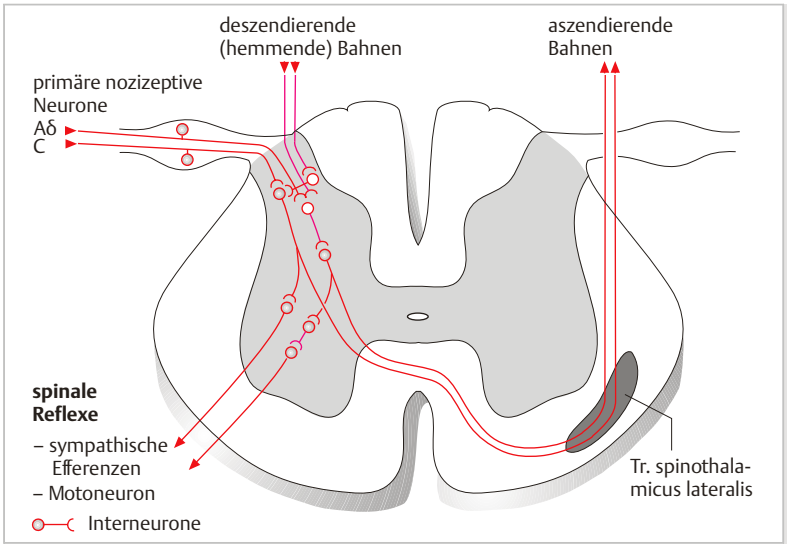


Abb. 10.7 Spinale segmentale Verschaltung der nozizeptiven Bahnen; motorische und sympathische Reflexe; Verschaltung der aufsteigenden und absteigenden Bahnen des nozizeptiven Systems.

und die Verlangsamung des Blutflusses in den Hautschichten durch Schließung der präkapillaren Sphinkter. Diese Schließung der präkapillaren Sphinkter führt im versorgten Gebiet zu einer Abnahme des Sauerstoffgehalts, welche eine Änderung des pH-Wertes in den sauren Bereich zur Folge hat. Dieses saure Milieu im verletzten Gebiet ist wichtig, damit die Substanzen der neurogenen Entzündung ihre Wirkung entfalten und weitere chemische Prozesse für die Wundheilung ablaufen können (Bonica 1992, Baron u. Jänig 1998, Jänig u. Häbler 2000, Hoogland 2002).

Neben den physiologischen Reaktionen kann das sympathische NS auch direkt an der Erzeugung von Schmerz beteiligt sein. In Experimenten wurde nachgewiesen, dass bei Gewebsschädigung massiv Entzündungsmediatoren aus den freien sympathischen Endigungen freigesetzt werden und es bei temporären Sympathikusblockaden zu einer Reduzierung der Ausschüttung und weiterlaufend auch zu einer Verminderung der Beschwerden kommt. Vornehmlich konnte das bei Patienten mit komplexem regionalen Schmerzsyndrom (Complex-Regional-Pain-Syndrom = CRPS) Stadium II aufgezeigt werden (Jänig u. Häbler 2000). In weiteren Tierversuchen konnten an Ratten vergleichbare und messbare Ergebnisse erzielt werden, insbesondere die Versuche von Green et al. (1997), Khasar et al. (1998) sowie von McMahon u. Woolf (1996) sind hier hervorzuheben. Hauptverantwortlich werden zwei Systeme genannt: das sympathoadrenale System (Adrenalinfreisetzung) und das über höhere Zentren verschaltete hypothalamo-hypophysär adrenale System (ACTH-Kortisol-System).

Spinale (segmentale) Hemmung

Die Weiterleitung der afferenten nozizeptiven Informationen der Aδ- und C-Fasern auf die aufsteigenden zentralen Neurone wird durch die zwischengeschalteten segmental hemmenden Interneurone der Substantia gelatinosa beeinflusst.

Eine Einteilung der grauen Substanz des Rückenmarks in verschiedene Laminae nach Rexed zeigt die Verschaltung und Verzweigungen der Aδ- und C-Fasern zu den hemmenden Interneuronen der Substantia gelatinosa und die Weiterschaltung auf den Tractus spinothalamicus (▶ Abb. 10.8).

Die Substantia gelatinosa unterteilt sich formal in eine äußere Schicht, welche sich auf Lamina II befindet und eine innere Schicht, die sich auf Lamina III befindet. Der Hauptteil der nozizeptiven Aδ- und C-Fasern werden direkt auf Lamina II und III verschaltet. Die dicken myelinisierten Nervenfasern (sensomotorische Aα- und Aβ-Fasern) werden über die Hinterseitenstränge direkt nach rostral weitergeleitet.

Interessanterweise wird ein Teil der nicht-nozizeptiven Aβ-Fasern über den Nucleus proprius auf Lamina III und IV im Hinterhorn verschaltet. Diese Tatsache brachten Wall u Melzack 1965 auf die bekannte Gate-Control-Theorie.

Für Wall und Melzack nahm die Substantia gelatinosa die Funktion eines „Tores“ ein, welches darüber entscheidet, ob eine nozizeptive Information weitergeleitet wird oder ob sie auf spinaler Ebene gehemmt wird. Dabei wird angenommen, dass die nicht nozizeptiven Aβ-Fasern einen hemmenden Einfluss auf die ankommenden nozizeptiven Impulse der Aδ- und C-Fasern im Hinterhorn haben. Wenn das Erregungspotenzial der markhaltigen Mechanorezeptoren (Aβ-Fasern) höher liegt als das Erregungspotenzial der Nozizeptoren (Aδ- und C-Fasern), wird das „Tor“ geschlossen und es kommt zu keiner Weiterleitung der nozizeptiven Informationen über den Tractus spinothalamicus nach rostral. Ein Beispiel dafür wäre das Sich-Stoßen des Ellenbogens an einer Tischkante. Die erste Re-

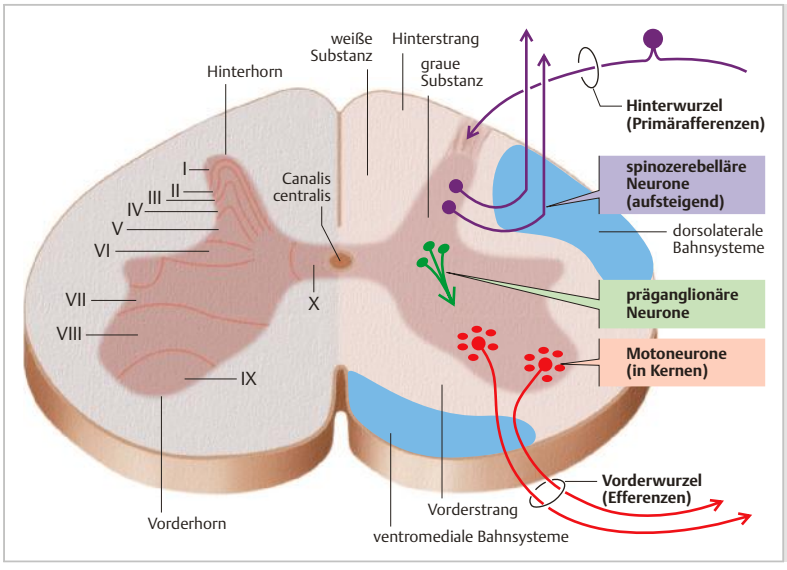


Abb. 10.8 Einteilung der grauen Substanz des Rückenmarks in verschiedene Laminae nach Rexed.

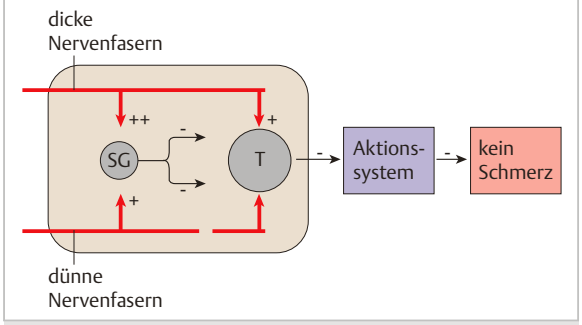


Abb. 10.9 Vereinfachte Darstellung des Gate-Control-Systems nach Wall und Melzack (1965).

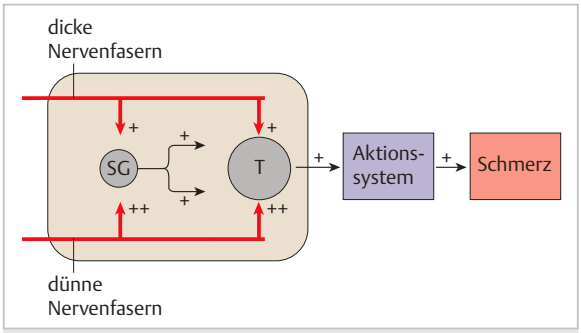


Abb. 10.10 Vereinfachte Darstellung des Gate-Control-Systems nach Wall und Melzack (1965).

aktion wäre das schnelle Zurückziehen des Armes über eine Ellenbogenflexion (motorischer Reflex), danach beginnt man sich die schmerzhafte Stelle zu reiben (Aktivierung der Aβ-Fasern). Dieses Reiben bewirkt einen Anstieg des Erregungspotenzials der Mechanorezeptoren und somit wird der schmerzhafte, nozizeptive Reiz überdeckt – das „Tor" schließt sich (▶ Abb. 10.9).

Reicht das Erregungspotenzial der Mechanorezeptoren jedoch nicht aus oder steigt die Erregung der Nozizeptoren weiter an, so werden exzitatorische Interneurone – die ebenfalls in der grauen Substanz des Rückenmarks organisiert sind – aktiviert, bzw. die inhibitorischen Interneurone gehemmt. Das „Tor" bleibt geöffnet und die nozizeptiven Informationen können ungehindert über die aufsteigenden Bahnen des nozizeptiven Systems weiterverschaltet werden. Diese Weiterschaltung passiert hauptsächlich über den Tractus spinothalamicus und läuft von dort aus weiter über das limbische System zum Kortex. Dort werden diese Informationen über Perzeption zur subjektiven Sinnesempfindung „Schmerz" umgewandelt (▶ Abb. 10.10).

Deszendierende supraspinale Hemmung

Über die absteigenden Bahnen können höher gelegene Hirnstrukturen (Hypothalamus, periaquäduktales Höhlengrau [PAG], Nucleus raphe magnus und Locus coeruleus) direkt oder indirekt einen hemmenden Einfluss auf die Weiterleitung nozizeptiver Informationen nehmen (▶ Abb. 10.11). Man spricht von einer sich aufbauenden tonisch deszendierenden Hemmung, die von den genannten Strukturen bei zunehmender Erregung entsteht und dadurch die Erregbarkeit von Rückenmarkszellen verringert. Die Erregungsschwelle der Rückenmarkszellen wird angehoben und ihre Antwort auf nozizeptive Impulse somit vermindert (Hoogland 2001).

Desweiteren wirken, ebenso wie im Rückenmark, auch im Hirnstammgebiet endogene Opioide. Sie aktivieren die Kerne des deszendierenden Hemmsystems und tragen somit zur analgetischen Wirkung bei (Lariviere und

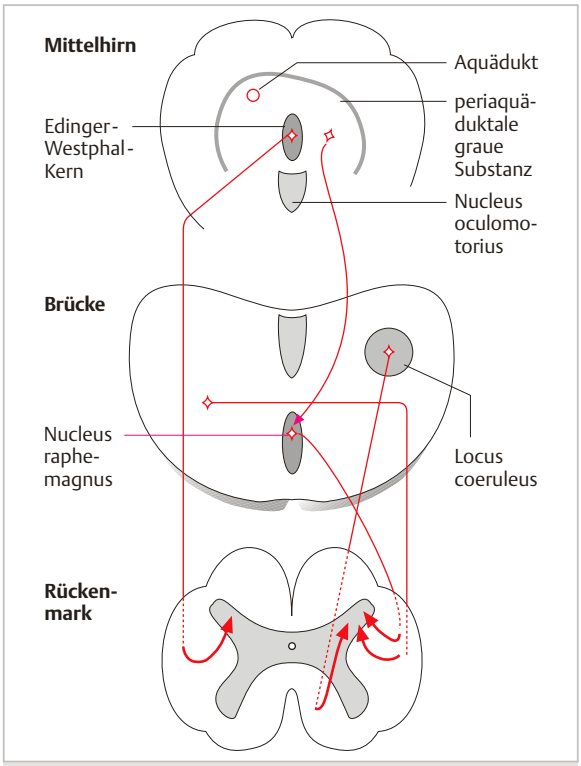


Abb. 10.11 Übersicht über die wichtigsten deszendierenden Bahnen, die vom Hirnstamm in das Rückenmark absteigen und im Hinterhorn die Erregungsleitung nozizeptiver Informationen kontrollieren (nach Aronoff 1998).

Melzack 2000). Eine der wichtigsten Formen von endogen opioider Schmerzhemmung stellt die stressinduzierte Hypalgesie dar. In diesem Fall wird vor allem über das PAG der Schmerz in besonders starken Stresssituationen massiv unterdrückt, z. B. bei großen Verletzungen.

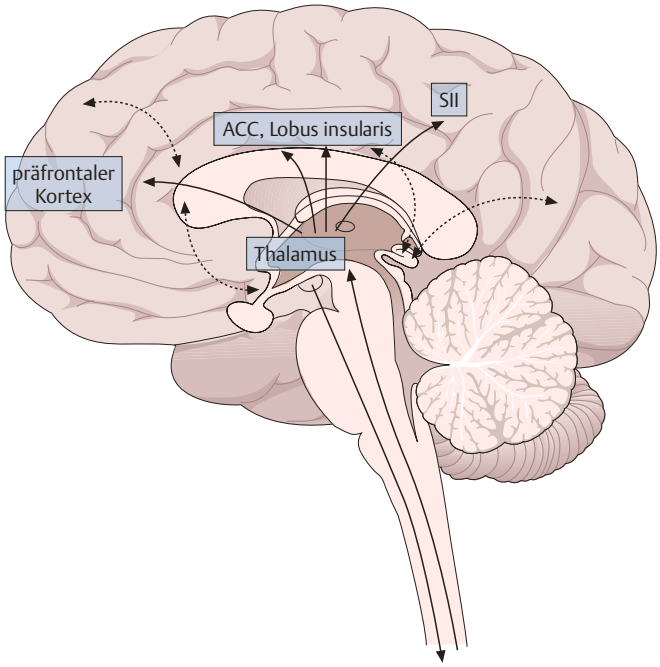


Abb. 10.12 Übersicht der an der Perzeption beteiligten Strukturen.

Perzeption

Perzeption bedeutet im somatischen Schmerzmodell die Umwandlung der nozizeptiven Informationen in die subjektive Sinnesempfindung „Schmerz". Wichtigste Strukturen dafür bilden:

- aufsteigende nozizeptive Bahnen (Tractus spinothalamicus)
- Formatio reticularis
- Thalamus
- primärer und sekundärer somatosensorischer Kortex
- Inselkortex
- posteriorer parietaler Kortex
- anteriorer zingulärer Kortex
- präfrontaler Kortex

Der Tractus spinothalamicus steht nur stellvertretend für die aufsteigende Informationsweiterleitung zur subkortikalen und kortikalen Ebene. Weitere Leitungsbahnen werden gebildet aus dem Tractus spinoreticularis zur Formatio reticularis, dem Tractus spinomesencephalus zum Mesencephalon und dem Tractus spinobulbaris, der über den Hinterstrang Fasern zum Nucleus gracilis und zum Hypothalamus abgibt.

Die wesentlichen Hauptfunktionen der Formatio reticularis bestehen in der Vermittlung motorischer, autonomer und affektiver Reaktionen auf die ankommenden nozizeptiven Informationen. Beispielsweise die Aktivierung von Rückzugs- und Schutzreaktionen, die Regulation von Atmung und Sudomotorik sowie die Aktivierung von Aufmerksamkeitsprogrammen.

Der Thalamus verkörpert einen Teil des Zwischenhirns und eine wichtige Relaisstation sensorischer Informationen auf dem Weg zu den kortikalen Abschnitten. Diese Relaisstation kann nochmals in ein laterales und ein mediales Verarbeitungssystem unterteilt werden.

Die Funktion des lateralen Verarbeitungssystems besteht in der Analyse somatosensorischer Wahrnehmungen, also Intensität, Lokalisation und Dauer des Schmerzreizes (Treede et al. 1999).

Das mediale System befasst sich mit der Analyse der affektiven Komponenten von Schmerz, also z. B. mit der Bewertung des Schmerzes als unangenehmer Empfindung. Es umfasst auch die Aktivierung von Lernprozessen, diese unangenehme Situation jetzt und zukünftig zu vermeiden. Eine große Rolle spielt dabei die Verbindung zum limbischen System, in welchem es zur Erfassung und Generierung von Emotionen sowie zur Erhöhung von Aktivierungsprozessen des zentralen und autonomen Nervensystems kommt. Bei der Schmerzwahrnehmung schaltet sich das limbische System bereits sehr frühzeitig ein, um die affektive Schmerzkomponente zu verstärken. Zunächst wird auf frühere Erfahrungen zurückgegriffen und diese werden mit der aktuellen Situation abgeglichen. Dabei werden Aktivitätsprogramme sowie Angst und Unwohlsein generiert, die dazu dienen sollen, das ablaufende Verhalten zu unterbrechen und der potenziellen Schädigung volle Aufmerksamkeit zu widmen. Gleich-

zeitig wird über Hypothalamus und Amygdala das autonome Nervensystem erregt, was zur Aktivierung der Kampf-Flucht-Reaktion führt. Weiterhin kommt es zum Anstieg von Blutdruck, Herzfrequenz, Atemfrequenz und Muskeltonus, zu Pupillenerweiterung und zur Aktivierung der Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (Ausschüttung von Hormonen) und der deszendierenden hemmenden Systeme.

Der anteriore zinguläre sowie der präfrontale Kortex spielen v. a. bei der endogenen Schmerzunterdrückung und der Organisation von motorischen Schutzprogrammen eine Rolle. Sie sollen vornehmlich für die Bildung von Schmerzhaltungs- bzw. Schonhaltungsprogrammen verantwortlich sein.

10.2.3 Pathophysiologie der Nozizeption

▶ Abb. 10.13 charakterisiert den Ablauf der Reaktionen, wenn es zu einer Unterbrechung oder Verzögerung der physiologischen Abläufe der Nozizeption kommt – insbesondere einer Störung der neurogenen Entzündung. Es zeigt sich eine segmentale Ausbreitung der Nozizeption, die sich über den Faktor Zeit zu einem chronischen Schaden bzw. einer chronischen Entzündung ausweitet. Es gibt eine Vielzahl von Gründen, warum es zu einer pathologischen Änderung der Nozizeption kommen kann. Als erste Möglichkeit wird die Hypersensibilisierung und nachfolgende Rekrutierung von nozizeptiven afferenten Neuronen in Betracht gezogen. Viele Gewebe werden von nozizeptiven Afferenzen versorgt, die in der Regel stumm sind, d. h., sie werden unter physiologischen Bedingungen kaum aktiviert. Bleibt jedoch eine Entzündung des Gewebes länger bestehen, werden diese nozizeptiven Afferenzen aktiviert und entwickeln Spontanaktivitäten. Eine weitere Möglichkeit für einen verzögerten Entzündungsablauf stellt die ungünstige Beeinflussung der neurogenen Entzündung mittels inadäquater Therapie dar. So kann bei zu starker Eisapplikation unmittelbar nach der Traumatisierung die Informationsweiterleitung der nozizeptiven Impulse der Typ-IV-Fasern gehemmt bzw. verlangsamt werden (Paintal 1965, Bugaj 1975, Kunesch et al. 1987, Bini et al. 1984). In Folge fehlen dadurch auch die Impulse an die efferente Funktion der Nozizeptoren und weiterlaufend die Freisetzung der Neuropeptide. Auch schmerz- und entzündungshemmende Medikamente können die Bildung von Arachidonsäure sowie die weiterlaufende Zyklooxygenase hemmen (Zimmermann 1984, Zimmermann 1987, ▶ Abb. 10.14). Besonders hervorzuheben sind hier die Kortikosteroide (z. B. Prednisolon, Dexamethason) und die nichtsteroidalen Antirheumatika (NSAR, z. B. Acetylsalicylsäure [ASS], Paracetamol).

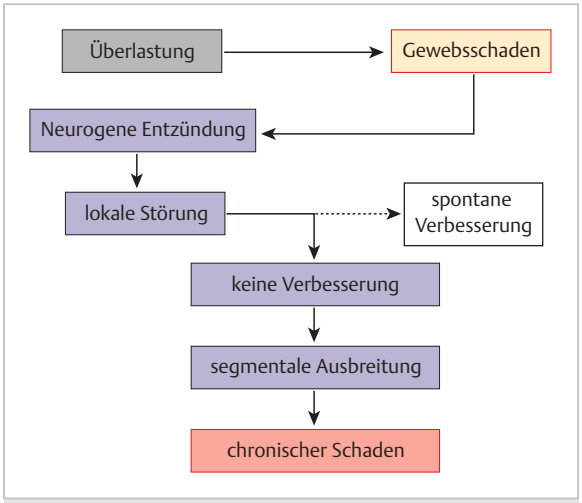


Abb. 10.13 Weiterführend zu ▶ Abb. 10.2.

Den bedeutendsten Einfluss auf eine pathologische Änderung der Nozizeption hat das sympathische Nervensystem. Folgende Mechanismen sollen dabei näher erläutert werden:

- die Kopplung zwischen postganglionären sympathischen Neuronen und afferenten nozizeptiven Neuronen sowie Freisetzung von Transmitterstoffen
- die segmentale Ausbreitung (Verbreiterung des nozizeptiven Feldes) über den somato-sympathischen Reflexkreis

Kopplung zwischen postganglionären sympathischen Neuronen und afferenten nozizeptiven Neuronen sowie Freisetzung von Transmitterstoffen

Unter physiologischen Bedingungen können postganglionäre sympathische Neurone keinen Einfluss auf primär afferente Neurone ausüben. Bei pathophysiologischen Veränderungen (z. B. Trauma mit oder ohne Nervenläsion) kann sich diese Situation dramatisch verändern. Bei Traumen mit Nervenläsion spielt Noradrenalin, welches über α-Adrenozeptoren auf die afferenten Neurone wirkt, die größte Rolle (Baron u. Jänig 1998, Jänig 1999). Bei Traumen ohne Nervenläsion finden die sympathisch-afferenten Kopplungen indirekt über das vaskuläre System statt. Das sympathische Nervensystem ist dabei nicht nur an der Steuerung der Durchblutung allgemein beteiligt, sondern auch an der Regulation des Gewebemikromilieus und an den Entzündungsprozessen (pH-Wert-Regulation). Durch Veränderung des Gewebemikromilieus, besonders bei ablaufenden Entzündungsprozessen, wird eine Vielzahl von Mediatoren freigesetzt, wie z. B. Prostaglandin E_2 (PGE_2). PGE_2 wirkt proinflammatorisch auf die Venolen und sensibilisierend auf die afferenten Nozizeptoren (Jänig 1993, Jänig et al. 1996, Jänig u. Häbler 2000). Weiterhin geht man davon aus, dass sympathische Neurone in Haut, Muskeln und Viszera neben Noradrenalin auch Neuropeptid Y (NPY) und ATP freisetzen (▶ Abb. 10.15). Dadurch können sie „trophische" Veränderungen hervorrufen, welche dann wiederum die Nozi-

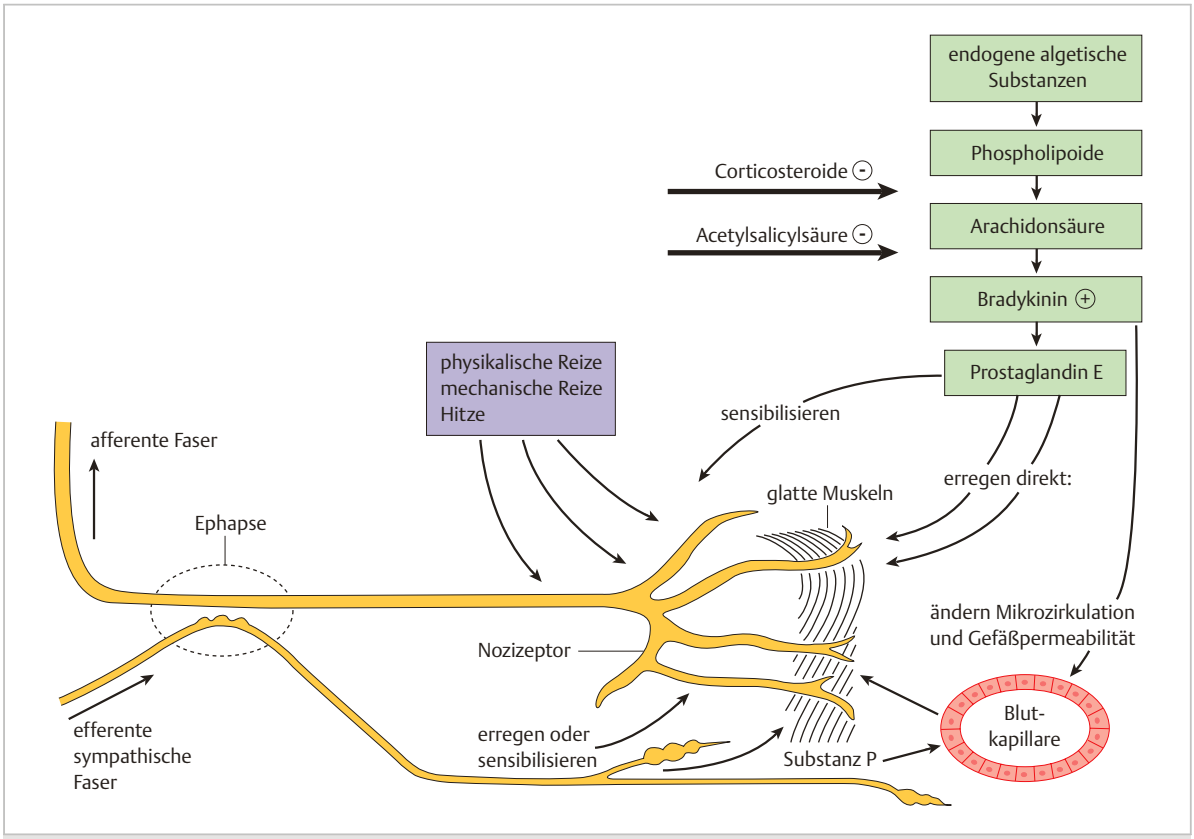


Abb. 10.14 Schematische Darstellung eines Nozizeptors in seiner unmittelbaren Umgebung und der hemmende Einfluss von Medikamenten auf die Bildung neurogener Substanzen.

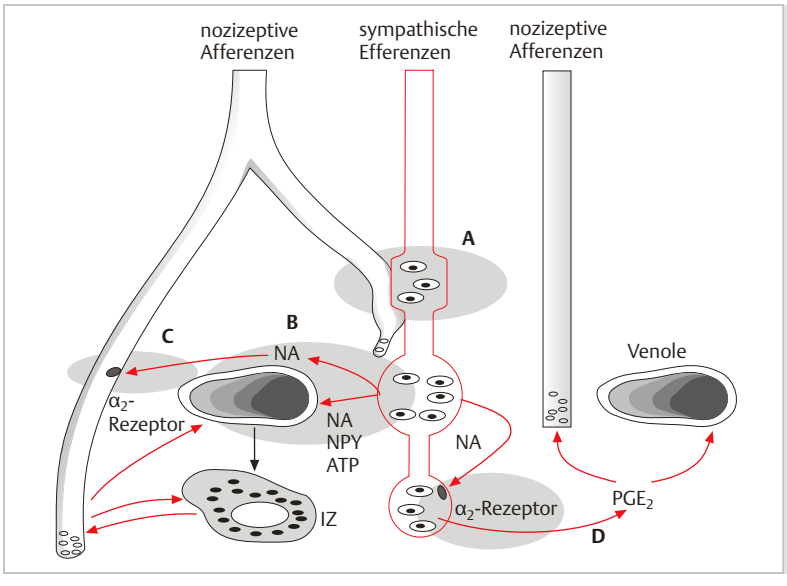


Abb. 10.15 Hypothetische Kopplungen postganglionärer sympathischer Neurone mit afferenten nozizeptiven Neuronen sowie Transmitterfreisetzungen (NA = Noradrenalin, NPY = Neuropeptid Y, ATP = Adenosintriphosphat; PGE_2 = Prostaglandin E_2).

zeption beeinflussen. Bekannte „trophische“ Veränderungen sind eine erhöhte Steifigkeit des Bindegewebes, Tonuserhöhung der Muskulatur und eine verminderte Trophik (saures Milleu).

Segmentale Ausbreitung (Verbreiterung des nozizeptiven Feldes) über den somato-sympathischen Reflexkreis

Die oben beschriebenen „trophischen“ Veränderungen führen zu einer Aktivitätszunahme im segmental zugehörigen Seitenhorn, welches die Umschaltstelle für das sympathische Nervensystem im Rückenmark darstellt. Diese Aktivitätszunahme führt zu einer Vergrößerung des rezeptiven nozizeptiven Feldes, man beobachtet eine sog. segmentale Ausbreitung der Nozizeption. Der Begriff *Sekundäre Hyperalgesie (SHA)* hat sich für eine solche segmentale Ausbreitung mit sichtbaren trophischen Störungen durchgesetzt.

Somato-sympathischer Reflexkreis und seine Antwortmöglichkeiten

In ▶ Abb. 10.16 wird eine vereinfachte Darstellung eines somato-sympathischen Reflexkreises gezeigt.

Trifft ein nozizeptives Signal (ausgehend von einer Schädigung im Segment Th5) im Hinterhorn von Th5 ein (→), so werden die sympathischen Reaktionen auf Rückenmarksebene über das Seitenhorn von Th5 verschaltet bzw. kontrolliert (→). Es kommt zu trophischen Veränderungen im Schädigungsgebiet von Th5 z. B. zu einer pH-Wert-Änderung im Gewebe um die neurogene Entzün-

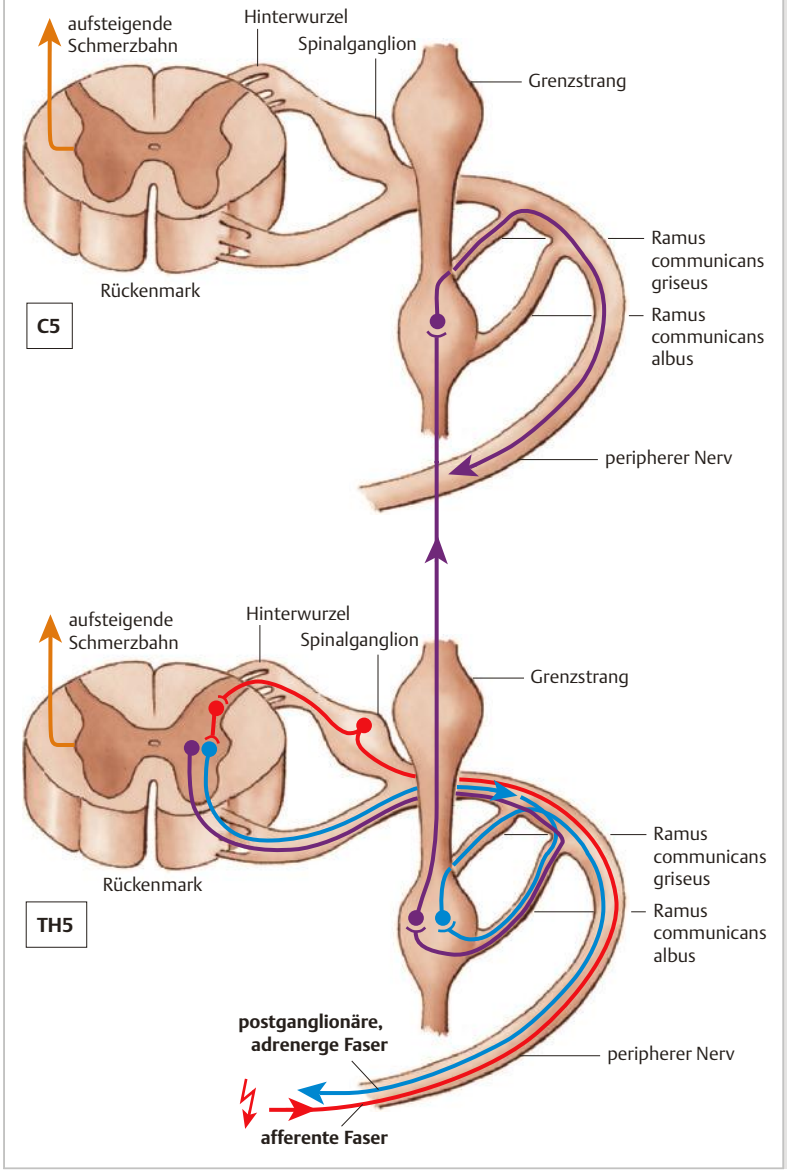


Abb. 10.16 Vereinfachte Darstellung eines somato-sympathischen Reflexkreises (Sato u. Schmidt 1973, Hoogland 2001).

dung zu unterstützen. Bleibt das nozizeptive Signal jedoch länger bestehen, z. B. durch Verzögerung der neurogenen Entzündungsphase oder erneute Traumatisierung im Segment Th5, so verstärkt sich die sympathische Komponente und es kann über Verbindungen des sympathischen Grenzstrangs zu einer Weiterschaltung der sympathischen Reaktionen auf das zugehörige Segment C5 (→) kommen. Dort können nun ebenfalls trophische Veränderungen sichtbar werden.

Eine weitere Antwortmöglichkeit zeigt ▶ Abb. 10.17.

Die Fragestellung hierzu lautet: „Warum können trophische Reaktionen auch in einem Segment beobachtet werden, obwohl dieses kein sympathisches Seitenhorn besitzt?“. Ausgehend von der Neuroanatomie wird der Sympathikus nur über die Segmente C8–L2 verschaltet und auch nur diese Segmente besitzen ein Seitenhorn. Trifft nun ein nozizeptives Signal auf ein Segment ohne Seitenhorn, hier im Beispiel C5 (→), so wird diese nozizeptive Information über das Hinterhorn von C5 aufgenommen und über propriospinale Verbindungsbahnen auf das Seitenhorn von Th5 weitergeschaltet (→). Über den sympathischen Grenzstrang erfolgt dann die Weiterleitung der sympathischen Reaktion zurück auf das Segment C5 (→).

▶ Abb. 10.18 zeigt die gleiche Situation wie ▶ Abb. 10.17, nur dass sich mit dem Faktor Zeit die sympathischen Reaktionen auch auf das Segment Th5 ausweiten, jedoch ohne dass auf diesem Segment nozizeptive Informationen über das Hinterhorn eintreffen und demzufolge keine Schädigung in diesem Gebiet besteht; es werden allerdings trophische Veränderungen sichtbar. Die in ▶ Abb. 10.15 beschriebenen Transmitterfreisetzungen können gleichzeitig zu einer Sensibilisierung der afferenten nozizeptiven Neurone des Segments Th5 führen,

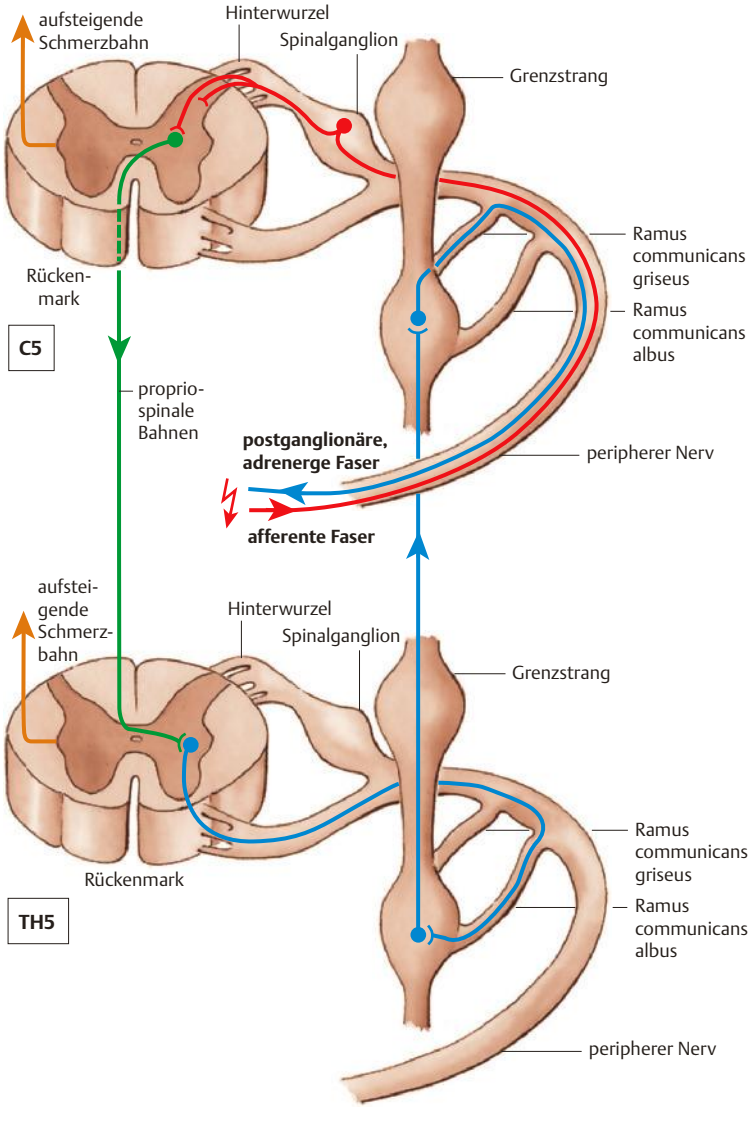


Abb. 10.17 Vereinfachte Darstellung eines somato-sympathischen Reflexkreises (Sato u. Schmidt 1973, Hoogland 2001).

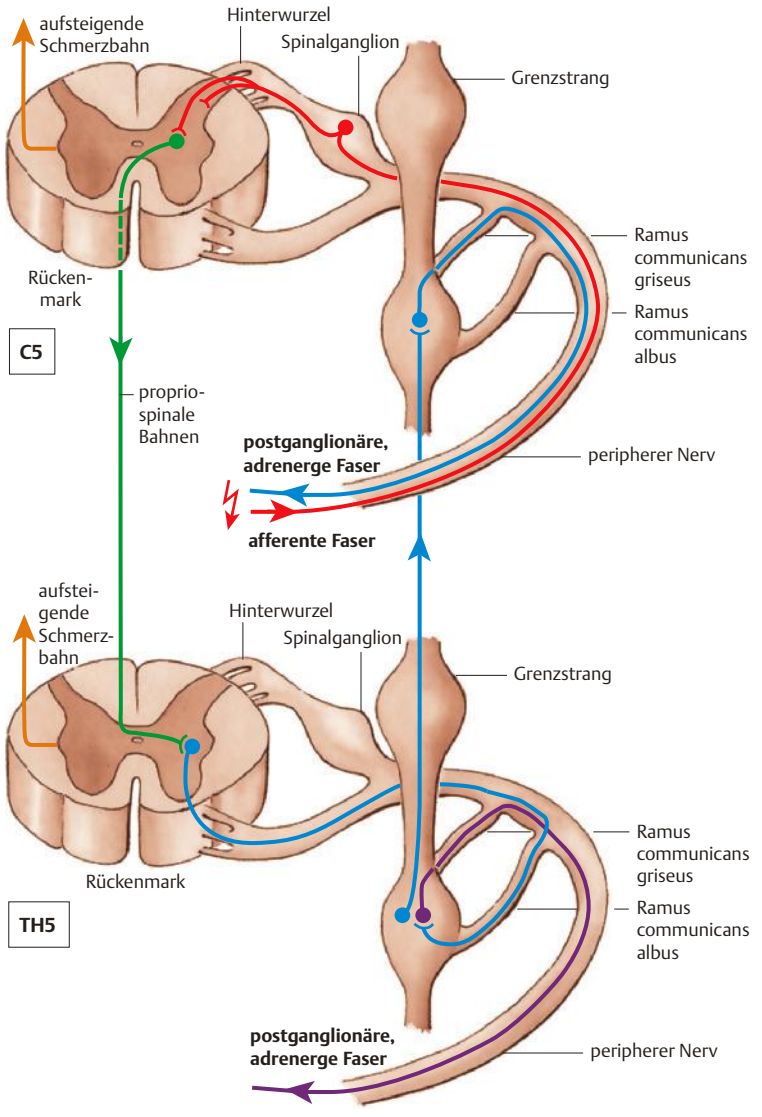


Abb. 10.18 Vereinfachte Darstellung eines somato-sympathischen Reflexkreises (Sato u. Schmidt 1973, Hoogland 2001).

die sich dann ebenfalls als Schmerz äußern. Sato u. Schmidt sind im Rahmen ihrer Forschungen auf diese segmentalen Verbindungen gestoßen und haben festgestellt, dass jedes Segment mit Seitenhorn ein bestimmtes Segment ohne Seitenhorn versorgt (▶ Abb. 10.19).

Durch Untersuchungen an den Seitenhörnern fanden sie eine bestimmte segmentale Organisation, welche sich sehr spezifisch für jedes einzelne Seitenhornsegment darstellt (▶ Abb. 10.19 u. ▶ Abb. 10.20). Diese Erkenntnisse sind für das Auffinden des tatsächlichen Schädigungsortes von enormer Relevanz. Wenn ein Patient Schmerzen im Bereich von Segment Th5 äußert, obwohl Anamnese sowie mehrere Untersuchungen keinerlei Anzeichen einer Schädigung in diesem Segment ergeben, so sollten die Erkenntnisse der somato-sympathischen Reflexe einen neuen Anhaltspunkt bezüglich der eigentlichen Schadensursache bieten.

Eine weitere Möglichkeit in Bezug auf Störungen der physiologischen nozizeptiven Reaktionen, die eine „normale“ Gewebeheilung verhindern, liegt in einer Störung der zentralen (subkortikalen und kortikalen) Perzeptions-, Schmerzwahrnehmungs- und Schmerzverarbeitungsprozesse. Bei Patienten mit einer Chronifizierung von Schmerzen zeigen sich Anpassungs- bzw. Veränderungsprozesse auf thalamischer Ebene und im Bereich des Hippocampus sowie Veränderungen auf kortikaler Ebene, des Schmerzgedächtnisses und der Bewusstseinsebene. Im Verlauf einer Schmerzchronifizierung bildet sich im Kortex, analog zum Hinterhorn des Rückenmarks, ein Schmerzgedächtnis aus, welches auch ohne Auslösung eines nozizeptiven Schmerzimpulses aktiviert werden kann. Dabei spielen insbesondere exzitatorische Aminosäuren (z. B. Glutamat) eine wichtige Rolle.

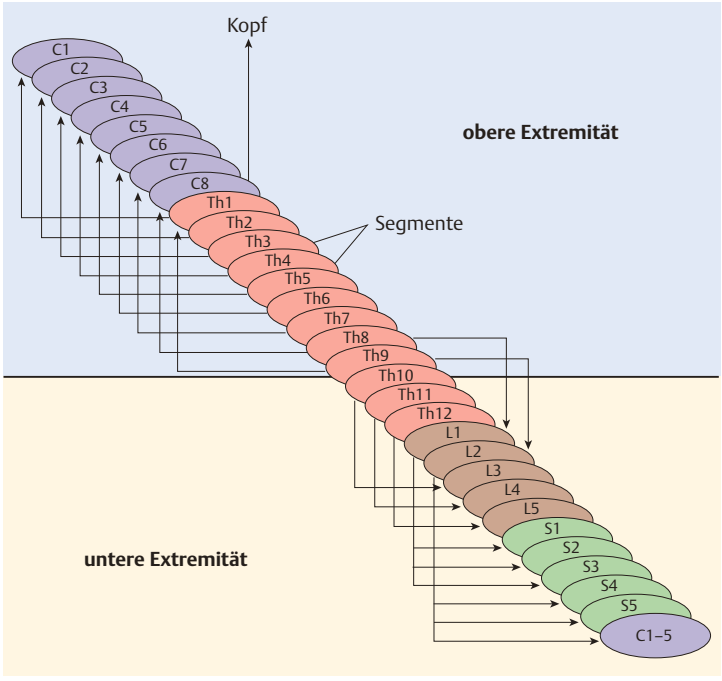


Abb. 10.19 Schematische Darstellung der Versorgungsverbindungen der Segmente mit Seitenhorn zu den jeweiligen zugehörigen Segmenten ohne Seitenhorn (Hoogland 2002).

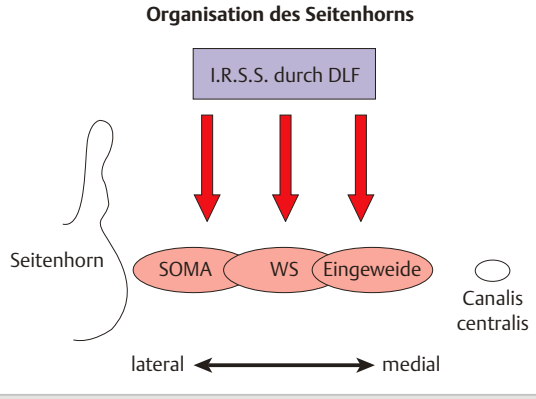


Abb. 10.20 Schematische Darstellung der segmentalen Organisation in einem Segment mit sympathischem Seitenhorn (Sato u. Schmidt 1973, Hoogland 2002). I.R.S.S. = Intermedulläre raphe spinales System, DLF = dorso-lateraler Funikulus (absteigende nozizeptive Bahnen), Eingeweide = Area der viszeralen Steuerung vom gleichen Segment, WS = Area der Wirbelsäule des gleichen Segments, Soma = Körper, hier Gewebe des gleichen Segments und des zugehörigen Segments ohne Seitenhorn.

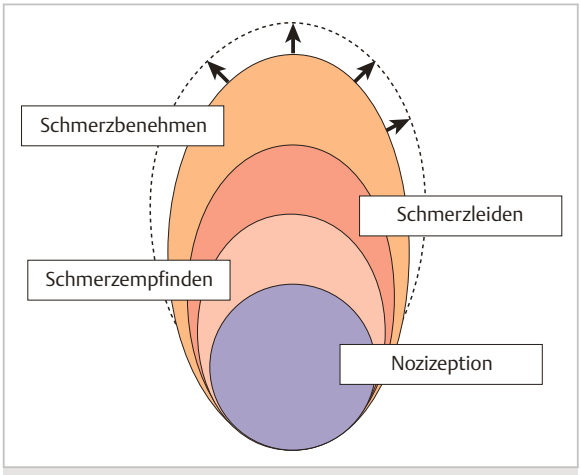


Abb. 10.21 Das „Modell von Loeser“ (1982) zeigt eine vereinfachte Darstellung bestimmter Verhaltensmuster, die sich durch Nozizeption aufbauen und auch verstärken können.

In der Großhirnrinde werden die Erlebnisse der Sinnesorgane auf einen Schmerzreiz, aber auch die individuelle Verarbeitung des gesamten Schmerzes repräsentiert. Hier kann die Verarbeitung durch die Chronifizierung des Schmerzes gestört und dadurch veränderte Verhaltensmuster abgespeichert werden (▶ Abb. 10.21). Eine wichtige Rolle spielt dabei die Verbindung zum Hippocampus, da sich hier der Ort für die Verankerung von Wahrnehmung in Erinnerungen befindet, sog. Engramme, die sich auch verändern können.

11 Lendenwirbelsäule

Dirk Pechmann

Menschen mit Beschwerden im Bereich der Lendenwirbelsäule bilden einen Großteil des Patientenguts in der täglichen Praxis. Dabei reichen die Ursachen vom einfachen Bewegungsmangel, von funktionellen Störungen bis hin zu strukturellen Veränderungen. Diese Unterschiede zu erkennen und ein entsprechendes Behandlungskonzept anzubieten, liegt nun in der Hand des Therapeuten.

11.1 Theorie

11.1.1 Allgemeine Anatomie der Knochen und Gelenke

Die Lendenwirbelsäule besteht aus 5 Lendenwirbelkörpern und ist lordotisch geprägt (▶ Abb. 11.1).

Lendenwirbel – Baumerkmale und Besonderheiten

Die Lendenwirbelkörper stellen die kräftigsten Wirbel der gesamten Wirbelsäule dar (▶ Abb. 11.2).

Corpus vertebrae

Der Corpus vertebrae ist im transversalen Schnitt nierenförmig (▶ Abb. 11.2). Die seitlichen Flächen sind in der sagittalen (▶ Abb. 11.3a) und frontalen (▶ Abb. 11.3b) Ebene konkav. Ober- und Unterseiten werden durch Wirbeldeck- und Grundplatten mit einem ringförmigen Knochenrand begrenzt. Der Wirbelkörper ist breiter als hoch.

Der Wirbelkörper von L5 ist aus lateraler Sicht typisch keilförmig, d. h. ventral höher als dorsal.

Arcus vertebrae

Der Arcus vertebrae wird gebildet aus dem Pediculus arcus vertebrae und der Lamina arcus vertebrae.

Der Pediculus arcus vertebrae ist die Verbindung zwischen Corpus und Arcus vertebrae und trägt die Incisurae vertebralis inferior und superior, welche die Ober- und Untergrenze des Foramen intervertebrale bilden.

Die Lamina arcus vertebrae verläuft schräg nach dorsomedial, ist kurz und plump.

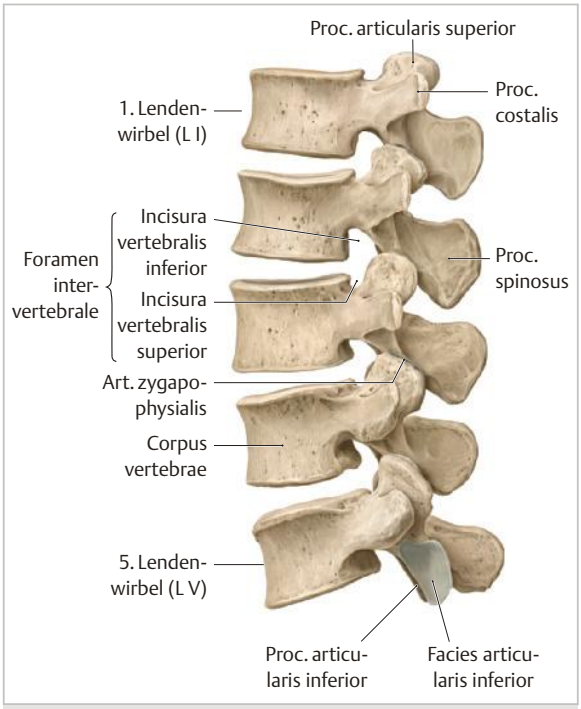


Abb. 11.1 Lendenwirbelsäule von lateral.

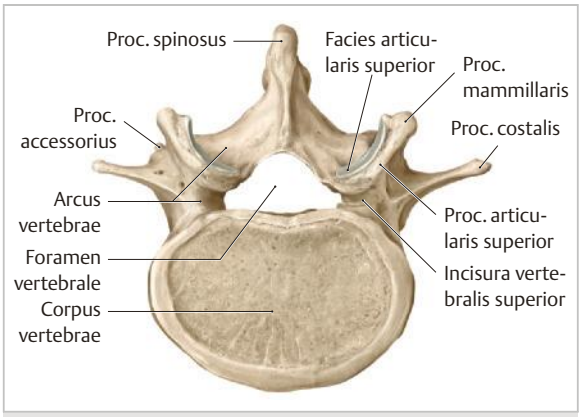


Abb. 11.2 Vierter Lendenwirbel von kranial.

Processus articularis superior

Der Processus articularis superior liegt auf der Oberseite der Lamina, am Übergang zum Pediculus. Die Gelenkflächen sind nach medio-dorsal-kranial gerichtet und neigen sich von einer fast sagittalen Ausrichtung (L1) in die Frontale (L5).

Processus articularis inferior

Der Processus articularis inferior befindet sich auf der Unterseite des Arcus, wo sich Lamina und Proc. transversus verbinden. Die Gelenkflächen sind nach latero-ventral-kaudal gerichtet. Ihre Ausrichtung wandert aus der Sagit-

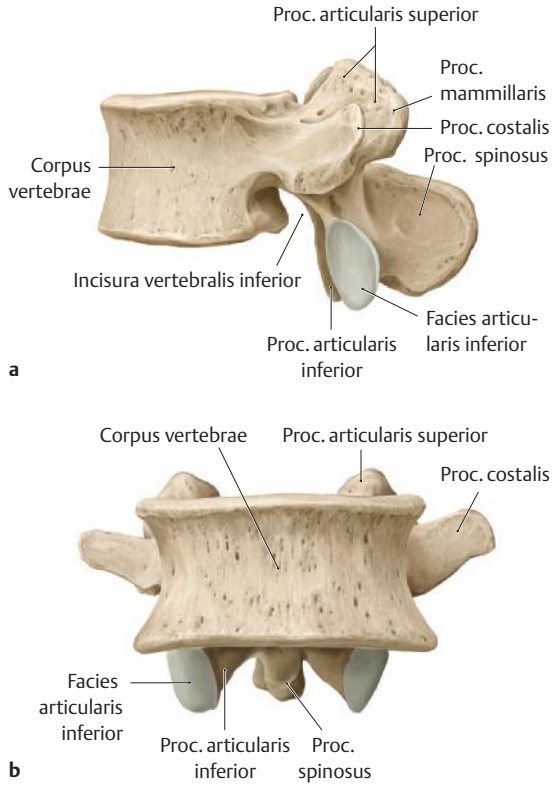


Abb. 11.3 Lendenwirbel von lateral und ventral.
a 4. Lendenwirbel von lateral.
b 4. Lendenwirbel von ventral.

talen in der oberen LWS in die Frontale in der unteren LWS (▶ Abb. 11.4a u. ▶ Abb. 11.4b).

Die Procc. articulares inferiores eines kranial gelegenen Wirbels liegen medial und dorsal gegenüber den Procc. articulares superiores des darunter gelegenen Wirbels (▶ Abb. 11.4c).

Processi transversi (costarii)

Die Processi transversi setzen auf Höhe der Gelenkflächen an und sind leicht nach dorso-lateral gerichtet. Dahinter liegt ein variabel großer Processus accessorius, der gemeinsam mit dem Processus articularis superior und dem aufsitzenden Processus mamillaris den Rest des Querfortsatzes darstellt.

Processus spinosus

Der Proc. spinosus bildet die dorsale Verbindung der beiden Laminae. Die Spitze des Dorns ist breiter als bei den anderen Wirbeln und oft zweihöckrig.

Foramen vertebrale

Das Foramen vertebrale ist gleichseitig dreieckig und liegt zwischen Corpus und Arcus vertebrae.

Foramen intervertebrale

Das Foramen intervertebrale wird von der Incisura vertebralis inferior und superior gebildet und dient dem Spinalnerv und den Gefäßen als Durchtritt.

Gelenke der Lendenwirbelsäule

▶ Abb. 11.5 zeigt die 3 Verbindungen der Wirbelkörper, welche letztlich ein Bewegungssegment ergeben.

Discovertebralgelenke

Die Discovertebralgelenke werden von den Disci intervertebrales (Zwischenwirbelscheiben), welche je 2 angrenzende Wirbel synchondrotisch verbinden, gebildet.

Sie bestehen aus dem Anulus fibrosus (peripherer Teil) und dem Nucleus pulposus (zentraler Teil). Der Anulus umschließt den Nucleus und hält ihn an Ort und Stelle. Er besteht aus ca. 10–15 Lamellen, deren Faserrichtungen pro Schicht schräg entgegengesetzt ausgerichtet sind und umso schräger werden, je dichter sie zum Nucleus kom-

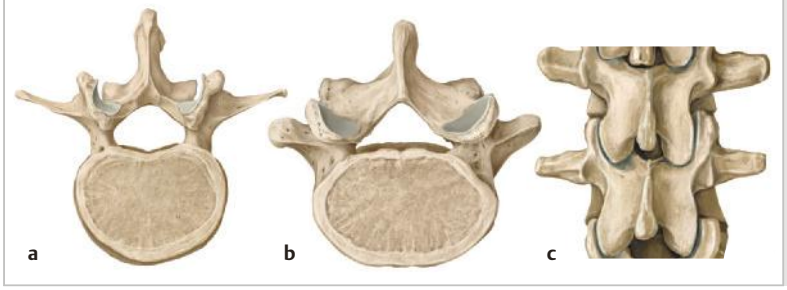


Abb. 11.4 Processi articulares.
a Processi articulares der oberen LWS.
b Processi articulares der unteren LWS.
c Processi articulares von dorsal.

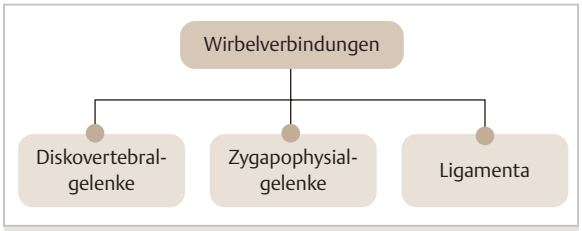


Abb. 11.5 Verbindungen eines Bewegungssegments.

men (▶ Abb. 11.6). Er schränkt die Beweglichkeit des Bewegungssegments ein und trägt durch seine Faserausrichtungen dazu bei, jedwede Bewegungsrichtung rechtzeitig zu begrenzen.

Der Nucleus ist ein gallertartiger Kern mit sehr hohem Wasseranteil (ca. 90 %) und sorgt als hydraulisches Federungssystem für die gleichmäßige Verteilung der Kräfte, wobei durch erhöhten Druck Wasser aus dem Kern gepresst wird. Im Tagesverlauf wird der Diskus dünner (insgesamt bis zu 2 cm), nachts wird der Druck weniger und der hydrophile Nucleus nimmt wieder Wasser auf (Ernährung der BS über Diffusion). Im Ergebnis ist man morgens größer als abends. Die Bandscheibe wird im äußeren Drittel durch den N. sinuvertebralis somatisch innerviert (▶ Abb. 11.7).

Artt. zygapophysiales (Facettengelenke)

Die Gelenkflächen weisen eine ausgeprägte Krümmung auf (▶ Abb. 11.8). Die superioren Gelenkflächen sind konkav, die inferioren sind konvex.

Da die artikulierenden Facetten in sich stark gekrümmt sind, ist ein kontinuierliches Gleiten der Gelenkflächen gegeneinander nur partiell möglich. Diese auftretenden Inkongruenzen versucht der Körper durch meniskoide Zotten und Fettkörper auszugleichen. Bei Dehydrierung der Bandscheibe, daraus resultierenden Hypermobilitäten oder Fehlfunktion des Segmentes kann es zu Einklemmungserscheinungen kommen, die mit massiven Schmerzen einhergehen. (Streek 2007a)

Ligamenta

In ▶ Tab. 11.1 sind die Bänder der Lendenwirbelsäule beschrieben.

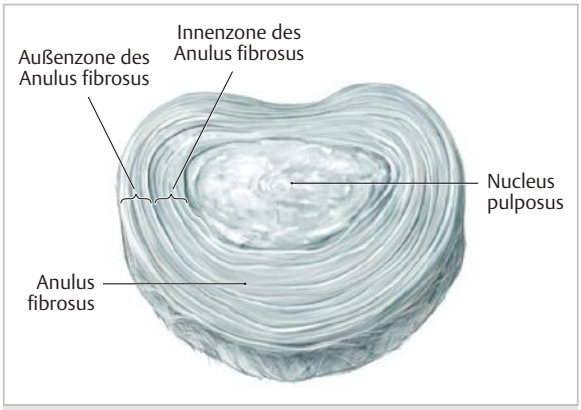


Abb. 11.6 Aufbau der Bandscheibe.

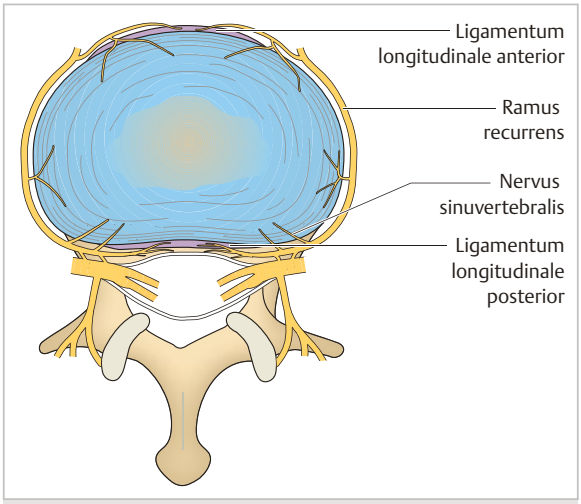


Abb. 11.7 Innervation der Bandscheibe.

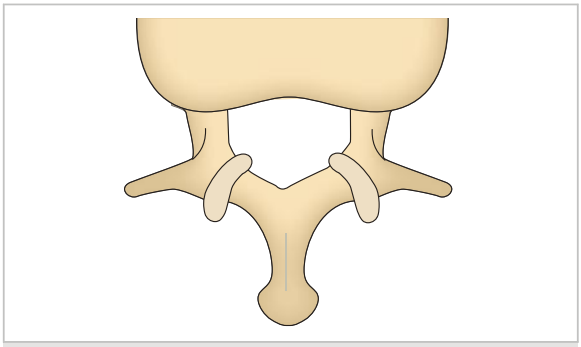


Abb. 11.8 Krümmung der Facies articularis superior.

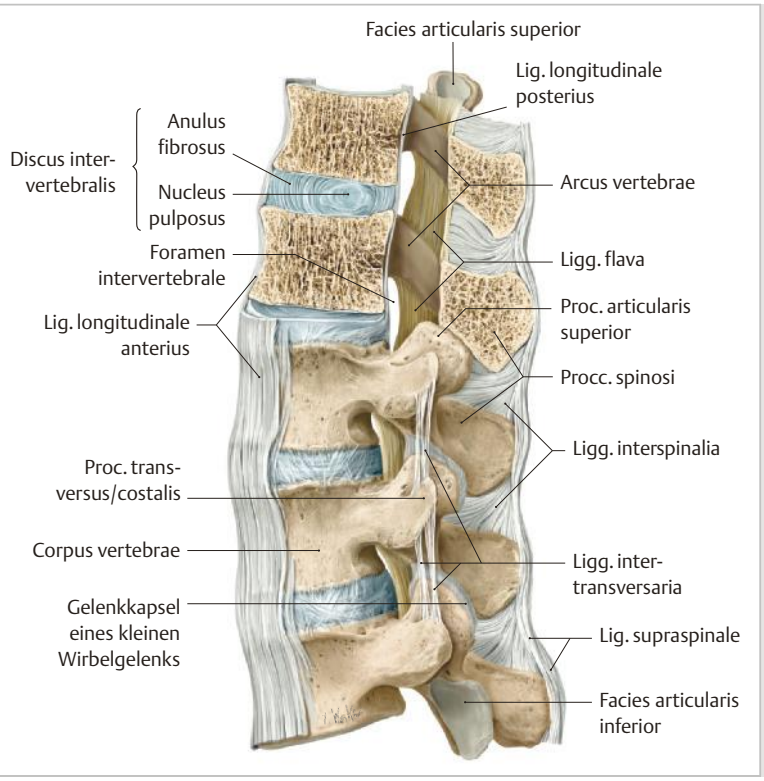


Abb. 11.9 Bänder der Lendenwirbelsäule von lateral.

Tab. 11.1 Bänder der Lendenwirbelsäule.

Band	Ursprung	Ansatz	Funktionen
Lig. longitudinale anterius	Os occipitale – Vorderrand des Foramen magnum	ventrale Seite von S1 (endet als Lig. sacrococcygeum ant.)	hemmt Extension bzw. Lordose in der LWS
	Beachte! • Hat Verbindung zu den WK (Mitte), lässt die BS frei • wird nach kaudal breiter (sichert die zunehmende Lordose)		
Lig. longitudinale posterius	Fortsetzung der Membrana tectoria, welche am Clivus (Pars basilaris des Os occipitale) beginnt	über Canalis sacralis zum Os coccygis	hemmt Flexion in der LWS
	Beachte! • Hat Verbindung zu den Deck- und Tragplatten + BS • überspringt die ausgehöhlte Mitte der WK und hält somit den Raum für die Vv. basivertebrales frei • verschmälert sich von kranial nach kaudal (Lordose nach unten – damit weniger Druck) • ist reich an nozizeptiven + mechanorezeptiven Fasern		
Ligg. flava (gelb, durch den hohen Anteil an Elastin)	Lamina arcus vertebrae des kranialen WK	Lamina arcus vertebrae des kaudalen WK	bremsen die endgradige Flexion und Seitneigung
	Beachte! • Es unterstützt durch seine elastischen Fasern die aufrechte Haltung • schließt die Rückseite des Canalis vertebralis • bedeckt von ventral und lateral die Gelenkkapsel der Intervertebralgelenke		
Ligg. interspinalia	Unterseite des kranialen Proc. spinosus	Oberseite des kaudalen Proc. spinosus	bremsen die endgradige Flexion
Lig. supraspinale	Proc. sp. von C7	Os sacrum	bremst die endgradige Flexion
	Beachte! Lumbal ist es verflochten mit den Fasern der paravertebralen Muskeln und mit der Fascia thoracolumbalis (man spricht daher sogar vom M. supraspinalis)		
Ligg. intertransversaria	Unterseite des kranialen Proc. transversus	Oberseite des kaudalen Proc. transversus	bremsen die endgradige Seitneigung und Rotation

Tab. 11.2 Lig. iliolumbale

Band	Ursprung	Ansatz	Funktionen
Lig. iliolumbale – oberer Anteil	Proc. transv. L4 von kranio-medial-ventral	nach kaudo-lateral-dorsal zur Crista iliaca	bremst Flexion/Seitneigung
Lig. iliolumbale – unterer Anteil (mit 2 Teilzügen)	Teilzug 1 Proc. transv. L5 von kranio-medial Teilzug 2 Proc. transv. L5 von kranio-medial	Teilzug 1 nach kaudo-lateral, fast horizontal zur Crista iliaca Teilzug 2 nach ventro-lateral, fast vertikal zu den Ligg. sacroiliaca anteriora und der Ala ossis ilii	Teilzug 1 bremst Extension/Seitneigung zur Gegenseite und Rotation der gleichen Seite Teilzug 2 bremst Extension/Seitneigung

Beachte!
Die Ligg. enthalten kontraktile Fasern, welche bei Dauerspannung zu Problemen im lumbosakralen Übergang führen können!

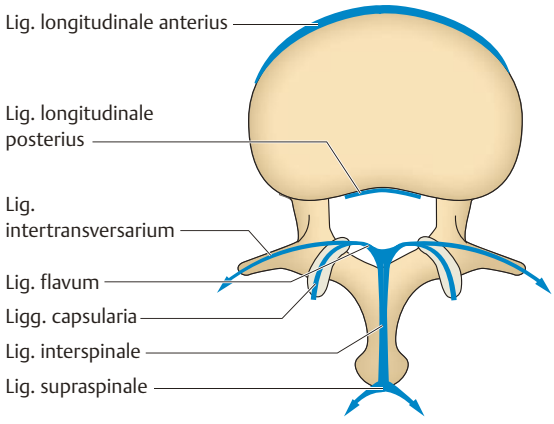


Abb. 11.10 Schematische Ansicht der Lendenwirbelsäulenbänder von kranial.

Gefäße und neurale Strukturen

Venöse Plexen der LWS

Die venöse Entsorgung der LWS erfolgt über 4 venöse Plexen (▶ Abb. 11.12).

1. Plexus venosus vertebralis externus anterior
2. Plexus venosus vertebralis internus anterior
3. Plexus venosus vertebralis internus posterior
4. Plexus venosus vertebralis externus posterior

Klinische Bedeutung der venösen Plexen

Für uns hat der Plexus venosus vertebralis internus anterior die höchste klinische Relevanz. Seine Gefäße sind dünnwandig, klappenlos und in den epiduralen Fettkörper eingebettet.

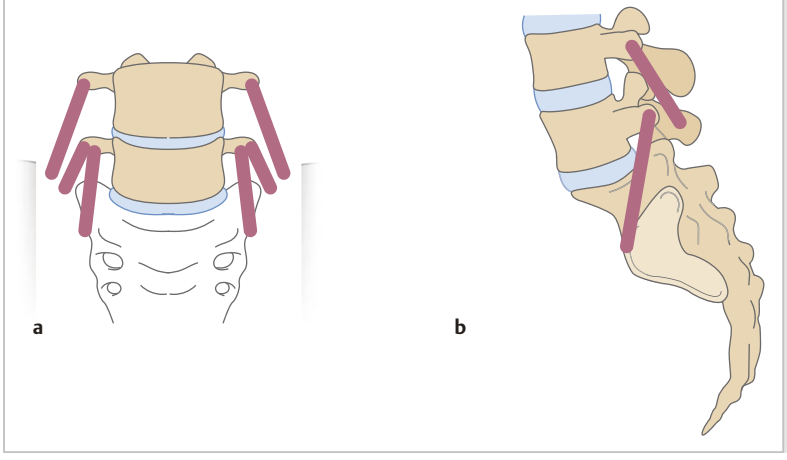


Abb. 11.11 Lig. iliolumbale von ventral und lateral.
a Lig. iliolumbale von ventral.
b Lig. iliolumbale von lateral.

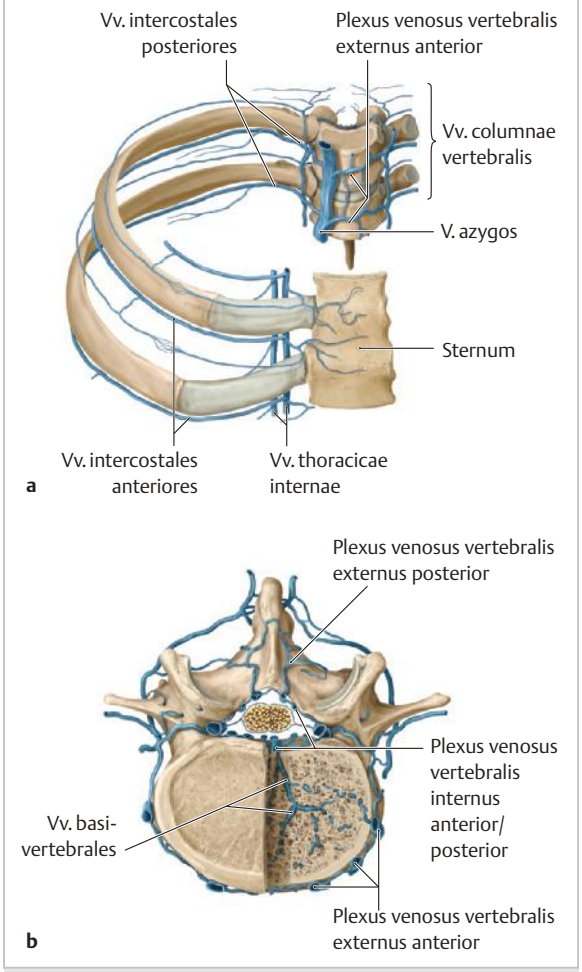


Abb. 11.12 Venöse Plexen der Lendenwirbelsäule.

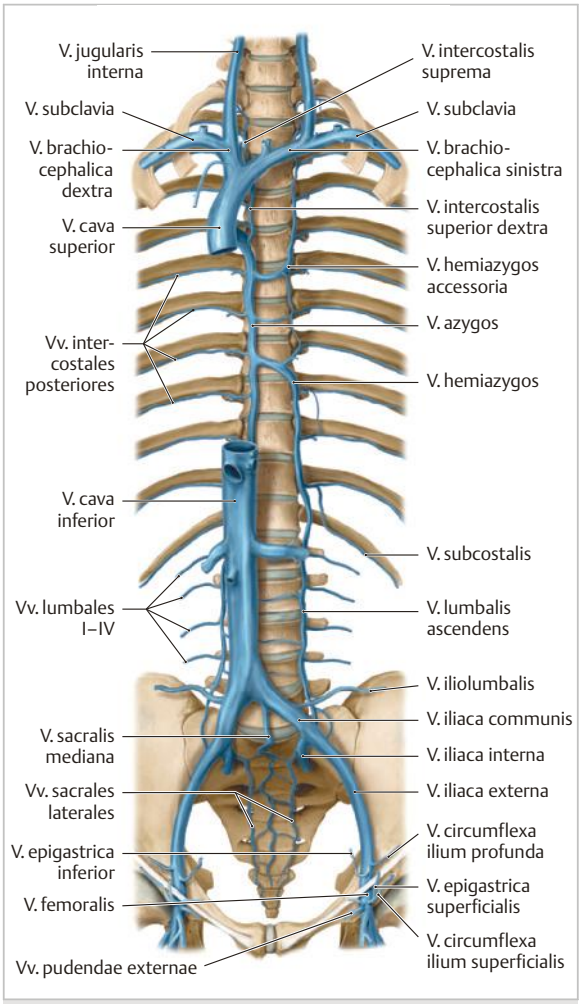


Abb. 11.13 Venöse Entsorgung der Wirbelsäule.

Der Plexus erhält seine Zuflüsse aus den Venae radiculares anteriores, den Venae radiculares posteriores (beide aus dem Rückenmark) sowie über die Venae basivertebrales aus den Wirbelkörpern. Damit ist das Venengeflecht auch für die Entsorgung der Spinalnerven verantwortlich. Raumforderungen (z. B. Bandscheibenprolaps) im Foramen intervertebrale irritieren die Nervenwurzel oder umliegende Strukturen und lösen somit eine lokale Entzündungsreaktion aus.

Die damit einhergehenden Permeabilitätsveränderungen der Gefäßwände (V. intervertebralis) sorgen für den Austritt von Flüssigkeit und Eiweiß, was zu Stauungsproblematiken oder Einschränkungen der Nervengleitfähigkeit führen kann. Damit kommt der entstauenden Behandlung eine besondere Rolle zu. In ▶ Abb. 11.3 wird der weitere Verlauf durch das Diaphragma in die V. cava superior deutlich.

Plexus lumbosacralis

Der Plexus lumbosacralis (▶ Abb. 11.14) wird gebildet aus dem Plexus lumbalis und dem Plexus sacralis, aus denen die entsprechenden peripheren Nerven hervorgehen (▶ Abb. 11.15).

Plexus lumbosacralis

Plexus lumbalis (Th_{12}–L_4)

- N. subcostalis (Th_{12})
- N. iliohypogastricus (Th_{12}–L_1)
- N. ilioinguinalis (L_1)
- N. genitofemoralis (L_1–L_2)
- N. cutaneus femoris lateralis (L_2–L_3)
- N. femoralis (L_1–L_4)
- N. obturatoris (L_2–L_4)

Plexus sacralis (L_5–S_4)

- N. gluteus superior (L_4–L_1)
- N. gluteus inferior (L_5–S_2)
- N. cutaneus femoris posterior (S_1–S_3)
- N. ischiadicus (L_4–S_3)
- N. pudendus (S_1–S_4)

Abb. 11.14 Periphere Nerven des Plexus lumbosacralis.

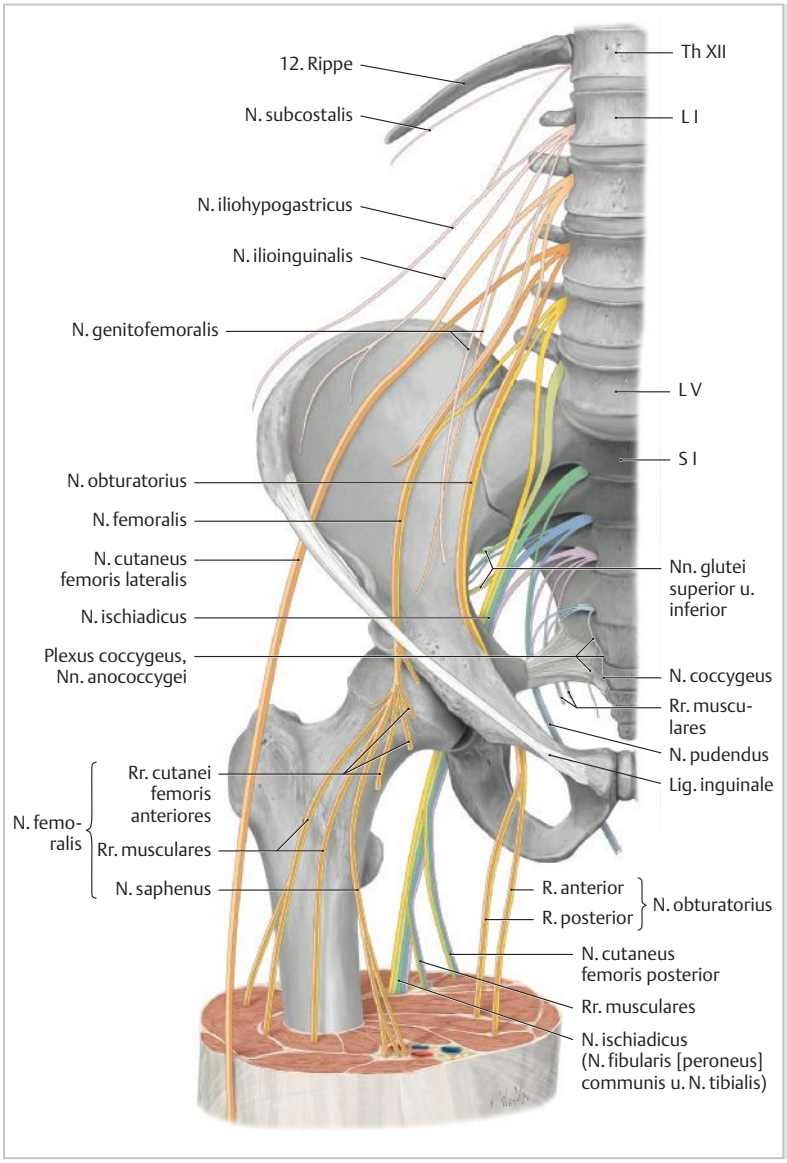


Abb. 11.15 Plexus lumbosacralis.

11.1.2 Funktionelle Anatomie der LWS

Die funktionelle Anatomie beschreibt die Bewegung zwischen den einzelnen Wirbeln, deren Bezeichnung und Gesetzmäßigkeiten. Sie stellt somit die Grundlage für das Erkennen und Behandeln von Funktionsstörungen der Wirbelsäule dar.

Allgemeine Biomechanik

Der kraniale Wirbelkörper bestimmt immer die Benennung des Segments (▶ Abb. 11.16), dies gilt in der LWS für die Bezeichnung des Bewegungssegments und des neurologischen Segments.

Damit bezieht sich die Beschreibung der Bewegung immer auf den kranialen Wirbelkörper gegenüber dem angrenzenden kaudalen Wirbelkörper. Die klinische Untersuchung geschieht über die Procc. spinosi der Wirbelkörper, welche sich annähern, voneinander entfernen oder entgegengesetzt der Rotation auslenken (▶ Abb. 11.17).

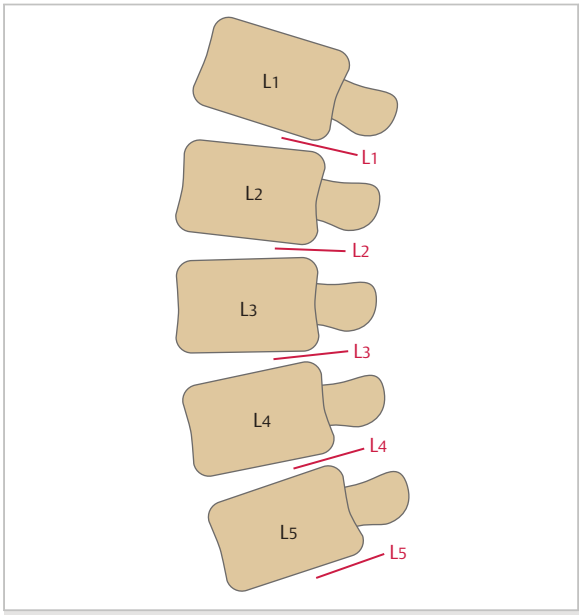


Abb. 11.16 Bezeichnung des Segments.

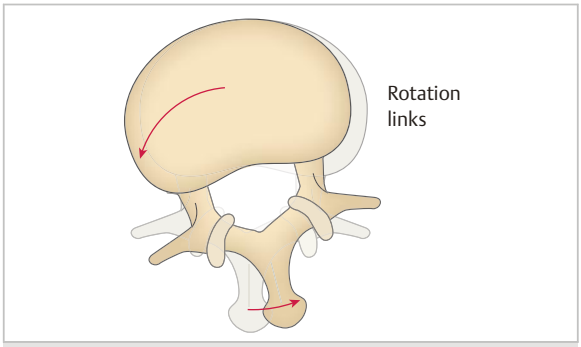


Abb. 11.17 Bezeichnung der Bewegung.

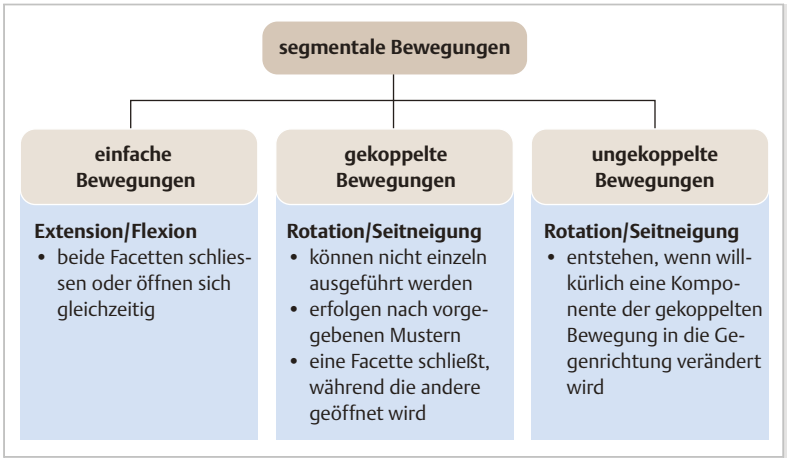


Abb. 11.18 Bezeichnung der segmentalen Bewegungen.

Symmetrische Bewegungen

Bei symmetrischen Bewegungen führen das rechte und das linke Facettengelenk die gleichen Bewegungen aus.

Extension (gesamte LWS ca. 40°)

Bewegungen des Wirbelkörpers (▶ Abb. 11.19)
- Neigungsbewegung des Wirbelkörpers (dorsale Rotation) erfolgt um eine transversale Achse, welche im Nucleus liegt
- der kraniale Wirbel transliert nach dorso-kaudal

Bewegungen der Facetten
- beide Facies art. inf. des kranialen Wirbelkörpers schieben sich synchron in die Facies art. sup. des kaudalen WK = Konvergenz (▶ Abb. 11.20)

Begrenzung der Bewegung
- durch die ventralen Bandstrukturen
- den „knöchernen" Kontakt der Dornfortsätze
- Gelenkschluss (Konvergenz) der Facetten

Flexion (gesamte LWS ca. 40°–45°)

Bewegungen des Wirbelkörpers (▶ Abb. 11.21)
- Neigungsbewegung des Wirbelkörpers (ventrale Rotation) erfolgt um eine transversale Achse, welche im Nucleus liegt
- der kraniale Wirbel transliert nach ventro-kranial

Bewegungen der Facetten
- beide Facies art. inf. des kranialen Wirbelkörpers entfernen sich synchron von den Facies art. sup. des kaudalen Wirbelkörpers = Divergenz (▶ Abb. 11.22)

Begrenzung der Bewegung
- durch die dorsalen Bandstrukturen
- Kapseln der ZAG

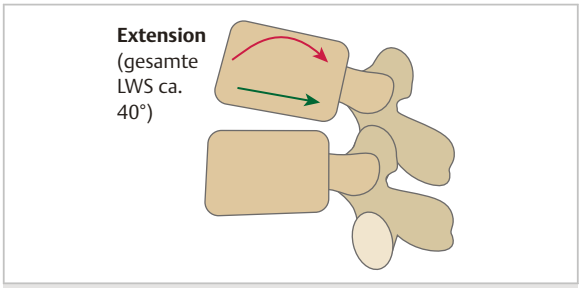


Abb. 11.19 Bewegungen des Wirbelkörpers bei Extension.

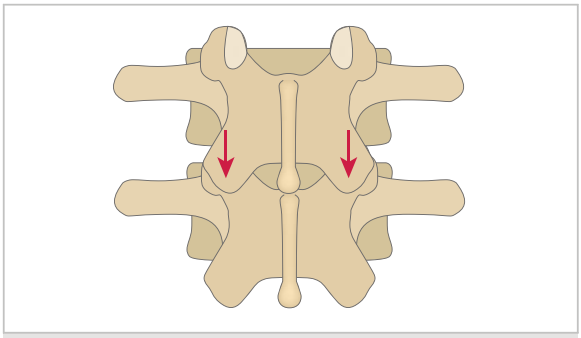


Abb. 11.20 Konvergenz der Facetten bei Extension.

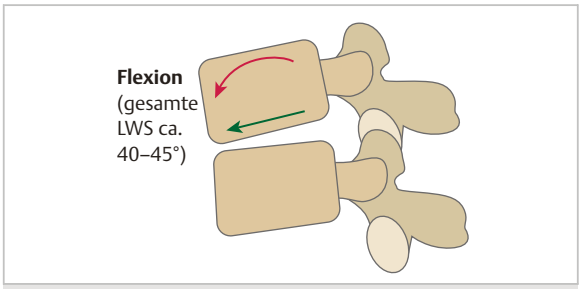


Abb. 11.21 Bewegungen des Wirbelkörpers bei Flexion.

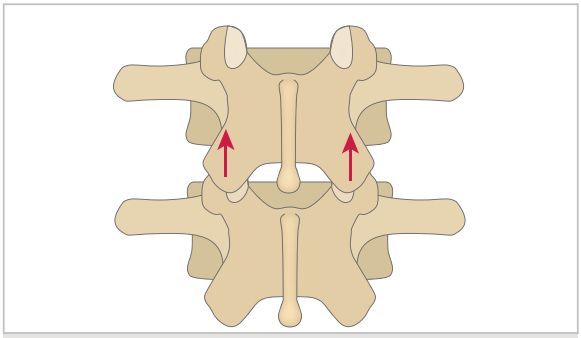


Abb. 11.22 Divergenz der Facetten bei Flexion.

Asymmetrische (gekoppelte) Bewegungen

In der LWS können nur Flexion und Extension als „reine Bewegungen“ ausgeführt werden. Seitneigung und Rotation sind asymmetrische Bewegungen und treten immer gekoppelt auf, unabhängig davon, welche Bewegung als Erstes ausgeführt wird.

Diese gekoppelten Bewegungen folgen bestimmten Kopplungsgesetzen.

Lateralflexion (je Seite ca. 30°)

Bewegungen der Facetten (▶ Abb. 11.23)

- Facies art. inf. der rechten Seite gleitet nach kaudo-dorsal, es entsteht ein Facettenschluss (= Konvergenz)
- Facies art. inf. der linken Seite gleitet nach kranio-ventral, es entsteht eine Facettenöffnung (= Divergenz)

Bewegung des Wirbelkörpers (▶ Abb. 11.24)

- WK neigt sich um eine sagittale Achse im Nucleus pulposus zur rechten Seite und rotiert entsprechend der Kopplung (hier nach links.)

Rotation (je Seite ca. 5°–8°)

Bewegungen des Wirbelkörpers (▶ Abb. 11.25)

- „reine" Rotation erfolgt um eine vertikale Achse, welche nahe der Basis der Dornfortsätze liegt
- Lage der Achse erlaubt nur einen geringen Bewegungsausschlag von ca. 1° zu jeder Seite

Bewegungen der Facetten (▶ Abb. 11.26)

- Facetten konvergieren und divergieren je nach assoziierter Lateralflexion

Begrenzung der Bewegung

- durch die konvexseitigen Anteile des Anulus fibrosus, die Ligg. flava und Kapselanteile sowie durch die Ligg. intertransversaria
- Konvergenzgleiten (Kompression der Gelenkflächen) auf der konkaven Seite

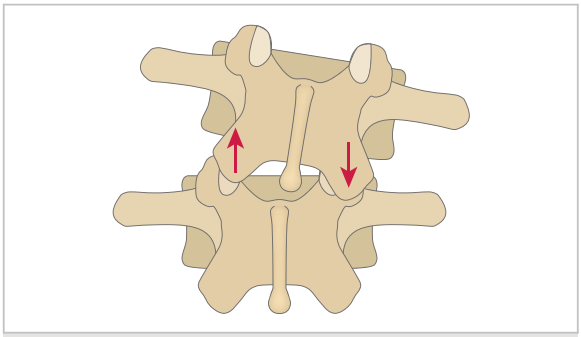


Abb. 11.23 Divergenz der linken und Konvergenz der rechten Facette.

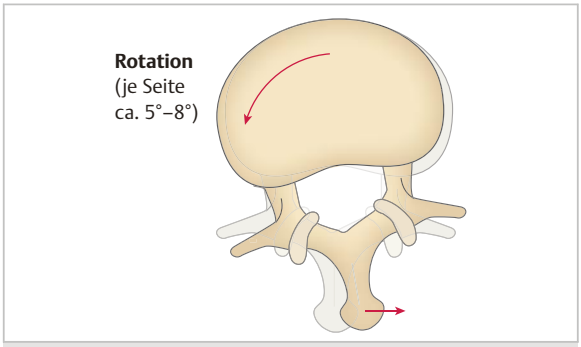


Abb. 11.24 Linksrotation des kranialen Wirbelkörpers bei Lateralflexion nach rechts.

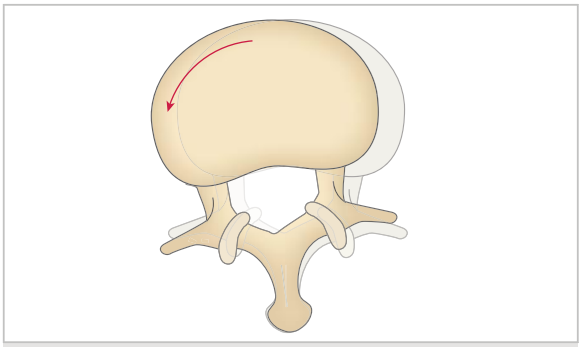


Abb. 11.25 Linksrotation des kranialen Wirbelkörpers.

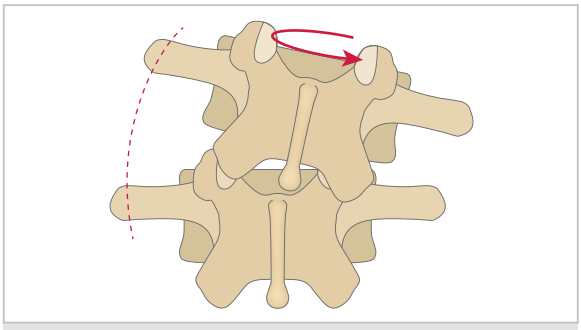


Abb. 11.26 Lateralflexion nach rechts bei Linksrotation.

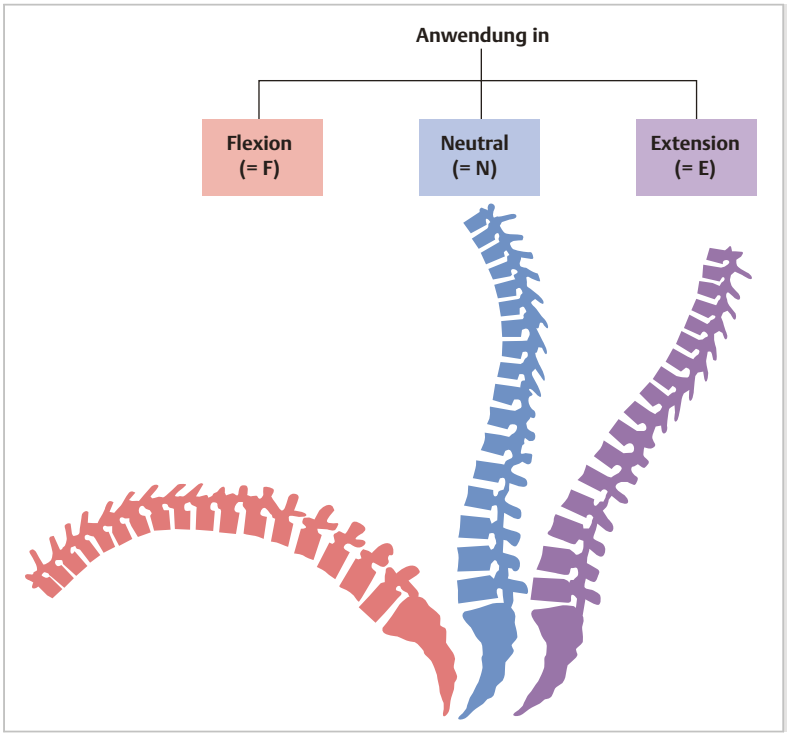


Abb. 11.27 Extension/Flexion und Neutralstellung der Wirbelsäule.

Fryettesche Kopplungsgesetze der Lendenwirbelsäule

Bezüglich der gekoppelten (assoziierten) Bewegungen der WS herrscht in der Literatur Einigkeit in der Betrachtung der oberen und unteren HWS, unabhängig von der Vorpositionierung der WS in der sagittalen Ebene (Extension/Neutralstellung/Flexion).

In der BWS und der LWS herrschen je nach MT-Konzept und Autor abweichende Meinungen. Da auch die Kopplungsgesetze nach Fryette nicht uneingeschränkt auf jede Wirbelsäule zu übertragen sind, sollte der erfahrene Manualtherapeut über den Weg der palpatorischen Untersuchung ermitteln, welche Kopplung bei seinem zu untersuchenden Patienten vorherrscht.

Wir orientieren uns an den Untersuchungsergebnissen von Fryette (Fryette 1954), da diese Vorgaben für die praktische Arbeit des Therapeuten an der Wirbelsäule eine hilfreiche Systematisierung und Visualisierung erlauben.

Flexion und Extension sind nur dann gegeben, wenn sich während der Bewegung der Apex in diesem Segment befindet.

1. Gesetz: N S ≠ R

Das 1. Gesetz beschreibt die gekoppelte Bewegung von Lateralflexion und Rotation aus der Neutralposition (aufrechter Stand).

In dieser Ausgangsstellung (N) wird die Seitneigung von einer entgegengesetzten Rotation begleitet (▶ Abb. 11.28).

Die Dokumentation dieser Bewegungen erfolgt in folgender Art und Weise. In Neutral ist die Seitneigung immer die erste Bewegung, welche die WS ausführt, auch wenn man rotiert:

- Daraus resultiert die Reihenfolge der Buchstaben: N S R
- Die gegensinnige Kopplung bedeutet: N S_{re} R_{li}
- Schreibweise nach Fryette (nur letzter Buchstabe wird beschrieben): N S R_{li}

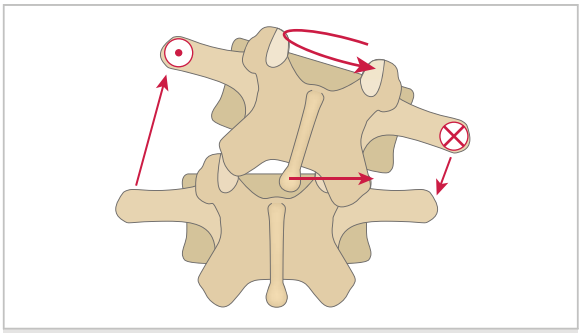


Abb. 11.28 Bewegungssegment der LWS mit $Seitneigung_{re}$ und $Rotation_{li}$.

2. Gesetz: E oder F R = S

Das 2. Gesetz beschreibt die gekoppelte Bewegung von Lateralflexion und Rotation aus der Flexions- oder Extensionsposition (Segment mit Apex).

In dieser Einstellung wird die Seitneigung von einer gleichsinnigen Rotation begleitet (▶ Abb. 11.29).

Die Dokumentation dieser Bewegungen erfolgt in folgender Art und Weise. In Extension oder Flexion ist die Rotation immer die erste Bewegung, welche die Wirbelsäule ausführt, auch wenn man seitneigt.

- Daraus resultiert die Reihenfolge der Buchstaben: E/F R S.
- Die gleichsinnige Kopplung bedeutet: E/F R_{re} S_{re}.
- Schreibweise nach Fryette (nur letzter Buchstabe wird beschrieben): E/F R S_{re}.

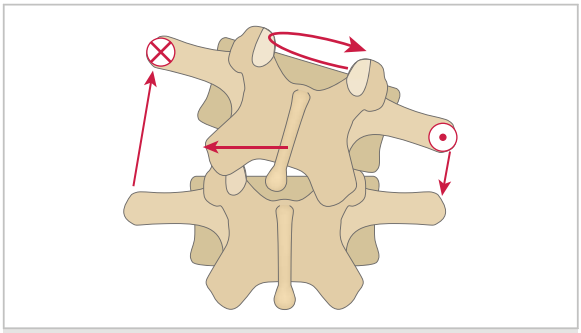


Abb. 11.29 Bewegungssegment der LWS mit $Rotation_{re}$ und $Seitneigung_{re}$.

Zusammenfassend ergeben sich daraus in ▶ Tab. 11.3 aufgeführte Kopplungsmöglichkeiten.

Bei der Bewegungsuntersuchung der Seitneigung am stehenden Menschen erkennt man die Assoziation der Rotation durch die Mitbewegung des Beckens. Das heißt bei einer N-Kopplung geht bei einer Seitneigung nach rechts das rechte Ilium nach anterior (folgt der Rotation) und bei einer E- oder F-Kopplung nach posterior.

Die Gesetze von Fryette werden mittels einer Seitneigung aus neutraler Position getestet. Beurteilt wird ausschließlich die Position der Dornfortsätze (▶ Abb. 11.30 u. ▶ Abb. 11.31).

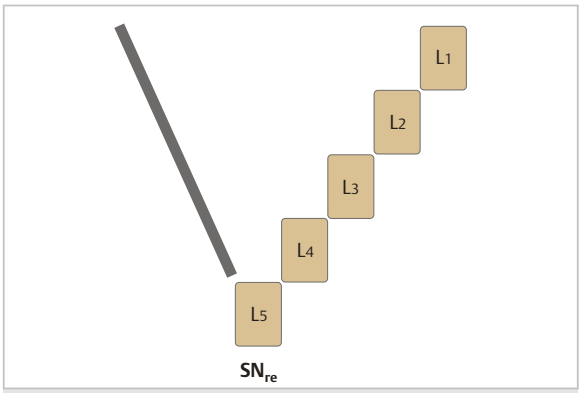


Abb. 11.30 1. Gesetz N S ≠ R bei L1–L5.

Physiologische Muster bei der Beurteilung der Procc. spinosi

In Neutralposition sind die Disci mit Bewegungsaufgaben belastet. In Extension oder Flexion sind die Facetten mit Bewegungsaufgaben belastet.

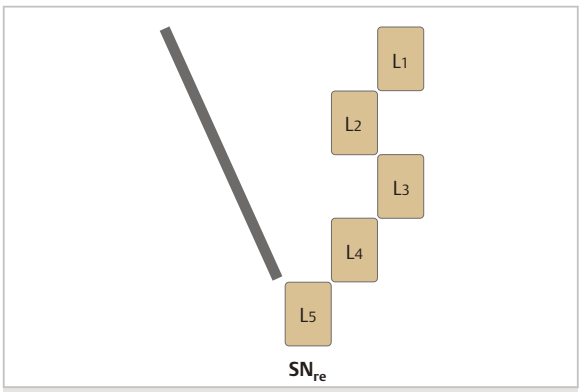


Abb. 11.31 2. Gesetz E/F R = S bei L2.

Pathologische Abweichungen von den erwarteten Mustern

- Getestet wird immer die Seitneigung li/re in einer neutralen Position der Wirbelsäule (N).
- Beurteilt werden immer die Procc. spinosi der Wirbelkörper, welche zur Gegenseite der Rotation auslenken.
- Abweichungen von dem erwarteten N-Kopplungsmuster werden als Läsion bezeichnet.
- Der Läsionsbegriff bezeichnet die Stellung, in der sich der Wirbelkörper befindet oder die Richtung, in die sich der Wirbelkörper bewegen kann, nicht die Richtung, welche blockiert ist!

Tab. 11.3 Kopplungsmöglichkeiten in der LWS.

Kopplungen	Beispiele	Schreibweisen	
N S ≠ R	N S_{li} R_{re} oder N S_{re} R_{li}	NSR_{re}	NSR_{li}
E R = S	E R_{li} S_{li} oder E R_{re} S_{re}	ERS_{li}	ERS_{re}
F R = S	F R_{li} S_{li} oder F R_{re} S_{re}	FRS_{li}	FRS_{re}

NSR_{re}-Läsion

Die ▶ Abb. 11.32 zeigt eine NSR_{re}-Läsion im Segment L2. Die Seitneigung nach links ist ausführbar und die Kopplung erfolgt in allen Segmenten mit einer Rotation nach rechts. Bei einer Seitneigung nach rechts rotiert der Wirbelkörper L2 nicht nach links, sondern bleibt stehen. Dabei handelt es sich um eine Bewegungseinschränkung.

E/FRS_{li}-Läsion

Die ▶ Abb. 11.33 zeigt eine E/FRS_{li}-Läsion im Segment L2. Bei der Seitneigung nach links müssten alle Wirbelkörper nach rechts rotieren. Der Wirbelkörper L2 rotiert nicht nach rechts, sondern nach links. Diese Kopplung gehört nicht in eine neutral eingestellte Wirbelsäule, sondern zeigt ein Kopplungsmuster eines Segments in Extension oder Flexion nach dem 2. Gesetz. Da dieses Kopplungsmuster bei Seitneigung nach links möglich ist, aber nicht in eine neutrale Wirbelsäule gehört, wird diese Läsion als eine E/FRS_{li}-Läsion bezeichnet. Ob es sich nun um eine Extensions- oder Flexionsläsion handelt, wird im Anschluss über eine segmentale Extensions- und Flexionstestung untersucht. Bei dem Befund auf der rechten Seite handelt es sich um eine Bewegungseinschränkung.

Bilaterale Läsion

Bei der ▶ Abb. 11.34 handelt es sich um eine bilaterale Bewegungseinschränkung oder um eine Ankylose. Der Unterschied liegt darin, dass bei einer bilateralen Läsion entweder die Flexion oder die Extension hypomobil ist und bei einer Ankylose beide Richtungen.

Hypermobilität

Das Muster von ▶ Abb. 11.35 kann bei einer Hypermobilität oder Instabilität auftreten. Der Therapeut findet jeweils bei einer Seitneigung links und bei einer Seitneigung rechts das 2. Gesetz.

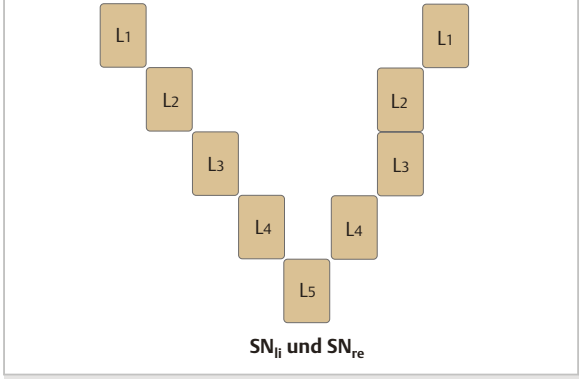


Abb. 11.32 NSR_{re} – Läsion im Segment L2.

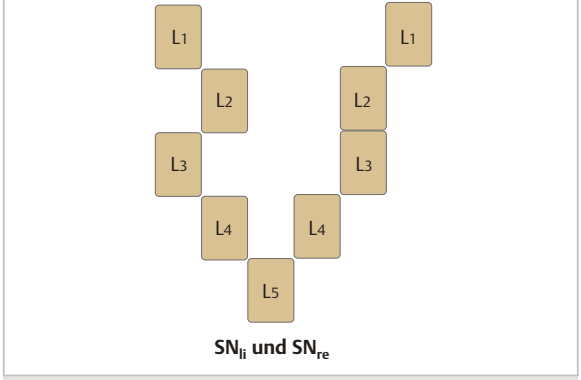


Abb. 11.33 E/FRS_{li} – Läsion im Segment L2.

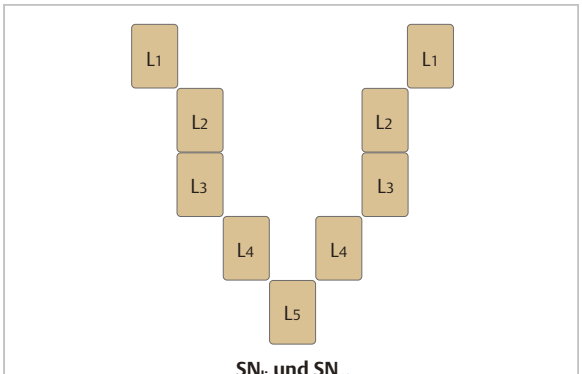


Abb. 11.34 Bilaterale Bewegungseinschränkung im Segment L2.

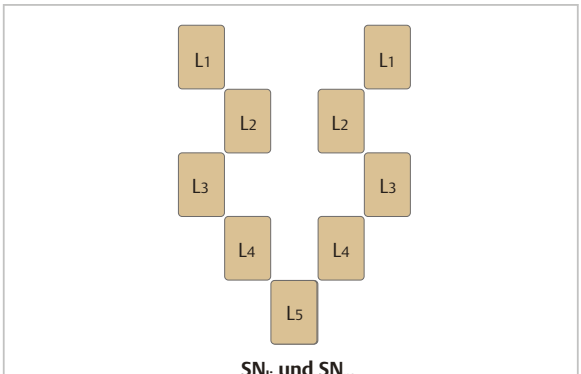


Abb. 11.35 Hypermobilität im Segment L2.

11.2 Praxis

11.2.1 Untersuchung LWS

Der Befund der LWS gliedert sich in die klassischen Untersuchungsaspekte der Manuellen Therapie, welche im Nachgang erläutert werden.

Anamnese

Das Ziel der Anamnese ist es, erste Informationen über die Art der Pathologie zu erhalten. Vor allem kann uns eine genaue Befragung Aufschluss geben, ob Kontraindikationen für die Therapie vorliegen.

Dazu zählen insbesondere Hinweise zu Traumen oder vorliegenden System- bzw. entzündlichen Erkrankungen, die eine Destruktion der passiven Strukturen der LWS zur Folge haben können.

Die entsprechenden Red Flags finden Sie auf S. 297 (Red Flags bei Low Back Pain). Bei der Anamnese folgen wir dem „W" Frageschema, um anhand eines „roten Fadens" alle möglichen Facetten zu beleuchten.

Welche Vorerkrankungen sind bekannt (ggf. Traumen, Medikamente)?

- Sakralisation:
  - einseitige oder beidseitige Verschmelzung des 5. LWK mit dem Os sacrum
- Lumbalisation:
  - komplette bzw. inkomplette Trennung des 1. Sakralwirbels vom Os sacrum, wodurch sich ein 6. LWK ausbildet
- Spondylolyse/Spondylolisthesis:
  - interartikuläre Spaltbildung (Spondylolyse) mit Abgleiten (Spondylolisthesis) des Wirbels nach ventral
  - häufig LWK 5 auf S1, LWK 4 auf LWK 5 ebenfalls möglich
- Morbus Scheuermann:
  - mit Einbrüchen der Grund- und Deckplatten, was zu Instabilitäten der betroffenen Wirbelsäulensegmente führen kann
- Arthrose der LWS:
  - machen ca. 70 % der Wirbelsäulenbeschwerden aus
  - Schmerzsymptomatik ist unterschiedlich, je nachdem, welche anliegende Struktur (ggf. Ramus ventralis oder dorsalis) gereizt wird
- degenerative Spinalkanalstenose:
  - führt zur Einengung des Spinalkanals mit Irritation des Rückenmarks
  - ursächlich ist häufig eine Hypertrophie des Lig. flavum oder Spondylophyten an den Facettengelenken bzw. am Wirbelkörper
  - symptomatisch kann eine Claudicatio intermittens spinalis auftreten
- Medikamente:
  - Analgetika, Antiphlogistika, Antihypertensiva, Antikoagulanzien, Zytostatika, Antidepressiva, Kortikosteroide (Streek 2007)

Wo und was sind ihre Beschwerden (Lokalisation)?

- Parästhesie (Stromgefühl, verminderte Sensibilität, Kribbelerscheinungen)
- Kraftverlust
- Schmerzentäußerungen (lokal, ausstrahlend)
- Funktionseinschränkungen der LWS

Praxistipp

Wichtig ist in diesem Zusammenhang die genaue Lokalisation zu erfragen, um mögliche Zusammenhänge zu den betroffenen Strukturen herstellen zu können.

Einige Anhaltspunkte der Beschwerdeentäußerungen können uns dabei helfen:

- Sensibilitätsstörungen
- scharfe Grenzen sprechen für einen peripheren Nerv (▶ Abb. 11.36) und damit für eine Irritation des Nervs in der Peripherie
- verschwommene Grenzen sprechen für einen Dermatomschmerz (▶ Abb. 11.37) und damit für eine Irritation der Nervenwurzel

Wodurch werden die Beschwerden ausgelöst (Provokation)?

Hier interessieren uns nicht nur die Beschwerdeauslösung, sondern auch Bewegungen, Haltungen, Aktionen, die den Schmerz lindern. Damit lassen sich erste Hinweise auf die auslösende Struktur und auf die Therapie ziehen:

- Schmerzen bei Aufgabe der Schonhaltung (z. B. Entlordosierung der Lendenwirbelsäule):
  - V. a. Bandscheibenvorfall
- Schmerz bei Husten, Niesen, Pressen:
  - V. a. Bandscheibenläsion mit ischialgischen Beschwerden durch den intraabdominalen Druckaufbau und damit verbundenem Rückstau in das Azygossystem
- Beschwerden bei Flexion der Lendenwirbelsäule:
  - V. a. ansteigenden Kompressionsdruck der Bandscheibe auf das Lig. longitudinale posterius, segmentale Instabilität der Lendenwirbelsäule mit Verlust der muskulären Führung
- Beschwerden bei Extension der Wirbelsäule:
  - V. a. Claudicatio intermittens spinalis bei Spinalkanalstenose, Arthrose/Arthritis der ZAG, Kissing spine

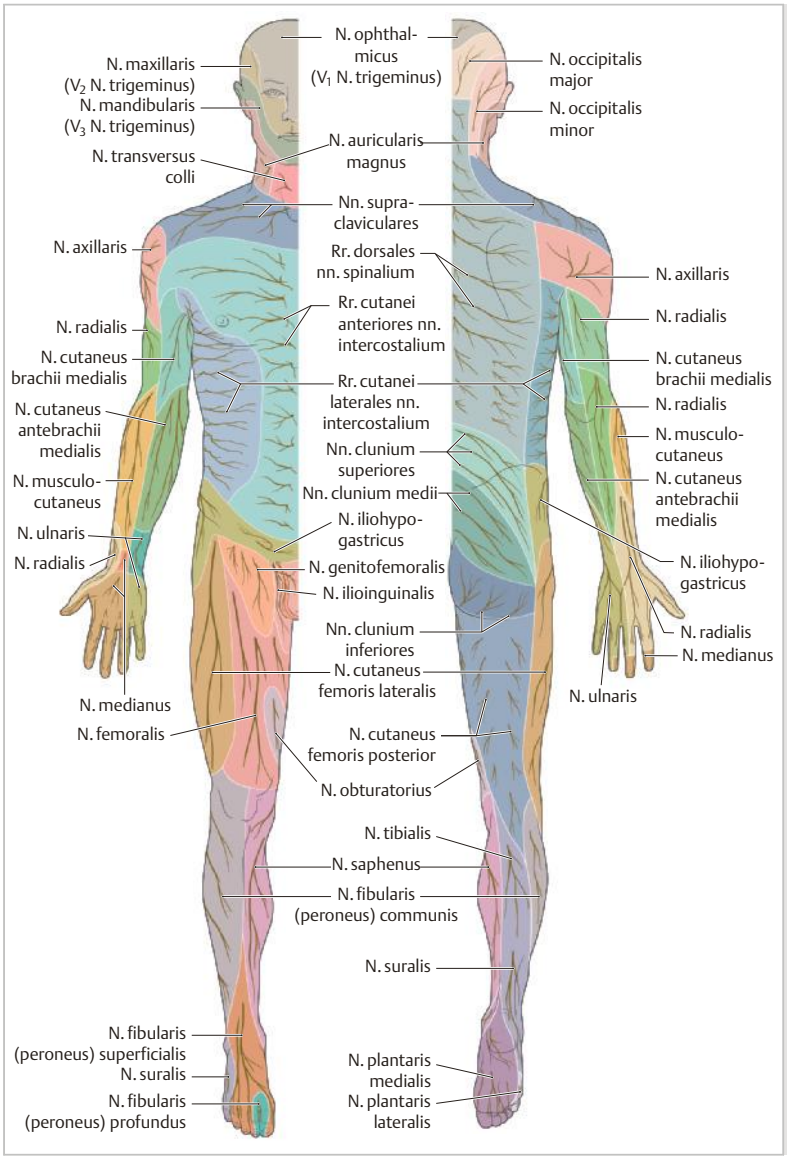


Abb. 11.36 Area nervina.

- Beschwerden nehmen im Tagesablauf kontinuierlich zu, lassen in Ruhe nach; statische Haltungen wirken schmerzverstärkend, dynamische Tätigkeiten lindern den Schmerz:
  - V. a. segmentale Hypermobilität mit ligamentärem Überlastungsschmerz (Streek, 2007)

Wie fühlen sich die Beschwerden an?

Hier interessieren die Quantität und die Qualität des Schmerzes. Deren Ermittlung und Interpretation sind in Kap. 3 Befund aufgeführt.

Wann bestehen die Beschwerden (Zeitpunkt)?

- Beschwerden morgens nach dem Aufstehen, die nach wenigen Minuten bewegungsabhängig nachlassen und gegen Abend wieder auftreten:
  - V. a. Hypermobilität/Instabilität in den Bewegungssegmenten der Lendenwirbelsäule
- Patienten, die vorwiegend über Nachtschmerz klagen und Schmerzen, die durch Bewegung kaum zu beeinflussen sind, bedürfen der unbedingten Abklärung durch den Facharzt (Vorsicht Tumoren, hochakute Entzündungen)!

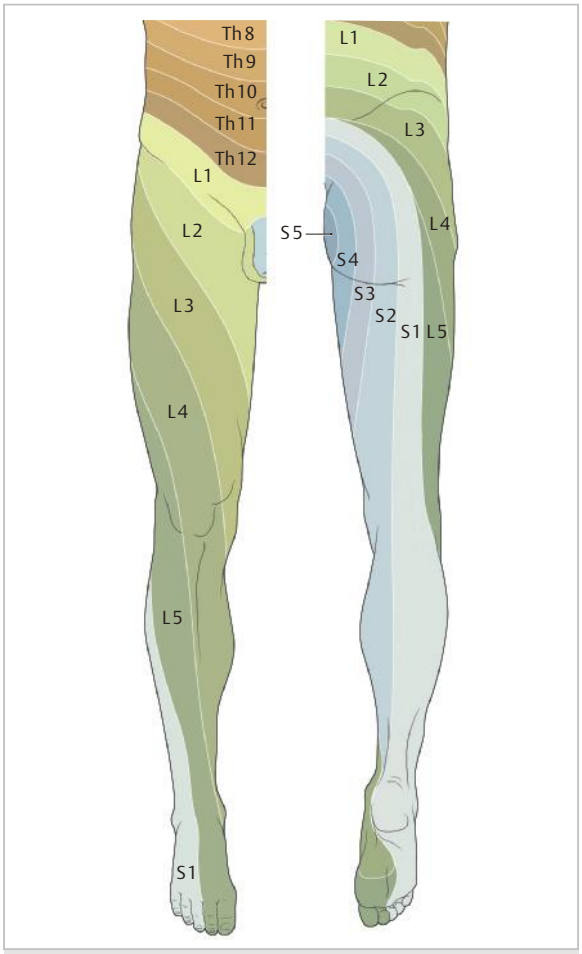


Abb. 11.37 Dermatome.

Seit wann bestehen die Beschwerden?

An diesem Punkt gilt es auch zu klären, wie sich das erste Auftreten der Beschwerden gestaltete, ob sich seit dem ersten Auftreten die Beschwerden gebessert haben, schlimmer geworden oder gleich geblieben sind. Gibt es schmerzfreie Intervalle?

Merke

Allgemein kann man sagen: Je kürzer die Beschwerden andauern, umso größer ist die Aussicht auf therapeutischen Erfolg.

Auch bezüglich der Prognose ist die Beschwerdedauer von Belang, da bei zahlreichen Erkrankungen eine Spontanheilung zu erwarten ist.

Womit sind die Beschwerden verbunden (Begleiterscheinungen)?

Die Äußerungen des Patienten zu diesem Punkt geben uns Hinweise auf eine mögliche Mitbeteiligung angrenzender Strukturen, wie z. B. des peripheren oder zentralen NS und bilden somit eine der Grundlagen für das Erkennen von Kontraindikationen und die weitere Differenzialdiagnostik:

- Kribbelparästhesien in beiden Beinen:
  - V. a. Spinalkanalstenose
  - kann ein Hinweis auf eine spinale Raumforderung (Tumoren, Kaudasymptomatik) sein
- Patient gibt motorische Schwäche an:
  - V. a. radikuläre Problematik, massive Foramenstenose

Inspektion

Ganganalyse

Sie beobachten und beurteilen:

- Standbein- und Schwungbeinphase
- Verhalten von Beinsymmetrien, Becken, WS, Armen, Kopf während des Gehens, den Gang aus physiologischer Sicht

Auf Pathologien weisen hin:

- unsymmetrischer Gang mit ungleichem, unharmonischem Schrittwechsel (durch Entlastungshaltung, neurologische Erkrankung, Erkrankung der unteren Extremitäten, Funktionsstörungen des Beckens oder der LWS)

Statik

Achsenstatik in Frontal- und Sagittalebene:

- Lot fällen, Kopfhaltung, Halsrelief, Schulterhöhe, Achselhöhe, Schulterblattstand, Taillendreieck, Beckenkämme, Längsanal- und Queranalfalte, Kniefalten, Patellae, Knöchelhöhe, Fersen
- Lordose- und Kyphoseausprägung

Auf Pathologien weisen hin:

- Beinlängendifferenz (anatomisch oder funktionell)
- Rotationsfehlstellungen der Beine
- Skoliosen
- Beckentorsionen
- Lordose- und Kyphoseabweichungen (M. Scheuermann, M. Bechterew, Osteoporose, Hypermobilität, Hypomobilität)
- knöcherne und/oder muskuläre Asymmetrien zwischen linker und rechter Körperregion

Haut

Sie beobachten und beurteilen:

- Durchblutung
- Narben
- Entzündungen

Auf Pathologien weisen hin:
- venöse Medusen (Stau und Dysfunktion einer Körperregion oder eines Wirbelbereichs)
- Verquellungen bzw. bindegewebige Einziehungen im Bereich der Dornfortsätze und paravertebral der WS

Muskulatur
- Muskelhypertrophien (pathologisch bei Mehrbelastung)
- Muskelatrophie (bei neurologischen Erkrankungen)
- Muskelasymmetrie (physiologisch aufgrund Tätigkeitsfeld, pathologisch z. B. bei Skoliosen)

Hilfsmittel
- Prothesen, Schienen, Korsetts, orthopädische Schuhe

Palpation

Tab. 11.4 Interpretationen der Palpation. (Böhni, 2011)

Palpationspunkte	Orientierungshilfen
▶ Abb.11.38	• Lig. supraspinale ist palpabel zwischen den Procc. spinosi – Spannungszunahme bei Flexion, Entspannung bei Extension der LWS • Proc. transversus des kaudalen WK liegt ca. 2 QF lateral, in etwa auf der Mitte zwischen den Procc. spinosi des Segments • ZAG des Segments liegt ca. 1 QF lateral von der Unterkante des Proc. spinosus des kranialen WK • Proc. spinosus von L4 liegt ca. auf horizontaler Verbindung beider Cristae • LSÜ kann über die manuelle Translation von L5 nach ventral abgegrenzt werden • Segment S2 liegt ca. auf der horizontalen Verbindung beider SIPS Unterkanten • ISG erstreckt sich von S1 bis S3
Struktur	**Pathologische Veränderungen**
Bindegewebe	• verminderte Verschieblichkeit beim Test der Kibler'schen Hautfalte als mögliches Anzeichen für eine lokale Dystrophie bei einer sympathischen Systemaktivierung
Procc. spinosi	• Druckdolenzen von Periost und ligamentären Ansätzen an den Dornfortsätzen
Procc. transversi	• direkt zugänglich sind nur die QF von L2 und L3, lokale Druckdolenzen gelten als Zeichen der muskulären Irritation (sog. „Irritationszonen") bei segmentalen Dysfunktionen
ZAG und paravertebrale Mm.	• facettengelenknahe Druckdolenzen können auf rein funktionelle Segmentdysfunktionen, ein aktiviertes Facettengelenk oder eine andere strukturelle Pathologie hinweisen • meist druckdolente Tonuserhöhungen sprechen für „Irritationszonen" des medialen tiefen Traktes des Erector spinae (Mm. rotatores und multifidi)

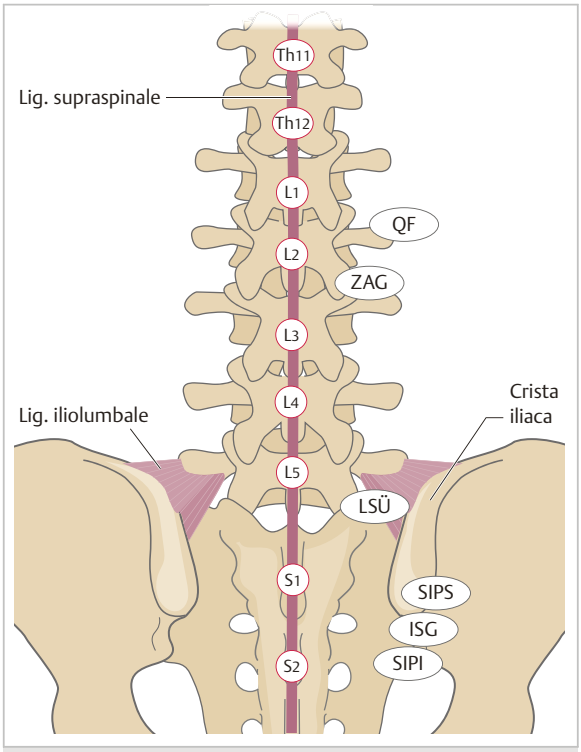


Abb. 11.38 Palpationspunkte.

Safety-Tests

Nach Anamnese, Inspektion und Palpation erfolgt ein Resümee mit Einschätzung von Sicherheit und Kontraindikationen. Am Anfang einer passiven Untersuchung stehen die Safety-Tests der LWS!

Diese Tests untersuchen u. a. die Stabilität der passiven Strukturen. Sie sind als Beweglichkeits- und Provokationstests ausgeführt. Soll die Integrität der kapsuloligamentären Strukturen getestet werden, so wird die Traktion einige Sekunden gehalten. Kompression testet die Knorpel-Knochen-Strukturen.

Dabei stellen positive Testergebnisse, welche sich durch einen inadäquaten Schmerz oder abnormale Beweglichkeit zeigen, eine Kontraindikation für mobilisierende Maßnahmen an der LWS dar und sollten durch den entsprechenden Facharzt abgeklärt werden.

Negative Sicherheitstests wiederum bergen ebenfalls keinen absoluten Ausschluss von Komplikationen und entbinden somit den Therapeuten nicht von der nötigen Sorgfalt bei der Behandlung der LWS.

Ausgeschlossen werden müssen:
- Systemerkrankungen (Rheuma, M. Bechterew, Psoriasis)
- Tumoren, entzündliche Prozesse, Frakturen, Bandläsionen
- Instabilitäten als Kontraindikation für mobilisierende Behandlung

Instabilitätstest L5/S1

Ausführung (▶ Abb. 11.39)

- Der Therapeut steht ventro-kaudal zum in Seitenlage befindlichen Patienten und legt seine von kaudal kommende Hand auf das Os sacrum sowie palpierend ins Segment L5.
- Die von kranial kommende Hand stabilisiert die Wirbelsäule und palpiert im Segment L4.
- Die Beine des Patienten sind im Hüftgelenk ca. 70° flektiert und legen sich mit den Kniegelenken gegen die Oberschenkel des Therapeuten.
- Der Therapeut gibt über die Kniegelenke in Verlängerung der Oberschenkel des Patienten einen axialen Schub nach dorso-kranial und zieht im Anschluss nach ventro-kaudal.
- Dabei palpiert er zwischen den Procc. spinosi der Segmente L4 und L5 die Translation der Wirbelkörper via Procc. spinosi.

Interpretation:

- Der Test untersucht die Translation der Wirbelkörper in der Bandscheibenebene, dabei testet er das Gelenkspiel der einzelnen Segmente.
- Dabei sollten die Procc. spinosi in jedem Segment eine relativ gleichmäßige, geringe Translation (d. h. minimales Gelenkspiel) zeigen.
- Sollte es bei der Testung zu einer vermehrten Translation (Stufenbildung) im Segment L4 (wobei L5 gegenüber L4 vermehrt nach dorsal transliert) kommen, könnte dies auf eine Instabilität (z. B. Anteriolisthesis) im Segment L5 hinweisen.

Klopftest

Ausführung (▶ Abb. 11.40):

- Der Patient befindet sich in Bauchlage.
- Der Therapeut legt seinen Zeigefinger auf den Proc. spinosus des zu testenden Wirbelkörpers und gibt mit dem Reflexhammer einen Schlag auf den palpierenden Finger. Alternativ kann der Therapeut auch mit dem Knöchel seiner Untersuchungshand das Klopfen ausführen.

Interpretation:

- Schmerzen können auf eine Irritation des entsprechenden Wirbelsäulensegments infolge degenerativ entzündlicher Veränderungen hindeuten, ein ausstrahlender Schmerz auf ein Bandscheibenleiden.
- Ein inadäquater Schmerz könnte für eine Fraktur, Periostitis, Spondylitis oder einen Tumor sprechen und entspräche einem positiven Sicherheitstest.

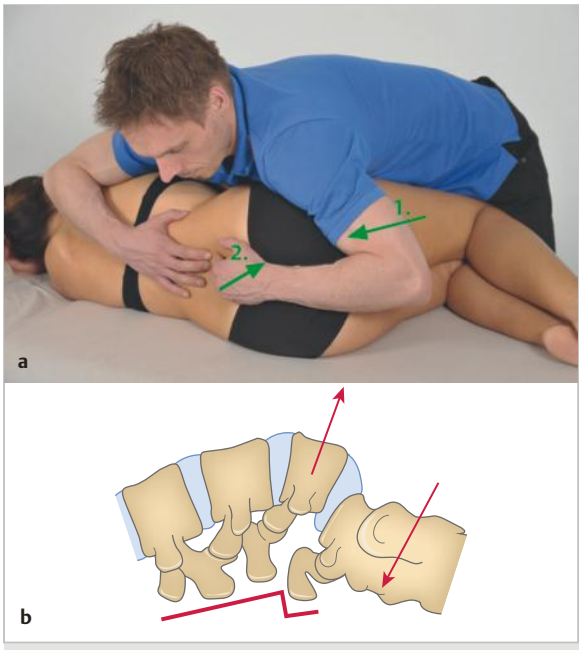


Abb. 11.39 Instabilitätstest der LWS und schematische Darstellung.
a Instabilitätstest der LWS.
b Schematische Darstellung der Stufenbildung bei Instabilität.

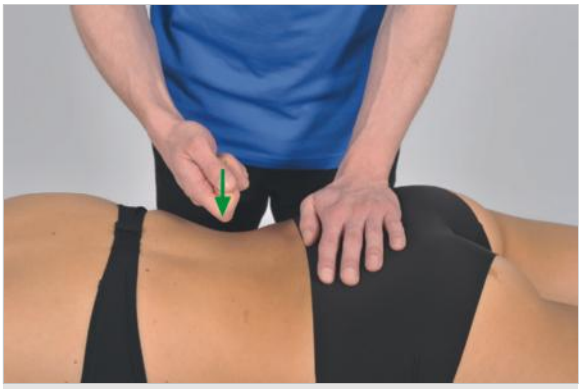


Abb. 11.40 Klopftest an der LWS.

Rosette-Test

Ausführung (▶ Abb. 11.41):



Abb. 11.41 Rosette-Test an der LWS.

- Der Patient befindet sich in Bauchlage, die Arme liegen neben dem Körper.
- Der Therapeut steht neben der Behandlungsbank und legt den Daumen seiner von kaudal kommenden Hand seitlich, widerlagernd an den Dornfortsatz von L5. Den Daumen der von kranial kommenden Hand legt er auf der gegenüberliegenden Seite, seitlich gegen den Proc. spinosus von L4, an.
- Im Anschluss bewegt der Therapeut, durch geradlinigen Druck auf den Proc. spinosus von L4, den Wirbelkörper in Rotation.
- Der Therapeut versetzt nun die Daumen im gleichen Segment, so dass ein Wechsel der Seiten eine Prüfung in entgegengesetzter Richtung ermöglicht.
- In gleicher Art wird die gesamte Lendenwirbelsäule untersucht.

Interpretation:

- Der Test bewertet Schmerz und die rotatorische segmentale Beweglichkeit.
- Zeigt sich der Schmerz kontralateral, kann die Kompression der Facette auf ein intraartikuläres Problem hindeuten, während ein Schmerz auf der gleichen Seite (Separation der Facette) für ein kapsulo-ligamentäres Problem spricht.
- Ein inadäquater Schmerz stellt einen positiven Safety-Test dar.

Traktion nach kranial

Ausführung (▶ Abb. 11.42):

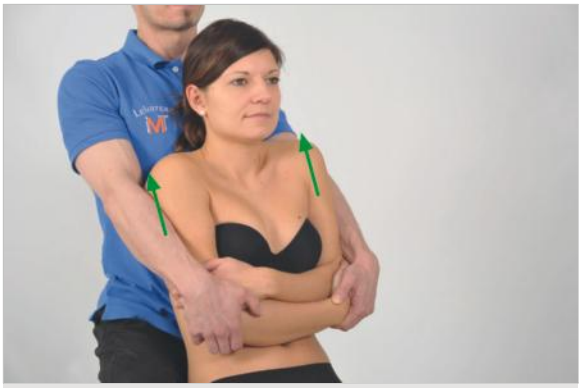


Abb. 11.42 Traktion der LWS im Sitz.

- Der Patient sitzt in einer neutralen Position am hinteren Rand der Bank.
- Die LWS darf weder in Lordose noch in Kyphose verriegelt sein.
- Die Arme des Patienten liegen verschränkt, unterhalb des Rippenbogens und oberhalb des Bauchnabels vor dem Körper.
- Der hinter dem Patienten stehende Therapeut umfasst von dorsal den rechten und linken Ellenbogen.
- Die Traktion erfolgt durch ein „Einbaggern" der Unterarme unterhalb des Thorax und eine Rückverlagerung des Therapeuten unter Mitnahme des Patienten.

Interpretation:

- Schmerzentlastung:
  - V. a. Schulterprolaps (mechanisch)
  - V. a. Achselprolaps (neurologisch)
- Schmerzverstärkung:
  - V. a. Achselprolaps (mechanisch)
  - V. a. Schulterprolaps (neurologisch)
- Schmerz nach einigen Sekunden:
  - V. a. kapsulo-ligamentäre Probleme
- Schmerz, wenn Therapeut die Traktion plötzlich löst:
  - V. a. Fraktur

Traktion nach kaudal

Ausführung (▶ Abb. 11.43):

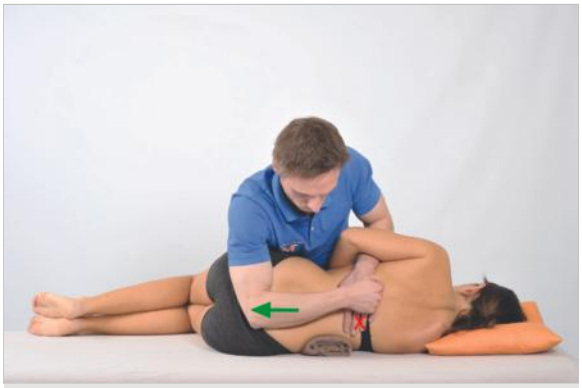


Abb. 11.43 Traktion nach kaudal aus der Seitenlage.

- Der Patient befindet sich in Seitenlage, das Taillendreieck wird ausgeglichen.
- Der Therapeut fixiert mit seiner kranialen Hand den oberen Wirbelkörper des Segments.
- Der volare Unterarm des kaudalen Armes legt sich auf das Os sacrum des Patienten, während der Therapeut von ventral mit seinem Körper das Becken fixiert.
- Die Traktion erfolgt über eine Kaudalbewegung des fixierten Beckens durch den Therapeuten.

Interpretation:

- Schmerzentlastung:
  - V. a. Achselprolaps (mechanisch)
  - V. a. Schulterprolaps (neurologisch)
- Schmerzverstärkung:
  - V. a. Schulterprolaps (mechanisch)
  - V. a. Achselprolaps (neurologisch)

Kompression

Ausführung (▶ Abb. 11.44):

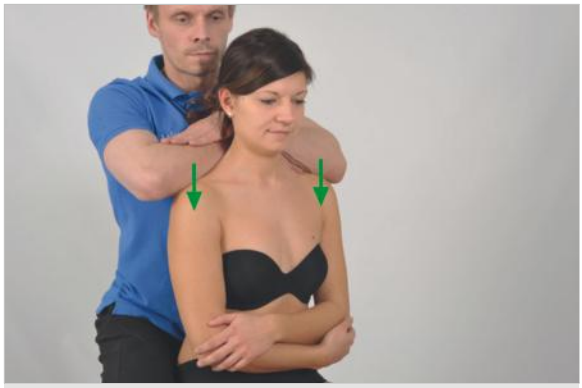


Abb. 11.44 Kompression der LWS im Sitz.

Der Therapeut steht hinter dem sitzenden Patienten und gibt über seine, auf dem Schultergürtel des Patienten positionierten Unterarme intermittierend langsam ansteigenden Druck in die in Neutralstellung gehaltene LWS des Patienten.

Interpretation:

Schmerz spricht für eine Läsion der Bandscheibe oder des Wirbelkörpers, inadäquater Schmerz kann auf eine Fraktur, einen Tumor oder hochentzündlichen Prozess hindeuten.

Aktive und passive Bewegungsuntersuchung

Aktive Bewegungsuntersuchung testet:

- Koordination der Bewegung
- harmonischer Bogen/Deviation/Deflexion
- Bewegungsumfang
- Schmerz
- erste Anzeichen für Hypomobilitäten oder Bandscheibenproblematiken

Passive Bewegungsuntersuchung testet:

- Ausmaß der Bewegung durch Überdruck (Quantität)
- physiologisches oder pathologisches Endgefühl (Qualität)

Flexion aus dem Stand

Ausführung:
- Die Flexion wird von der HWS eingeleitet.
- Am Ende der Bewegung testet der Therapeut das Endgefühl, indem er mit einem passiven Impuls den Patienten weiter in die Flexion führt.
- Das Endgefühl sollte weich-elastisch sein.

Interpretation:
- Schmerzen durch:
  - Bandscheibenschäden
  - Zug an der Dura mater und dem zentralen Nervensystem
- Bewegungseinschränkungen durch:
  - Hypomobilität durch bilaterale Divergenzstörung (E-Läsionen)
  - Hypomobilität durch unilaterale Divergenzstörung: Deviation nach rechts bedeutet, dass die rechte Facette nicht divergieren kann

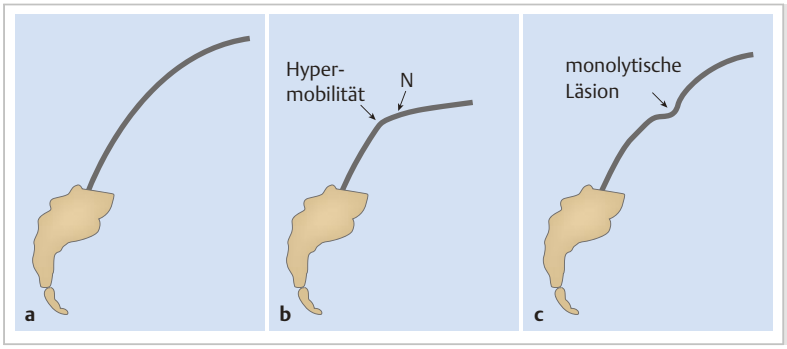


Abb. 11.45 Bewegungsuntersuchung: Flexion aus dem Stand.
a Normale Beweglichkeit.
b Hypermobilität mit Gruppenläsion in N.
c Monolytische Läsion in E.

Extension aus dem Stand

Ausführung:
- Die Extension wird von der HWS eingeleitet.
- Am Ende der Bewegung testet der Therapeut das Endgefühl, indem er mit einem passiven Impuls weiter in die Extension geht.
- Das Endgefühl sollte weich-elastisch sein.

Interpretation:
- Schmerzen durch:
  - Verengung des Foramen intervertebrale (s. Kemp-Test)
  - Kompression der ZAG bei Facettenschluss
- Bewegungsabweichungen durch:
  - Hypomobilität durch bilaterale Konvergenzstörung (F-Läsionen)
  - Hypomobilität durch unilaterale Konvergenzstörung: Deviation nach rechts bedeutet, dass die linke Facette nicht konvergieren kann

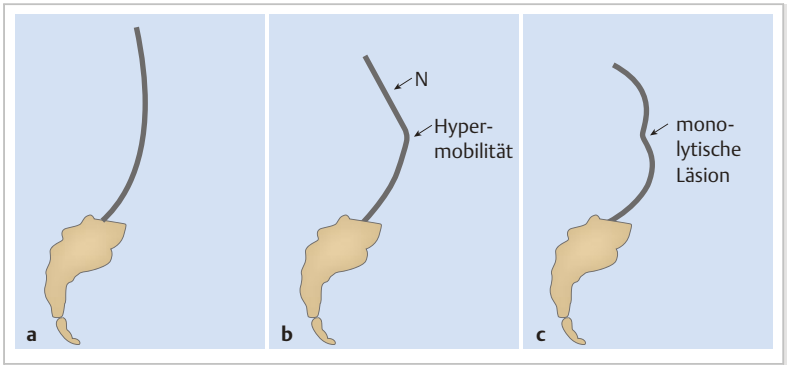


Abb. 11.46 Bewegungsuntersuchung: Extension aus dem Stand.
a Normale Beweglichkeit.
b Hypermobilität mit Gruppenläsion in N.
c Monolytische Läsion in F.

Lateralflexion rechts aus dem Stand

Ausführung:
- Die Lateralflexion wird von der HWS eingeleitet.
- Am Ende der Bewegung testet der Therapeut das Endgefühl, indem er mit einem passiven Impuls weiter in die Lateralflexion geht.
- Das Endgefühl sollte weich-elastisch sein.

Interpretation:
- Schmerzen rechts durch:
  - Raumforderungen (ggf. Bandscheibenmaterial) rechts
  - Einengung des Foramen intervertebrale rechts
  - Facettenschluss bei Arthrose der ZAG rechts
- Schmerzen links durch:
  - zunehmenden Quellungsdruck von Bandscheibenmaterial links
  - Kapsulitis des linken ZAG
- Bewegungsabweichungen durch (▶ Abb. 11.47):
  - Läsionen der LWS in E oder F, welche durch Beckenbewegungen vermutet werden können
  - physiologisch bewegt sich die Beckenseite, zu der seitgeneigt wird nach vorn (Kopplung in N)

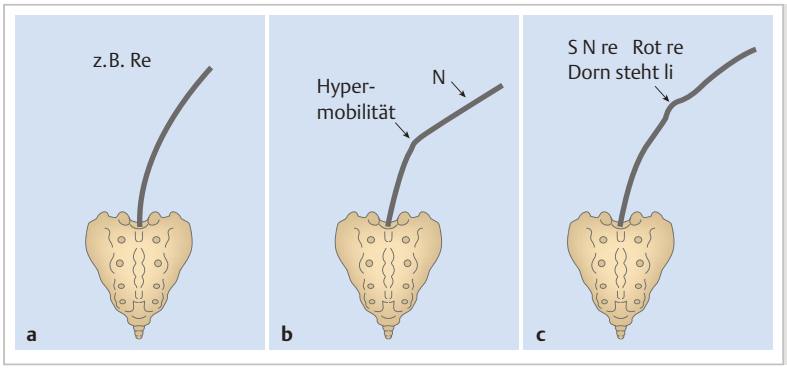


Abb. 11.47 Bewegungsuntersuchung: Lateralflexion rechts aus dem Stand.
a Normale Beweglichkeit.
b Hypermobilität mit darüber oder darunter liegender Gruppenläsion in N.
c Monolytische Läsion in E/F.

Zusatztests und Differenzialdiagnostik

Drei-Stufen-Hyperextensionstest nach Mennell

Das Prinzip der Untersuchungstechnik liegt darin, durch eine Abfolge von Provokationstests in 3 Stufen, mittels passiven Anhebens des Beines bei unterschiedlichen Fixationspunkten, differenzialdiagnostisch das Hüftgelenk, das ISG und die LWS zu untersuchen.

Ausführung:
- Der Patient befindet sich in Bauchlage in einer weitestgehend neutralen Ausgangsstellung.
- Der Therapeut steht seitlich neben der Liege auf der gegenüberliegenden Seite des zu testenden Beines.
- Er umgreift mit seiner kaudalen Hand von lateral, oberhalb des Kniegelenks, das gegenüberliegende Bein des Patienten. Im Anschluss erfolgt das Abheben des Beines in 3 Stufen.

1. Stufe – Testung der Art. coxae (▶ Abb. 11.48)
- Das Os ilium wird flächig über den Hauptkontakt am Tuber ischiadicum fixiert.
- Damit wird eine weiterlaufende Bewegung in die kranial davon gelegenen Gelenke verhindert.

Interpretation:
- Coxarthrose und Verkürzung des M. iliopsoas können einen Leistenschmerz provozieren.
- Eine Iliopsoasverkürzung kann eine Ausweichbewegung der LWS in Richtung Extension provozieren.



Abb. 11.48 Testung der Art. Coxae.

2. Stufe – Testung des ISG (▶ Abb. 11.49)
- Das Os sacrum wird mit dem Hypothenar über den kontralateralen Sakrumflügel auf Höhe des AIL fixiert.
- Das Ilium wird durch das Anheben des Beines nach anterior bewegt.

Interpretation:
- Nach Ausschluss des Hüftgelenks deutet eine Schmerzprovokation auf das ISG.

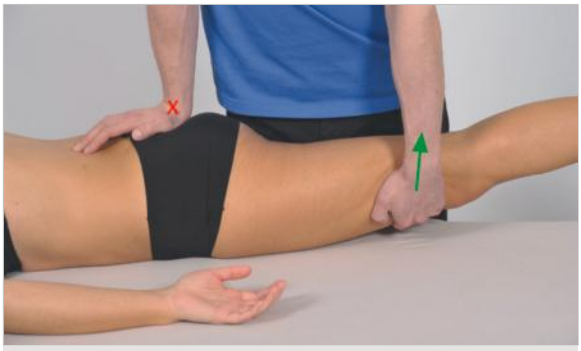


Abb. 11.49 Testung des ISG.

3. Stufe – Testung der LWS (▶ Abb. 11.50)
- Der Dornfortsatz von L5 wird mit Thenarkontakt fixiert.
- Die weiterlaufende Bewegung bei fortgesetztem Anheben des Beines provoziert vor allem bei L5/S1 eine Hyperextension.
(Böhni, 2011)

Interpretation:
- Nach Ausschluss des ISG deutet eine Schmerzprovokation auf L5/S1 hin.

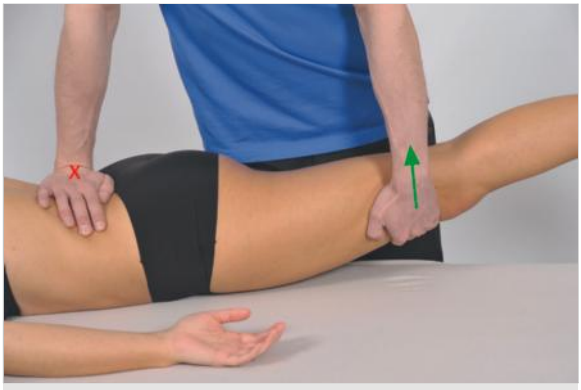


Abb. 11.50 Testung der LWS.

Passive Flexion/gleichsinnige Rotation + Seitneigung

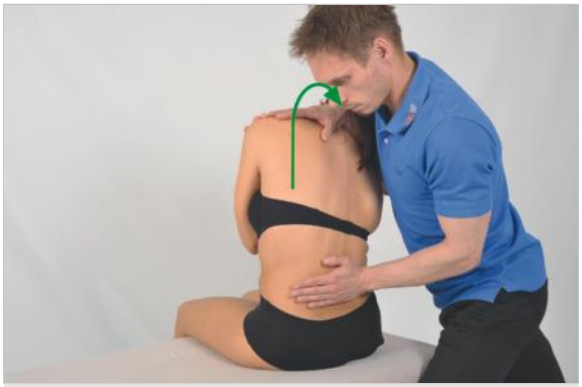


Abb. 11.51 Testung der Facettendivergenz links.

Ausführung (▶ Abb. 11.51):
- Der Therapeut steht dorso-lateral zum sitzenden Patienten und legt seinen Unterarm über den durch einen Pharaonengriff fixierten Schultergürtel des Patienten.
- Die freie Therapeutenhand fixiert den kaudalen Abschnitt der nicht getesteten LWS von der Gegenseite, um das Segment zu fokussieren.
- Durch einen Überdruck des ellenbogenseitigen Unterarms verstärkt der Therapeut die Flexion/Seitneigung/Rotation im zu testenden Segment (hier: Test der linken Seite).

Interpretation:

Facettendivergenz links provoziert ggf. Schmerzen durch:
- Arthritis der ZAG li.
- Bandscheibenläsion li.
- Blockierung

Passive Extension/gleichsinnige Rotation + Seitneigung = Kemp-Test

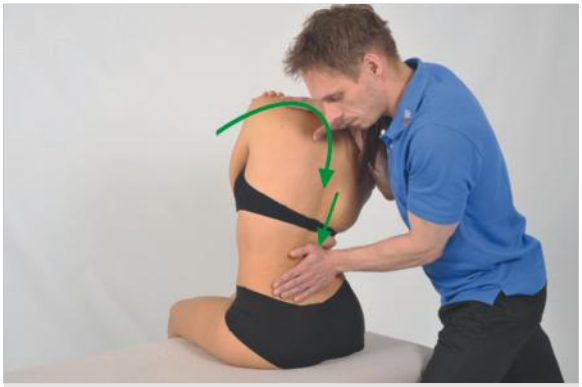


Abb. 11.52 Kemp-Test.

Ausführung (▶ Abb. 11.52):
- Der Therapeut steht dorso-lateral zum sitzenden Patienten und legt seinen Unterarm über den durch einen Pharaonengriff fixierten Schultergürtel des Patienten.
- Die freie Therapeutenhand fixiert den kaudalen Abschnitt der nicht getesteten LWS von der Gegenseite, um das Segment zu fokussieren.
- Durch einen Überdruck des ellenbogenseitigen Unterarms verstärkt der Therapeut die Extension/Seitneigung/Rotation im zu testenden Segment (hier: Test der rechten Seite).

Interpretation:

Facettenkonvergenz rechts provoziert ggf. Schmerzen durch:
- Arthrose der ZAG re.
- Irritation des Spinalnervs im Foramen intervertebrale re.
- Blockierung
- Bandscheibenläsion

Neurologische Diagnostik

Testung der Sensibilität

Ausführung:

Die Testung der Oberflächensensibilität erfolgt im Seitenvergleich und zirkulär um die Extremität. Um die entsprechenden Grenzen der Hautareale zu lokalisieren, empfiehlt es sich, diese Grenzen mit einem Stift zu markieren.

Der Therapeut achtet auf folgende Sensibilitätsstörungen:
- Schmerzempfinden
- Temperaturempfinden
- Berührungsempfinden

Interpretation:
- Ausfall eines Dermatoms spricht für eine radikuläre Schädigung
- Ausfall einer Area nervina für eine Schädigung eines peripheren Nervs

Testung der Reflexe

- L4 – Patellarsehnenreflex (PSR)
- L5 – Tibialisposteriorsehnenreflex (TSR)
- S1 – Achillessehnenreflex (ASR)

Ausführung:

Die Reflexaktivität ist von der Körperhaltung, vom allgemeinen Anspannungszustand und von der individuellen Konstitution der Testperson abhängig. Aus diesem Grund sind bei der Reflexprüfung folgende Kriterien zu beachten:

- Test immer im Seitenvergleich durch Schlag auf die Sehne des zu testenden Kennmuskels durchführen
- bei geringer Reflexaktivität Bahnungsmanöver einsetzen (Jendrassik-Handgriff, Vorspannung)
- Beurteilung der Stärke und Häufigkeit der Muskelkontraktion im Seitenvergleich

Interpretation:
- Ausfall des Reflexes gilt als möglicher Hinweis auf eine radikuläre Schädigung
- Hyperreflexie oder Klonus sprechen für eine Schädigung der Pyramidenbahn

Testung der Kennmuskeln

- L1 – M. psoas major
- L2 – Adduktoren der Hüfte
- L3 – M. quadriceps femoris
- L4 – M. tibialis anterior
- L5 – M. extensor hallucis longus
- S1 – M. triceps surae

Ausführung:

Die Kraft bzw. Abschwächung der Kennmuskeln ist auch immer von der individuellen Konstitution der Testperson abhängig. Aus diesem Grund sind bei der Kennmuskelprüfung folgende Kriterien zu beachten:
- Test immer im Seitenvergleich durchführen
- Patient spannt gegen den Widerstand des Therapeuten, welcher versucht den Widerstand zu brechen
- Beurteilung der Stärke der Muskelkontraktion im Seitenvergleich

Interpretation:
- Ausfall oder Abschwächung des Kennmuskels gilt als möglicher Hinweis auf eine radikuläre Schädigung

Straight-Leg-Raise-(SLR)-Test mit Dorsalextension des Fußes

Ausführung (▶ Abb. 11.53 u. ▶ Abb. 11.54):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- Der Therapeut bringt das im Kniegelenk gestreckte Bein des Patienten passiv in eine Hüftgelenksflexion.

Interpretation:
- Der Test untersucht die Mobilität der Dura mater und der Spinalnerven L4–S1.
- Tritt ein Schmerz zwischen 20°–60° Hüftflexion auf, gilt der Test als neurogen positiv.
- Ursachen für den Schmerz können ein Diskusprolaps, eine Ischämie oder eine Nervenirritation im Foramen intervertebrale sein.
- Tritt der Schmerz oberhalb von 60° auf, könnte die Ursache auch muskulär sein, daher wird an der Schmerzgrenze das Hüftgelenk in eine Adduktion/Innenrotation bewegt.
- Wirkt diese Bewegung schmerzverstärkend und Abduktion/Außenrotation schmerzverringernd, dann liegt eine neurale Ursache nahe.
- Die passive Dorsalextension des Fußes verstärkt, bei bestehender neuraler Schmerzursache, den Schmerz.



Abb. 11.53 SLR-Test.



Abb. 11.54 DE an der Schmerzgrenze.

Valsalva-Test (Test von Milgram, Kernig-Test)

Ausführung (▶ Abb. 11.55):
- Der in Rückenlage befindliche Patient wird aufgefordert, eine maximale Bauchspannung auszuführen, um eine intraabdominale Druckerhöhung auszulösen.

Interpretation:
- Test ist positiv, wenn Schmerz bei maximaler Bauchspannung auftritt.

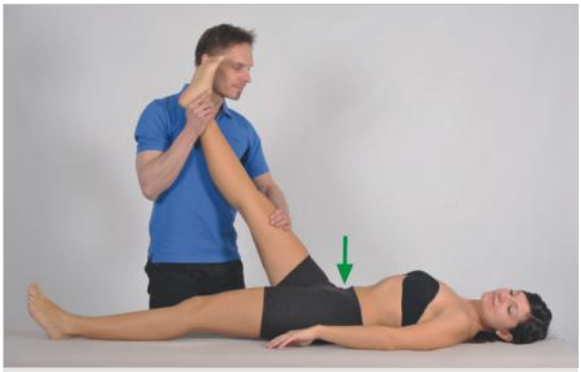


Abb. 11.55 Valsalva-Test.

Neri-Test

Ausführung (▶ Abb. 11.56):
- Der Therapeut führt einen SLR-Test durch.
- Unter dem Halten der Testposition wird der Kopf des in Rückenlage befindlichen Patienten aktiv oder passiv in Flexion der HWS gebracht.

Interpretation:
- Führt der Neri-Test zu einer Schmerzverstärkung, lässt dies eher auf eine zentrale als auf eine periphere Problematik schließen.



Abb. 11.56 Neri-Test.

Chemischer Lasègue und großes abdominales Manöver

Ausführung (▶ Abb. 11.57):
- Auf das Vorliegen eines chemischen Lasègue deutet die Anamnese des Patienten hin.
- Darin schildert er ggf. Schmerz nach dem Essen oder bei Defäkation (intraabdominelle Druckerhöhung).
- Die Testung erfolgt durch den SLR bis zum Auftreten des Schmerzes (Position merken!).
- Anschließend wird ein großes abdominales Manöver durchgeführt und erneut der SLR getestet.
- Tritt der Schmerz beim SLR-Test nun später auf, liegt ein positiver chemischer Lasègue vor.

Interpretation:
- Der Befund lautet ischämische Neuritis aufgrund einer Kompression der V. lumbalis Pars intervertebralis.
- Zuerst wird ein SLR-Test durchgeführt und das Ausmaß der Bewegung registriert.
- Anschließend werden die Beine des in Rückenlage befindlichen Patienten angestellt.
- Der Therapeut schaufelt unter rhythmischen Bewegungen, während der Einatmung das Bauchpaket auf der rechten Seite (Richtung Leber) nach kranial, gegen das sich senkende Diaphragma.
- Während der Ausatmung wird leicht nachgegeben.
- Im Anschluss SLR erneut testen und das Ausmaß bewerten.



Abb. 11.57 Großes abdominales Manöver.

Klinischer Bezug

Da die Vv. azygos und hemiazygos mit den Vv. oesophageales infradiaphragmal Anastomosen bilden, führt eine Entstauung der Vv. mesenterica inferior und superior, über die V. portae und weiter zur V. cava inferior, zum gewünschten Erfolg.

Rotatorische und translatorische Testung der LWS

Oszillationstest

Ausführung (▶ Abb. 11.58):

- Der Patient sitzt in einer neutralen Ausgangsstellung auf der Schmalseite der Bank.
- Die Arme sind im Pharaonengriff vor dem Körper verschränkt.
- Der Therapeut testet in dieser Ausgangsstellung von rechts und anschließend von links beide Seite nacheinander, indem er seinen Unterarm über den Schultergürtel des Patienten legt und rhythmisch oszillierende Bewegungen durchführt.
- Der Daumen des Therapeuten legt sich ipsilateral gegen die Procc. spinosi der Wirbelsäule auf Höhe des durch die Schwingung entstehenden Apex.
- Beurteilt wird die Bewegungen der Procc. spinosi, die initial am Anfang der Oszillation zur Gegenseite auslenken sollten.

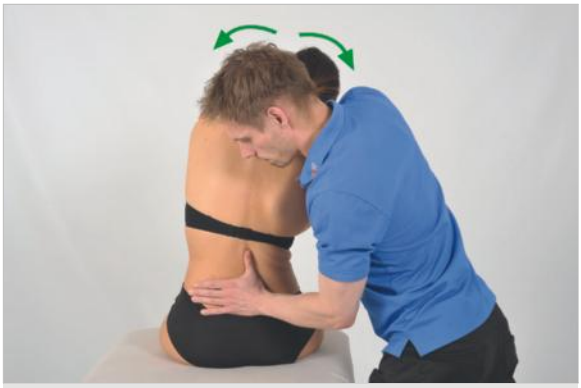


Abb. 11.58 Oszillationstest.

Interpretation:

- Dieser Test gibt ausschließlich eine Aussage über das Niveau der Läsion, indem ein „rigider" Bereich lokalisiert wird.

Seitneigungstest

Ausführung (▶ Abb. 11.59):

- Der Patient sitzt in einer neutralen Ausgangsstellung auf der Schmalseite der Bank.
- Die Arme sind im Pharaonengriff vor dem Körper verschränkt.
- Der Therapeut testet die rechte und linke Seite nacheinander, indem er seinen Unterarm über den Schultergürtel des Patienten legt und die LWS bis in das zu untersuchende Segment seitneigt.
- Der Daumen des Therapeuten legt sich ipsilateral gegen die Procc. spinosi der Wirbelsäule auf Höhe des durch die Seitneigung entstehenden Apex.
- Anschließend beurteilt der Therapeut von kaudal nach kranial die treppenartige Auslenkung der Procc. spinosi, indem er mit minimalem Druck vom unten liegenden Dorn nach kranial in Richtung des darüber liegenden Dorns gleitet.

Interpretation:

- Die Interpretation erfolgt auf Grundlage der Kopplungsgesetze der WS, welche in einer neutralen Ausgangsstellung einer gegensinnigen Kopplung entsprechen.

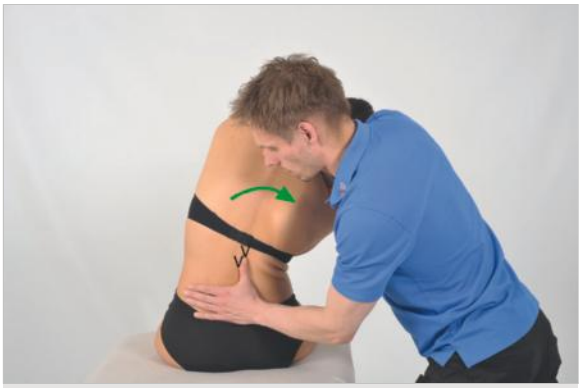


Abb. 11.59 Seitneigungstest.

Im weiteren Verlauf erfolgt bei Vorliegen einer E- oder F-Läsion die Differenzierung über die selektive Testung der segmentalen Extension und Flexion.

Merke

Oszillationstest = Niveau!
Seitneigungstest = N- oder E/F-Läsion!
Testung Extension/Flexion = E- oder F-Läsion!

Flexionstest im Sitz

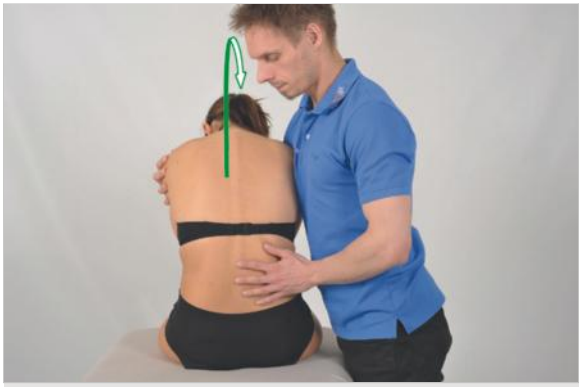


Abb. 11.60 Segmentale Flexionstestung im Sitz.

Ausführung (▶ Abb. 11.60):
- Der Therapeut steht seitlich zum sitzenden Patienten und fasst über die im Pharaonengriff verschränkten Arme.
- Die Flexion für die LWS wird über einen Druck auf die Ellenbogen des Patienten in Richtung Bauchnagel eingeleitet.
- Diese Bewegung kann mit der Schulter des Therapeuten unterstützt werden.
- Mit der anderen Hand palpiert der Therapeut zwischen den 2 angrenzenden Procc. spinosi des getesteten Segments die erwartete Divergenz.

Interpretation:
- Eine ausbleibende Divergenz der Procc. spinosi, welche auch durch eine ausbleibende Anspannung des Lig. supraspinale angenommen werden kann, deutet auf eine bilaterale Extensionsläsion oder eine ERS-Läsion hin.

Extensionstest im Sitz

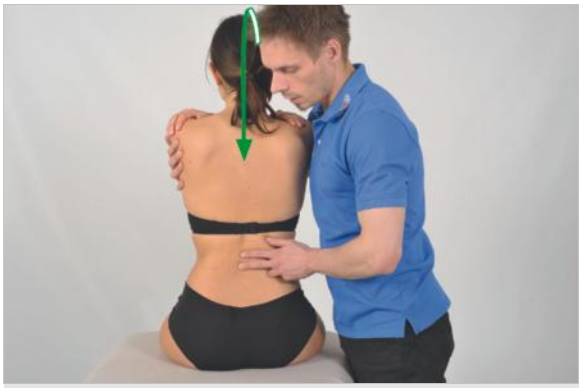


Abb. 11.61 Segmentale Extensionstestung im Sitz.

Ausführung (▶ Abb. 11.61):
- Der Therapeut steht seitlich zum sitzenden Patienten und fasst unter die im Pharaonengriff verschränkten Arme.
- Die Extension der LWS wird über einen Zug der Ellenbogen des Patienten nach ventro-kranial eingeleitet.
- Diese Bewegung kann mit der Schulter des Therapeuten unterstützt werden.
- Mit der anderen Hand palpiert der Therapeut zwischen den 2 angrenzenden Procc. spinosi des getesteten Segments die erwartete Konvergenz.

Interpretation:
- Eine ausbleibende Konvergenz der Procc. spinosi, welche auch durch eine ausbleibende Entspannung des Lig. supraspinale angenommen werden kann, deutet auf eine bilaterale Flexionsläsion oder eine FRS-Läsion hin.

Flexionstest in Seitenlage

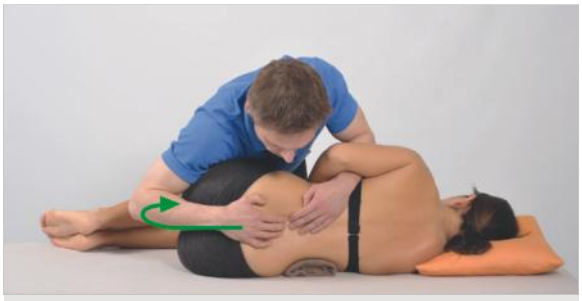


Abb. 11.62 Segmentale Flexionstestung in Seitenlage.

Ausführung (▶ Abb. 11.62):
- Der Therapeut steht vor dem in Seitenlage befindlichen Patienten und fixiert dessen Kniegelenke gegen seine Oberschenkel.
- Die Palpationsfinger der von kranial kommenden Hand liegen in den Segmenten L5 und L4. Die kaudale Hand liegt auf dem Os sacrum und führt die Bewegung.
- Die Testung beginnt bei ca. 60° Flexion im Hüftgelenk im Segment L5 und endet bei ca. 120° im Segment Th12, indem der Therapeut mit seinen Oberschenkeln, über die Knie des Patienten, weiter in die Hüftgelenksflexion bewegt.
- Sollte das Therapeuten-Patienten-Verhältnis diese Ausgangsstellung nicht zulassen, so kann der Therapeut oberhalb der Oberschenkel des Patienten stehen und mit seiner kaudalen Hand die Unterschenkel von der anterioren Seite für eine passive Hüftgelenksflexion umgreifen.
- Beurteilt wird wieder die Divergenz der Procc. spinosi und die zunehmende Bandspannung des Lig. supraspinale.

Extensionstest in Seitenlage

Ausführung (▶ Abb. 11.63):

- Die Ausgangsstellung entspricht der Flexions-Testung in Seitenlage.
- Sie beginnt am Ende der Flexions-Testung, von kranial nach kaudal, bei ca. 120° Hüftgelenksflexion, indem der Therapeut die Beine in eine zunehmende Extension führt.
- Die kraniale Hand palpiert in den 2 angrenzenden Segmenten die Konvergenz der Procc. spinosi bzw. die abnehmende Bandspannung.

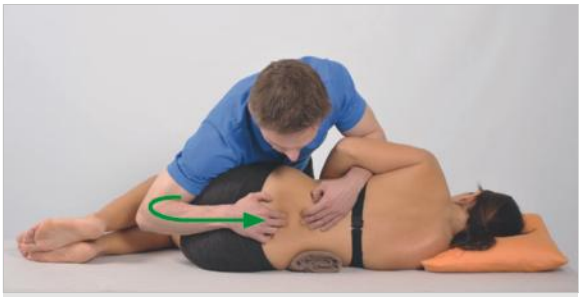


Abb. 11.63 Segmentale Extensionstestung in Seitenlage.

Flexions- und Extensions-Testung in Seitenlage mit Gurt

Ausführung (▶ Abb. 11.64):

- Diese Art der Untersuchung eignet sich bei ungünstigen Größenverhältnissen zwischen Patient und Therapeut.
- Durch den Einsatz des Gurtes wird die Schwere der Beine minimiert und die Testung erleichtert.
- Die Untersuchung erfolgt identisch der vorher beschriebenen Ausführungen, indem der Therapeut die gegen seine Oberschenkel fixierten Beine im Hüftgelenk in die Flexion und anschließend in die Extension führt und dabei die LWS-Divergenz und -Konvergenz segmental bewertet.



Abb. 11.64 Segmentale Testung der Extension und Flexion mit Gurt.



Abb. 11.65 Traktion der LWS von kranial und kaudal.
a Traktion der LWS von kranial.
b Traktion der LWS von kaudal.

11.2.2 Behandlungen der LWS

Traktion von kranial und von kaudal

Ausführung:

- Traktionsbehandlungen sind indiziert, wenn die Testung der Traktion eine Beschwerdelinderung ergeben hat.
- In diesem Fall wird die Traktionsrichtung davon abhängig gemacht.
- Die Ausführung der Traktion nach kranial entspricht dem Sicherheitstest.
- Für die Traktion nach kaudal werden 2 Gurte miteinander verbunden und überkreuzt, nach der Umschlingung des Beckens, zwischen den Beinen des Patienten um das Becken des Therapeuten geführt.
- Die Traktion erfolgt durch eine Rückverlagerung des in Schrittstellung befindlichen Therapeuten nach dorsal.

Flexionsmobilisation in Seitenlage

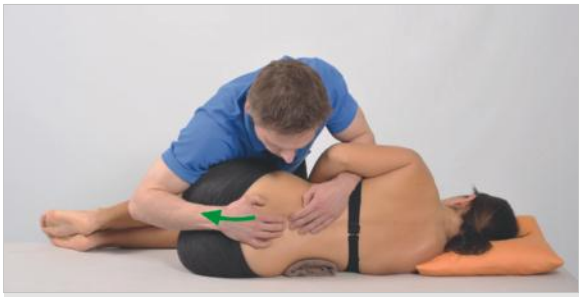


Abb. 11.66 Segmentale Mobilisation der Flexion in Seitenlage.

Ausführung (▶ Abb. 11.66):

- Das betroffene Segment des in Seitenlage befindlichen Patienten, wird endgradig in Flexion vorpositioniert, indem der Therapeut das Becken über die Hüftgelenk-Flexion aufrichtet.
- Die Finger der kaudalen Hand fixieren den kaudalen Proc. spinosus und die Finger der kranialen Hand fixieren den kranialen Proc. spinosus des betroffenen Segments.
- Unter der Weiterbewegung des Beckens ziehen beide Hände die Procc. spinosi gehalten, rhythmisch oder unter Einsatz von PIR in die Divergenz.

Extensionsmobilisation in Seitenlage

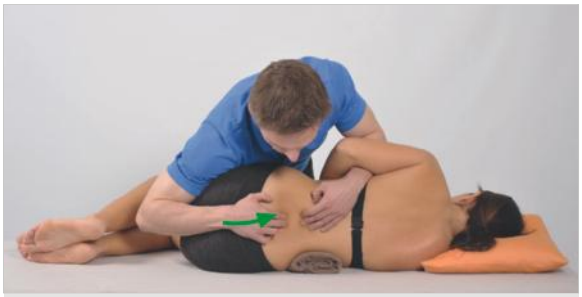


Abb. 11.67 Segmentale Mobilisation der Extension in Seitenlage.

Ausführung (▶ Abb. 11.67):

- Das betroffene Segment des in Seitenlage befindlichen Patienten, wird endgradig in Extension vorpositioniert, indem der Therapeut das Becken über die Hüftgelenksextension kippt.
- Die Finger der kaudalen Hand liegen auf dem kaudalen Proc. spinosus und die Finger der kranialen Hand auf dem kranialen Proc. spinosus des betroffenen Segments.
- Unter der Weiterbewegung des Beckens durch weitere Extension der Beine in beiden Hüftgelenken, schieben die Finger der kaudalen und der kranialen Hand die Procc. spinosi des betroffenen Segments in eine Konvergenz („Minilordose“).
- Die Mobilisation kann gehalten, rhythmisch oder unter Einsatz von PIR erfolgen.

Dehnung Lig. iliolumbale

Ausführung:

- Die Fingerspitzen der unter der LWS liegenden Hand des Therapeuten halten die Procc. transversi von L4 bzw. L5 nach kranial und ventral.
- Mit der freien Hand wird das auf dem Oberschenkel des Therapeuten gelagerte Bein des Patienten von medial kommend umfasst.
- Die Dehnung erfolgt durch den Zug des Therapeuten am Bein, welches das Becken mit nach kaudal bewegt.
- Die Mobilisation wird durch stehende Kreise rückwärts des Therapeuten mit dem gelagerten Bein des Patienten durchgeführt.
- Für das Lig. von L4 wird das Bein etwas mehr in Abduktion gebracht (S. 307).

Seitneigung/Rotation-Mobilisation in Seitenlage bei E/F-Läsion

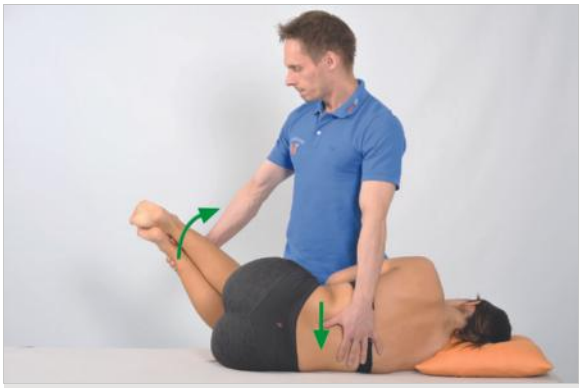


Abb. 11.68 Mobilisation bei E/F-Läsionen aus der Seitenlage.

Ausführung (▶ Abb. 11.68):

- Das betroffene Segment des in Seitenlage befindlichen Patienten wird endgradig in Extension oder Flexion (je nach Läsion) vorpositioniert, indem der Therapeut den Oberkörper des Patienten entsprechend einstellt.
- Die Hüftgelenke und Kniegelenke des Patienten werden ca. 90° gebeugt.
- Die Oberschenkel ragen über den Bankrand und werden von ventral gegen die Oberschenkel des Therapeuten fixiert.
- Mit seiner kaudalen Hand greift der Therapeut die Unterschenkel des Patienten und bewegt das Becken des Patienten in eine Seitneigung, während der Daumen der kranialen Hand den kranialen Proc. spinosus des betroffenen Segments in die eingeschränkte Rotation in Richtung Bank drückt.
- Alternativ kann die Seitneigung auch über einen direkten Schub des Beckens eingebracht werden.

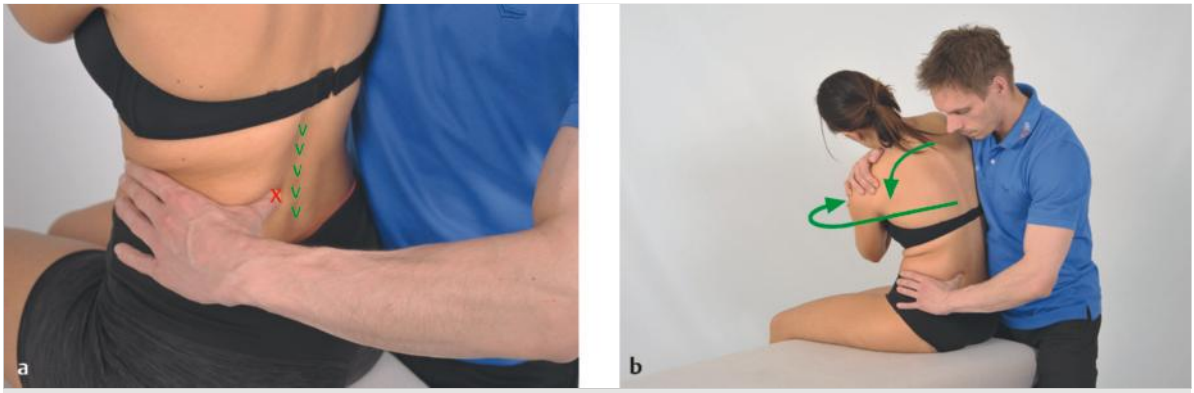


Abb. 11.69 Mobilisation im Sitz.
a Gegenhaltetechnik am kaudalen Wirbelkörper des Segments.
b Mobilisation einer NSR_{li} -Läsion im Sitz.

Mobilisation NSR-Läsion im Sitz

Ausführung (▶ Abb. 11.69):

- Der Patient sitzt in einer Neutralstellung der Wirbelsäule am Ende der Langseite der Bank, wobei die Kniekehlen und das seitliche Gesäß jeweils mit den Bankkanten abschließen.
- Die Arme des Patienten werden vor dem Oberkörper im „Pharaonengriff" verschränkt, wobei der dem Therapeuten zugewandte Arm über den anderen Arm gelegt wird, so dass die Hand auf der gegenüberliegenden Schulter zum Liegen kommt.
- Der Therapeut steht in Schrittstellung, mit seinem Oberkörper nach dorsal gewandt, grundsätzlich auf der Seite, zu der bei der Mobilisation rotiert wird.
- Der Therapeut fasst zwischen den beiden Armen des Patienten hindurch, so dass die Hand auf der gegenüberliegenden Seite auf dem Schultergürtel unter der Patientenhand zum Liegen kommt.
- Mit der von dorsal kommenden Hand palpiert der Therapeut zwischen den beiden Procc. spinosi des zu behandelnden Segments und stellt durch ein „Heben" des Patienten über seine Schulter die Seitneigung zur gegenüberliegenden Seite bis in das Segment ein.
- Anschließend erfolgt die Einstellung der gegensinnigen Rotation durch eine „en-bloc-Bewegung" von Patient und Therapeut um eine in der Wirbelsäule des Patienten liegende Achse bis zum palpierten Segment.
- Zur Fixation des kaudalen Wirbelkörpers wird der Proc. spinosus von der Gegenseite (Gegenhaltetechnik) mit dem Daumen des Therapeuten fixiert. Alternativ können auch die Finger den kaudalen Wirbelkörper fixieren und der Daumen die Mobilisation forcieren (Gegenhalte-Mitnahmetechnik).
- Die Mobilisation erfolgt über ein Weiterführen der Rotation und Seitneigung in die eingeschränkte Richtung, indem der Therapeut sich mit dem Patienten bewegt (Gewichtsverlagerung auf das hinten stehende Bein des Therapeuten) und kann rhythmisch, gehalten oder mit einer PIR-Technik vorgenommen werden.

Mobilisation E- oder FRS-Läsion im Sitz

Ausführung:

- Der Patient sitzt in einer Neutralstellung der Wirbelsäule am Ende der Langseite der Bank, wobei die Kniekehlen und das seitliche Gesäß jeweils mit den Bankkanten abschließen.
- Die Arme des Patienten werden vor dem Oberkörper im „Pharaonengriff" verschränkt, wobei der dem Therapeut zugewandte Arm unter den anderen Arm gelegt wird, so dass die Hand unter der gegenüberliegenden Schulter zum Liegen kommt.
- Der Therapeut steht in Schrittstellung, mit seinem Oberkörper nach dorsal gewandt, grundsätzlich auf der Seite, zu der bei der Mobilisation rotiert wird.
- Der Therapeut fasst über die beiden Arme des Patienten, so dass die Hand auf der gegenüberliegenden Seite auf dem Schultergürtel zum Liegen kommt.
- Mit der von dorsal kommenden Hand palpiert der Therapeut zwischen den beiden Procc. spinosi des zu behandelnden Segments und stellt die Extension oder die Flexion (je nach Läsion) bis in das palpierte Segment ein.
- Durch das Auflegen der Axilla des Therapeuten wird die gleichsinnige Seitneigung zum Therapeuten hin bis zum palpierten Segment eingestellt.
- Anschließend erfolgt die Einstellung der gleichsinnigen Rotation durch eine „en-bloc-Bewegung" von Patient und Therapeut um eine in der Wirbelsäule des Patienten liegende Achse bis zum palpierten Segment.
- Zur Fixation des kaudalen Wirbelkörpers wird der Proc. spinosus von der Gegenseite (Gegenhaltetechnik) mit dem Daumen des Therapeuten fixiert.
- Alternativ können auch die Finger den kaudalen Wirbelkörper fixieren und der Daumen die Mobilisation forcieren (Gegenhalte-Mitnahmetechnik).
- Die Mobilisation erfolgt über ein Weiterführen der Rotation und Seitneigung in die eingeschränkte Richtung, indem der Therapeut sich mit dem Patienten bewegt (Gewichtsverlagerung auf das hinten stehende Bein des Therapeuten).

Mobilisation einer ERS-Läsion in Seitenlage

Ausführung (▶ Abb. 11.70):

- Der Patient wird in Seitenlage, diagonal (Oberkörper hinten, Beine auf dem vorderen Drittel der Behandlungsbank) auf der Seite der Läsion gelagert.
- Der Oberkörper des Patienten befindet sich auf einem verstellbaren Kopfteil oder dem Fußteil einer dreiteiligen Behandlungsbank.
- Die Beine befinden sich in ca. 60° Hüftgelenksflexion und der oben liegende Arm des Patienten liegt in dessen Taille.
- Die von kaudal kommende Hand des Therapeuten greift zwischen dem Arm und dem Rücken des Patienten hindurch und palpiert im betroffenen Segment.
- Die kraniale Hand des Therapeuten greift nahe der Axilla den unten liegenden Arm des Patienten, führt diesen in ca. 90° Flexion und 45° horizontale ADD. Nun stellt er durch den Zug am Arm nach ventral die Flexion und Rotation von oben, über den Rumpf, bis in das betroffene Segment ein.
- Anschließend wird der 90° antevertierte Arm in max. horizontaler Adduktion geführt und durch den Zug in Verlängerung des Armens die Rotation bis ins Segment eingestellt.
- Über Kopf- oder Fußteil stellt der Therapeut die Seitneigung bis ins Segment ein.

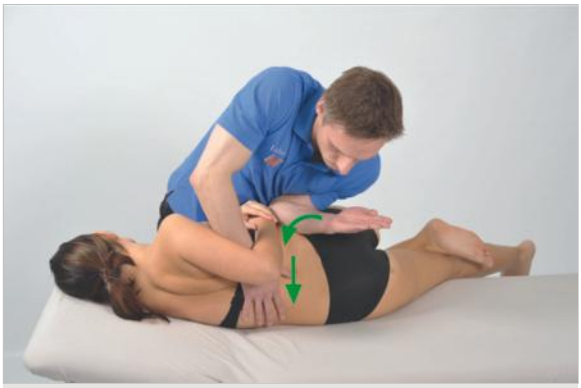


Abb. 11.70 Mobilisation einer ERS_{li}-Läsion in Seitenlage.

- Die unten liegende Hand des Patienten hält sich ellbogennah am oben liegenden Unterarm fest.
- Der Therapeut wechselt seine Palpationshand, indem er jetzt mit seiner von kranial kommenden Hand durch die Arme des Patienten hindurch fasst und im Segment palpiert.
- Nun flektiert der Therapeut beide Beine des Patienten im Hüftgelenk, bis die max. Flexion im betroffenen Segment ankommt, hält das obere Bein in der Flexion, während der Therapeut das unten liegende Bein passiv streckt und legt nun den oberen Fuß in die Kniekehle des Patienten ab.
- Der kaudale Unterarm des Therapeuten wird auf dem M. glutaeus medius platziert und der Patient „en bloc" zum Therapeuten rotiert.
- Der Ellenbogen des Therapeuten zeigt zum Bauchnabel des Therapeuten und die Mobilisation erfolgt über die Seitneigung, indem der Therapeut sich auf seinen Unterarm legt.
- Der Daumen der von kranial kommenden Hand drückt den Dornfortsatz des zu mobilisierenden Wirbelkörpers in Richtung Bank, mit in die korrektive Rotation.

Praxistipp

Nicht über die Rotation mobilisieren, sondern nur die Rotation mit dem Daumen der kranialen Hand begleiten.

Mobilisation einer FRS-Läsion in Seitenlage

Ausführung:

- Der Patient wird in Seitenlage, auf dem vorderen Drittel der Behandlungsbank, auf der Seite der Läsion gelagert. Der Oberkörper des Patienten befindet sich auf einem verstellbaren Kopfteil oder dem Fußteil einer dreiteiligen Behandlungsbank.
- Die Beine befinden sich in ca. 60° Hüftgelenksflexion und der oben liegende Arm des Patienten liegt in dessen Taille.
- Die von kaudal kommende Hand des Therapeuten greift zwischen dem Arm und dem Rücken des Patienten hindurch und palpiert im betroffenen Segment.
- Die kraniale Hand des Therapeuten greift nahe der Axilla den unten liegenden Arm des Patienten, führt diesen in maximale Flexion und stellt durch den Zug am Arm nach kranial, die Extension von oben, über den Rumpf, bis in das betroffene Segment ein.
- Anschließend wird der Arm in 90° Flexion mit max. horizontaler Adduktion geführt und durch den Zug in Verlängerung des Armes die Rotation bis ins Segment eingestellt.
- Über Kopf- oder Fußteil stellt der Therapeut die Seitneigung bis ins Segment ein.
- Die unten liegende Hand des Patienten hält sich ellbogennah am oben liegenden Unterarm fest.
- Der Therapeut wechselt seine Palpationshand, indem er jetzt mit seiner von kranial kommenden Hand durch die Arme des Patienten hindurch fasst und im Segment palpiert.
- Nun streckt der Patient seine in Flexion gelagerten Beine, der Therapeut ergreift das oben liegende Bein und flektiert dieses, bis der Fuß in der Kniekehle des Patienten abgelegt werden kann.
- Mit dem unten liegenden Bein stellt der Therapeut die Extension bis in das Segment ein, indem eine weitere Hüftextension erfolgt.
- Der kaudale Unterarm des Therapeuten wird auf dem M. glutaeus medius platziert und der Patient „en bloc" zum Therapeuten rotiert.
- Der Ellenbogen des Therapeuten zeigt zum Bauchnabel des Therapeuten und die Mobilisation erfolgt über die Seitneigung, indem der Therapeut sich auf seinen Unterarm legt.
- Der Daumen der von kranial kommenden Hand drückt den Dornfortsatz des zu mobilisierenden Wirbelkörpers in Richtung Bank, mit in die korrektive Rotation.

Praxistipp

Nicht über die Rotation mobilisieren, sondern nur die Rotation mit dem Daumen der kranialen Hand begleiten.

12 Thorax

Matthias Schulte

Der Thorax ist als zentrale Region des Körpers funktionell von großer Bedeutung. So spielt z. B. das Zwerchfell als eine den Thorax horizontal durchlaufende und faszial stark verknüpfte Struktur eine wichtige Rolle für seine kranial und kaudal liegende Umgebung – sowohl bis hoch in die Halswirbelsäule als auch bis hinunter in den Lendenwirbel- und Beckenbereich.

12.1 Theorie

12.1.1 Allgemeine Anatomie

Der Brustkorb (Thorax) besteht aus 12 Brustwirbeln mit den Zwischenwirbelscheiben, 12 Rippenpaaren (Costae) und dem Brustbein (Sternum, ▶ Abb. 12.1).

Der Brustkorb umschließt den Brustraum, das Cavum thoracis, welches man in eine obere (Apertura thoracis superior) und eine untere Hälfte (Apertura thoracis inferior) teilt. Die untere Thoraxapertur wird begrenzt durch den Arcus costalis und den Processus xyphoideus. Die obere Thoraxapertur wird durch die ersten beiden Rippen begrenzt.

12.1.2 Brustwirbelsäule

Die 12 Brustwirbel sind ventral über Bandscheiben und dorsal über die Facettengelenke miteinander verbunden (▶ Abb. 12.2). In Extension kommen auch die Processi spinosi in Kontakt und limitieren die Bewegung. Zudem sind die Brustwirbel über Kostotransversal- und Kostovertebralgelenke mit den Rippen verbunden.

Brustwirbel

In ▶ Abb. 12.3 ist ein 6. Brustwirbel in einer Ansicht von kranial dargestellt.

Baumerkmale und Besonderheiten

Corpus vertebrae (▶ Abb. 12.4):

- frontaler Durchmesser entspricht annähernd dem sagittalen Durchmesser
- ist im Vergleich mit dem Lendenwirbelkörper etwas höher
- Zirkumferenz ist sowohl ventral als auch lateral konkav geformt

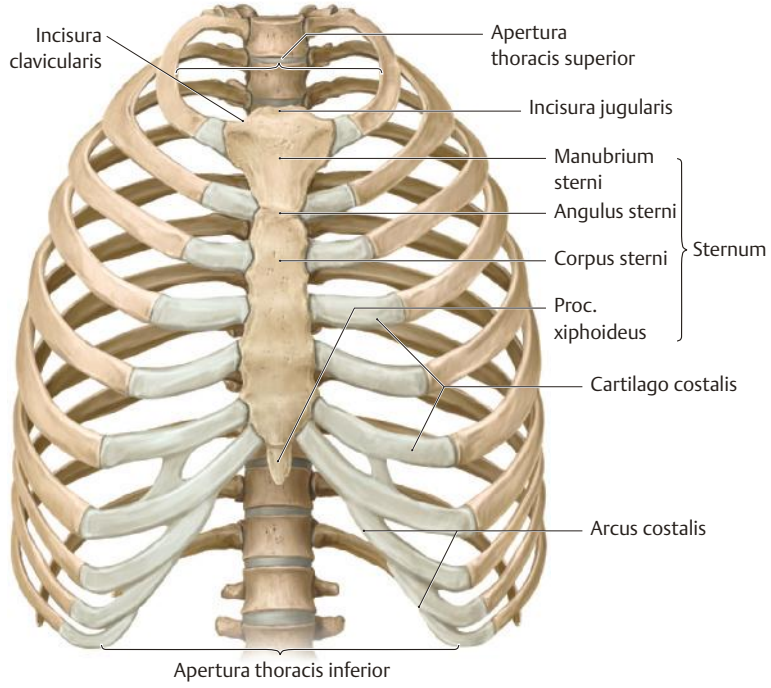


Abb. 12.1 Thorax.

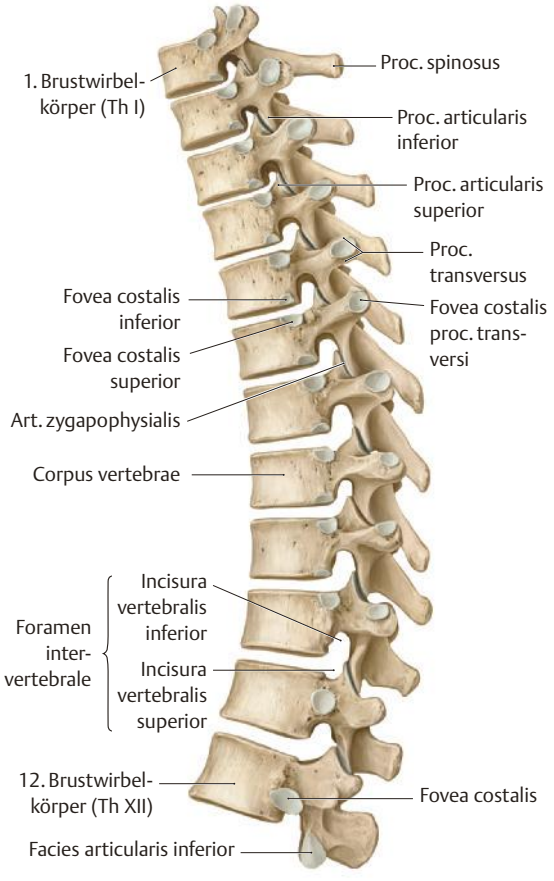


Abb. 12.2 Brustwirbelsäule.

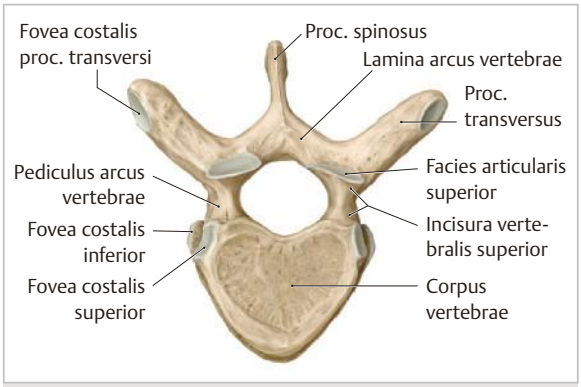


Abb. 12.3 Brustwirbel von kranial.

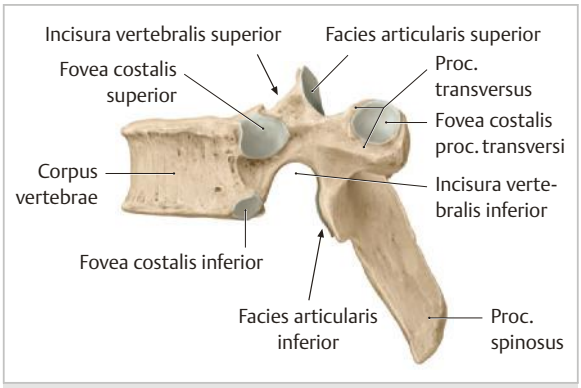


Abb. 12.4 Brustwirbel von lateral.

- An den kranialen und kaudalen Endplatten liegen dorso-lateral, leicht schräg orientiert ovale, überknorpelte Gelenkflächen (Fovea costales), welche jeweils eine halbe Gelenkverbindung zu den Rippenköpfchen herstellen (▶ Abb. 12.4):
  - Ausnahmen:
    - 1. Brustwirbel: kraniale Endplatte trägt eine ganze und die kaudale Endplatte trägt eine halbe Gelenkfläche
    - 10. Brustwirbel: besitzt nur am kranialen Rand eine halbe Gelenkfläche
    - 11. Brustwirbel: trägt am kranialen Rand eine ganze Gelenkfläche
    - 12. Brustwirbel: trägt eine ganze Gelenkfläche in der Mitte der Seitenfläche seines Wirbelkörpers

Arcus vertebrae:
- wird gebildet aus dem Pediculus arcus vertebrae und der Lamina arcus vertebrae

Pediculus arcus vertebrae:
- ist die Verbindung zwischen Corpus und Arcus vertebrae
- trägt die Incisurae vertebralis inferior und superior, welche die Ober- und Untergrenze des Foramen intervertebrale bilden
- kostale Gelenkfacetten greifen häufig auf die Pediculi über

Lamina arcus vertebrae:
- ist wesentlich höher als breit und dachziegelartig geneigt

Processus articularis superior:
- befindet sich am Übergang zwischen Pediculus und Lamina arcus vertebrae
- Gelenkflächen sind nach dorso-lateral-kranial gerichtet

Processus articularis inferior:
- entspringt von der kaudalen Kante der Lamina arcus vertebrae
- Gelenkflächen sind nach ventro-medial-kaudal gerichtet

Merke

Die Processus articularis inferiores des kranial gelegenen Wirbels legen sich dachziegelartig über die Processus articularis superiores des darunter gelegenen Wirbels.

Die Facetten von Th12 sind nach ventro-lateral gerichtet, da sie mit den oberen Facetten des 1. Lendenwirbels artikulieren müssen. Sie sind also wie die unteren Facetten aller Lendenwirbel orientiert.

Processus transversus:
- entspringt auf Höhe des Gelenkfortsatzes, am Übergang des Pediculus zur Lamina
- ist nach lateral und leicht nach dorsal ausgerichtet, das freie Ende ist verdickt
- trägt auf der ventralen Seite eine Gelenkfläche, die Fovea costalis transversalis, welche mit dem Tuberculum costae artikuliert

Processus spinosus:
- ist lang, kräftig und nach dorso-kaudal ausgerichtet
- Dornfortsätze des 1.–9. Brustwirbelkörpers liegen dachziegelartig übereinander, so dass die Spitzen jeweils 1–1½ Wirbelhöhen tiefer liegen als die entsprechenden Wirbelkörper
- Dornfortsätze der letzten 3 Wirbelkörper ziehen gerade nach dorsal, wobei der Dornfortsatz von Th11 an der Spitze sehr klein ist, der Dornfortsatz von Th12 hat die Größe eines lumbalen Dornfortsatzes

Foramen vertebrale:
- ist deutlich kleiner als in der Lendenwirbelsäule
- liegt zwischen Corpus und Arcus vertebrae

Foramen intervertebrale:
- wird von der Incisura vertebralis inferior (Unterrand des Pediculus) und superior (Oberrand des Pediculus) gebildet

Rippen

Es gibt 12 Rippenpaare, von denen im Regelfall die oberen 7 direkt mit dem Sternum in Verbindung stehen und die Rippen 2–5 echte Gelenke bilden.

Die unteren Rippen (8–10) schließen indirekt oder überhaupt nicht (11 und 12) an das Sternum an. Die 11. und 12. Rippe werden als freie Rippen bezeichnet (▶ Abb. 12.5).

An jeder Rippe unterscheidet man einen knöchernen Abschnitt, das Os costale und ein knorpeliges vorderes Ende, die Cartilago costalis. Caput costae und Tuberculum costae tragen jeweils eine weitere Facies articularis (▶ Abb. 12.6).

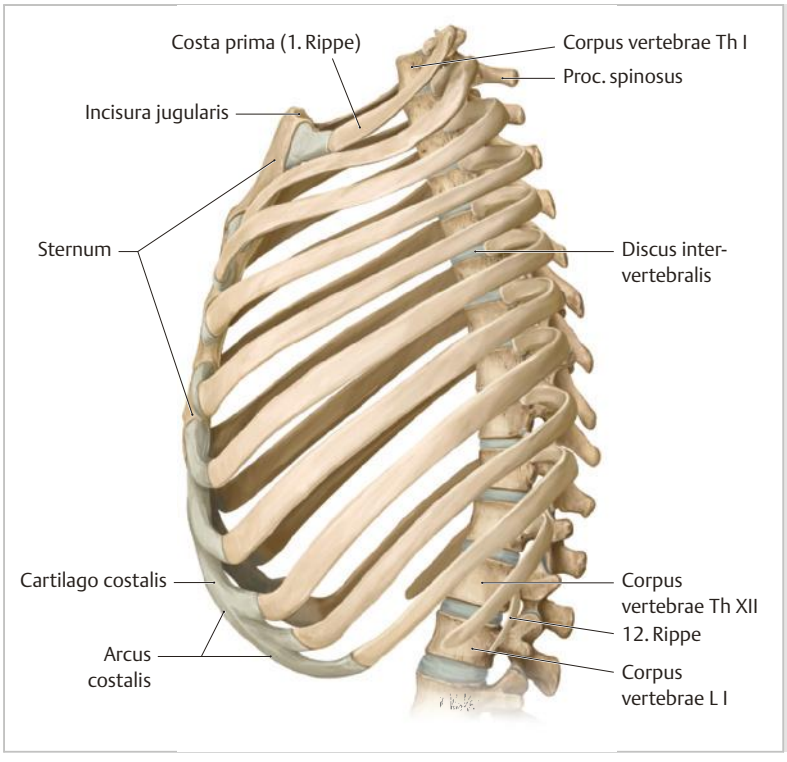


Abb. 12.5 Rippen des Thorax.

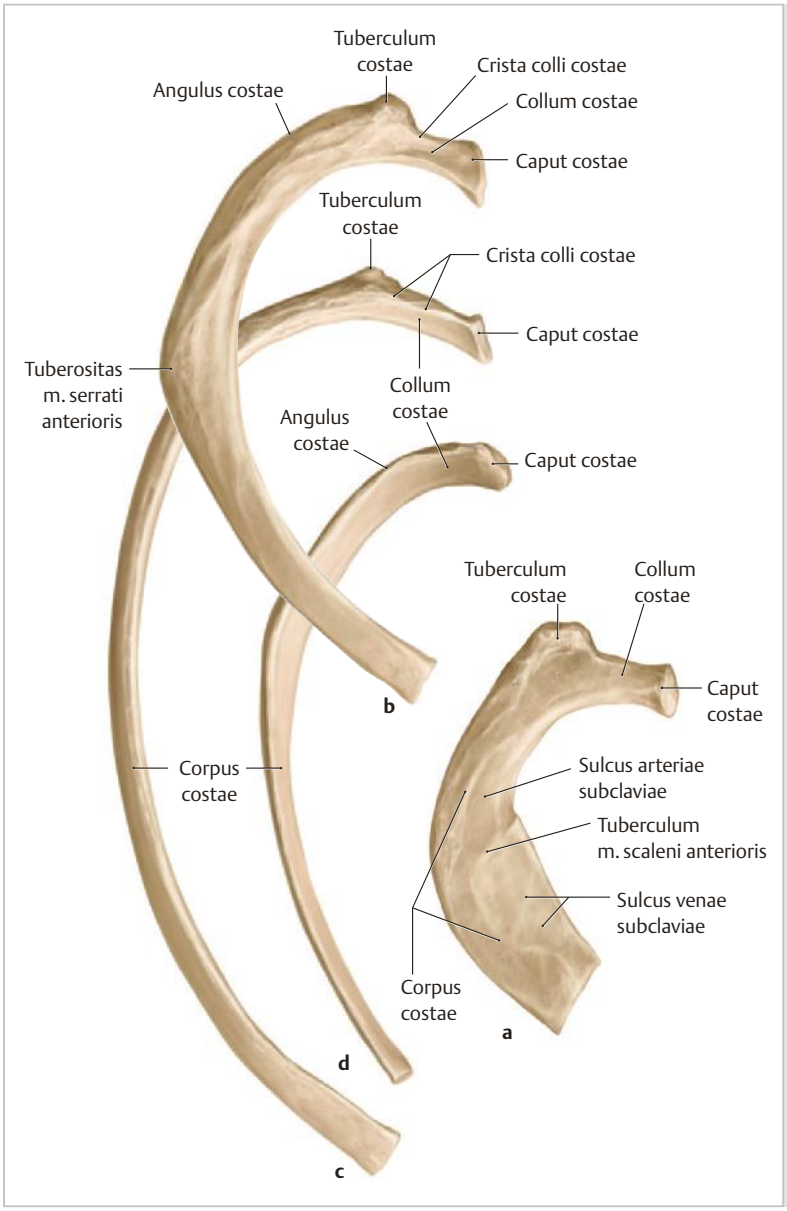


Abb. 12.6 Unterschiedliche Rippenformen: a 1. Rippe; b 2. Rippe; c 5. Rippe; d 11. Rippe (jeweils rechte Rippen, Ansicht von kranial).

Besonderheiten der ersten beiden Rippen

1. Rippe – ist klein und abgeplattet, an der inneren Zirkumferenz der kranialen Fläche findet sich eine Rauigkeit, das Tub. m. scaleni anterioris, an der der M. scalenus anterior ansetzt. Hinter diesem Tuberculum befindet sich der Sulcus.

2. Rippe – besitzt eine Rauigkeit an der oberen Fläche, die Tuberositas musculi serratus anterioris, die dem Ursprung einer Zacke des M. serratus anterior dient.

Sternum

Das Sternum besteht aus dem Manubrium sterni, dem Corpus sterni und dem Processus xyphoideus (Schwertfortsatz, ▶ Abb. 12.7). Zwischen dem Manubrium und dem Corpus liegt der Angulus sterni.

Der Processus xyphoideus ist knorpelig, im zunehmenden Alter kann er entweder vollständig verknöchern oder teilweise knorpelig erhalten bleiben.

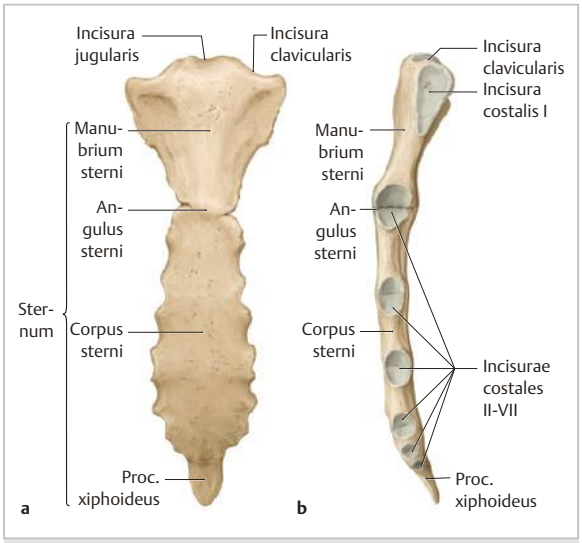


Abb. 12.7 Sternum: a Ansicht von ventral. b Ansicht von lateral.

Baumerkmale und Besonderheiten

Manubrium sterni:
- hat am kranialen Ende die Incisura jugularis
- seitlich befinden sich beidseits mit den Incisurae clavicularis die Gelenkflächen zur Clavicula
- unter der Incisura clavicularis befindet sich die Incisura costalis prima, wo die 1. Rippe knorpelig artikuliert

Angulus sterni:
- hier liegt die Incisura costalis secunda

Corpus sterni:
- trägt beidseits die Incisurae costales für die Artikulation zur 3.–7. Rippe
- am Übergang zum Processus xiphoideus befindet sich die Incisura costalis für die 7. Rippe

Processus xyphoideus:
- ist von variabler Form, einheitlich oder gabelförmig, nach hinten oder nach vorne gebogen

Die Articulationes costovertebrales (CVG)

Die gelenkigen Wirbel-Rippen-Verbindungen umfassen insgesamt 12 Rippenpaare sowie die Wirbel der Brustwirbelsäule und werden in 2 Anteile unterschieden (▶ Tab. 12.1).

In ▶ Abb. 12.8 ist ein Brustwirbelkörper von kranial mit seinen Verbindungen zur Rippe dargestellt.

Die Bandstrukturen der Rippenwirbelverbindungen sind in ▶ Tab. 12.2 und ▶ Abb. 12.9 ersichtlich.

Tab. 12.1 Artt. costovertebrales.

	Artt. capitis costae	Artt. costotransversariae
artikulierende Teile	Wirbelkörper: • Fovea costalis superior am Oberrand des unteren Wirbels • Fovea costalis inferior am Unterrand des oberen Wirbels • zwischen den beiden Foveae liegt in der Tiefe der Discus intervertebralis • die 1., 11. und 12. Rippe artikulieren meist nur mit einem Wirbelkörper Rippe: Facies articularis capitis costae (sind leicht konvex und stehen abgewinkelt zueinander, so dass sie sich der Gelenkpfanne anpassen)	Wirbelkörper: Fovea costalis processus transversi am Processus transversus des Brustwirbelkörpers Rippe: Facies articularis tuberculi costae am Tuberculum costae
Beachte!	Die 1., 11. und 12. Rippe artikulieren meist nur mit einem Wirbelkörper.	Dieses Gelenk fehlt bei der 11. und 12. Rippe.

Tab. 12.2 Bänder der Rippenwirbelverbindungen.

	Artt. capitis costae	Artt. costotransversariae
Ligamenta	Lig. capitis costae radiatum: • verstärkt die Gelenkkapsel • teilt sich in 3 Bandzüge: kranialer Bandzug, kaudaler Bandzug, mittlerer Bandzug – dieser hat Kontakt zum Faserring des Discus Lig. capitis costae intraarticulare: • entspringt zwischen den beiden Foveae an der Spitze des Rippenkopfs und inseriert an der Zwischenwirbelscheibe • teilt die Gelenkhöhle bei den meisten Rippen-Wirbel-Gelenken in 2 getrennte Kammern	Lig. costotransversarium superius: • verläuft zwischen Collum costae und nächst höherem Processus transversus Lig. costotransversarium laterale: • verstärkt die Gelenkkapsel Lig. costotransversarium: • verläuft zwischen Crista colli costae und Processus transversus

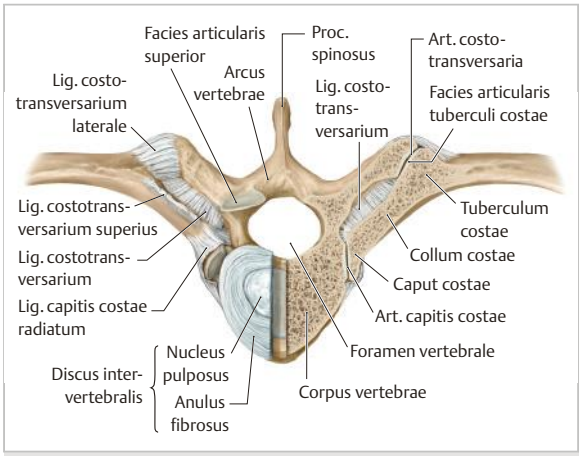


Abb. 12.8 Brustwirbelkörper von kranial im horizontalen Schnitt.

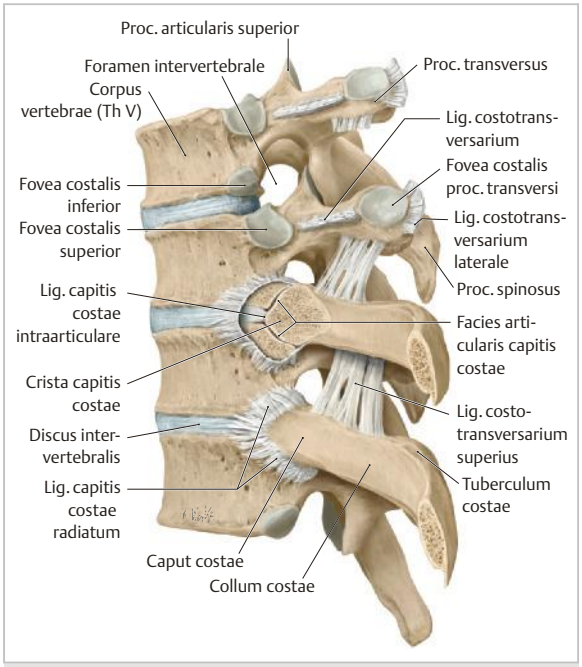


Abb. 12.9 Brustwirbelsäule mit 2 Rippen von lateral.

12.1.3 Funktionelle Anatomie

An der Brustwirbelsäule gelten die gleichen Kopplungsgesetze wie an der Lendenwirbelsäule.

Biomechanische Betrachtung der segmentalen Bewegungen

Einfache Bewegungen

Extension

Bewegung des Wirbelkörpers:
- Neigungsbewegung des Wirbelkörpers nach dorsal erfolgt durch eine transversale Achse, welche im Nucleus liegt (▶ Abb. 12.10)

Bewegungen der Facetten:
- beide Facies articulares inferiores des kranialen Wirbelkörpers schieben sich synchron über die Facies articularis superior des kaudalen Wirbelkörpers = Konvergenz

Begrenzung der Bewegung:
- durch Lig. longitudinale anterius und ventrale Muskeln
- durch „knöchernen" Kontakt der Dornfortsätze
- Gelenkschluss (Konvergenz) der Facetten

Flexion

Bewegung des Wirbelkörpers:
- Neigungsbewegung des Wirbelkörpers nach ventral erfolgt durch eine transversale Achse, welche im Nucleus liegt (▶ Abb. 12.11)

Bewegungen der Facetten:
- beide Facies articulares inferiores des kranialen Wirbelkörpers entfernen sich synchron von den Facies articulares superiores des kaudalen Wirbelkörpers = Divergenz

Begrenzung der Bewegung:
- durch die Ligg. longitudinale posterius, interspinale und supraspinale
- dorsale Extensorenmuskulatur

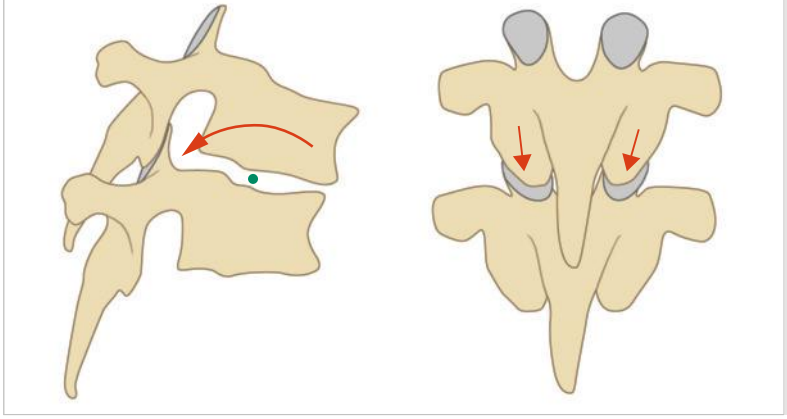


Abb. 12.10 Wirbelkörper von lateral und dorsal bei Extension.

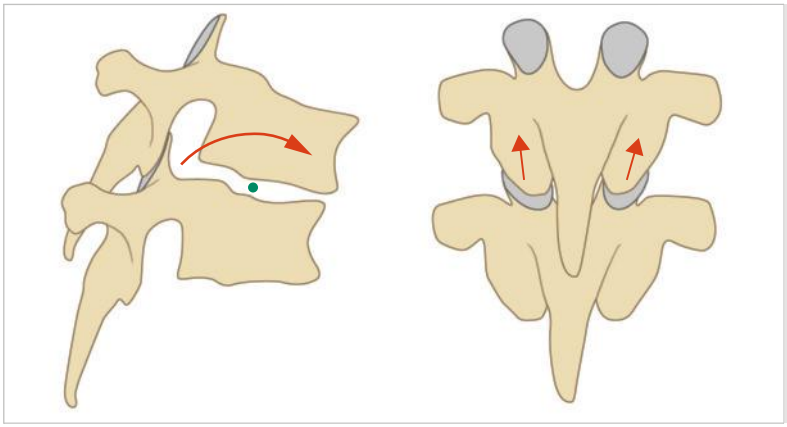


Abb. 12.11 Wirbelkörper von lateral und dorsal bei Flexion.

Gekoppelte Bewegungen in Neutralstellung

Es findet jeweils eine gegensinnige Koppelung statt, also Seitneigung geht mit gegensinniger Rotation einher und umgekehrt.

Die Bewegungen werden begrenzt durch Lig. intertransversarium, Lig. flavum und durch die Extensorenmuskulatur der konvexen Seite, eine „knöcherne Bremse" entsteht durch die Konvergenz (Kompression der Gelenkflächen) auf der konkaven Seite.

Lateralflexion

In der Brustwirbelsäule treten Lateralflexion und Rotation, adäquat der Lendenwirbelsäule, immer als gekoppelte Bewegungen auf und folgen den gleichen Kopplungsgesetzen.

Bewegung des Wirbelkörpers:

- Wirbelkörper neigt sich um eine Achse im Nucleus pulposus zur rechten Seite und rotiert entsprechend der Kopplung (in ▶ Abb. 12.12 nach links)

Bewegungen der Facetten:

- Facies articularis inferior der rechten Seite gleitet nach kaudal, es entsteht ein Facettenschluss (= Konvergenz)
- Facies articularis inferior der linken Seite gleitet nach kranial, es entsteht eine Facettenöffnung (= Divergenz)

Rotation

Bewegung des Wirbelkörpers:

- Ausrichtung der kaudalen Facetten des kranialen Wirbelkörpers ist nach ventro-medial, die kranialen Facetten des kaudalen Wirbelkörpers nach dorso-lateral (▶ Abb. 12.13)
- Facetten bilden den Ausschnitt eines Zylinders, dessen Drehzentrum der Wirbelkörper ist
- Lage der Achse ist somit im Wirbelkörper
- Rotationsbewegung eines thorakalen Segments ist 3-mal so groß wie die eines lumbalen Bewegungssegments

Bewegungen der Facetten:

- Facetten konvergieren und divergieren je nach assoziierter Lateralflexion

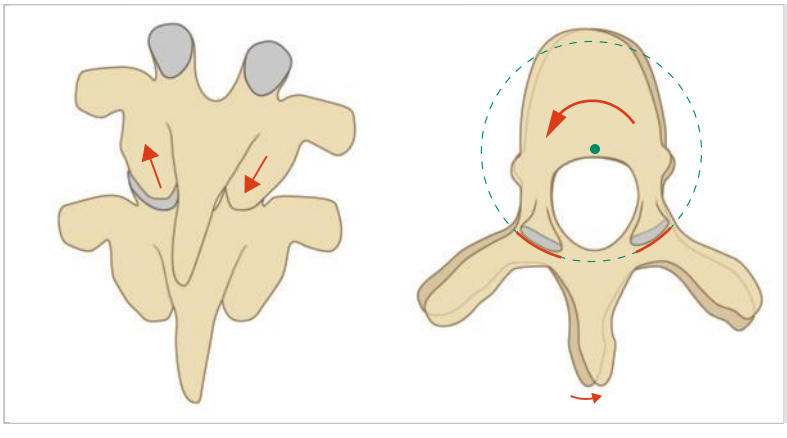


Abb. 12.12 Seitneigung des Wirbelkörpers nach rechts und Rotation nach links in Neutralstellung.

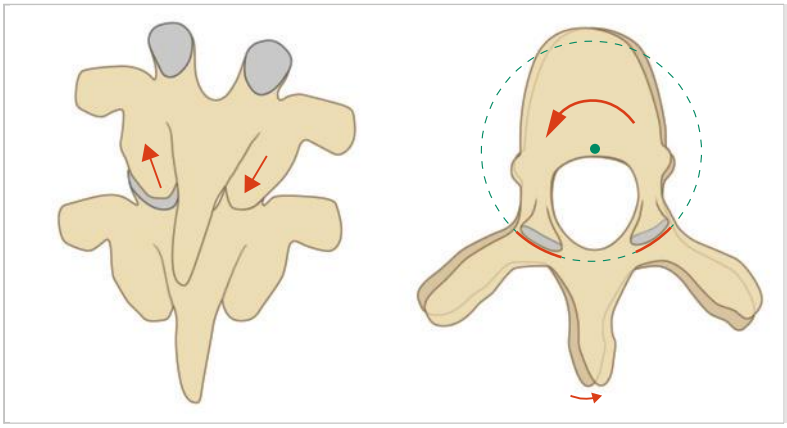


Abb. 12.13 Bewegung des Wirbelkörpers bei Rotation in Neutralstellung.

Funktionelle Anatomie der Kostovertebralgelenke und der Brustwirbelsäule

Um die Biomechanik des Thorax zu beschreiben, nutzt man ein mechanisches Modell. Danach besteht der Thorax aus einem linken und einem rechten Hemithorax, welche durch die Rippen gebildet werden (▶ Abb. 12.14). Diese beiden Thoraxhälften haben die Form einer Ellipse, welche sich im Bereich des Mediastinums überlagern.

Jeder Hemithorax besitzt eine vertikale Achse, bezeichnet als 1. und 2. Achse. Beide gemeinsam bewegen sich bei einer Rotation in ihrem Überschneidungsbereich hinter dem Sternum (poststernale Achse) um eine gemeinsame vertikale Achse 3.

Extension der Brustwirbelsäule und Inspiration der Rippen

- Inspiration induziert eine Bewegung der Rippen nach kranial um 2 Achsen (werden jeweils gebildet aus einem Fixpunkt der Art. capitis costae und dem zweiten Fixpunkt der Art. costotransversaria, ▶ Abb. 12.15)

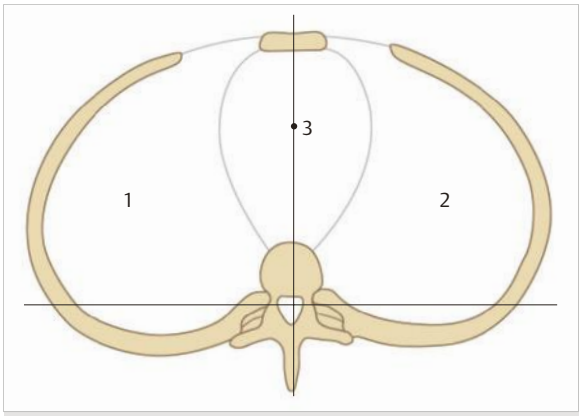


Abb. 12.14 Der Thorax mit seinen 2 Thoraxhälften.

Merke

Die Achsausrichtung variiert mit der Ausrichtung der Processus transversi der Brustwirbelkörper.

- untere Brustwirbelsäule – Processus transv. sind mehr in die Sagittalebene geneigt – Achse (z') damit mehr in die Sagittalebene geneigt, damit ist die Bewegungsamplitude der Rippe um diese Achse mehr nach laterokranial gerichtet („Eimerhenkelmechanismus“, ▶ Abb. 12.15)
- obere Brustwirbelsäule – Processus transv. sind mehr in die Frontalebene geneigt – Achse (x') damit mehr in der Frontalebene geneigt, damit ist die räumliche Bewegung der Rippen um diese Achse mehr nach ventrokranial gerichtet („Pumpenschwengelmechanismus“)

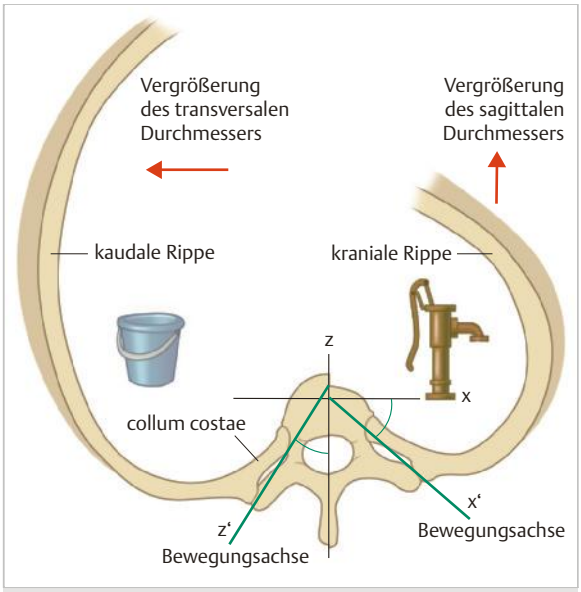


Abb. 12.15 „Pumpenschwengel- und Eimerhenkelmechanismus“ der Rippen.

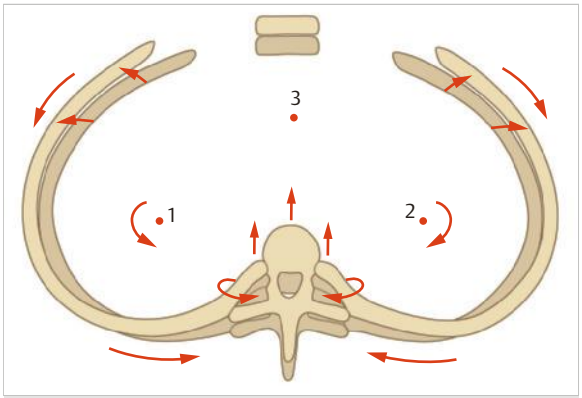


Abb. 12.16 Bewegungen im Thorax bei Extension und Inspiration.

- isometrische Kontraktion der beiden Mm. serrati anteriores und konzentrische Kontraktion der beiden Mm. rhomboidei verursachen eine Dorsalrotation der beiden Thoraxhälften um die Achsen 1 und 2 (▶ Abb. 12.16)
- Durchmesser der beiden Thoraxhälften vergrößert sich, was auf die Übereinstimmung zwischen Extension der Brustwirbelsäule und der verstärkten Inspiration hinweist
- Rotationsbewegung der Thoraxhälften verursacht ein ventrales Gleiten der beiden Capitis costae und „passive" Ventralbewegung der thorakalen Wirbel im Raum, was mit einer Extension der Brustwirbelsäule, d. h. Facettenschluss (Konvergenzbewegung), gleichzusetzen ist
- Gleitrichtung in den Artt. capitis costae ist nach ventral, in den Artt. costotransversaria nach medial

In ▶ Tab. 12.3 sind die Muskelaktivitäten bei Extension/Inspiration ersichtlich.

Ein Mobilitätsdefizit der Extension in der Brustwirbelsäule (z. B. Morbus Scheuermann, Bechterew) hat ein geringeres Inspirationsvolumen zur Folge.

Klinischer Bezug

Bei der Inspiration ist der Wirbelkörper die „Geisel" der Rippe! Das heißt: bei einer Extensionsläsion der Brustwirbelsäule sollte die Rippe zuerst behandelt werden:
- erst die Rippe, welche in Inspirationsläsion steht, in Exspiration mobilisieren
- dann die Brustwirbelsäule in Flexion mobilisieren

Flexion der Brustwirbelsäule und Exspiration der Rippen

- Exspiration induziert eine rotatorische Rückstellbewegung der Rippen nach kaudal und eine Senkung des Sternums in die Atemruhelage (▶ Abb. 12.17).
- Konzentrische Kontraktion der beiden Mm. serrati anteriores und die exzentrische Arbeit der beiden Mm. rhomboidei verursachen eine Ventralrotation der beiden Thoraxhälften um die Achsen 1 und 2.
- Durchmesser der beiden Thoraxhälften verkleinern sich, was auf die Übereinstimmung zwischen Flexion der Brustwirbelsäule und der Exspiration hinweist.
- Rotationsbewegungen der Thoraxhälften verursachen Dorsalgleiten der beiden Caput costae und „passive" Dorsalbewegung der thorakalen Wirbel im Raum, was mit einer Flexion der Brustwirbelsäule, d. h. Facettenöffnung (Divergenzbewegung), gleichzusetzen ist.
- Gleitrichtung in den Artt. capitis costae ist nach dorsal, in den Artt. costotransversariae nach lateral.

Tab. 12.3 Inspiration und der Einfluss der Muskulatur auf die Rippenbewegungen.

Muskeln	Einfluss
M. erector spinae	unterstützt durch seine konzentrische Arbeit, welche die Brustwirbelsäule extendiert, die Ventralbewegung der Brustwirbelsäule im Raum
Mm. scaleni anteriores, medii et posteriores	bewirken eine aktive Hebung der 1. (2.) Rippe
Mm. pectorales minores	bewirken eine aktive Hebung der 3.–5. Rippen nach kranial im Sinne einer Inspiration
Mm. rhomboidei Mm. serrati anteriores	ziehen die Scapula in Retraktion und Elevation, wobei die Mm. serrati durch ihre isometrische Kontraktion die Rippen 1–9 nach dorso-kranial bewegen und hierdurch die Rotation der Thoraxhälften um die hemithorakalen Achsen unterstützen
Mm. serrati posteriores superiores	unterstützen die Bewegungen der Rippen, indem sie diese zur Brustwirbelsäule „hinziehen"
Mm. intercostales	direkte intercostale Bewegungen erfolgen durch die Intercostalmuskulatur, wobei klassisch die Mm. intercostales externi als Inspirationsmuskeln angesehen werden, welche durch die Hebung der Rippen inspiratorisch wirken

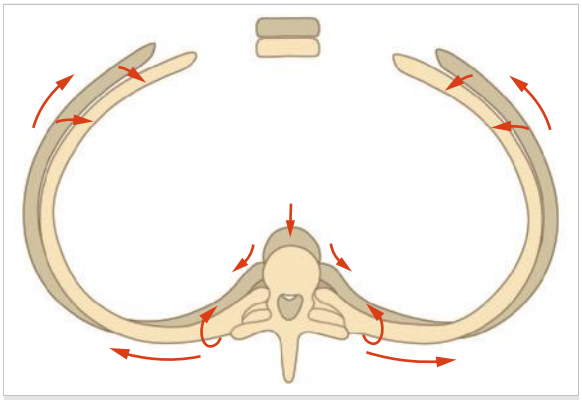


Abb. 12.17 Flexion der Brustwirbelsäule und Exspiration der Rippen.

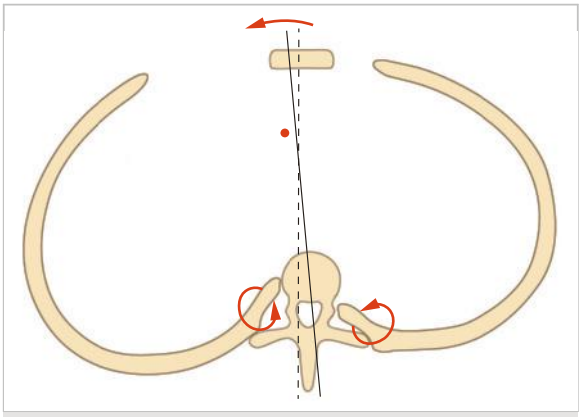


Abb. 12.18 Rotation des Thorax.

In ▶ Tab. 12.4 sind die Muskelaktivitäten bei Flexion/Exspiration ersichtlich.

Klinischer Bezug

Bei der Exspiration ist die Rippe die „Geisel" des Wirbelkörpers! Das heißt: bei einer Exspirationsläsion der Rippe sollte zuerst der Wirbelkörper behandelt werden.

- Brustwirbelkörper in Extension mobilisieren
- Rippe, welche in Exspirationsläsion steht, in Inspiration mobilisieren

Rotation des Thorax

- Bei einer Rotation in einer Ebene verlagern sich die Punkte, welche in größerer Entfernung vom Rotationszentrum liegen, mehr als die Punkte, die in der Nähe des Rotationszentrums liegen (▶ Abb. 12.18).
- Bei einer Rotation des Rumpfes im Raum, d. h. einer Bewegung, welche von den Schultern eingeleitet wird, kann man beobachten, dass die Brustwirbelsäule eine sehr große Bewegung ausführt.
- Das Sternum hingegen dreht sich fast um seine eigene Achse, ohne dabei stark zur Seite (Lateralbewegung) abzuweichen. Das allgemeine Rotationszentrum der Brustwirbelsäule muss demnach hinter dem Sternum liegen, in einiger Entfernung zur Wirbelsäule.
- Wäre das Drehzentrum in der Brustwirbelsäule, würde sich eine starke Lateralisierung des Sternums und nur eine sehr geringfügige Seitbewegung der Wirbelsäule erkennen lassen. Die allgemeine Rotationsachse des Rumpfes liegt somit posterior des Sternums, im Überlappungsbereich der beiden Thoraxhälften.

In ▶ Tab. 12.5 sind die Muskelaktivitäten bei Rotation ersichtlich.

Tab. 12.4 Exspiration und der Einfluss der Muskulatur auf die Rippenbewegungen.

Muskeln	Einfluss
abdominale Muskulatur	konzentrische Anspannung der abdominalen Muskulatur kennt man auch als exspiratorische Bauchpresse
Mm. intercostales interni, M. serratus anterior, M. pectoralis major, alle protrahierenden und innenrotierenden Schulter- bzw. Schultergürtelmuskeln	ein Exspirationsthorax wird häufig durch Tonuserhöhung und/oder durch bindegewebige Faszienverklebung der thorakalen Muskulatur in seiner Läsion gehalten

Tab. 12.5 Rotation und der Einfluss der Muskulatur auf die Rippenbewegungen.

Muskeln	Einfluss
Mm. rhomboidei links	ziehen die Skapula in Retraktion und Elevation und bewegen hierdurch den Hemithorax in Rot um die hemithorakale Achse
M. serratus anterior links	isometrische Kontraktion fixiert die Rippen 1–9 an der Skapula
M. serratus posterior superior	unterstützen die Bewegungen der Rippen, indem sie diese zur Brustwirbelsäule „hinziehen"

Tab. 12.6 Biomechanik der Rotation des Thorax nach links.

Hemithorax links	Hemithorax rechts
Bewegung	
wie bei der Extension (Inspiration)	wie bei der Flexion (Exspiration)
Rotation	
nach links	nach links
Rippen und Skapula	
nach dorsal	nach ventral
Caput costae	
nach ventral und medial	nach dorsal und lateral
Rippen in den Artt. costotransversariae und Artt. capitis costae	
• Rippen heben sich nach lateral und ventral (= Rippenrotation) • gleiten kostotransversal nach medial und das Caput nach ventral	• Rippen senken sich nach lateral und ventral (= Rippenrotation) • gleiten kostotransversal nach lateral und das Caput nach dorsal

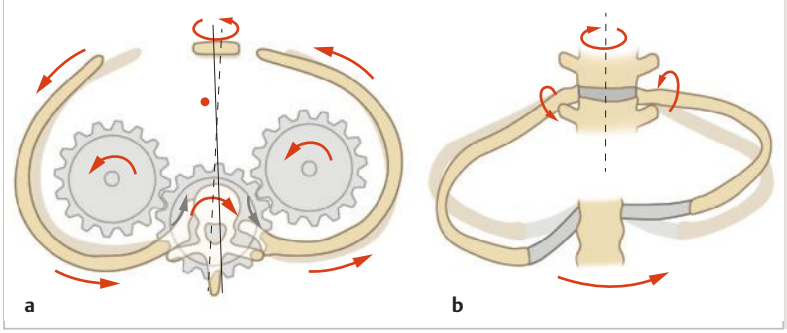


Abb. 12.19 Verhalten des Thorax bei Rotation nach links **a** von kranial, **b** von ventral.

Biomechanik der Rotation des Thorax nach links (▶ Tab. 12.6)

- Es wird als ein System von 3 Zahnrädern betrachtet (▶ Abb. 12.19).
- Die beiden äußeren Räder werden von den Thoraxhälften gebildet und drehen sich in dieselbe Richtung wie die Rotation des Rumpfes.
- Das mittlere Rad wird vom thorakalen Wirbel gebildet und wird von den beiden anderen Rädern in die entgegengesetzte Richtung gebracht.
- Die thorakale Wirbelsäule rotiert partiell entgegen der Rumpfrotation!

Lateralflexion nach links

Bei einer Bewegung in der Frontalebene (Lateralflexion) erfolgt die primäre Bewegungseinleitung über die Wirbelkörper, d. h. über die Facettengelenke und Diskovertebralgelenke (▶ Abb. 12.20).

Wirbelkörperbewegung:

- linke Seite geht in Konvergenz (Schließung) wie bei einer Extension
- rechte Seite geht in Divergenz (Öffnung) wie bei einer Flexion

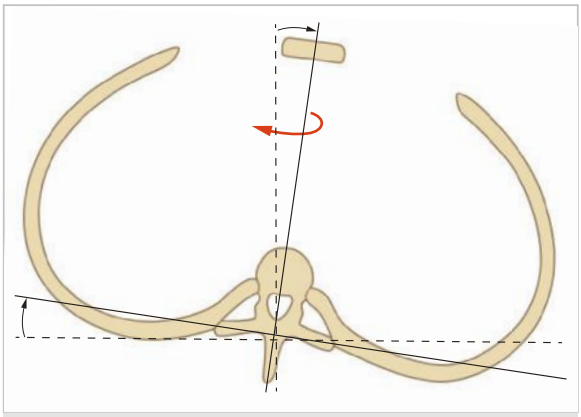


Abb. 12.20 Primäre Bewegungseinleitung (1. Phase) durch den Wirbelkörper bei Seitneigung nach links.

- Bewegungskopplung in Neutralstellung assoziiert mit einer Rotation nach rechts, die Dornfortsatzspitze bewegt sich nach links

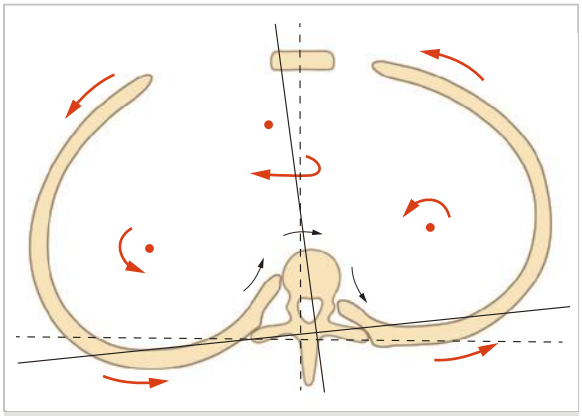


Abb. 12.21 „Zahnradmodell“ als 2. Phase bei der Seitneigung nach links.

Rippenbewegung:
- Rotation des Wirbelkörpers nach rechts nimmt die jeweilige linke und rechte Rippe **im Raum (!)** in Rotation rechts mit, ohne dass in den Rippen-Wirbelgelenken etwas passiert
- man spricht dabei von einer Gegenrotation am Anfang der Seitneigung

Thorax:
- zunehmende Seitneigung links, verursacht ebenfalls zunehmende Spannung, wodurch das „Zahnradmodell“ in Kraft tritt (▶ Abb. 12.21)
- Rotation des Wirbelkörpers nach rechts führt partiell zur Thoraxrotation nach links
- linke Rippe geht in Inspiration und die rechte in Exspiration

12.2 Praxis

12.2.1 Untersuchung

Anamnese

Für die Anamnese folgen wir dem „W“-Frageschema, um anhand eines „roten Fadens“ alle möglichen Facetten zu beleuchten:
- Welche Vorerkrankungen sind bekannt (ggf. Traumen, Medikamente)?
- Wo und was sind ihre Beschwerden (Lokalisation)?
- Wodurch werden die Beschwerden ausgelöst (Provokation)?
- Wie fühlen sich die Beschwerden an (Qualität und Quantität)?
- Wann bestehen die Beschwerden (Zeitpunkt)?
- Seit wann sind die Beschwerden (Zeitpunkt des ersten Auftretens)?
- Womit sind die Beschwerden verbunden (Begleiterscheinungen)?

Inspektion

Brustkorbform:
- Sie beobachten und beurteilen:
  - Form des Brustbeins, der Rippen und der Schlüsselbeine
- auf Pathologien weisen hin:
  - Glockenthorax (Rachitits), Fassthorax (Emphysem)
  - Kielbrust, Trichterbrust, Rippenanomalien, parasternale Verdickungen, „Tannenbaumphänomen“ bei Osteoporose
  - Schlüsselbeinanomalien (Stufenbildung etc. nach Frakturen)

Statik der Wirbelsäule:
- Sie beobachten und beurteilen:
  - Verlauf der Wirbelsäule
- auf Pathologien weisen hin:
  - Rippenbuckel bei Skoliosen

Atemphysiologie:
- Sie beobachten und beurteilen:
  - Bauchatmung oder Brustatmung?
  - symmetrische oder asymmetrische Rippenmitbewegung?
  - Atemrhythmus von 12–15/Min.?
  - Atemkraftaufwand?
- auf Pathologien weisen hin:
  - Überwiegen von Bauch- oder Brustatmung
  - einseitige Rippen-Wirbel-Dysfunktionen und paretische Atem- und Atemhilfsmuskulatur zeigen asymmetrische Rippenmitbewegungen
  - Herz-Kreislauf- und Lungenerkrankungen zeigen Änderungen des Atemrhythmus und Atemkraftaufwands
  - behinderte und/oder schmerzhafte Inspiration und Exspiration zeigen jeweils Läsionen in die entgegengesetzte Richtung an

Palpation

Siehe Kap. 4.8 Anatomie in vivo, Palpation Brustwirbelsäule und Thorax

Funktionsprüfung

Safety-Tests

Nach Anamnese, Inspektion und Palpation erfolgt ein Resümee mit Einschätzung von Sicherheit und Kontraindikationen. Am Anfang einer passiven Untersuchung stehen die Safety-Tests der Brustwirbelsäule!

Traktion

Ausführung:
- Der Therapeut steht hinter dem auf der Längsseite der Bank sitzenden Patienten und umfasst beide Ellbogengelenke der im Pharaonengriff verschränkten Arme des zu Untersuchenden.
- Nach einem leichten Druck gegen den Thorax trahiert der Therapeut durch eine Rückverlagerung einige Sek. die Brustwirbelsäule (▶ Abb. 12.22).

Interpretation:
- Bei sofort oder nach kurzer Zeit auftretendem inadäquatem Schmerz gilt der Test als positiv.
- Als mögliche Pathologien gelten akute Entzündungen oder massive Instabilitäten.

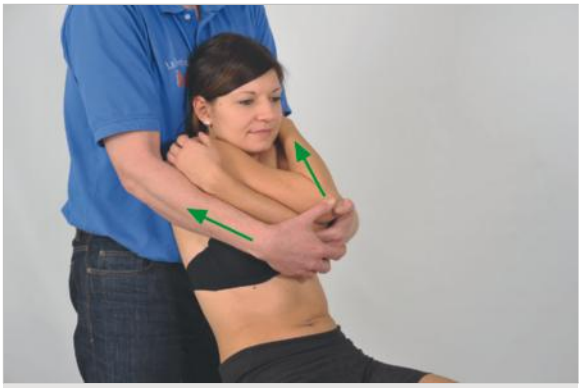


Abb. 12.22 Traktion der Brustwirbelsäule.

Kompression

Ausführung:
- Der Therapeut legt seinen Unterarm über den Schultergürtel des sitzenden Patienten und stützt mit seiner kaudalen Hand die Brustwirbelsäule.
- Der Druck erfolgt axial, intermittierend steigernd über den Unterarm des Therapeuten (▶ Abb. 12.23).

Interpretation:
- Bei auftretendem inadäquatem Schmerz gilt der Test als positiv.
- Als mögliche Pathologien gelten Frakturen oder raumfordernde Prozesse.

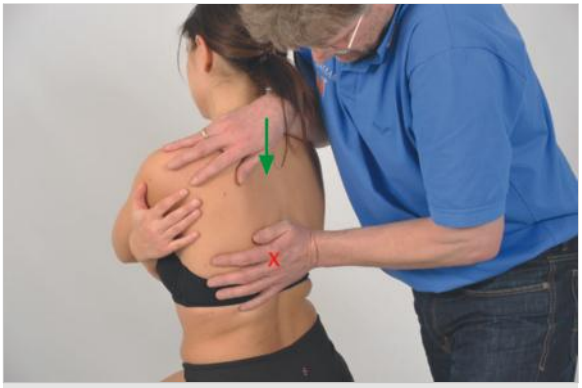


Abb. 12.23 Kompression der Brustwirbelsäule.

Rosette-Test

Ausführung:
- Der Therapeut steht kaudal zum in Bauchlage befindlichen Patienten und legt seine Daumen von rechts und links gegen 2 benachbarte Processus spinosi der Brustwirbelsäule. Der Druck erfolgt vom obenliegenden Daumen gegen den fixierenden untenliegenden Daumen (▶ Abb. 12.24).
- Anschließend wechseln die Daumen im gleichen Segment.

Interpretation:
- ▶ Abb. 12.24 zeigt Test der linken Facette auf Kompression und Test der rechten Facette auf Traktion.

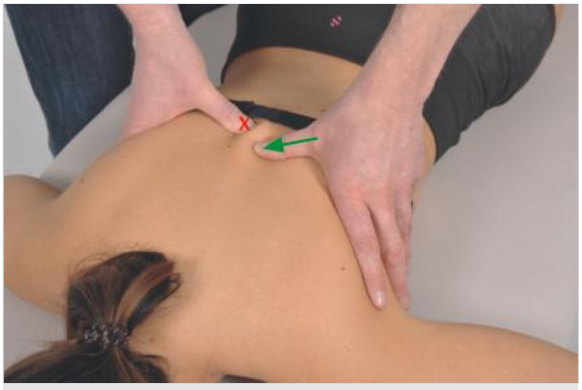


Abb. 12.24 Rosette-Test, Kompression linke und Traktion rechte Facette.

Kompression der Rippen antero-posterior

Ausführung:
- Therapeut legt seine Hände flächig mit den Fingern nach kaudal zeigend anterior auf das Sternum und posterior auf den mittleren Brustwirbelsäulenbereich (▶ Abb. 12.25).
- Im Anschluss drückt der Therapeut progredient axial, so dass beide Hände aufeinander zu arbeiten.
- Der Druck erfolgt intermittierend steigernd.

Interpretation:
- Der Test ist positiv, wenn ein inadäquater Schmerz provoziert wird, welcher auf eine Fraktur, einen hochakuten Prozess oder Neoplasma hindeuten könnte.

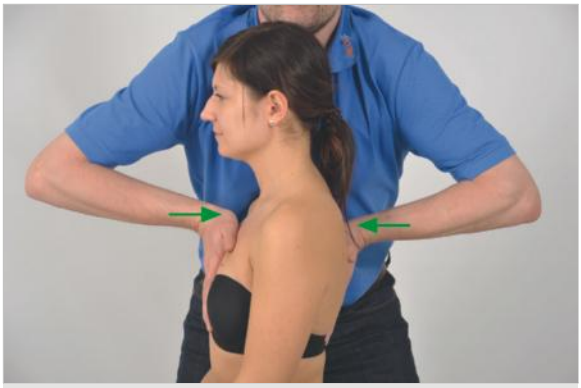


Abb. 12.25 Kompression der Rippen antero-posterior.

Kompression der Rippen latero-lateral

Ausführung:
- Therapeut legt seine Hände flächig latero-lateral (Finger zeigen nach ventral) an den Thorax des Patienten an (▶ Abb. 12.26).
- Druck erfolgt über beide Hände nach medial.

Interpretation:
- Test ist positiv, wenn ein inadäquater Schmerz provoziert wird, welcher auf eine Fraktur, einen hochakuten Prozess oder Neoplasma hindeuten könnte.

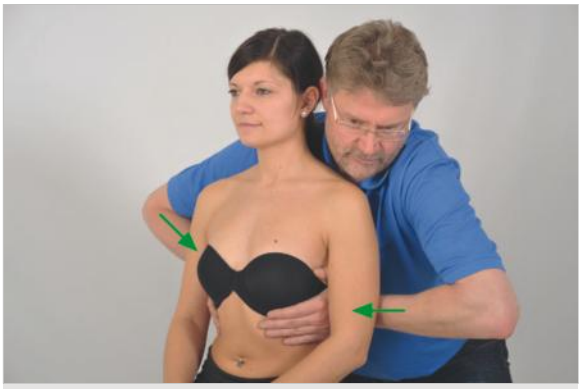


Abb. 12.26 Kompression der Rippen latero-lateral.

Aktive und passive Bewegungsprüfung

Aktive Bewegungsprüfung testet:
- Bereitwilligkeit
- Koordination des Bewegungsablaufs
- harmonischer Bogen/Deviation
- Bewegungsumfang
- Schmerz
- Anzeichen für Hypomobilitäten, Blockierungen oder Bandscheibenprobleme

Passive Bewegungsuntersuchung testet:
- Kapselzustand (Qualität = Endgefühl)
- Bewegungsweg (Quantität)

Flexion der Brustwirbelsäule im Sitz

Ausführung:
- Der Patient sitzt im Tubersitz (▶ Abb. 12.27).
- Die Lendenwirbelsäule befindet sich in Extension.
- Die Arme sind im Pharaonengriff vor dem Brustkorb verschränkt.
- Die Flexion wird von der Halswirbelsäule eingeleitet.
- Am Ende der Bewegung testet der Therapeut das Endgefühl, indem er mit einem passiven Impuls weiter in die Flexion geht.
- Das Endgefühl sollte fest-elastisch sein.

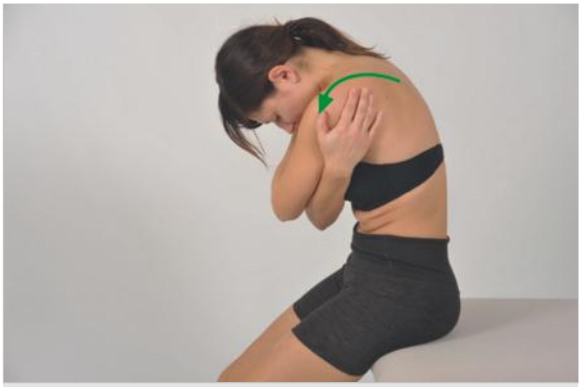


Abb. 12.27 Aktive Flexion der Brustwirbelsäule.

Interpretation möglicher Befunde:
- Bewegungseinschränkung und Schmerz durch:
  - Bandscheibenläsionen (s. Zusatztests)
  - Divergenzhypomobilitäten (Extensionsläsionen)
  - Deviationen (z. B. nach rechts, bedeutet, dass die rechte Facette nicht divergieren kann)
  - Inspirationsläsionen der Rippen

Extension der Brustwirbelsäule im Sitz

Ausführung:

- Der Patient sitzt im Tubersitz.
- Die Lendenwirbelsäule befindet sich in Extension.
- Arme im Pharaonengriff vor dem Brustkorb verschränkt.
- Extension wird von der Halswirbelsäule eingeleitet.
- Am Ende der Bewegung testet der Therapeut das Endgefühl, indem er mit einem passiven Impuls weiter in die Extension geht.
- Das Endgefühl sollte fest-elastisch sein.

Interpretation möglicher Befunde:

- Bewegungseinschränkung und Schmerz durch:
  - Systemerkrankungen (z. B. M. Bechterew, M. Scheuermann)
  - Facettenprobleme und Einengungen im Foramen intervertebrale (s. Zusatztests)
  - Konvergenzhypomobilitäten (Flexionsläsionen)
  - Deviationen (z. B. nach rechts, bedeutet, dass die linke Facette nicht konvergieren kann)
  - Exspirationsläsionen der Rippen

Lateralflexion der Brustwirbelsäule im Sitz

Ausführung:

- Der Patient sitzt im Tubersitz (▶ Abb. 12.28).
- Lendenwirbelsäule befindet sich in Extension.
- Arme im Pharaonengriff vor dem Brustkorb verschränkt.
- Seitneigung wird von der Halswirbelsäule eingeleitet.
- Am Ende der Bewegung testet der Therapeut das Endgefühl, indem er mit einem passiven Impuls weiter in die Seitneigung geht.
- Das Endgefühl sollte weich-elastisch sein.

Interpretation möglicher Befunde bei Seitneigung rechts:

- Bewegungseinschränkung und Schmerz durch:
  - Facettenarthropathie rechts
  - Kapselstress links (ggf. durch Arthritis)
  - Foramenstenose rechts

Interpretation möglicher Befunde bei Seitneigung links:

- Bewegungseinschränkung und Schmerz durch:
  - Facettenarthropathie links
  - Kapselstress rechts (ggf. durch Arthritis)
  - Foramenstenose links



Abb. 12.28 Seitneigung der Brustwirbelsäule.
a Seitneigung der Brustwirbelsäule nach rechts.
b Seitneigung der Brustwirbelsäule nach links.

Facettenkompression der Brustwirbelsäule

Ausführung:
- Über den Unterarm des Therapeuten werden eine Extension und Seitneigung im zu testenden Segment eingestellt (▶ Abb. 12.29).
- Zusätzlicher Kompressionsdruck dient einer evtl. Schmerzprovokation auf der Seite der Seitneigung.

Interpretation:
- Schmerz kann für eine Facettenirritation oder Einengung im Foramen intervertebrale sprechen.

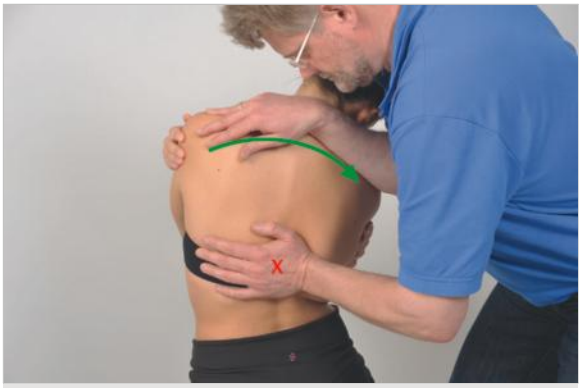


Abb. 12.29 Kompression der rechten Facetten.

Kompression der Bandscheiben

Ausführung:
- Über den Unterarm des Therapeuten werden eine Flexion und Seitneigung im zu testenden Segment eingestellt (▶ Abb. 12.30).
- Zusätzlicher Kompressionsdruck dient einer evtl. Schmerzprovokation.

Interpretation:
- Schmerz kann für eine vermehrte Raumforderung auf der der Seitneigung abgewandten Seite sprechen.

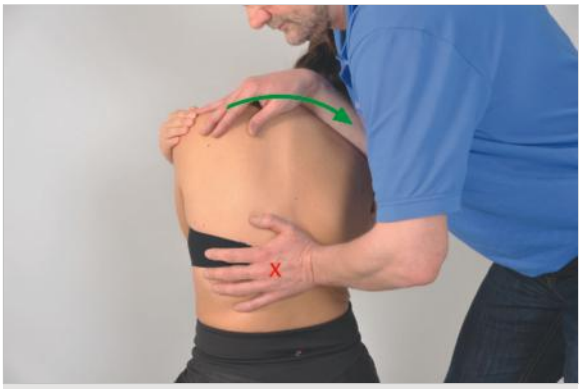


Abb. 12.30 Kompression der Bandscheibe.

Springing-Test der Brustwirbelsäule

Ausführung:
- Unterhalb des Brustwirbelsäulenscheitelpunkts legt der Therapeut die kraniale Hand mit Zeigefinger und Mittelfinger nach kaudal zeigend auf die Querfortsätze des Wirbelkörpers (▶ Abb. 12.31a u. ▶ Abb. 12.31b).
- Thenar und Hypothenar der kaudalen Hand legen sich über die 2 Finger.
- Der Druck erfolgt intermittierend in Richtung Processus xiphoideus über und in Verlängerung des kaudalen Unterarms.
- Oberhalb des Scheitelpunkts der Brustwirbelsäule legt sich die kaudale Hand mit Zeigefinger und Mittelfinger nach kranial zeigend auf die Querfortsätze.
- Thenar und Hypothenar der kranialen Hand legen sich nun darüber und drücken in beschriebener Weise in Richtung Processus xiphoideus.

Interpretation:
- Dieser Test dient der Beurteilung der Schmerzempfindlichkeit der Wirbelbogengelenke, der paravertebralen segmentalen Muskulatur und der Bewertung des Bewegungsspiels der Brustwirbelsäule.

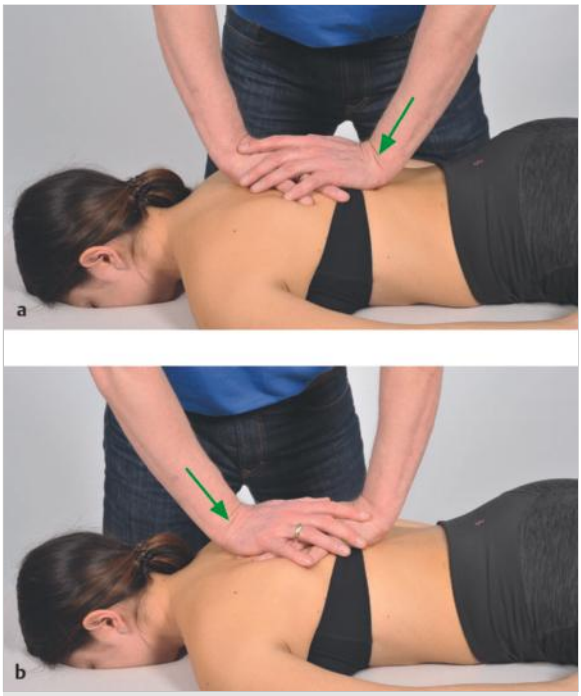


Abb. 12.31 Springing-Test.
a Der unteren Brustwirbelsäule.
b Der oberen Brustwirbelsäule.

Oszillationstest der Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Patient sitzt in einer neutralen Ausgangsstellung auf der Schmalseite der Bank.
- Arme sind im Pharaonengriff vor dem Körper verschränkt (▶ Abb. 12.32).
- Der Therapeut testet die rechte und linke Seite nacheinander, indem er seinen Unterarm über den Schultergürtel des Patienten legt und rhythmisch oszillierende Bewegungen durchführt.
- Daumen des Therapeuten legt sich ipsilateral gegen die Processus spinosi der Wirbelsäule auf Höhe des durch die Schwingung entstehenden Apex.
- Beurteilt wird die Bewegung der Processus spinosi, die am Anfang der Oszillation zur Gegenseite auslenken sollten.

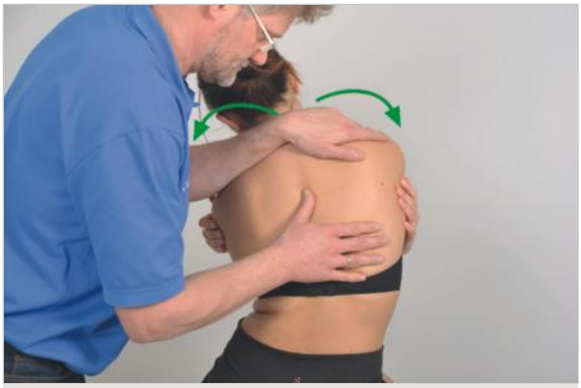


Abb. 12.32 Oszillationstest von links.

Interpretation:

- Dieser Test gibt ausschließlich eine Aussage über das Niveau der Läsion, indem ein „rigider" Dornfortsatz oder Bereich lokalisiert wird.

Seitneigungstest der Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Patient sitzt in einer neutralen Ausgangsstellung auf der Schmalseite der Bank.
- Arme sind im Pharaonengriff vor dem Körper verschränkt (▶ Abb. 12.33).
- Therapeut testet die rechte und linke Seite nacheinander, indem er seinen Unterarm über den Schultergürtel des Patienten legt und die Brustwirbelsäule bis in das zu untersuchende Segment seitneigt.
- Daumen des Therapeuten legt sich ipsilateral gegen die Processus spinosi der Wirbelsäule auf Höhe des durch die Seitneigung entstehenden Apex.
- Anschließend beurteilt der Therapeut von kaudal nach kranial die treppenartige Auslenkung der Processus spinosi, indem er mit minimalem Druck vom unten liegenden Dorn nach kranial in Richtung des darüber liegenden Dorns gleitet.

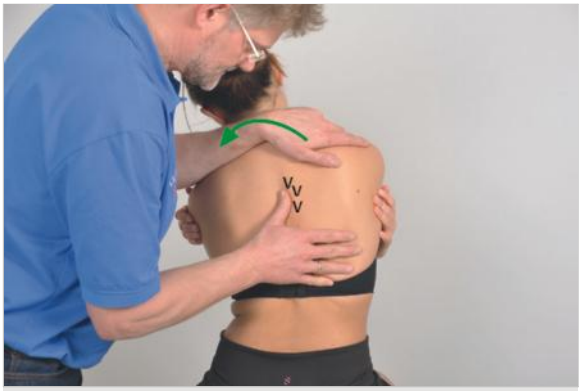


Abb. 12.33 Seitneigungstest nach links.

Interpretation:

- Erfolgt auf Grundlage der Kopplungsgesetze der Wirbelsäule, welche in einer neutralen Ausgangsstellung einer gegensinnigen Kopplung entsprechen.

Testung der Flexion der Brustwirbelsäule im Sitz

Obere Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Flexion wird über den Kopf eingeleitet, während der Therapeut zwischen den Processus spinosi palpiert (▶ Abb. 12.34).

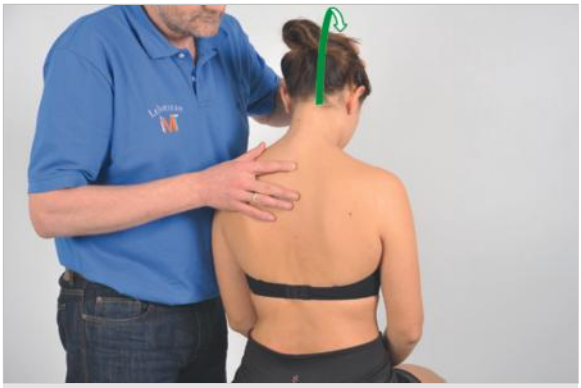


Abb. 12.34 Test Flexion obere Brustwirbelsäule.

Mittlere Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Flexion wird über einen Druck auf die Ellbogen der hinter dem Hals des Patienten verschränkten Arme eingeleitet (▶ Abb. 12.35).

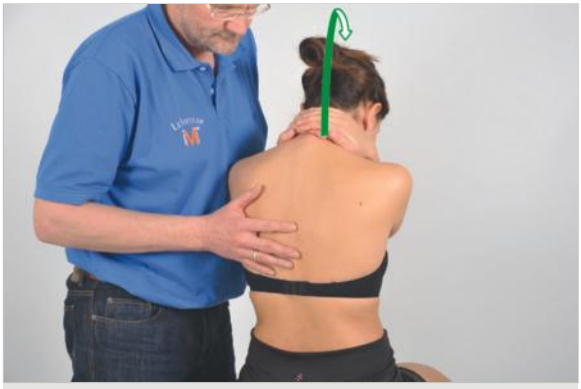


Abb. 12.35 Test Flexion mittlere Brustwirbelsäule.

Untere Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Flexion wird durch einen Druck auf die Ellbogen der im Pharaonengriff befindlichen Arme des Patienten eingeleitet (▶ Abb. 12.36).

Interpretation:

- Eine ausbleibende Divergenz der Processus spinosi oder Anspannung des Lig. supraspinale deutet auf eine bilaterale Extensionsläsion oder ERS-Läsion hin.

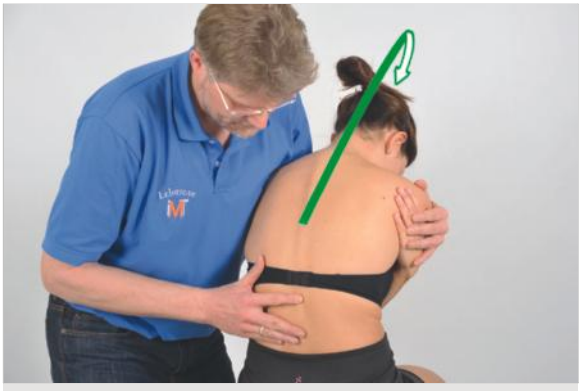


Abb. 12.36 Test Flexion untere Brustwirbelsäule.

Testung der Extension der Brustwirbelsäule im Sitz

Obere Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Obere Halswirbelsäule wird über eine Inklination und die untere Halswirbelsäule über eine Flexion verriegelt (▶ Abb. 12.37).
- Testung der Extension erfolgt somit unter Ausschaltung der Halswirbelsäule.

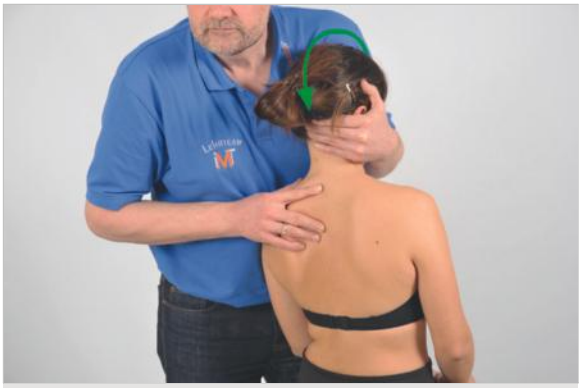


Abb. 12.37 Test Extension obere Brustwirbelsäule.

Mittlere Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Extension wird durch das Anheben der Oberarme des Patienten eingeleitet, während seine Hände verschränkt im Nacken liegen (▶ Abb. 12.38).

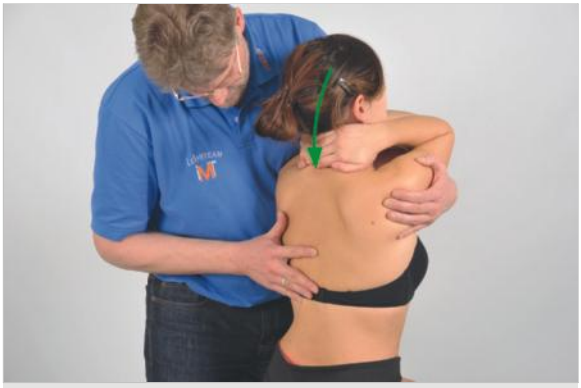


Abb. 12.38 Test Extension mittlere Brustwirbelsäule.

Untere Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Extension wird über das Anheben der Oberarme des Patienten eingeleitet, während seine Arme im Pharaonengriff vor dem Körper liegen (▶ Abb. 12.39).

Interpretation:

- Eine ausbleibende Konvergenz der Processus spinosi oder Entspannung des Lig. supraspinale deutet auf eine bilaterale Flexionsläsion oder eine FRS-Läsion hin.

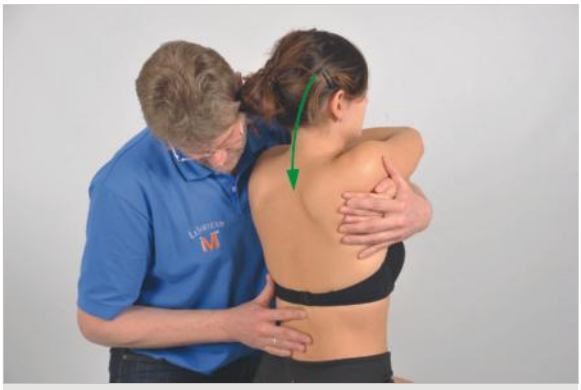


Abb. 12.39 Test Extension untere Brustwirbelsäule.

Test der 1. Rippe in Inspiration

Ausführung:

- Therapeut legt seinen Daumen von dorsal auf das Tuberculum costae der 1. Rippe (M. trapezius nach dorsal schieben und erspürt das Abrollen der Rippe ▶ Abb. 12.40).
- Zeigefinger befinden sich sub- oder supraklavikulär von ventral auf der 1. Rippe und palpieren deren Hebung während der Inspiration.

Interpretation:

- Fehlende Hebung der Rippe, kein Rollen des Tuberculums nach kaudal spricht für eine Inspirationsläsion.

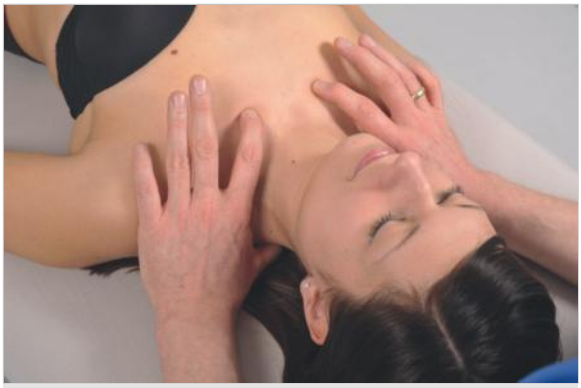


Abb. 12.40 Test der 1. Rippe in Inspiration.

Test der kostosternalen Verbindungen

Ausführung:

- Für die oberen Rippen legt der Therapeut seine Finger parasternal in die Interkostalräume (▶ Abb. 12.41a).
- Für die unteren Rippen legt der Therapeut seine Finger von latero-ventral, mit dem kleinen Finger zwischen der 9. und 10. Rippe beginnend, in die Interkostalräume (▶ Abb. 12.41b).

Interpretation:

- parasternal:
  - während der Inspiration heben sich die Rippen nach ventro-kranial
  - während der Exspiration senken sie sich nach dorso-kaudal
- interkostal:
  - während der Inspiration heben sich die Rippen nach ventro-lateral
  - während der Exspiration senken sie sich nach dorso-medial

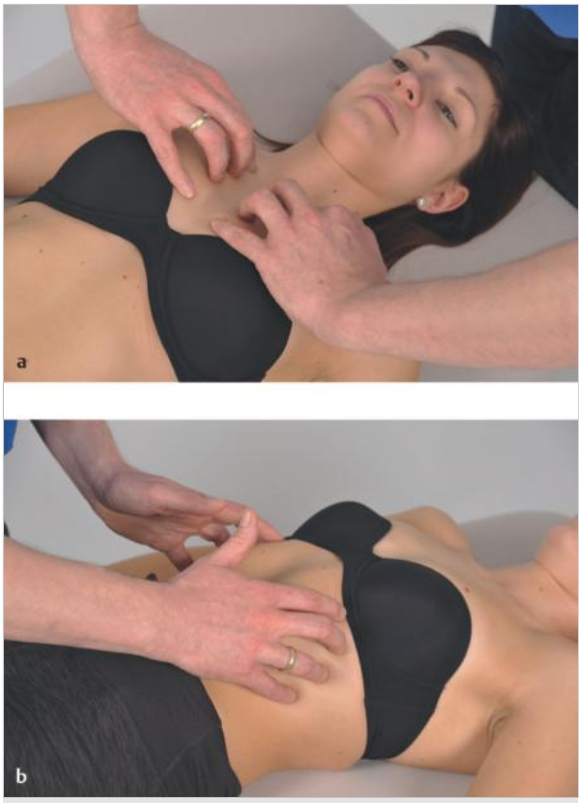


Abb. 12.41 Test der kostosternalen Verbindungen.
a Test parasternal.
b Test latero-ventral.

Test der Atemwelle

Ausführung:
- Patient befindet sich in Rückenlage (▶ Abb. 12.42)
- Therapeut legt seine Fingerspitzen suprasymphysial und palpiert die zu erwartende Atemwelle

Interpretation:
- Kann der Patient bis Os pubis atmen?
- Kann der Patient abdominal atmen?

Test der Rippen in Exspiration im Sitz

Ausführung:
- Patient sitzt mit verschränkten Armen (▶ Abb. 12.43).
- Therapeut umfasst den Patienten von ventral und führt ihn in eine Rumpfrotation zu sich hin.
- Die von dorsal kommende Hand des Therapeuten palpiert auf der gegenüberliegenden Seite flächig das Fliehen des Angulus costae nach ventral.

Interpretation:
- fehlendes Fliehen – ggf. Inspirationsläsion

Test der Rippen in Inspiration im Sitz

Ausführung:
- Patient sitzt mit verschränkten Armen (▶ Abb. 12.44).
- Therapeut umfasst den Patienten von dorsal an der abgewandten Schulter.
- Palpationshand legt sich auf die kostosternalen Verbindungen der gegenüberliegenden Seite.
- Während der Rumpfrotation vom Therapeuten weg prüft er das Fliehen der Rippen nach lateral.

Interpretation:
- fehlendes Fliehen – ggf. Exspirationsläsion



Abb. 12.42 Test der Atemwelle.

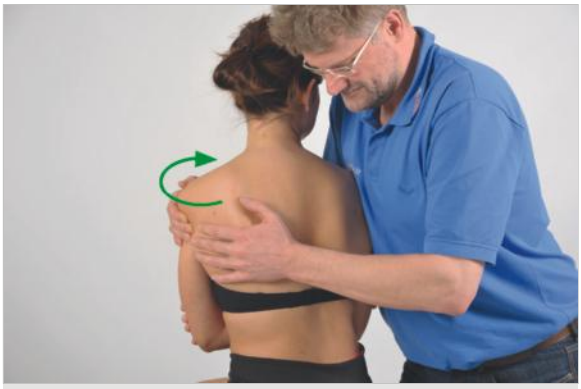


Abb. 12.43 Testung der linken Seite.

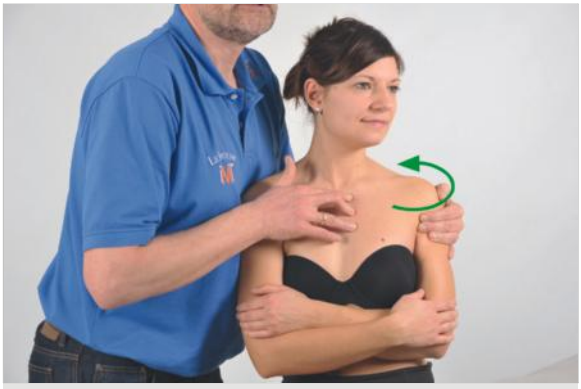


Abb. 12.44 Test der linken Seite.

Test der Rippen in Inspiration aus Seitenlage

Ausführung:

- Therapeut steht dorso-kranial zum in Seitenlage befindlichen Patienten und abduziert dessen oberen Arm (▶ Abb. 12.45).
- Die von dorsal kommende Hand des Therapeuten legt sich mit dem Daumen-Zeigefinger-Spann (Daumen dorsal, Finger ventral) palpierend in den zu untersuchenden interkostalen Raum.

Interpretation:

- Inspiration:
  - Die kraniale Rippe sollte bei der Einatmung vom Finger fliehen und die kaudale unmittelbar folgen.
- Exspiration:
  - Die kaudale Rippe sollte bei der Ausatmung vom Finger fliehen und die kraniale unmittelbar folgen.
  - Hier kann man auch testen, ob sich die kaudal gelegene Rippe mit dem Daumen-Zeigefinger-Spann nach kaudal wegdrücken lässt.

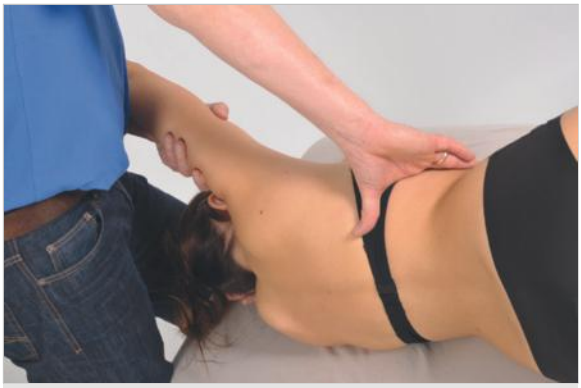


Abb. 12.45 Test der rechten Seite.

Behandlung

Traktion der oberen Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Der Patient sitzt auf der Langseite der Bank, nah am dorsal stehenden Therapeuten.
- Patient hebt seine Arme in U-Halte in ca. 90° Abduktion (▶ Abb. 12.46).
- Therapeut greift axillanah von dorsal nach ventral und legt seine Hände überschlagen fokussierend kranial des zu behandelnden Segments auf die Halswirbelsäule.
- Patient verschränkt seine Hände im Nacken über den Händen des Therapeuten.
- Traktion nach kranial erfolgt über die Streckung der Beine des Therapeuten.

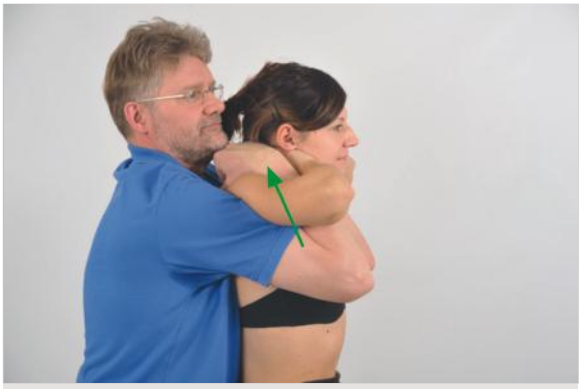


Abb. 12.46 Traktion obere Brustwirbelsäule, „Doppel-Nelson".

Traktion der mittleren Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Patient sitzt auf der Langseite der Bank, nah am dorsal stehenden Therapeuten (▶ Abb. 12.47).
- Patient verschränkt seine Arme im Pharaonengriff.
- Therapeut umfasst von dorsal flächig beide Ellbogengelenke.
- Traktion erfolgt durch einen leichten Druck der Ellbogengelenke gegen den Brustkorb des Patienten und eine Rückverlagerung des Therapeuten auf sein hinten stehendes Bein.

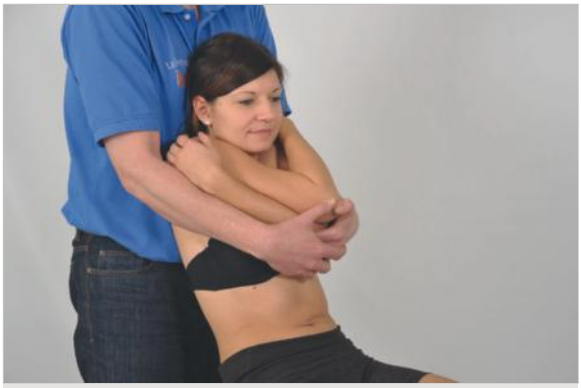


Abb. 12.47 Traktion mittlere Brustwirbelsäule.

Traktion untere Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Patient sitzt auf der Langseite der Bank, nah am dorsal stehenden Therapeuten.
- Patient verschränkt seine Arme im Rautek-Griff (▶ Abb. 12.48).
- Therapeut fasst von dorsal beide Unterarme des Patienten und drückt diese leicht gegen den Brustkorb.
- Traktion erfolgt durch das Aufrichten des Therapeuten. Dabei sollte keine Schultergürtel-Elevation stattfinden und keine vermehrte Extension der Wirbelsäule!
- Um den Brustbereich bei Frauen nicht zu komprimieren, kann der Therapeut auch von außen fassen.

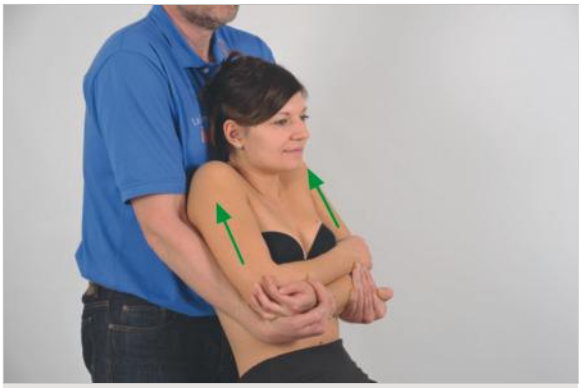


Abb. 12.48 Traktion untere Brustwirbelsäule.

Mobilisation von Flexion, Extension, NSR-, E/F- und Rotationsläsionen

Mobilisation der Flexion im Sitz

Obere Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Flexion wird über den Kopf vorpositioniert (▶ Abb. 12.49).
- Mobilisation erfolgt über die Kleinfingerkante durch Zug nach ventro-kranial.



Abb. 12.49 Mobilisation der Flexion in der oberen Brustwirbelsäule.

Mittlere Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Flexion wird vorpositioniert und über einen Druck auf die Ellenbogengelenke des Patienten mobilisiert, während seine Hände verschränkt im Nacken liegen (▶ Abb. 12.50).

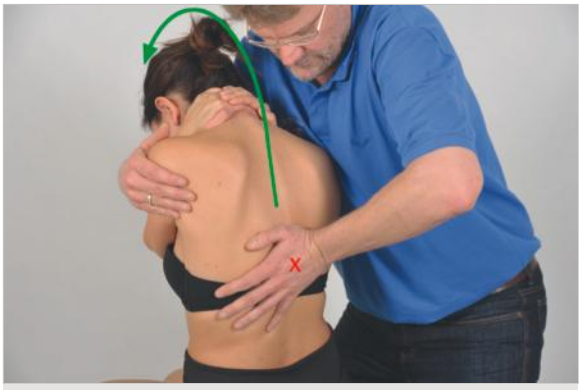


Abb. 12.50 Mobilisation der Flexion in der mittleren Brustwirbelsäule.

Untere Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Flexion wird vorpositioniert und durch einen Druck auf die Ellbogengelenke der im Pharaonengriff befindlichen Arme des Patienten mobilisiert (▶ Abb. 12.51).

Fixation des kaudalen Wirbelkörpers:

- Bei allen Mobilisationen wird der kaudale Wirbelkörper flächig mit dem Daumenballen des Therapeuten nach ventro-kaudal fixiert, um eine maximale Divergenz im Segment zu erzeugen.

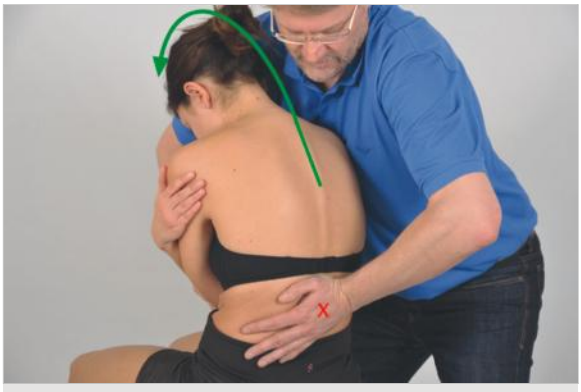


Abb. 12.51 Mobilisation der Flexion in der unteren Brustwirbelsäule.

Mobilisation der Extension im Sitz

Obere Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Obere Halswirbelsäule wird über eine Inklination, die untere Halswirbelsäule über eine Flexion verriegelt (▶ Abb. 12.52).
- Mobilisation erfolgt durch einen Schub über die verriegelte Halswirbelsäule nach dorso-kaudal.

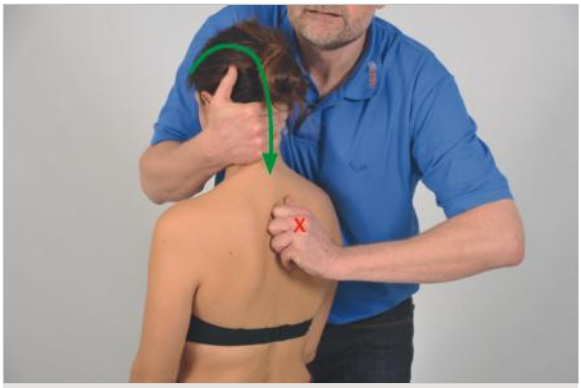


Abb. 12.52 Mobilisation der Extension der oberen Brustwirbelsäule.

Mittlere Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Extension wird vorpositioniert und durch das Anheben der Oberarme des Patienten mobilisiert, während seine Hände verschränkt im Nacken liegen (▶ Abb. 12.53).

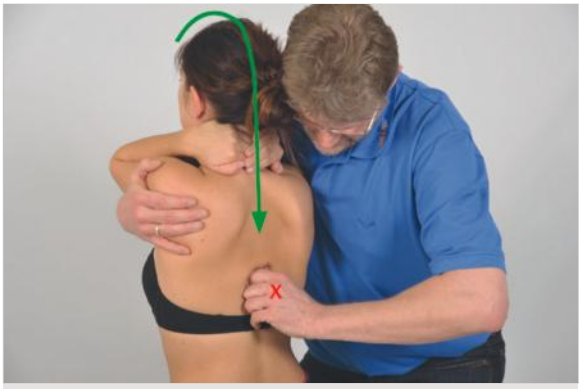


Abb. 12.53 Mobilisation der Extension der mittleren Brustwirbelsäule.

Untere Brustwirbelsäule

Ausführung:

- Extension wird vorpositioniert und über das Anheben der Oberarme des Patienten mobilisiert, während seine Arme im Pharaonengriff vor dem Körper liegen (▶ Abb. 12.54).

Fixation des kaudalen Wirbelkörpers:

- bei allen Mobilisationen wird der kaudale Wirbelkörper flächig mit dem Schnäuzgriff vom Therapeuten nach ventro-kranial fixiert, um eine maximale Konvergenz im Segment zu erzeugen.

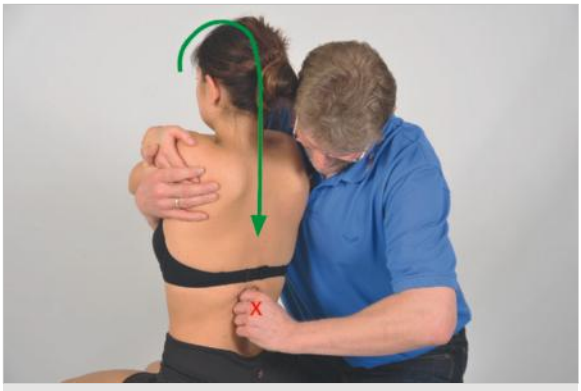


Abb. 12.54 Mobilisation der Extension der unteren Brustwirbelsäule.

Mobilisation einer NSR-Läsion im Sitz

Ausführung:

- Der Patient sitzt in neutraler Position am Bankende mit den Beinen an der langen Seite (▶ Abb. 12.55)
- Die Arme des Patienten sind im Pharaonengriff verschränkt
- Der Therapeut modelliert sich mit seinem von ventral kommenden Arm durch die verschränkten Arme des Patienten, sodass der Therapeutenarm den unilateralen Patientenarm untergreift und die Therapeutenhand auf der gegenüberliegenden Patientenschulter zu liegen kommt
- mit seiner von dorsal kommenden Hand palpiert der Therapeut mit einem Finger die Läsion und führt anschließend mit seinem ventral positionierten Arm den Patienten in die entgegengesetzte Seitneigung und unilaterale Rotation, bis sein dorsal palpierender Finger spürt, dass die Bewegung im Segment der Läsion ankommt
- die dorsale Hand legt sich anschließend mit dem Daumen von unilateral kommend gegen den Dornfortsatz des Wirbelkörpers in Läsion
- mit seinen Fingern fixiert er von der Gegenseite die Dornfortsätze der untenliegenden Wirbelkörper (Gegenhalte-Mitnahmetechnik)

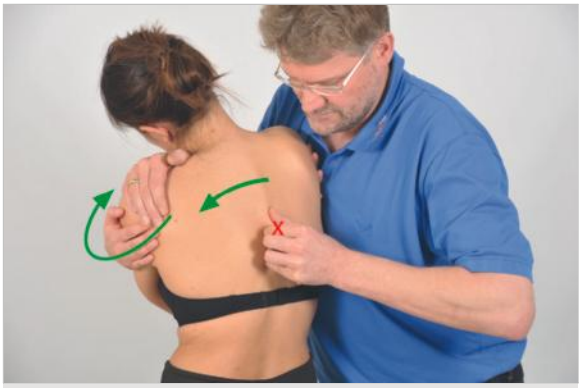


Abb. 12.55 Mobilisation einer NSR-Läsion links.

- Alternativ kann der Therapeut mit seinem Daumen auch nur von der Gegenseite gegen den Dornfortsatz unterhalb der Läsion fixieren (Gegenhaltetechnik)
- Die Mobilisation erfolgt über ein Weiterführen der Rotation und Seitneigung in die eingeschränkten Richtungen, indem der Therapeut sich zusammen mit dem Patienten bewegt
- Die Technik kann rhythmisch oder gehalten durchgeführt werden und sollte in jedem Fall mit einer myotensiven Technik verknüpft sein

Mobilisation einer FRS-Läsion im Sitz

Ausführung:

- Der Patient sitzt in neutraler Position am Bankende mit den Beinen an der langen Seite (▶ Abb. 12.56).
- Die Arme des Patienten sind im Pharaonengriff verschränkt
- Der Therapeut modelliert sich mit seinem von ventral kommenden Arm an die verschränkten Arme des Patienten an, sodass die Therapeutenschulter die unilaterale Patientenschulter umfasst und die Therapeutenhand auf der gegenüberliegenden Patientenschulter zu liegen kommt
- Alternativ kann der Therapeut auch von kranial kommend durch die verschränkten Arme des Patienten greifen und seine Hand an den gegenüberliegenden Rippen ablegen, um einen größeren Hebel zu nutzen
- mit seiner von dorsal kommenden Hand palpiert der Therapeut mit einem Finger die Läsion und führt anschließend mit seinem ventral positionierten Arm den Patienten in die Extension, gleichseitige Seitneigung und Rotation, bis sein dorsal palpierender Finger spürt, dass die Bewegung im Segment der Läsion ankommt
- die dorsale Hand legt sich anschließend mit dem Daumen von unilateral kommend gegen den Dornfortsatz des Wirbelkörpers in Läsion
- mit seinen Fingern fixiert er von der Gegenseite die Dornfortsätze der untenliegenden Wirbelkörper (Gegenhalte-Mitnahmetechnik)



Abb. 12.56 Mobilisation einer FRS-Läsion links.

- Alternativ kann der Therapeut mit seinem Daumen auch nur von der Gegenseite gegen den Dornfortsatz unterhalb der Läsion fixieren (Gegenhaltetechnik)
- Die Mobilisation erfolgt über ein Weiterführen in Extension, Rotation und Seitneigung in die eingeschränkten Richtungen, indem der Therapeut sich zusammen mit dem Patienten bewegt
- Die Technik kann rhythmisch oder gehalten durchgeführt werden und kann mit einer myotensiven Technik verknüpft sein

Mobilisation einer ERS-Läsion im Sitz

Ausführung:

- Der Patient sitzt in neutraler Position am Bankende mit den Beinen an der langen Seite (▶ Abb. 12.57).
- Die Arme des Patienten sind im Pharaonengriff verschränkt
- Der Therapeut modelliert sich mit seinem von ventral kommenden Arm an die verschränkten Arme des Patienten, sodass die Therapeutenschulter die unilaterale Patientenschulter umfasst und die Therapeutenhand auf der gegenüberliegenden Patientenschulter zu liegen kommt
- Alternativ kann der Therapeut auch von kranial kommend durch die verschränkten Arme des Patienten greifen und seine Hand an den gegenüberliegenden Rippen ablegen, um einen größeren Hebel zu nutzen
- mit seiner von dorsal kommenden Hand palpiert der Therapeut mit einem Finger die Läsion und führt anschließend mit seinem ventral positionierten Arm den Patienten in die Flexion, gleichseitige Seitneigung und Rotation, bis sein dorsal palpierender Finger spürt, dass die Bewegung im Segment der Läsion ankommt
- mit seinen Fingern fixiert er von der Gegenseite die Dornfortsätze der untenliegenden Wirbelkörper (Gegenhalte-Mitnahmetechnik)



Abb. 12.57 Mobilisation einer ERS-Läsion links.

- Alternativ kann der Therapeut mit seinem Daumen auch nur von der Gegenseite gegen den Dornfortsatz unterhalb der Läsion fixieren (Gegenhaltetechnik)
- Die Mobilisation erfolgt über ein Weiterführen in Flexion, Rotation und Seitneigung in die eingeschränkten Richtungen, indem der Therapeut sich zusammen mit dem Patienten bewegt
- Die Technik kann rhythmisch oder gehalten durchgeführt werden und kann mit einer myotensiven Technik verknüpft sein

Mobilisation einer bilateralen E- oder F-Läsion mit dem Pistolengriff

- Die Fixation des jeweiligen Wirbelkörpers erfolgt über die Auflage der Processus transversi auf die Mittelphalanx des 3. Fingers und das MCP-Gelenks des Daumens (▶ Abb. 12.58).
- so kann der entsprechende Wirbelkörper in E oder F bewegen.



Abb. 12.58 Handanlage des Pistolengriffs bei bilateraler E- oder F-Läsion.

Ausführung:

- Therapeut steht seitlich zum in Rückenlage befindlichen Patienten und positioniert seine Hand im Pistolengriff auf dem entsprechenden Wirbelkörper des zu behandelnden Segments (▶ Abb. 12.59).
- Der Zeigefinger zeigt zur gegenüberliegenden Schulter.
- Patient wird über seine im Nacken verschränkten Arme auf der Hand des Therapeuten unter Abnahme des Druckes durch die Flexion der Brustwirbelsäule positioniert.

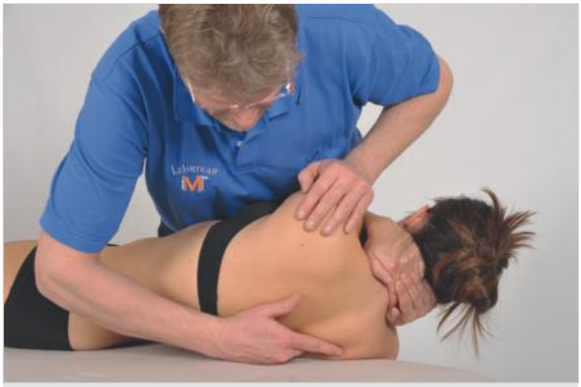


Abb. 12.59 Einnehmen der Vorpositionierung bei bilateraler E- oder F-Läsion.

Mobilisation der Flexion

Ausführung:

- Therapeut fixiert den kaudalen Wirbelkörper des betroffenen Segments (▶ Abb. 12.60).
- Ellbogengelenke des Patienten werden fest zusammengeführt.
- Das betroffene Segment wird maximal in Flexion eingestellt und unter einem Druck nach dorso-kranial über die Ellbogengelenke mobilisiert.



Abb. 12.60 Mobilisation der Flexion.

Mobilisation der Extension

Ausführung:

- Therapeut fixiert den Wirbelkörper in Läsion des betroffenen Segments (▶ Abb. 12.61).
- Ellbogen des Patienten werden fest zusammengeführt.
- Betroffenes Segment wird max. in Extension eingestellt und unter einem Druck nach dorsal und einer Bewegung der Ellenbogen nach dorso-kranial mobilisiert.

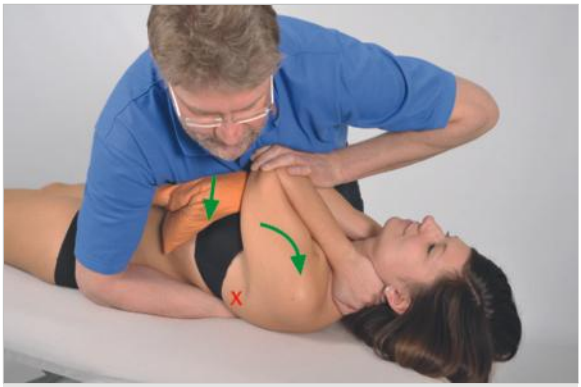


Abb. 12.61 Mobilisation der Extension.

Mobilisation einer Rotationsläsion mit dem Pistolengriff

- Die Fixation des kaudalen Wirbelkörpers erfolgt über die Auflage der Processus transversi auf die Mittelphalanx des 3. Fingers und das Daumensattelgelenk (▶ Abb. 12.62).
- Des Weiteren erfolgt die einseitige Fixation des Processus transversus des Wirbelkörpers in Läsion auf dem Daumengrundgelenk.
- Somit kann der kraniale Wirbelkörper in Rotation bewegen.

Ausführung:

- Hand des Therapeuten wird wie beschrieben im Pistolengriff unter dem Rücken des Patienten positioniert (▶ Abb. 12.63).
- Um die entsprechende Fixation zu erreichen, liegt die Hand ulnar abduziert im rechten Winkel zur Wirbelsäule.
- Therapeut mobilisiert über den Druck auf die Ellenbogen des Patienten und damit die Rotation zu der dem Therapeuten zugewandten Seite.



Abb. 12.62 Handanlage des Pistolengriffs bei Rotationsläsion.

Praxistipp

Benötigt der Therapeut zur Korrektur eine Rechtsrotation, dann nimmt er dazu die rechte Hand.

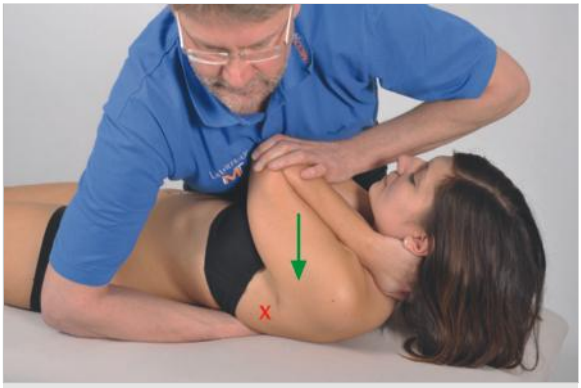


Abb. 12.63 Mobilisation einer Rotation nach rechts.

Mobilisation einer Rotationsläsion rechts mit dem Kreuzgriff

Ausführung:

- Bitte beachte: bei dieser Technik wird punctum fixum und punctum mobile vertauscht.
- Patient befindet sich in Bauchlage (▶ Abb. 12.64).
- Der Kopf kann in die zu mobilisierende Rotationsrichtung gedreht werden.
- Die Hände des Therapeuten werden auf dem Rücken des Patienten überkreuzt.
- Dabei wird die von kaudal kommende Hand mit den Fingern nach kranial zeigend auf die dem Therapeuten zugewandte Wirbelsäulenseite aufgelegt.
- Das Os pisiforme liegt dabei fixierend auf dem Querfortsatz des Wirbelkörpers in Läsion.
- Die kraniale Hand des Therapeuten legt sich mit dem Os pisiforme auf den gegenüberliegenden Querfortsatz des kaudalen Wirbelkörpers.
- Über den Druck nach ventral wird der kaudale Wirbel in eine Rotation rechts gedreht, während der kraniale Wirbelkörper fixiert wird.

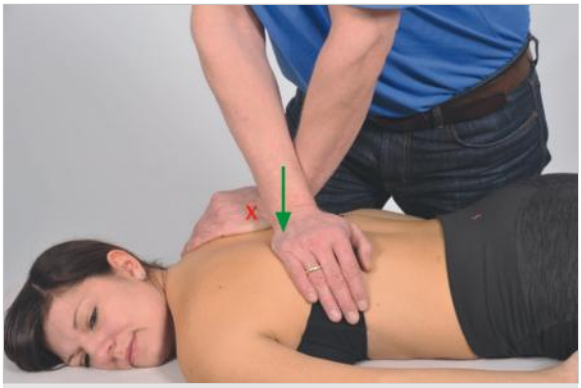


Abb. 12.64 Mobilisation einer Rotationsläsion rechts mit dem Kreuzgriff.

- Da bei dieser Technik punctum fixum und punctum mobile vertauscht wurden, dreht der Wirbelkörper in Läsion nach links.

Mobilisation der Rippengelenke

Mobilisation der 1. Rippe in Exspiration

Ausführung:

- Therapeut steht hinter dem sitzenden Patienten, winkelt sein Bein an und legt zur Entlastung der neuralen Strukturen den gegenüberliegenden Arm bei elevier-tem Schultergürtel auf seinem Oberschenkel ab (▶ Abb. 12.65).
- Gleichzeitig führt er mit seinem Oberschenkel den Patienten in eine leichte Seitneigung zur Läsionsseite.
- Die Fixationshand neigt den Kopf ebenfalls in eine Seitneigung/Rotation zur betroffenen Seite und fixiert diese Stellung mit dem Unterarm.
- Die freie Hand geht mit dem Golden Point (Grundgelenk des Zeigefingers) auf die 1. Rippe von dorso-kranial.
- In der Exspiration erfolgt die Mobilisation nach kaudomedial, Richtung gegenüberliegendes Hüftgelenk.
- Während der Inspiration wird gegengehalten.

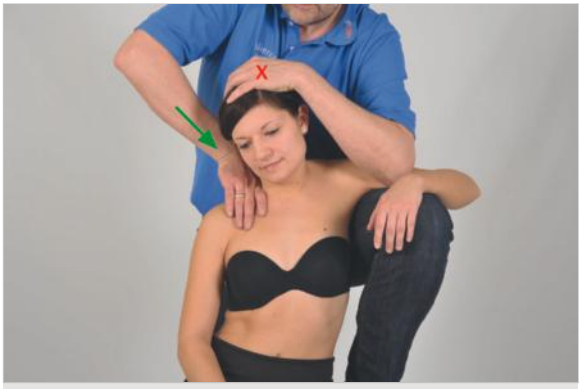


Abb. 12.65 Mobilisation der 1. Rippe rechts in Exspiration.

Mobilisation sternokostal mit Recoil anterior-posterior und latero-lateral

- Bei allen Ausgangsstellungen wird der Thorax entweder gegen die Unterlage (in Rückenlage) oder zwischen den Händen des Therapeuten komprimiert (▶ Abb. 12.66, ▶ Abb. 12.67, ▶ Abb. 12.68).
- Der Druck gegen das Sternum/gegen die Rippen wird in der Exspiration mehrfach verstärkt und in der Inspiration gehalten.
- Am vermeintlichen Endpunkt der Kompression hebt der Therapeut in der folgenden sehr kräftigen Inspiration den Druck plötzlich komplett auf.

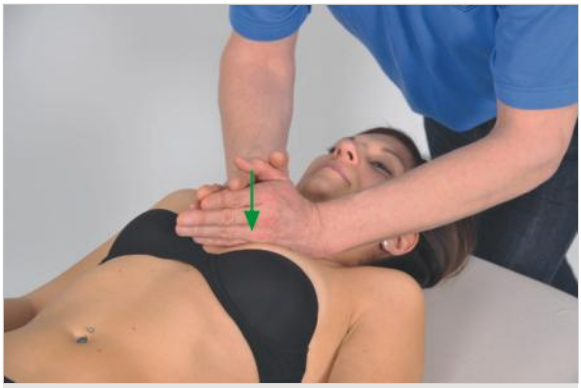


Abb. 12.66 Kompression antero-posterior in Rückenlage.

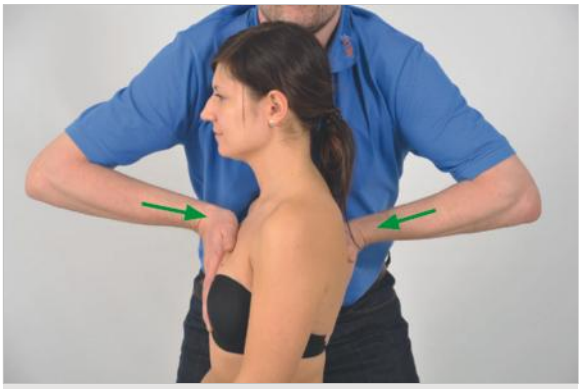


Abb. 12.67 Kompression antero-posterior im Sitz.

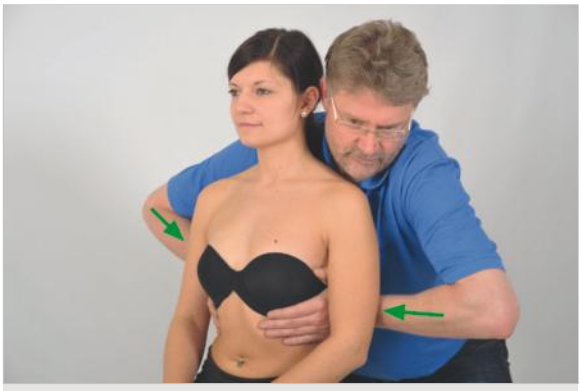


Abb. 12.68 Kompression latero-lateral im Sitz.

3-D-Mobilisation in der Transversalebene

Ausführung:

- Patient in Seitenlage (▶ Abb. 12.69)
- der obere Arm stützt mit dem Unterarm vor dem Körper
- das untere Bein ist gebeugt
- das obere Bein gestreckt und nach hinten in den Überhang abgelegt
- Therapeut steht hinter dem Patienten und seine Hände liegen flächig auf der oberen Thoraxseite (Finger ventral, Daumen abgespreizt)
- während der Exspiration erfolgt ein mobilisierender, rotatorischer Impuls um die vertikale Achse nach ventral
- bei der Mobilisation in Inspiration senkt der Therapeut die Ellenbogen ab und mobilisiert die Rippen nach dorsal

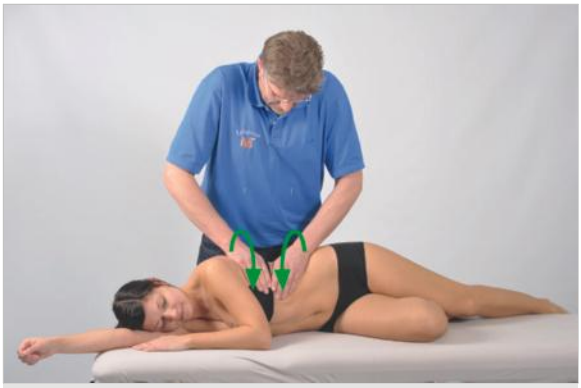


Abb. 12.69 3-D-Mobilisation in der Transversalebene.

3-D-Mobilisation in der Frontalebene

Ausführung:

- Die Ausgangsstellung des Patienten wird wie oben beibehalten (▶ Abb. 12.70).
- Die Hände des Therapeuten legen sich von kaudal kommend lateral auf den oben liegenden Hemithorax.
- Während der Einatmung schiebt der Therapeut die Rippen nach kranial.
- Für die Mobilisation der Exspiration kann der Therapeut kranial stehen und die Rippen um die sagittotransversale Achse nach kaudal mobilisieren.

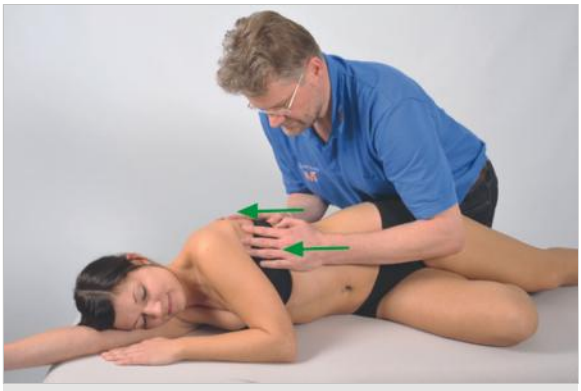


Abb. 12.70 3-D-Mobilisation in der Frontalebene.

3-D-Mobilisation in der Sagittalebene

Ausführung:

- Die Ausgangsstellung des Patienten wird wie oben beibehalten.
- Die Hände des Therapeuten werden von ventral und dorsal auf die oben liegende Thoraxseite gelegt, so dass beide Arme aufeinander zu in unterschiedliche Richtungen arbeiten können.
- Für die Mobilisation der Inspiration zeigen die Finger der ventralen Hand nach kranial und die Finger der dorsalen Hand nach kaudal (▶ Abb. 12.71).
- Die Mobilisation erfolgt während der Inspiration um eine frontotransversale Achse, indem die ventrale Hand nach kranial und die dorsale Hand nach kaudal schiebt.
- Für die Mobilisation der Exspiration zeigen die Finger der ventralen Hand nach kaudal und die Finger der dorsalen Hand nach kranial (▶ Abb. 12.72).
- Die Mobilisation erfolgt während der Ausatmung um eine frontotransversale Achse, indem die ventrale Hand nach kaudal und die dorsale Hand nach kranial schiebt.

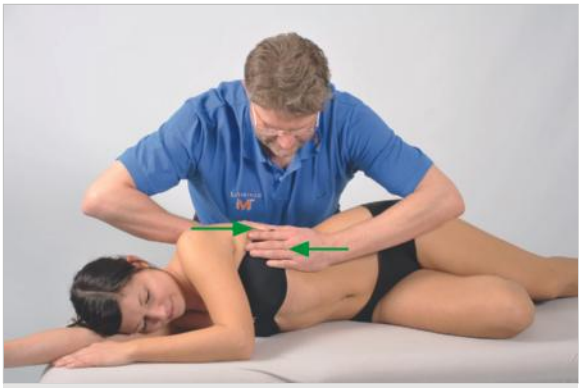


Abb. 12.71 Mobilisation der Inspiration.

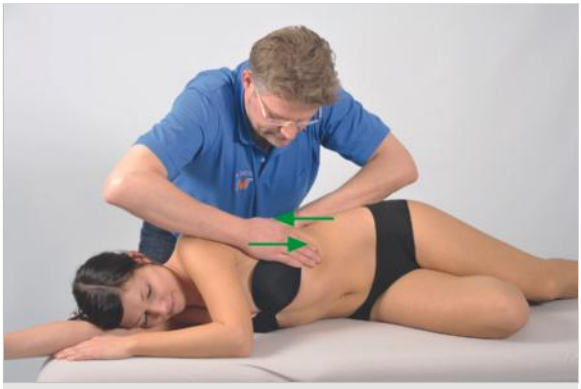


Abb. 12.72 Mobilisation der Exspiration.

Doming-Technik für das Diaphragma

Ausführung:

- Der Therapeut steht hinter dem im angelehnten Sitz befindlichen Patienten, greift subaxillär und bilateral nach ventral um die Rippenbögen (▶ Abb. 12.73).
- Dabei modelliert er sich mit den Fingern II–V unter den Rippenbögen ein.
- Der Oberkörper des Patienten ist etwas nach ventral geneigt.
- Der Therapeut gibt während der Inspiration mit seinen Fingern einen Druck nach kranial.
- In der Exspiration zieht er vorsichtig die Rippenbögen nach ventro-lateral.

Merke

Diese Technik bitte mit sehr viel Respekt durchführen.

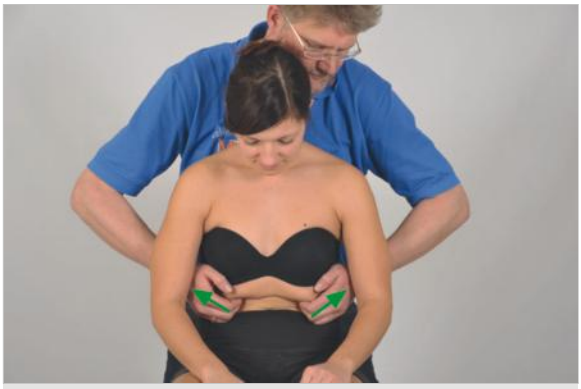


Abb. 12.73 Doming-Technik für Diaphragma.

Kreuzgriff bei Inspirationsläsion

Ausführung:

- Der Patient befindet sich in Bauchlage.
- Der Therapeut steht lateral (▶ Abb. 12.74).
- Er legt seine von kaudal kommende Hand mit den Fingern nach kranial zeigend, paraspinal, gleichseitig, gegen die Processus transversi des zu behandelnden Wirbelsäulenabschnitts.
- Die von kranial kommende Hand legt sich mit dem Os pisiforme medial des Angulus costae auf die zu mobilisierende Rippe.
- Während der Ausatmung erfolgt der Mobilisationsschub mit der kranialen Hand nach ventro-lateral-kaudal, während die gegenüberliegende Hand den Wirbelkörper fixiert.
- Um die Fixation des Wirbelkörpers zu verstärken, kann der Patient den Kopf entgegen der Mobilisationsrichtung rotieren.



Abb. 12.74 Kreuzgriff bei Inspirationsläsion zur Mobilisation in Exspiration.

Kreuzgriff bei Exspirationsläsion

Ausführung:

- Die Ausgangsstellung und Griffanlage entspricht der Mobilisation der Exspiration (▶ Abb. 12.75).
- Der Mobilisationsschub des Therapeuten gegen die in Exspiration stehende Rippe erfolgt jedoch hier konstant nach ventral, indem der Therapeut seinen Unterarm steil aufstellt und damit atemunabhängig 90° zur Bank mobilisiert.

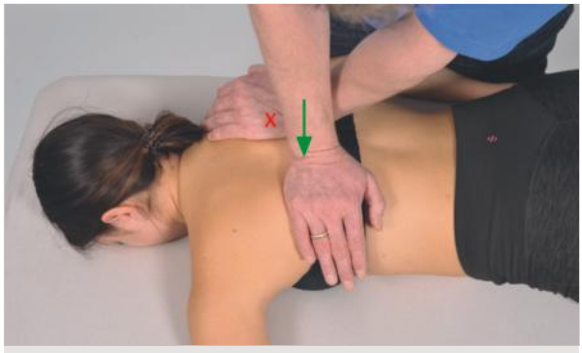


Abb. 12.75 Kreuzgriff bei Exspirationsläsion zur Mobilisation in Inspiration.

Mobilisation der Rippen aus der Seitenlage

Die Ausgangsstellung und Handfassung entsprechen dem Test.

Mobilisation bei Inspirationsläsion

Ausführung:

- Die Hand legt sich auf die Rippe in Läsion und hält während der Einatmung gegen die Rippe, um den Interkostalraum zu vergrößern (▶ Abb. 12.76).
- Gleichzeitig erfolgt ein moderater Zug am oben liegenden Arm des Patienten nach kranial.
- Bei der nächsten Ausatmung begleitet die Hand des Therapeuten die Rippe weiter in Exspiration.

Mobilisation bei Exspirationsläsion

Ausführung:

- Die Hand legt sich unter die Rippe in Läsion und hält während der Einatmung gegen diese Rippe, um den Interkostalraum zu vergrößern.
- Gleichzeitifg erfolgt ein moderater Zug am oben liegenden Arm des Patienten nach kranial.

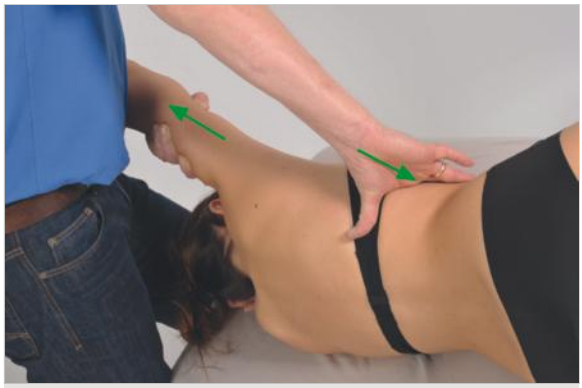


Abb. 12.76 Grifftechnik bei Mobilisation aus der Seitenlage.

Dehnung der intrathorakalen Faszien

Die intrathorakalen Faszien sind geteilt in die linke und in die rechte Lungensäule sowie die mittlere mediastinale Säule.

Mittlere mediastinale Säule

Ausführung:

- Der Patient befindet sich in Rückenlage und der Kopf ist bis etwa Th4 im Überhang (▶ Abb. 12.77).
- Der Therapeut sitzt am Kopfende der Bank und führt den Kopf des Patienten translatorisch nach dorsal, so dass die Kopfgelenke inklinieren und die untere Halswirbelsäule und die Brustwirbelsäule in Extension eingestellt werden.
- Nun atmet der Patient tief abdominal ein und aus.
- Ziehen sich Kopf und Hals bei der tiefen Inspiration in den Thorax, liegen vermutlich Verklebungen der mittleren mediastinalen Säule vor.
- Die Behandlung erfolgt über die gleiche Technik wie der Test, über tiefe abdominale Atmung bei gleicher Ausgangsstellung.

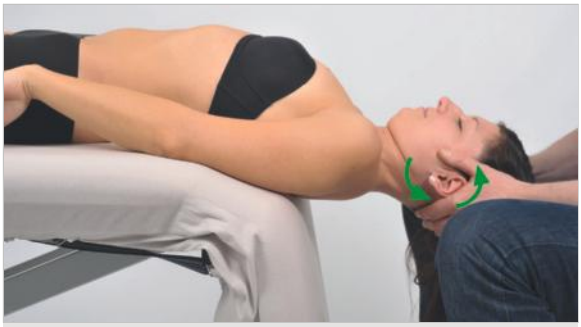


Abb. 12.77 Dehnung der mittleren mediastinalen Säule.

Dehnung der rechten oder linken Lungensäule

Ausführung:

- Die Ausgangsstellung entspricht der mittleren mediastinalen Säule (▶ Abb. 12.78).
- Zusätzlich stellt der Therapeut eine Seitneigung weg und eine Rotation hin zur behandelnden Seite ein.
- Die Interpretation des Tests und die Behandlung erfolgt adäquat der mittleren mediastinalen Säule.

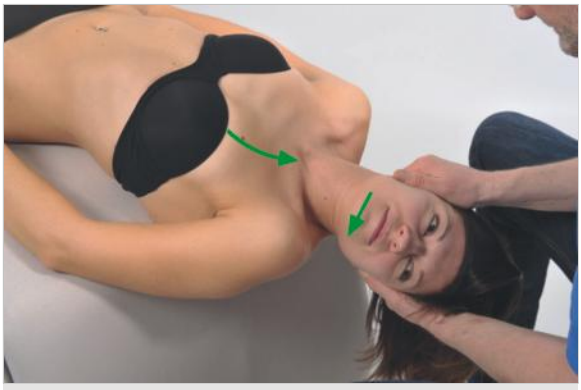


Abb. 12.78 Dehnung der linken Lungensäule.

13 Fuß und Unterschenkel

Thomas Mummert

Die Komplexität des Fußes zeigt sich v. a. in seiner Zusammensetzung aus mehreren Einzelgelenken. Seine Anatomie und Biomechanik ist dabei eng mit der Aufrichtung und dem bipedalen Gang von uns Menschen verbunden. Hieraus lässt sich auch das funktionelle Zusammenspiel des Fußes mit der unteren Extremität, dem Becken und der Wirbelsäule ableiten. Eine zentrale Rolle nimmt dabei das untere Sprunggelenk ein, welches durch seine Architektur und Funktion die Kräfte des Bodens – also von unten über die Fußgewölbe – nach oben über das obere Sprunggelenk, weiterleiten kann.

13.1 Theorie

13.1.1 Übersicht

Eine Übersicht der Teilgelenke im Bewegungskomplex Fuß ist in ▶ Abb. 13.1 dargestellt.

Oberes Sprunggelenk (OSG), Articulatio talocruralis

Das obere Sprunggelenk (OSG) stellt die Verbindung des Talus mit dem Unterschenkel dar. Hierbei wird der Talus von der Malleolengabel umschlossen und zeigt den klassischen Aufbau eines Scharniergelenks. Die Hauptbewegungen des oberen Sprunggelenks (OSG) sind Dorsalextension und Plantarflexion. Diese Bewegungen erfolgen in der Sagittalebene. Da sich der Fuß jedoch dreidimensional bewegen soll, muss dieses Gelenk funktionell durch ein zweites Gelenk ergänzt werden. Dies wird durch das untere Sprunggelenk (USG) realisiert. Somit zeigt sich, dass der Talus bzw. das OSG nur eine Art Übergangselement im gesamten Fußkomplex darstellt. Deutlich wird dies auch dadurch, dass kein Muskel am Talus inseriert oder entspringt.

In der Frontalebene betrachtet, weist das OSG eine hohe Stabilität auf. Dies zeigt sich in den anatomischen Beziehungen von Tibia und Fibula, die den Talus wie eine Art Nut-Feder-Verbindung umschließen. Dadurch wird ein konstanter Kontakt zwischen den Gelenkpartnern erreicht und eine optimale Kraftübertragung vom Fuß auf den Unterschenkel und umgekehrt ermöglicht.

Klinischer Bezug

Die Tatsache, dass der Talus „muskellos" und das OSG „eine Art Übergangselement" ist, belegt, dass bei funktionellen Störungen des OSGs die distal gelegeneren Gelenke primär betrachtet werden sollten.

Checkliste Art. talocruralis

In ▶ Tab. 13.1 sind wichtige Merkmale des oberen Sprunggelenks zusammengefasst und in ▶ Abb. 13.2 in einer Ansicht von anterior und posterior dargestellt.

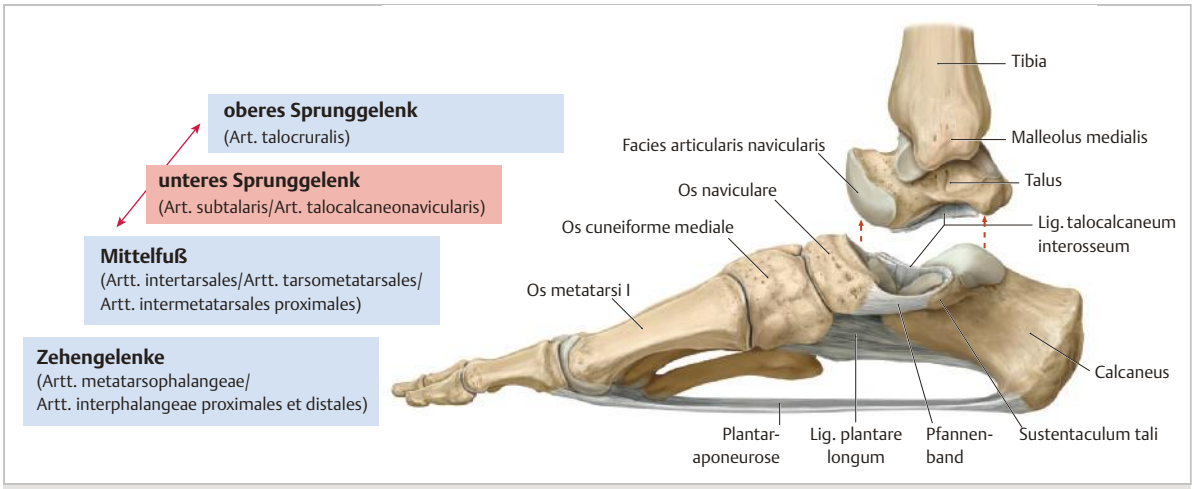


Abb. 13.1 Übersicht der Teilgelenke des Fußkomplexes.

Tab. 13.1 Checkliste Art. talocruralis.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade		Bewegungsausmaß	Behandlungsebene	Konvex-Konkav-Regel
Malleolengabel (konkav) mit: • Tibia – Facies articularis inferior tibiae und Facies art. malleoli medialis • Fibula – Facies articularis malleoli lateralis Trochlea tali (konvex) mit: Facies superior trochlea tali, Facies malleolaris med. et lat.	Scharniergelenk (verändert sattelförmig)	sagittale Ebene Dorsalextension/Plantarflexion		Dorsalextension 20°–30° Plantarflexion 30°–50°	liegt auf der Facies articularis inferior der Tibia	Punctum mobile = Trochlea tali Dorsalextension/Plantarflexion = Konvexregel
		um: fronto-transversale-Achse	durch: Malleolus med. et lat.			

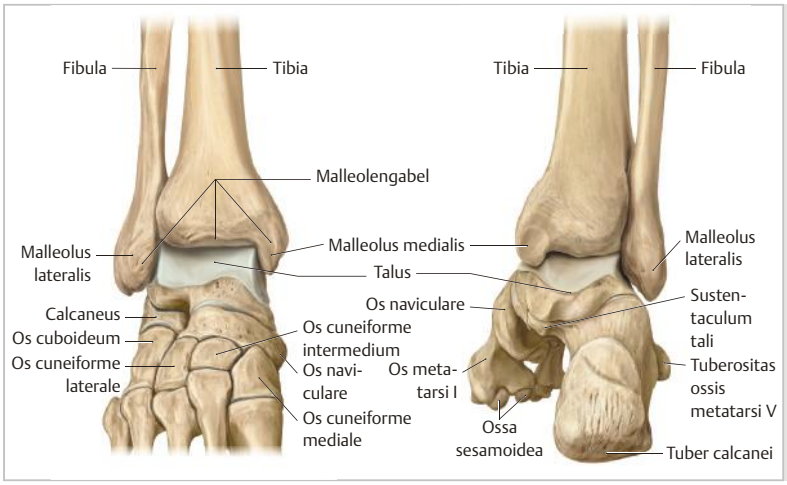


Abb. 13.2 Art. talocruralis von anterior und posterior.

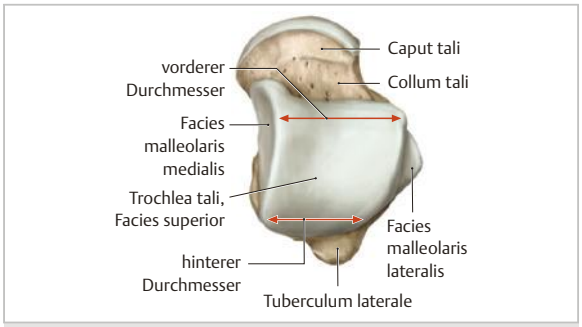


Abb. 13.3 Talus von proximal.

Gelenkflächen der Art. talocruralis

Der Talus (▶ Abb. 13.3) bildet den distalen Gelenkpartner im oberen Sprunggelenk und gliedert sich in Caput, Collum und Corpus tali. Der Corpus tali bildet mit seiner Trochlea tali, welche eine superiore, laterale und mediale Gelenkfläche besitzt, den artikulierenden Anteil im OSG.

Baumerkmale des Talus

Die Talusrolle, Trochlea tali, entspricht einer Zylinderform und besitzt 3 Gelenkfacetten: superior, lateral und medial.

Die Facies superior ist in der sagittalen Ebene konvex. In ihrer Mitte weist sie eine longitudinale Rinne auf, die von einer medialen und lateralen Wange begrenzt wird. Bei Betrachtung von proximal zeigt sich, dass die Rinne nicht exakt in der sagittalen Ebene verläuft, sondern leicht nach vorne lateral orientiert ist. Diese Ausrichtung entspricht der Längsachse des Fußes (3. Strahl). Das Collum tali zeigt dagegen mit seiner Achse nach vorne und medial. Folglich ist der Talus in sich selbst torquiert. Bei einer Ansicht von oben wird deutlich, dass die Trochlea des Talus vorn wesentlich breiter ist als hinten (▶ Abb. 13.4).

Die Facies malleolaris medialis ist plan und nach sagittal gestellt. Aus der Sagittalen ist sie um ca. 30° nach proximal, lateral geneigt (▶ Abb. 13.5).

Die Facies malleolaris lateralis verläuft im oberen Abschnitt fast sagittal, der untere Abschnitt ist etwas in horizontaler Richtung ausgerichtet. Der Winkel zwischen beiden Abschnitten beträgt ca. 32° (▶ Abb. 13.5).

Die Facies superior ist in der sagittalen Ebene konvex geformt.

Das Collum tali ist gegenüber einer Horizontalen durch den Corpus tali um ca. 30° nach plantar geneigt (▶ Abb. 13.6).

Tibia und Fibula

Tibia und Fibula bilden zusammen die Malleolengabel (▶ Abb. 13.7) und damit den proximalen Gelenkpartner im oberen Sprunggelenk. Ausschließlich die Tibia besitzt durch ihren direkten Kontakt mit der superioren Gelenkfläche des Talus eine gewichttragende Funktion. Der Malleolus lateralis ist massiver als der innere, reicht deutlich weiter nach distal und liegt weiter posterior als der Malleolus medialis.

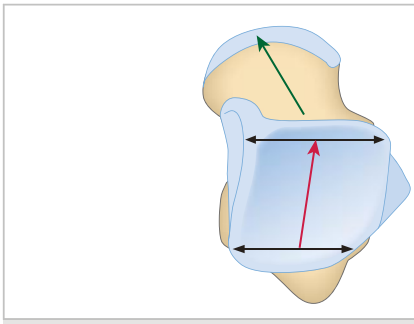


Abb. 13.4 Rechter Talus von proximal.

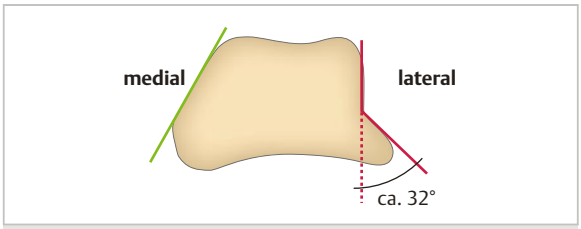


Abb. 13.5 Rechter Talus von posterior.

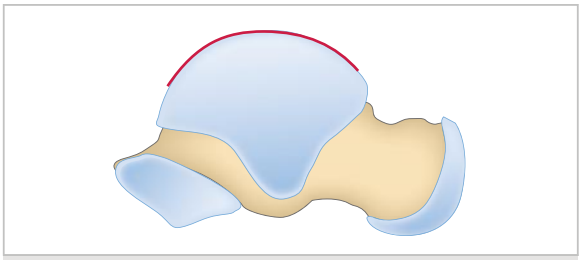


Abb. 13.6 Rechter Talus von lateral.

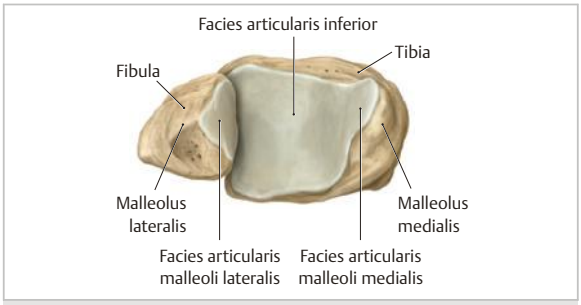


Abb. 13.7 Malleolengabel von distal.

Baumerkmale der Malleolengabel

Die Facies articularis inferior ist in einer sagittalen Ansicht konkav. Sie weist einen leichten First in der Mitte auf, der mit der Rinne der Facies superior der Trochlea tali korrespondiert. Betrachtet man die tibiale Gelenkfläche aus einer lateralen Ansicht, so ist ihr Verlauf nicht exakt in einer horizontalen Ebene, sondern verläuft von posterior distal nach anterior proximal. Die posteriore Tibiakante liegt also tiefer als die anteriore Tibiakante. Diese Fläche bildet mit der Horizontalen einen Winkel von 9°–11° (▶ Abb. 13.8). Die Behandlungsebene (BE) verläuft somit von antero-proximal nach postero-distal.

Facies art. malleoli lateralis et medialis artikulieren mit den zugehörigen Gelenkflächen an der Trochlea tali. Sie sind nach distal und medial bzw. lateral (▶ Abb. 13.9) geneigt und passen sich somit den Gelenkflächen am Talus an. Sie umschließen den Talus in einer Art Nut-Feder-Verbindung und stabilisieren ihn somit in der Frontalebene.

Vertikalisierung der Behandlungsebene

Die Behandlungsebene kippt von anterior/proximal nach posterior/distal um ca. 10° aus der Horizontalen. Durch Unterlagerung des Unterschenkels mit einem Keil kann eine Vertikalisierung der Behandlungsebene erreicht werden (▶ Abb. 13.10).

Ligamente des OSG

Die Ligamente des OSG teilen sich in ein laterales und mediales Bandsystem auf.

Das *laterale* Bandsystem setzt sich aus 3 wesentlichen Ligamenten zusammen: dem Lig. talofibulare anterius, dem Lig. calcaneofibulare und dem Lig. talofibulare posterius (▶ Abb. 13.11). Weiterhin sind am lateralen Malleolus die Ligamenta tibiofibulare anterius et posterius fixiert.

Das *mediale* Bandsystem ▶ Abb. 13.12 gliedert sich in eine tiefe und in eine oberflächliche Schicht. Die **tiefe** Bandschicht besteht aus dem Lig. tibiotalare anterius und dem Lig. tibiotalare posterius.

Das anteriore Band verläuft schräg von der Vorderfläche des distalen Tibiaendes an die mediale Fläche des Talushalses.

Das hintere Band wird von Faserzügen gebildet, welche posterior der Tibia entspringen, um zum Tuberculum mediale des Processus posterior tali zu ziehen.

Klinischer Bezug

Vorderes und hinteres Band des oberen Sprunggelenks können als lokale Verdickung der Kapsel bezeichnet werden.

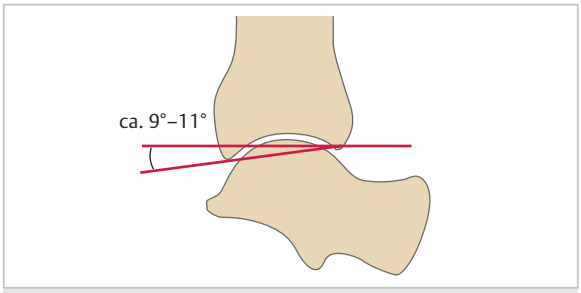


Abb. 13.8 Behandlungsebene des rechten OSG, Ansicht von lateral.

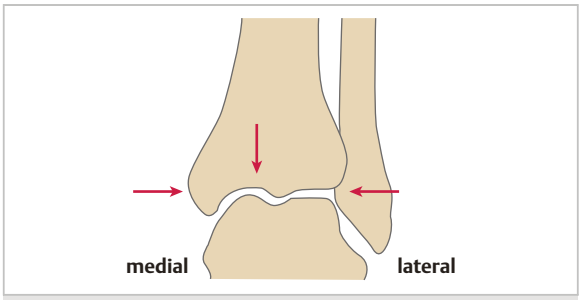


Abb. 13.9 Rechtes OSG mit Facies art. malleoli lateralis et medialis von posterior.

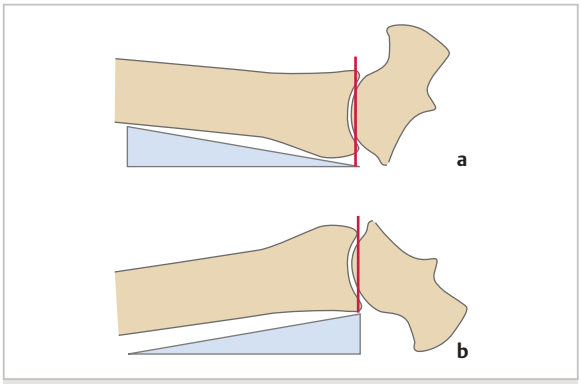


Abb. 13.10 Einstellung der Behandlungsebene (BE).
a bei eingeschränkter Dorsalextension,
b bei eingeschränkter Plantarflexion.

Die **oberflächliche** Schicht ist breit und dreieckig und bildet das Lig. deltoideum. Das Lig. deltoideum besteht aus dem Lig. tibiocalcaneare und Lig. tibionaviculare und ist ebenfalls wie das Lig. calcaneofibulare nicht am Talus fixiert. Es entspringt vom Unterrand des Malleolus medialis und erstreckt sich nach vorn unten, von der Tuberositas ossis navicularis zum medialen Rand des Lig. calcaneonaviculare plantare und nach hinten bis zum Sustentaculum tali des Calcaneus.

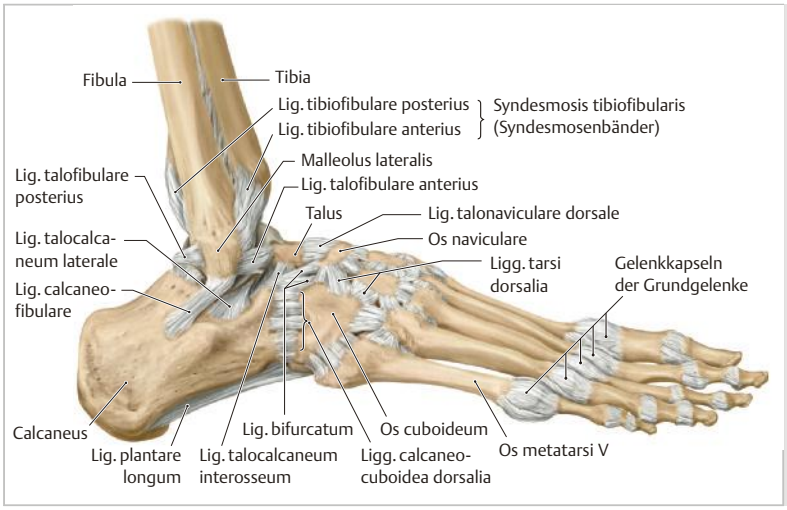


Abb. 13.11 Das laterale Bandsystem.

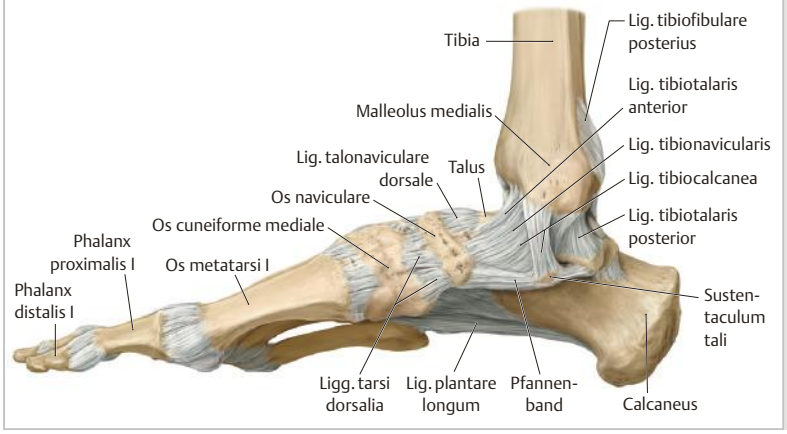


Abb. 13.12 Das mediale Bandsystem.

Unterschenkel

Tibia und Fibula sind am proximalen Ende durch ein echtes Gelenk und am distalen Ende durch eine Syndesmose verbunden. Beide Verbindungen sind funktionell mit dem oberen Sprunggelenk verknüpft.

Articulatio tibiofibularis

Das proximale Tibiofibulargelenk ist unverändert sattelförmig und wegen seines geringen Bewegungsradius eine Amphiarthrose. Es besteht aus 2 ovalen und gering konvexen Gelenkflächen. Praktisch gesehen ist die Tibia konvex und das Fibulaköpfchen konkav. Die tibiale Gelenkfläche liegt postero-lateral am Tibiakopf (▶ Abb. 13.13). Sie schaut nach lateral und leicht nach posterior und distal. Die Gelenkfläche des Caput fibulae schaut entgegengesetzt. Die Behandlungsebene verläuft von postero-medial nach antero-lateral. Die Bewegungsmöglichkeiten sind nach anterior, posterior, proximal und distal. Betrachtet man die Fibula als das Punctum mobile, so kommt bei der Gleitmobilisation aller möglichen Bewegungsrichtungen die Konkavregel zur Anwendung.

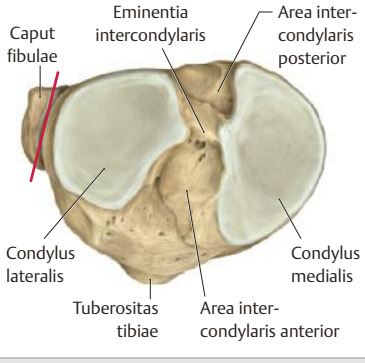


Abb. 13.13 Rechtes Art. tibiofibularis von proximal.

Ligamente der Art. tibiofibularis

Das Lig. collaterale laterale (▶ Abb. 13.14) befestigt sich zwischen dem Ansatz des M. biceps femoris und der Gelenkfläche. Die kräftige vordere Abspaltung der Bizepssehne setzt an der Außenseite der Tuberositas tibiae an.

Das Lig. capitis fibulae anterius (▶ Abb. 13.14) nimmt seinen Ursprung anterior vom Caput fibulae und zieht antero-medial an das Caput tibiae. In seiner Funktion hemmt es die Translation der Fibula nach distal sowie die Außenrotation.

Das Lig. capitis fibulae posterius (▶ Abb. 13.14) nimmt seinen Ursprung posterior vom Caput fibulae und zieht postero-medial an das Caput tibiae. In seiner Funktion hemmt es die Translation der Fibula nach distal sowie die Innenrotation.

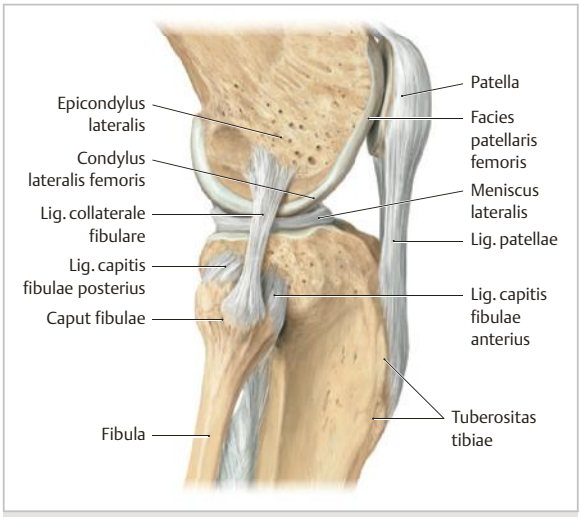


Abb. 13.14 Ligamente der Art. tibiofibularis.

Syndesmosis tibiofibularis distalis

Die distale tibiofibuläre Syndesmose (▶ Abb. 13.15) ist eine Bandhafte mit einer unverändert sattelförmigen Gelenkflächenausprägung. Die Incisura fibularis tibiae ist aufgeraut und leicht konkav. Die fibulare Fläche ist entweder leicht konvex, plan oder sogar konkav. Praktisch gesehen ist die Tibia konkav und der Malleolus lateralis konvex. Die beiden Unterschenkelknochen werden nicht nur durch die beiden tibiofibularen Bänder (Ligamenta tibiofibulare anterior et posterior) fixiert, sondern darüber hinaus auch durch die Membrana interossea cruris. Die Behandlungsebene verläuft, wie im proximalen Tibiofibulargelenk, von postero-medial nach antero-lateral. Die Bewegungsmöglichkeiten sind nach anterior, posterior, proximal und distal. Betrachtet man die Fibula als das Punctum mobile, so kommt bei der Gleitmobilisation aller möglichen Bewegungsrichtungen die Konvexregel zur Anwendung.

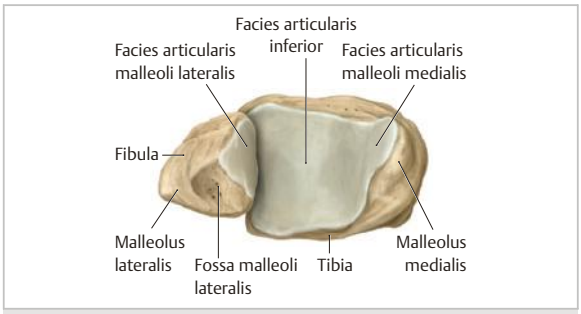


Abb. 13.15 Rechte Syndesmosis tibiofibularis von distal.

Ligamente der Syndesmosis tibiofibularis distalis

Das Lig. tibiofibulare anterius (▶ Abb. 13.16a) nimmt seinen Ursprung anterior und proximal an der distalen Tibia und zieht antero-distal an den Malleolus lateralis. Es ist ein kurzes und kräftiges Band. In seiner Funktion hemmt es die Translation der Fibula nach distal sowie die Außenrotation.

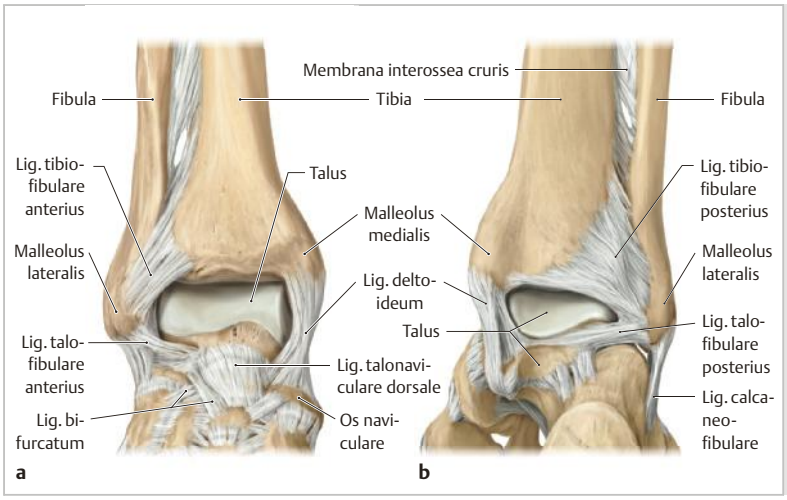


Abb. 13.16 Ligamente der Syndesmosis tibiofibularis distalis.
a Anterior.
b Posterior.

Das Lig. tibiofibulare posterius (▶ Abb. 13.16b) nimmt seinen Ursprung posterior und proximal vom Rand der Incisura fibularis und zieht postero-distal an den Malleolus lateralis. Dieses Band ist großflächiger, länger und etwas entspannter als das vordere Band. In seiner Funktion hemmt es die Translation der Fibula nach distal sowie die Innenrotation.

Unteres Sprunggelenk (USG), Art. talotarsalis

Für den Fußkomplex nimmt das untere Sprunggelenk (USG) eine Schlüsselfunktion ein. Das USG besteht anatomisch betrachtet aus 3 knöchernen Elementen (Talus, Calcaneus und Os naviculare), welche über 2 Gelenkabschnitte in Verbindung stehen. Die 2 Gelenkabschnitte sind zum einen die Art. subtalaris und zum anderen die Art. talocalcaneonavicularis. Beide Gelenkabschnitte werden zusammengefasst als die Art. talotarsalis bezeichnet. Funktionell betrachtet kommt jedoch noch ein weiteres Knochenelement, das Os cuboideum, hinzu. Dieser Knochen kontaktiert den Calcaneus über die Art. calcaneocuboidea und vervollständigt das USG zu einer kinematisch geschlossenen Kette (Huson 1982). Somit führt eine Mobilisation oder Verschiebung eines Elements dieser Kette unweigerlich zu einer Bewegung oder Positionsänderung der anderen Elemente (Hintermann et al. 1994). Die Art. calcaneocuboidea bildet den lateralen Anteil der sog. Chopartschen Gelenklinie. Der mediale Anteil ergibt sich aus der Verbindung zwischen Talus und Os naviculare. Lateraler und medialer Anteil der Chopartschen Gelenklinie bilden zusammen die Art. tarsi transversa.

Eine schematische Darstellung der Gelenkverbindungen des unteren Sprunggelenks ist in ▶ Abb. 13.17 dargestellt.

Funktionen und Bewegungsmöglichkeiten des USG

Zu den wesentlichen Funktionen des USG zählen vorrangig:

- dreidimensionale Ausrichtung des Fußes im Raum
- Anpassung des Fußes an unterschiedliche Bodenbeschaffenheiten
- Übertragung von Kräften und Bewegungen vom Unterschenkel auf den Fuß und umgekehrt
- Gleichgewichtskontrolle im Ein- und Zweibeinstand
- statische und dynamische Kontrolle der Fußgewölbe
- Stoßdämpferfunktion

Die Bewegungsmöglichkeiten des USG sind Inversion mit einer Bewegungsamplitude von ca. 60° und Eversion mit einer Amplitude von ca. 30°. Inversion und Eversion sind dabei nur Überbegriffe für eine Gesamtbewegung des USG, welche sich aus Teilbewegungen der oben genannten Gelenkabschnitte ergibt. Eine übersichtliche Darstellung der einzelnen Gelenkabschnitte und wichtige Merkmale finden sich für die Art. talotarsalis in ▶ Abb. 13.18 und ▶ Tab. 13.2 sowie für die Art. tarsi transversa in ▶ Abb. 13.19 und ▶ Tab. 13.3.

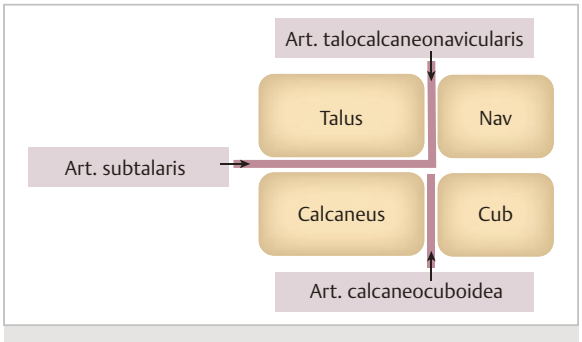


Abb. 13.17 Schematische Darstellung der Gelenkverbindungen des USG (modifiziert nach Klein und Sommerfeld).

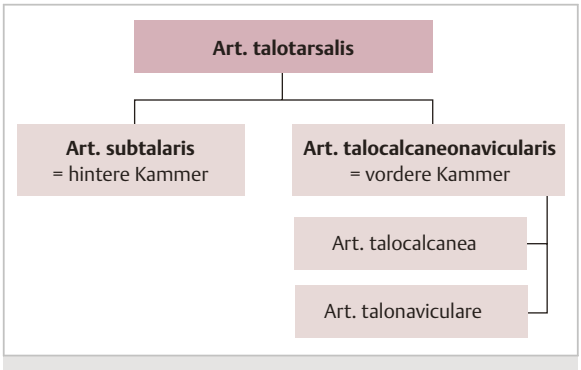


Abb. 13.18 Übersicht der Gelenkabschnitte der Art. talotarsalis.

Tab. 13.2 Checkliste der Art. talotarsalis.

Gelenkflächen	Freiheitsgrade	Behandlungsebene	Konvex-Konkav-Regel
Talus (konkav) – Facies articularis calcanea posterior Calcaneus (konvex) – Facies articularis talaris posterior	Extension/Flexion	liegt auf der Facies articularis calcanea posterior	Punctum mobile = Calcaneus Extension/Flexion = Konvexregel
Talus (konvex) – Facies articularis calcanea media und anterior Calcaneus (konkav) – Facies articularis talaris media und anterior	Abduktion/Adduktion	liegt auf der Facies articularis talaris media und anterior	Punctum mobile = Calcaneus Abduktion/Adduktion = Konkav-regel
Talus (konvex) – Facies articularis navicularis Os naviculare (konkav)	Innenrotation/Außenrotation	liegt auf dem Os naviculare	Punctum mobile = Os naviculare Innenrotation/Außenrotation = Konkavregel

Tab. 13.3 Checkliste der Art. tarsi transversa (Chopart-Gelenklinie).

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade	Konvex-Konkav-Regel
Talus (konvex) Facies articularis navicularis Os naviculare (konkav)	Amphiarthrose mit S-förmigem Gelenkspalt, wird als Chopart-Gelenklinie bezeichnet	Supination/Pronation, Dorsalextension/Plantarflexion, Innenrotation/Außenrotation (Calcaneus – in vorderer Kammer)	Punctum mobile = Chopart Dorsalextension/Plantarflexion-Supination/Pronation-Innenrotation/Außenrotation = Konkav-Regel
Calcaneus (konkav) Os cuboideum (konvex)			Punctum mobile = Chopart Dorsalextension/Plantarflexion-Supination/Pronation-Innenrotation/Außenrotation = Konkav-Regel

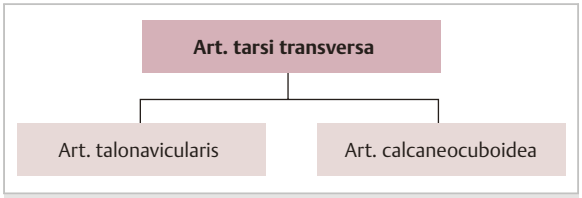


Abb. 13.19 Übersicht der Gelenkabschnitte der Art. tarsi transversa.

Ligamente des USG

Lig. calcaneonaviculare plantare zieht vom anterioren Rand des Sustentaculum tali des Calcaneus zur plantaren Fläche der Tuberositas ossis navicularis. Es zieht breitflächig in die vordere Kammer des USG, besitzt einen hyalinen Knorpelüberzug und beteiligt sich dadurch an der Bildung der Gelenkfläche des vorderen Pfannenbodens (Pfannenband). Hauptsächlich stützt es dabei den Talus von plantar ab, ist aber auch an der Stützung des medialen Längsgewölbes des Fußes beteiligt.

Lig. talocalcaneum interosseum zieht vom Sulcus calcanei zum Sulcus tali und trennt die hintere Kammer von der vorderen in der Art. subtalaris. Es füllt fast vollständig den Sinus tarsi aus und ist von großer Bedeutung für die Stabilität statischer und dynamischer Bewegungen im unteren Sprunggelenk. Weiterhin liegt es direkt in Verlängerung der Unterschenkellängsachse.

Lig. bifurcatum zieht als Y-förmiges Band vom Calcaneus zum Os naviculare und Os cuboideum und besitzt eine Schlüsselfunktion für die Stabilität der Chopartschen Gelenklinie. Außerdem bildet es die Stütze für das proximale Quergewölbe des Fußes.

Lig. plantare longum zieht vom Calcaneus zum Os cuboideum und den Ossa metatarsalia. Es ist entscheidend an der Stabilität der Längsfußwölbung beteiligt.

Eine Darstellung der Ligamente des unteren Sprunggelenks zeigt ▶ Abb. 13.20.

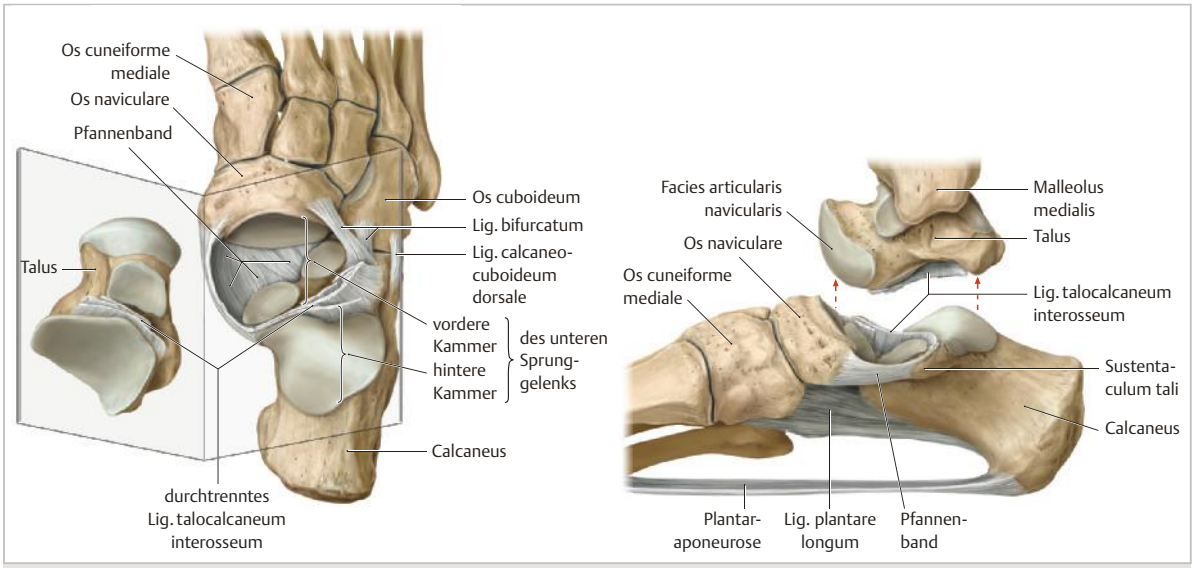


Abb. 13.20 Ligamente des USG.

Mittelfuß, Articulationes intertarsales

Der Mittelfuß wird funktionell von den Ossa metatarsalia I–V gebildet. Somit bilden Talus, Calcaneus, Os naviculare, Os cuboideum und die Ossa cuneiformia den Rückfuß oder Tarsus. Die Zehen (Phalangen) bilden den Vorfuß oder Antetarsus. In einer anatomischen Betrachtungsweise bilden nur Talus und Calcaneus den Tarsus. Os naviculare, Os cuboideum, die Ossa cuneiformia und die Ossa metatarsalia I–V bilden den Metatarsus und die Phalangen wiederum den Antetarsus.

Die Bedeutung des Mittelfußes liegt in der Bildung mehrerer Gewölbestrukturen. Diese geben dem Fuß einerseits ein gewisses Maß an Stabilität, andererseits genügend Flexibilität, um Kräfte aufzunehmen und weiterzuleiten. Daher kann die Architektur dieser Gewölbe des Mittelfußes als erstes Stoßdämpfersystem unseres Körpers angesehen werden.

Die plantare Seite des Fußes kann mit einem Gewölbe verglichen werden, das von 3 Bögen getragen wird. Die bodenberührenden Kontaktpunkte (▶ Abb. 13.21) der 3 Bögen sind:

- Caput os metatarsale I (A)
- Caput os metatarsale V (B)
- Tuber calcanei (C)

Im Einzelnen bilden die Bögen des Fußes folgende Längs- und Quergewölbe (▶ Abb. 13.22).

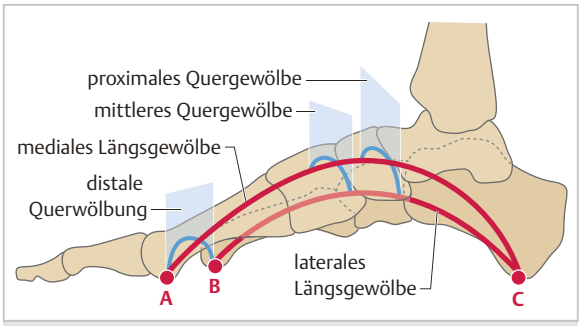


Abb. 13.21 Wölbungen und Gewölbe des Fußes.

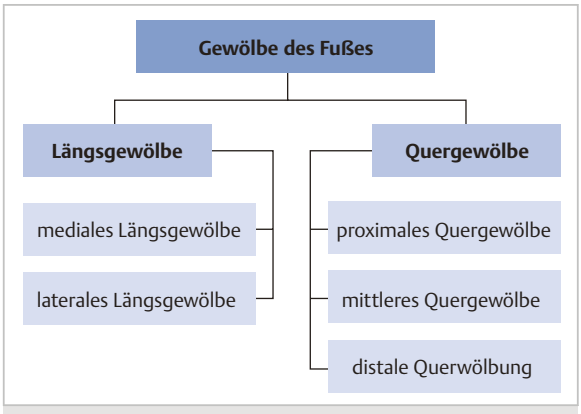


Abb. 13.22 Längs- und Quergewölbe des Fußes.

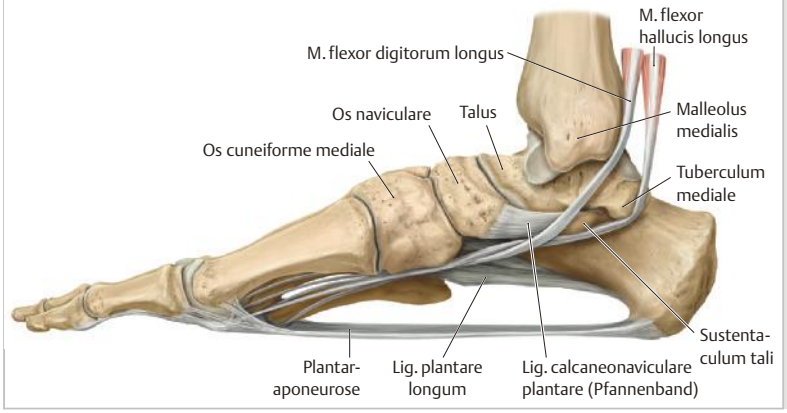


Abb. 13.23 Das mediale Längsgewölbe.

Tab. 13.4 Aktive und passive Sicherung mediales Längsgewölbe.

Knochen	passive Sicherung	aktive Sicherung
Os metatarsale I	Lig. calcaneonaviculare plantare	M. tibialis posterior (bildet eine Teilverspannung nahe dem Scheitelpunkt)
Os cuneiforme I	Lig. talocalcaneum interosseum	M. fibularis longus (verstärkt die mediale Konkavität, indem er das Metatarsale I und das Cuneiforme I plantar flektiert)
Os naviculare	Ligg. tarsometatarsalia	M. flexor hallucis longus (hält die Konkavität aufrecht und stabilisiert außerdem Talus und Calcaneus)
Talus	Ligg. cuneonavicularia	M. abductor hallucis (verstärkt durch Kontraktion die Konkavität, indem sich die Bogenenden annähern)
Calcaneus	Die Bänder sichern bei hohen, kurzfristigen Belastungen, während die Muskeln den Dauerbelastungen standhalten.	

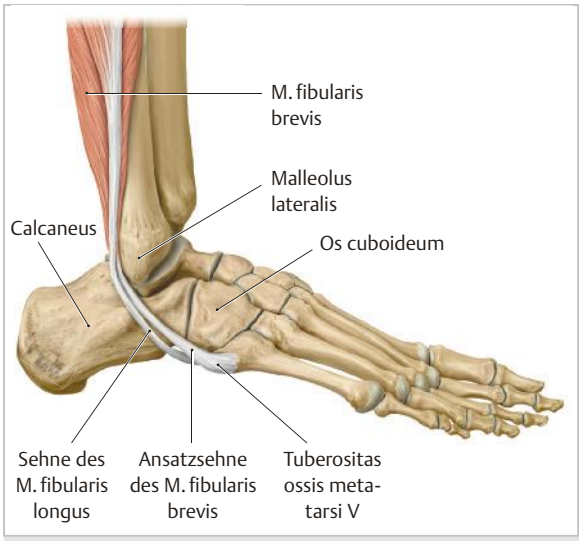


Abb. 13.24 Das laterale Längsgewölbe.

Das mediale Längsgewölbe

Im medialen Bereich haben das Caput ossis metatarsale I und der Proc. medialis des Calcaneus Bodenkontakt. Das Os naviculare hat mit 1,5–2 cm den größten Abstand zum Boden und bildet durch seine leichte Keilform eine Art „Schlussstein" für dieses Gewölbe (▶ Abb. 13.23).

Eine Übersicht der aktiven und passiven Sicherung des medialen Längsgewölbes ist in ▶ Tab. 13.4 dargestellt.

Das laterale Längsgewölbe

Im lateralen Bereich haben das Caput Os metatarsale IV sowie V und dorsal der Processus lateralis des Calcaneus Bodenkontakt. Das Os cuboideum hat mit ca. 5 mm den größten Abstand zum Boden und bildet hier den stabilisierenden „Schlussstein". Dieser Raum ist jedoch von Weichteilen ausgefüllt, auf denen es sich abstützt (▶ Abb. 13.24).

Eine Übersicht der aktiven und passiven Sicherung des lateralen Längsgewölbes ist in ▶ Tab. 13.5 dargestellt.

Tab. 13.5 Aktive und passive Sicherung laterales Längsgewölbe.

Knochen	passive Sicherung	aktive Sicherung
Os metatarsale V	Lig. plantare longum	M. fibularis brevis (verhindert ein plantares Aufklappen)
Os cuboideum		M. fibularis longus (hebt den Calcaneus vorne an)
Calcaneus		M. abductor digiti minimi (verspannt den gesamten lateralen Bogen)

Die Querwölbungen des Fußes

Die knöchernen Strukturen der Quergewölbe bilden Bögen in Form einer segmentierten Balkenkonstruktion. Sie werden durch Bänder und Muskeln gesichert, die plantar und quer verlaufen (Hochschild 2002, ▶ Abb. 13.25).

Eine Übersicht der aktiven und passiven Sicherung der Querwölbungen ist in ▶ Tab. 13.6 dargestellt.

Klinischer Bezug

Ob die Gewölbe des Fußkomplexes trainierbar sind, steht sehr zur Diskussion. Um eine belastungsintensive Verbesserung zu erreichen, sollten auf den Fuß das 1,5- bis 2-fache Körpergewicht wirken.

Des Weiteren ist eine Dämpfung eines Fußes diskussionswürdig. Eine Dämpfung oder Abfederung ist eine Energievernichtung. Das ist für das muskuloskeletale System unökonomisch und wenig ratsam.

Tab. 13.6 Aktive und passive Sicherung der Querwölbungen.

	distale QW	mittlere QW	proximale QW
Knochen	Caput der Ossa metatarsalia I–V	Ossa cuneiformia I–III und Os cuboideum	Os naviculare und Os cuboideum
passive Sicherung	Lig. metatarseum transversum profundum, Fasciculi transversi der Plantaraponeurose	Lig. cuneocuboideum, Lig. cubonaviculare, Ligg. intercuneiformia	Ligg. cubonaviculare dorsale et plantare
aktive Sicherung	M. adductor hallucis pars transversa	M. fibularis longus	M. tibialis posterior

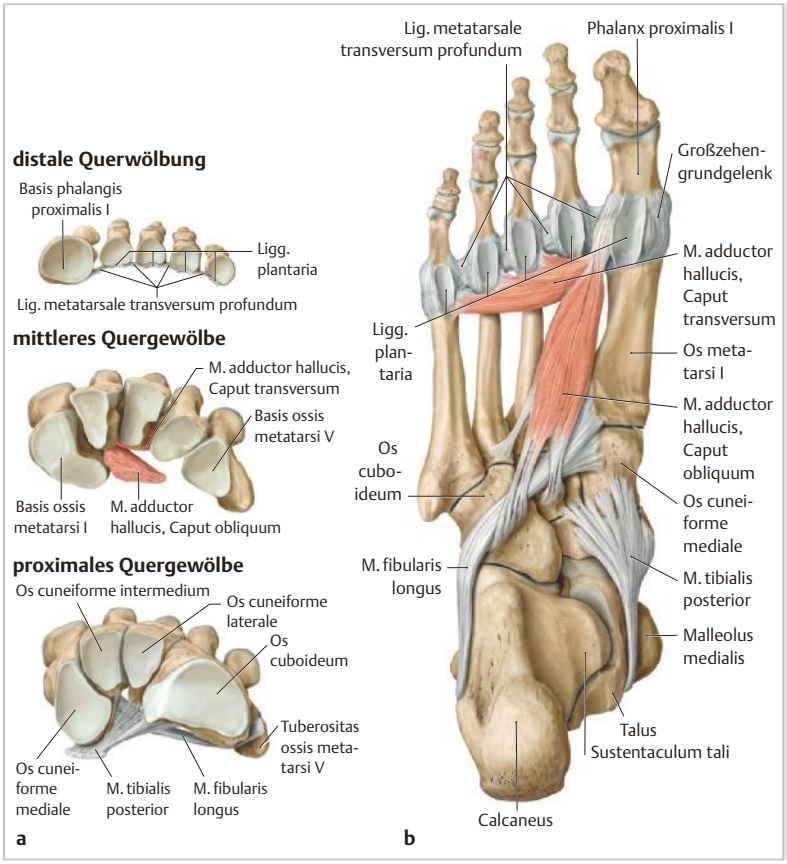


Abb. 13.25 Die Querwölbungen des Fußes.

Zehengelenke

Die Zehen (Phalangen) bilden mit ihren gelenkigen Verbindungen den sog. Vorfuß, oder Antetarsus (▶ Abb. 13.26 u. ▶ Abb. 13.27). Ihre Funktion als Greiforgan haben die Zehen weitestgehend verloren. Vielmehr dienen sie der Vergrößerung der Standfläche sowie der Druckaufnahme während des Gehens. Hohe Bedeutung kommt dabei der Großzehe zu, da über sie die Abrollphase des Fußes, am Ende der Standbeinphase, geschieht.

Eine Gliederung der Zehengelenke und wichtigen Merkmale sind in ▶ Tab. 13.7 dargestellt.

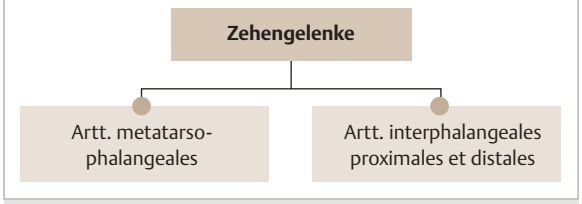


Abb. 13.26 Einteilung der Zehengelenke.

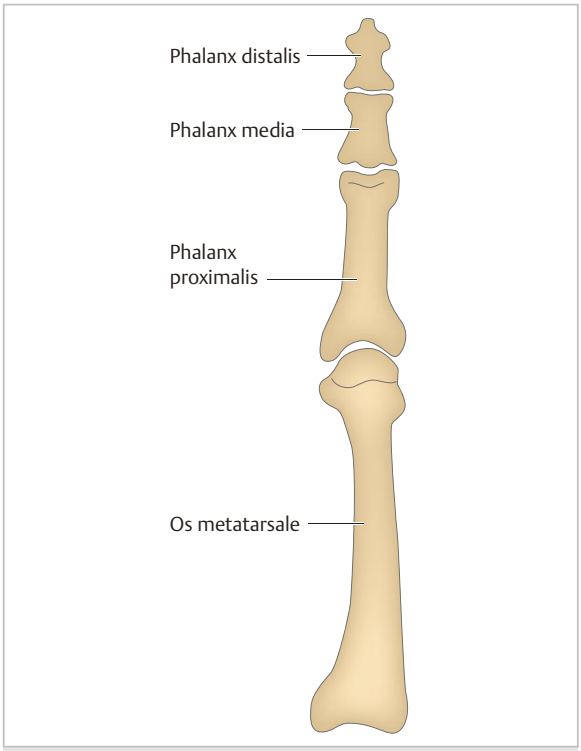


Abb. 13.27 Os metatarsale, Phalanx proximalis, Phalanx media und Phalanx distalis.

Tab. 13.7 Gliederung der Zehengelenke und wichtige Merkmale.

	Artt. metatarsophalangeales	Artt. interphalangeales proximales et distales
Gelenkflächen	Os metatarsale Caput (konvex) Phalanx proximalis Basis (konkav)	Phalanx prox./med. Caput (konvex) Phalanx med./dist. Basis (konkav)
Gelenktyp	verändert eiförmig	verändert sattelförmig
Freiheitsgrade	Extension/Flexion–Abduktion/Adduktion–(Rotation)	Extension/Flexion
Behandlungsebene	liegt auf der Facies articularis der Basis der jeweils distal artikulierenden Phalanx	
Konvex-Konkav-Regel	Punctum mobile = Phalanx proximalis Extension/Flexion-Konkav-Regel Abduktion/Adduktion-Konkav-Rregel	Punctum mobile = Phalanx med./dist. Extension/Flexion-Konkav-Regel
Bänder	Das Caput Os metatarsale ist deutlich größer als die Gelenkpfanne an der Phalanx. Die Instabilität wird durch die Ligg. coll. med. et lat. und das Lig. plantare ausgeglichen. Bei letzterem handelt es sich um eine Faserknorpelplatte, welche die Gelenkpfanne der Phalanx proximalis vergrößert.	

13.1.2 Funktionelle Anatomie und Biomechanik

Im Folgenden werden nun kinematisch die Bewegungen in den einzelnen Gelenkabschnitten des Fußkomplexes beschrieben. Nur aus didaktischen Gründen werden dabei die Abschnitte einzeln betrachtet. Funktionell ergibt sich jedoch ein komplexes Zusammenspiel aus allen Einzelkomponenten und wird wohl in seinem gesamten Umfang nie vollständig erklärbar sein.

„Es scheint einfacher, den Menschen auf dem Mond gehen zu lassen, als zu verstehen, wie er es überhaupt schafft, sich auf seinen Füßen fortzubewegen" (Klein u. Sommerfeld 2004).

Klinischer Bezug

Die Mehrzahl der Menschen benutzt ihren Mittel- und Vorfuß nur eingeschränkt. Das hat zur Folge, dass sie nur 1/3 der Unterschenkel- und Fußmuskeln wirklich belasten und überlasten. Das ist 1/3 des Rückfußbereichs. Die restlichen 2/3 der Mittel- und Vorfußregion werden vernachlässigt.

Biomechanik OSG und Unterschenkel

Die Bewegungen sind Dorsalextension und Plantarflexion und finden in der Sagittalebene statt. Barnett u. Napier (1952), sowie Hicks (1953) beschreiben den Verlauf der Bewegungsachse dabei von den Referenzpunkten des medialen Malleolus zum lateralen Malleolus. Dies entspricht einem Verlauf von medio-anterior-proximal nach latero-posterior-distal. Daraus lässt sich ableiten, dass es bei den Bewegungen Dorsalextension und Plantarflexion zu assoziierten Bewegungen kommt und somit die Bewegungen Inversion und Eversion, die überwiegend im unteren Sprunggelenk stattfinden, hier schon eingeleitet werden.

Biomechanik der Dorsalextension

Die Dorsalextension wird osteokinematisch durch ein Anheben des Talus nach antero-proximal eingeleitet. Durch seine konvexe superiore Gelenkfläche erfolgt eine Gleitbewegung nach postero-distal. Hierbei gerät nun der breitere anteriore Teil der Talusrolle zunehmend zwischen die distale Tibia und Fibula und bewirkt eine Spreizung der Malleolengabel bzw. Abduktion des lateralen Malleolus gegenüber der Tibia. Weiterhin kommt durch das Ansteigen des Talus der horizontale Teil der lateralen Talusgelenkfläche nach proximal und schiebt die Fibula mit in die proximale Bewegungsrichtung (▶ Abb. 13.28a). Die Fasern der Ligg. tibiofibularia anterius et posterius und der Membrana interossea horizontalisieren sich. Beide Faktoren, Horizontalisierung der Fasern und die Abduktion der Fibula, führen dazu, dass das kräftigere Lig. tibiofibulare anterius früher diese Bewegung stoppt und dadurch die Fibula in eine Innenrotation zwingt. Durch die Konvexität der Fibula in der distalen tibiofibularen Syndesmose gleitet sie hier nach posterior (▶ Abb. 13.28b). Im proximalen tibiofibularen Gelenk besteht eine Konkavität der Fibula, was bei einer Osteokinematik (Innenrotation) zu einem Gleiten nach anterior führt (▶ Abb. 13.28c).

Biomechanik der Plantarflexion aus Dorsalextension

Die Plantarflexion wird osteokinematisch durch ein Absenken des Talus nach postero-distal eingeleitet. Durch seine konvexe superiore Gelenkfläche erfolgt eine Gleitbewegung nach antero-proximal. Der breitere anteriore Teil der Talusrolle entfernt sich aus der Malleolengabel, was zu einer Entspannung der ligamentären Strukturen und der Membrana interossea führt und somit zu einer Adduktion des lateralen Malleolus gegenüber der Tibia. Der horizontale Teil der lateralen Talusgelenkfläche senkt sich nach distal ab und lässt die Fibula wieder nach distal bewegen (▶ Abb. 13.29a). Die Fasern des Lig. tibiofibulare anterius entspannen sich, wodurch die Fibula zurück in Außenrotation dreht. Durch die Konvexität der Fibula in der distalen tibiofibularen Syndesmose gleitet sie hier nach anterior (▶ Abb. 13.29b). Im proximalen tibiofibularen Gelenk besteht eine Konkavität der Fibula, was bei einer Osteokinematik (Außenrotation) zu einem Gleiten nach posterior führt (▶ Abb. 13.29c).

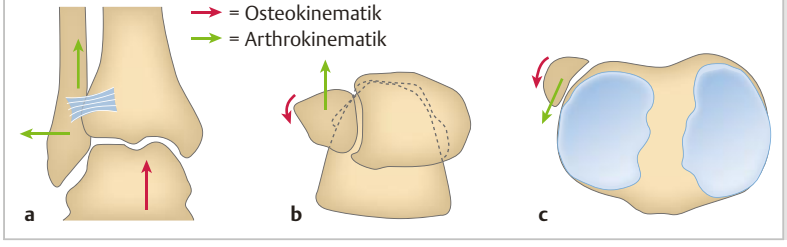


Abb. 13.28 Biomechanik bei Dorsalextension.
a Fibula bewegt in Abduktion und proximalisiert.
b Fibula innenrotiert und gleitet nach posterior.
c Caput fibulae gleitet nach anterior.

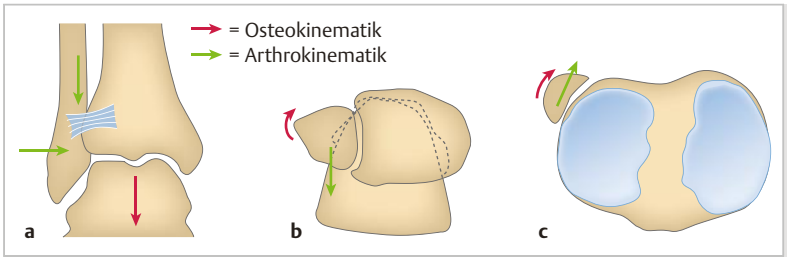


Abb. 13.29 Biomechanik bei Plantarflexion.
a Fibula bewegt in Adduktion und distalisiert.
b Fibula außenrotiert und gleitet nach anterior.
c Caput fibulae gleitet nach posterior.

Biomechanik USG

Die Bewegungen im unteren Sprunggelenk laufen in allen 3 Raumebenen ab. Charakteristisch ist dabei ein Zusammentreffen von vielen Bewegungen um verschiedene Achsen in unterschiedlichen Ebenen. Da jedoch im Moment einer Bewegung nur 1 Achse wirksam sein kann, muss es sich um eine 3-dimensional eingestellte Achse handeln. Henke beschrieb bereits 1863 eine sog. Kompromissachse. Heute beschreibt man eine solche Achse als helikoidale Achse.

Aufgrund der Form der Gelenkflächen und der Ausrichtung der Bänder läuft die Achse durch den medialen Anteil des Sinus tarsi. Sie tritt im Bereich des medialen Talushalses in den Fuß ein und verlässt ihn posterior an der lateralen Seite des Calcaneus (▶ Abb. 13.30a). Betrachtet man sich die konkav gekrümmte anteriore Gelenkfläche und die konvex gekrümmte posteriore Gelenkfläche, so entsprechen sie ungefähr einem Segment eines Doppelkegels (▶ Abb. 13.30c), deren beider Spitzen sich im Sinus tarsi treffen (▶ Abb. 13.30b, Klein u. Sommerfeld 2004).

Die Komplexbewegungen generieren sich aus allen Gelenken des Fußes und setzen sich, wie in ▶ Tab. 13.8 dargestellt, zusammen:

Betrachtet man die Bewegungen beim stehenden Menschen in der geschlossenen Kette, so werden die Bewegungen über die Tibia, auf den Talus, auf den Calcaneus, bis in die Chopartsche und Lisfrancsche Gelenklinie weitergeleitet. Daraus ergibt sich:

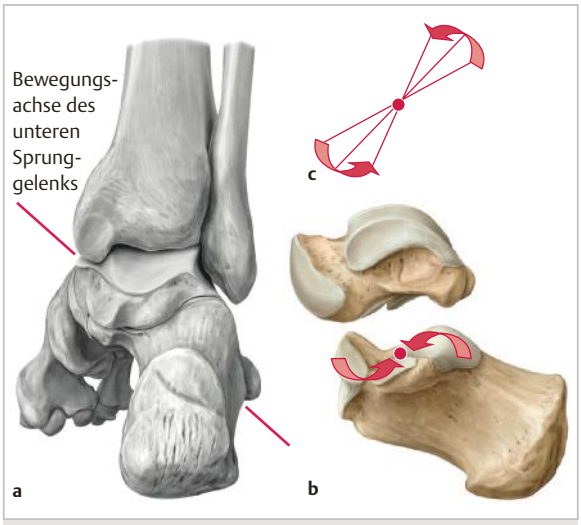


Abb. 13.30 Achse des USG.
a Achse des USG.
b Doppelkegel mit Drehpunkt im Sinus tarsi.
c Doppelkegel mit Drehpunkt im Sinus tarsi.

- bei Eversion mit Pronation und Abduktion eine Senkfußtendenz
- bei Inversion mit Supination und Adduktion eine Hohlfußtendenz

Die selektiven Bewegungen in den Teilgelenken des Fußes sind in ▶ Tab. 13.9 ausgeführt und in ▶ Abb. 13.31 dargestellt.

Tab. 13.8 Zusammensetzung der Komplexbewegungen.

	Einwärtsbewegungen	Auswärtsbewegungen	Achse
OSG	Plantarflexion	Dorsalextension	durch Malleolus med. und lat.
Fußwurzel	Supination	Pronation	durch Dig. II und Calcaneus
Vorfuß	Adduktion	Abduktion	
Calcaneus	Inversion	Eversion	Henkesche Achse

Tab. 13.9 Selektive Bewegungen in den Teilgelenken des Fußes.

	Eversion	Inversion	Gelenkanteil
Talus gegen Calcaneus	nach ant. und med. = Talus anterior/ intern	nach post. und lat. = Talus posterior/ extern	gesamtes Art. subtalaris
Calcaneus gegen Talus	Extension	Flexion	post. Gelenkfacette des Calcaneus
	Abduktion	Adduktion	antero-mediale Gelenkfacette des Calcaneus
	Innenrotation	Außenrotation	Chopart-Gelenk

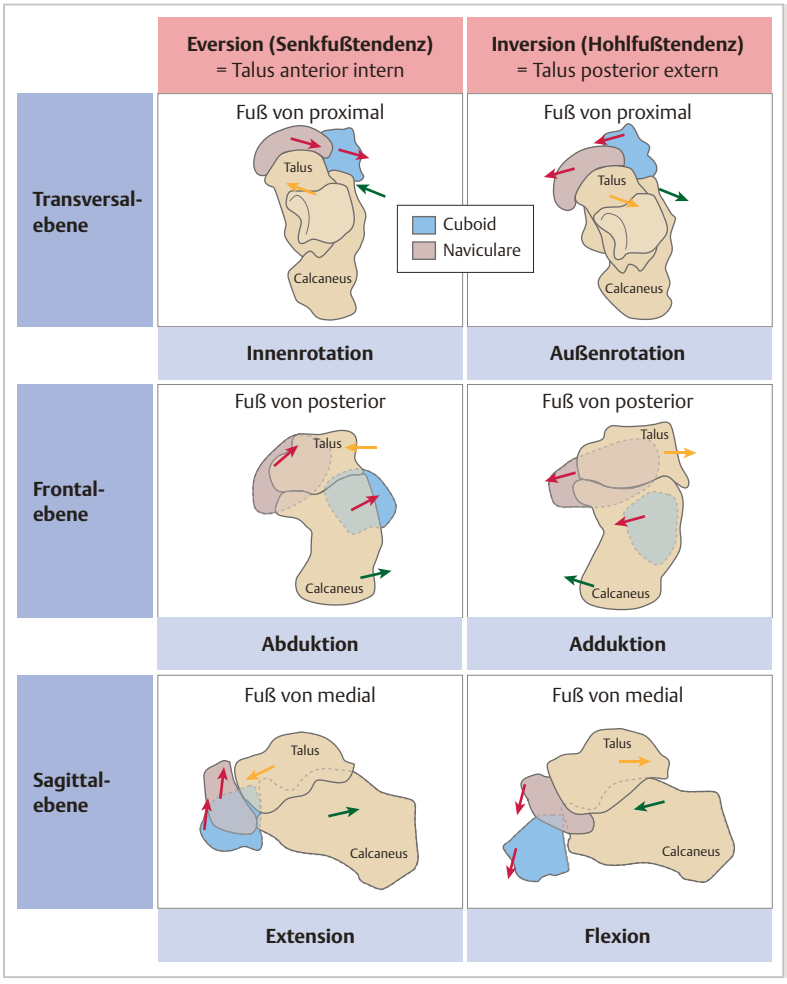


Abb. 13.31 Biomechanik USG bei Eversion und Inversion.

Biomechanik des Mittelfußes

Hervorzuheben aus dem intertarsalen Gelenkbereich sind das Os cuboideum und das Os naviculare. Sie bilden eine Arkade und bestimmen damit die Querwölbung des Fußes, welche nach distal fortläuft.

Bei Aufrichtung des Quergewölbes steht das Os naviculare in Innenrotation und das Os cuboideum in Außenrotation (▶ Abb. 13.32). Bei einer Abflachung des Quergewölbes verhalten sich die Rotationen der beiden Knochen entsprechend umgekehrt.

Art. cubonavicularis

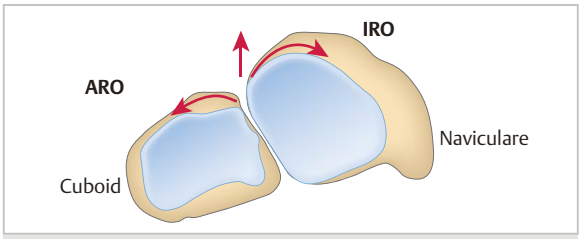


Abb. 13.32 Bewegung von Os naviculare und Os cuboideum zur Aufrichtung.

Artt. intercuneiformes

Die Lisfrancsche Gelenklinie wird einerseits von den Metatarsalen und andererseits aus den 3 Kuneiformen und dem Cuboid gebildet. Die Gelenklinie verläuft von mediodorsal-distal nach latero-plantar-proximal. Diese schräge Achse unterstützt in gleicher Weise wie die Henkesche Achse die In- und Eversionsbewegung.

In den interkuneiformen Gelenken gibt es eine geringfügige vertikale Bewegung, die die quere Fußwölbung beeinflusst. Das Cuneiforme intermedium wird medial 8 mm und lateral 4 mm von den beiden anderen Kuneiformen nach distal überragt. Auch das Metatarsale II ist somit das unbeweglichste aller Metatarsalen und es bildet deswegen den First der Fußwölbung. Dies wird durch die keilförmige Form des Cuneiforme II unterstützt. Es keilt praktisch zwischen dem medialen und lateralen Cuneiforme (▶ Abb. 13.33).

Die Syndesmosis intermetatarsalis distalis, der fälschlicherweise häufig die Bildung des distalen Quergewölbes nachgesagt wird, ist eine bandhafte Verbindung der Metatarsalköpfchen. Das Lig. metatarsale transversum profundum verbindet die Metatarsalköpfchen I–V untereinander und schafft so eine weitere Stabilisierung dieser Querwölbung. Es bestehen aber keine echten Gelenkflächen.

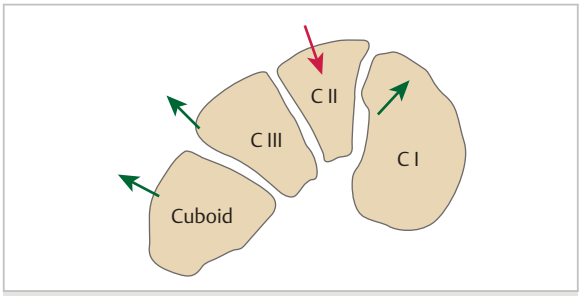


Abb. 13.33 Bewegungen der Artt. intercuneiformes.

13.2 Praxis

13.2.1 Befund Fuß- und Unterschenkelgelenke

Anamnese

Der Therapeut verfolgt mit der Anamnese das Ziel, den Zeitraum, den Ort und die Art der Beschwerden zu erfahren, dazu können folgende Grundfragen formuliert werden:

Tab. 13.10 Stellungen der Gelenke des Fußkomplexes.

Gelenk	Ruhestellung	Verriegelung	Kapselmuster
Art. talocruralis	10° Plantarflexion	max. Dorsalextension	Plantarflexion > Dorsalextension
Syndesmosis tibiofibularis	10° Plantarflexion im OSG	max. Dorsalextension im OSG	nicht beschrieben
Art. tibiofibularis	10° Plantarflexion im OSG	max. Dorsalextension im OSG	nicht beschrieben
Art. talotarsalis	Mittelstellg. zw. max. Inv. u. Ev.	max. Inversion	nicht beschrieben
Artt. intertarsales	Mittelstellg. zw. max. Inv. u. Ev.	max. Inversion	Plantarflexion > Dorsalextension
Artt. tarsometatarsales	nicht beschrieben	nicht beschrieben	gleichmäßig in alle Richtungen
Artt. metatarsophalangeales	10° Dorsalextension	MTP-I-max. Dorsalextension MTP-II-V-max. Plantarflexion	gleichm. alle Richtg. Flexion bes.
Artt. interphalangeales (PIP, DIP, IP)	leichte Flexion	max. Extension	gleichm. alle Richtg. Flexion bes.

Tab. 13.11 Angaben des Patienten für eine gewisse Vororientierung.

Anamnese	Interpretation
Sensibilitätsstörungen (im Dermatom L5, S1, S2 oder Area nervina)	V. a. radikuläre Problematik oder peripheres Engpasssyndrom
motorische Schwäche der Dorsalextension des Fußes mit Schmerz im Unterschenkel	V. a. M. tibialis anterior Syndrom oder radikuläre Problematik
Parästhesien im Bereich der Fußsohle, die sich nachts verstärken (durch Plantarflexion)	V. a. Tarsaltunnelsyndrom mit Einengung des N. tibialis/A. tibialis post.
Anlaufschmerz und nach Belastung im Bereich der Malleolen	V. a. Arthrose des OSG
Schmerzen im Fersenbereich	V. a. Fersensporn, Haglund-Exostose, Achillodynie, Prodromi – Morbus Bechterew
Schmerz an der medialen Fußsohle bei Belastung und Palpation	V. a. Überlastung der kleinen Fußmuskeln, des Pfannenbandes bei Senkfuß
Blockierungsstörungen im Fußbereich mit Abrollbehinderung	V. a. Störung des biomech. Zusammenspiels der FWK (meist Chopart)
motorische Schwäche der Dorsalextension des Hallux	V. a. radikuläre Läsion L5
Beschwerden bei engen Schuhen	V. a. Polyarthritis (Gaenslen-Zeichen)
akuter Schmerz mit Druckschmerzhaftigkeit intermetatarsal II–IV	V. a. Morton-Metatarsalgie

- Seit wann hat der Patient Beschwerden?
- Wo sind die Beschwerden?
- Wie zeigen sich die Beschwerden (in Ruhe, bei Belastung, in einzelnen Phasen des Ganges)?
- Welche Therapie/Medikamenteneinnahme erfolgte bisher?
- Gibt es Röntgenbilder?
- Sind die Probleme in der Vergangenheit schon aufgetreten?
- Wurde eine außergewöhnliche Belastung in der letzten Zeit ausgeübt?

Inspektion

Während der Inspektion gleicht der Therapeut seine Ergebnisse aus der Anamnese ab, woraus sich schon erste Interpretationen ergeben können.

Die Beurteilung des Patienten erfolgt im Stand, im Gang und in einer unbelasteten Ausgangsstellung. Dabei achtet der Therapeut auf folgende Veränderungen.

Stand

- Fußdeformitäten (können angeboren oder erworben sein):
  - Hackenfuß (Pes calcaneus – angeboren/erworben)
  - Sichelfuß (Pes adductus – meist angeboren)
  - Spitzfuß (Pes equinus – angeboren/erworben)
  - Hohlfuß (Pes cavus, Pes excavatus – angeboren/erworben)
  - Klumpfuß (Pes equinovarus, supinatus, excavatus et adductus – angeboren)
  - Knickfuß (Pes valgus – angeboren/erworben)
  - Senkfuß (erworben)
  - Spreizfuß (Pes transversoplanus – erworben)
  - Plattfuß (Pes planus – angeboren/erworben)
- Fußstellung (Öffnungswinkel der Füße von ca. 22°):
  - Stellung des Caput tali:
    - steht mehr lateral – Varus
    - steht mehr medial – Valgus
  - Stellung des Vorfußes:
    - steht mehr in Adduktion – Hohlfußtendenz
    - steht mehr in Abduktion – Senkfußtendenz
  - Stellung des Calcaneus:
    - steht mehr in Valgus (bis ca. 6° ist physiologisch) – Senkfußtendenz
    - steht mehr in Varus – Hohlfußtendenz
  - Stellung der Tuberositas tibiae:
    - steht mehr lateral – Hohlfußtendenz
    - steht mehr medial – Senkfußtendenz
- Konturveränderungen:
  - Muskeltonus (Atrophie, Hypertrophie)
  - Narben
  - Schwellungen (Topographie gibt evtl. Hinweis auf Ort der Problematik)
- Hautveränderungen:
  - Hautfärbung (livide, Blässe, Rötung)

Gang

- Schrittlänge, Schrittbreite
- Verhältnis von Spiel- zur Standbeinphase (vorzeitiges Abbrechen kann auf Bewegungseinschränkungen oder Schmerz hinweisen)

Klinischer Bezug

Die Betrachtung des Ganges auf einem Laufband ist nicht dasselbe wie auf dem Erdboden. Dynamisch liegen Welten dazwischen, da die Erdrotation deutlich langsamer ist als die Laufbanddrehung. Dies führt zu keiner reellen Gangbild- und Laufanalyse!

Palpation

▶ Abb. 13.34 und ▶ Abb. 13.35 zeigen die Palpationspunkte am Fuß von medial und lateral und beschreiben die möglichen pathologischen Veränderungen.

Klinischer Bezug

Parästhesien im Bereich der Fußsohle, die sich nachts verstärken, können auf ein Tarsaltunnelsyndrom hindeuten, Palpationsschmerz des Lig. talocalcaneonaviculare entsteht bei Überlastung oder Plattfußtendenz, Schmerz und Verdickung am Tuber calcanei können auf eine Achillodynie oder Haglund-Exostose hinweisen, medialer Großzehengrundgelenksschmerz kann für einen beginnenden Hallux valgus sprechen.

Klinischer Bezug

Schmerzen am lateralen Malleolus können für eine Proximalisierungshypomobilität oder Syndesmosenverletzung sprechen, fehlender Puls der A. dorsalis pedis zwischen dem I. und II. Zehenstrahl kann für ein Tibialis-anterior-Syndrom sprechen, Druckschmerzen im Bereich des II./III./IV. Intermetatarsalraums können auf eine ischämische Fibrose der Nn. digitales plantares (Morton-Neuralgie) hindeuten.

Tests

Safety-Tests

Traktion und Kompression werden als Sicherheitstests herangezogen. Eine Traktion ist positiv, wenn nach einigen Sekunden ein nicht adäquater Schmerz auftritt. Ein Kompressionstest ist positiv, wenn nach einer progressiven Kompressionssteigerung ein nicht adäquater Schmerz auftritt. Des Weiteren verbieten positive Bandstabilitätstests am OSG eine mobilisierende Behandlung.

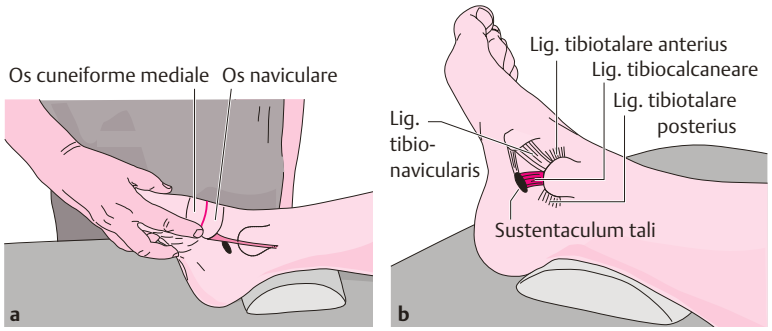


Abb. 13.34 Knöcherne und ligamentäre Palpationspunkte am Fuß – medial und dorsal.
- **a** Palpation: Gelenkspalt zwischen Os naviculare und Os cuneiforme I.
- **b** Palpation: Lig. deltoideum.
- **c** Palpation: Hilfestellung zum Erlernen der Sehnenverläufe im Malleolusbereich.
- **d** Palpation: Gelenkverbindungen im Mittelfußbereich.

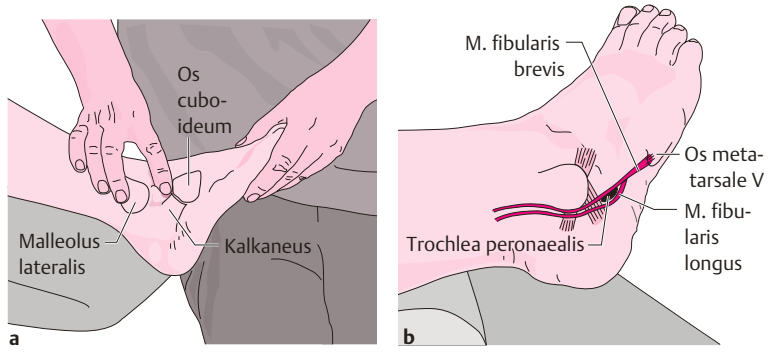


Abb. 13.35 Knöcherne und muskuläre Palpationspunkte am Fuß – lateral
- **a** Palpation: Sinus tarsi.
- **b** Palpation: Trochlea peronaealis und Sehnenverläufe der Mm. fibularium.

Traktion OSG

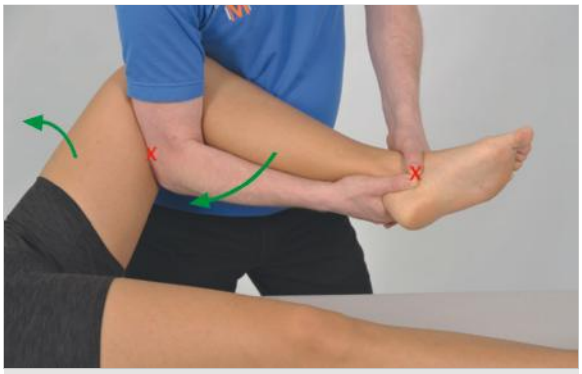


Abb. 13.36 Safety-Test – Traktion OSG.

Ausführung (▶ Abb. 13.36):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage (RL), das Kniegelenk (KG) und das Hüftgelenk (HG) sind ca. 100° flektiert.
- Der Therapeut stemmt sich mit seinem patientennahen Arm parallel zum Unterschenkel des Patienten gegen dessen Oberschenkel.
- Beide Hände fixieren den Talus von proximal.
- Die Traktion erfolgt durch eine weitere Flexion des Therapeuten im Hüftgelenk und Kniegelenk des Patienten, wodurch ein Schub nach plantar entsteht.

Interpretation:
- Schmerz oder zu große Beweglichkeit könnten auf eine Kapsel-Band-Läsion hindeuten.

Kompression OSG/USG



Abb. 13.37 Safety-Test – Kompression OSG/USG.

Ausführung (▶ Abb. 13.37):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Kniegelenk ist gestreckt.
- Der Fuß liegt am Bankende im Überhang.
- Der Therapeut dorsalextendiert mit seiner proximalen Hand den Fuß des Patienten und schlägt mit seiner distalen Hand progressiv steigernd gegen den Calcaneus.

Interpretation:
- Schmerz kann auf eine Fraktur oder eine Verletzung der Syndesmosis tibiofibularis hindeuten.

Kompression Art. und Syndesm. tibiofibularis



Abb. 13.38 Safety-Test – Kompression Art. tibiofibularis.

Ausführung (▶ Abb. 13.38):
- Der Therapeut komprimiert das Caput fibulae am 90° flektierten Bein des Patienten von postero-lateral nach antero-medial gegen die Tibia.
- Für die Syndesmosis tibiofibularis (ohne Bild) werden beide Malleolen zwischen den Handtellern des Therapeuten komprimiert.

Interpretation:
- Schmerz deutet auf Fraktur oder Entzündung hin.

Aktive und passive Bewegungsprüfung/ Endgefühl (EG)

Zuerst führt der Patient die Bewegungen aktiv eigenständig aus. Der Therapeut beurteilt dabei Bewegungsausmaß, Bewegungsqualität, Ausweichbewegungen und eventuelle Schmerzprovokationen. Nach der aktiven Bewegungsausführung durch den Patienten übernimmt der Therapeut und testet, ob die Bewegung passiv weiter geht, was eine Aussage über die limitierende Struktur erlaubt (Kap. 3). Die Testung des Endgefühls erfolgt durch die passive Bewegung des Fußes aus der NNS durch die ganze Bewegungsbahn.

Aktive/passive Plantarflexion im OSG – ca. 30–40°

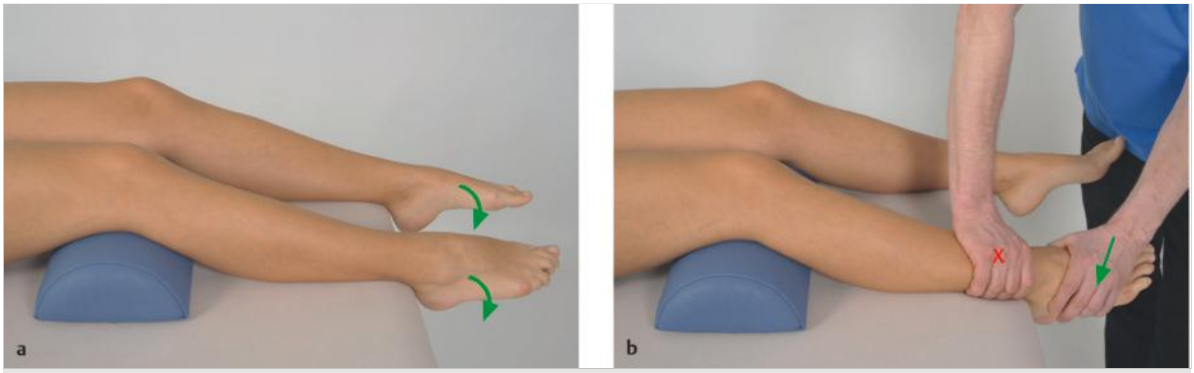


Abb. 13.39 Aktive und passive Plantarflexion.
a Aktive Plantarflexion.
b Passive Plantarflexion.

Ausführung (▶ Abb. 13.39):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Kniegelenk ist in leichter Flexion unterlagert.
- Der Calcaneus liegt nicht auf der Bank auf.
- Im Anschluss erfolgt die aktive und passive Bewegungsuntersuchung mit der passiven Testung des Endgefühls, welches physiologisch fest-elastisch ist.

Interpretation:
Bewegungslimitierung oder Schmerz möglich durch:
- kapsuläre Einschränkung
- Mobilitätsstörung der Fußwurzelknochen
- Fibula kann nicht nach distal gleiten
- Läsion der dorsalen Sehnenscheiden
- Schwäche der Plantarflexoren

Passive Plantarflexion-Chopart

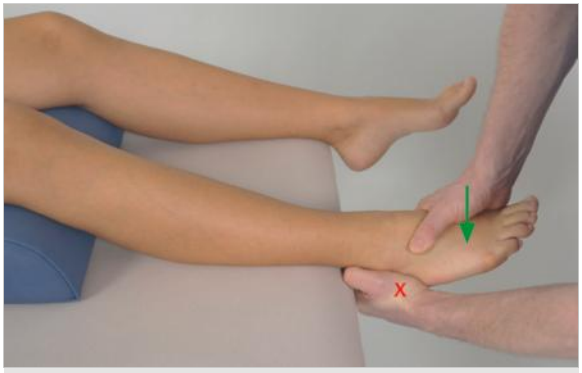


Abb. 13.40 Passive Plantarflexion-Chopart.

Ausführung (▶ Abb. 13.40):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, der Fuß ragt über den unteren Bankrand hinaus.
- Der Therapeut fasst an der Ferse des Patienten und fixiert durch einen Zug nach plantar.
- Die andere Hand fasst flächig über Os naviculare und Cuboid und führt eine Bewegung nach plantar und medial aus.
- Das physiologische Endgefühl sollte fest-elastisch sein.

Interpretation:
Bewegungslimitierung oder Schmerz möglich durch:
- Kapselmuster
- Mobilitätsstörung der Fußwurzelknochen

Aktive/passive Dorsalextension im OSG – ca. 20–30°

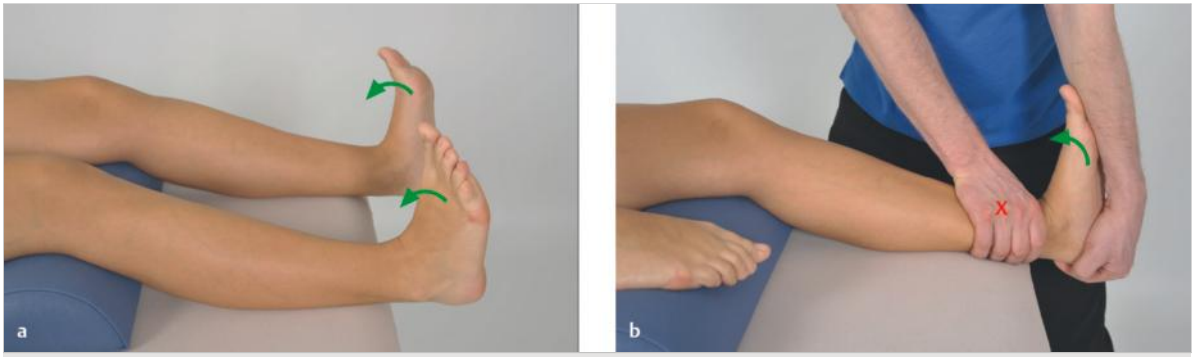


Abb. 13.41 Aktive und passive Dorsalextension.
a Aktive Dorsalextension.
b Passive Dorsalextension im OSG.

Ausführung (▶ Abb. 13.41):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Kniegelenk ist in leichter Flexion unterlagert.
- Der Calcaneus liegt nicht auf der Bank auf.
- Im Anschluss erfolgt die aktive und passive Bewegungsuntersuchung mit der passiven Testung des EG, welches physiologisch fest-elastisch ist.

Interpretation:
Bewegungslimitierung oder Schmerz möglich durch:
- Fibula kann nicht nach proximal gleiten
- Mobilitätsstörung der Fußwurzelknochen
- Läsion der dorsalen Sehnenscheiden
- Schwäche der Dorsalextensoren

Passive Dorsalextension-Chopart



Abb. 13.42 Passive Dorsalextension-Chopart.

Ausführung (▶ Abb. 13.42):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, der Fuß ragt über den unteren Bankrand hinaus.
- Der Therapeut fasst an der Ferse des Patienten und fixiert durch einen Zug nach plantar.
- Die andere Hand fasst flächig unter Os naviculare und Cuboid und führt eine Bewegung nach dorsal und lateral aus.
- Das physiologische Endgefühl sollte fest-elastisch sein.

Interpretation:
Bewegungslimitierung oder Schmerz möglich durch:
- Kapselmuster
- Mobilitätsstörung der Fußwurzelknochen

Aktive Inversion/Supination – ca. 35°

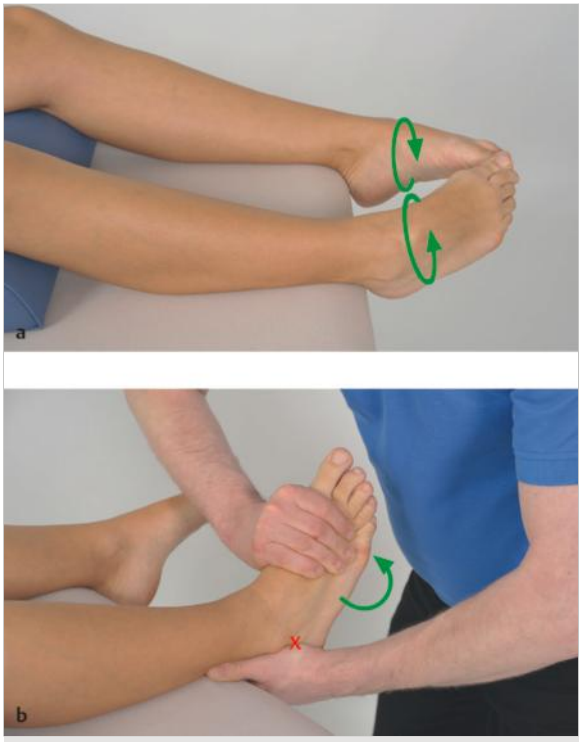


Abb. 13.43 Aktive und passive Supination.
a Aktive Inversion/Supination.
b Passive Supination.

Ausführung (▶ Abb. 13.43):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Kniegelenk ist in leichter Flexion unterlagert.
- Der Calcaneus liegt nicht auf der Bank auf.
- Im Anschluss erfolgt die aktive Bewegungsuntersuchung.

Interpretation:
Bewegungslimitierung oder Schmerz möglich durch:
- Mobilitätsstörung in der Chopart-Gelenklinie
- Varisierungshypomobilität im USG
- Läsion des M. tibialis anterior
- Fibula kann nicht nach antero-distal gleiten

Passive Supination-Chopart

Ausführung:
- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- Der Therapeut steht am Fußende und umfasst mit seiner von lateral kommenden Hand, fixierend im Gabelgriff, den Calcaneus.
- Die von medial kommende Hand legt sich mit dem Kleinfingerballen von plantar gegen das Os naviculare und führt mit Überdruck eine Supinationsbewegung aus (▶ Abb. 13.43b). Anschließend erfolgt die Testung des EG, welches physiologisch fest-elastisch ist.

Interpretation:
Bewegungslimitierung oder Schmerz möglich durch:
- Kapselmuster
- Mobilitätsstörung der Fußwurzelknochen (insbesondere zwischen Talus und Os naviculare)

Aktive Eversion/Pronation – ca. 15°

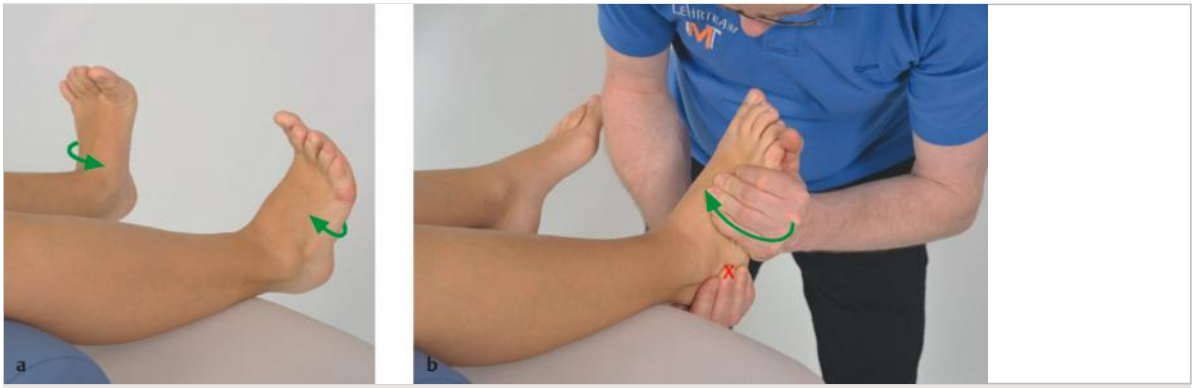


Abb. 13.44 Aktive und passive Pronation.
a Aktive Eversion/Pronation.
b Passive Pronation.

Ausführung (▶ Abb. 13.44):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Kniegelenk ist in leichter Flexion unterlagert.
- Der Calcaneus liegt nicht auf der Bank auf.
- Im Anschluss erfolgt die aktive Bewegungsuntersuchung.

Interpretation:
Störung der Bewegung oder Schmerz möglich durch:
- Mobilitätsstörung in der Chopart-Gelenklinie
- Valgisierungshypomobilität im USG
- Läsion der Mm. fibularium longus et brevis
- Fibula kann nicht nach postero-proximal gleiten

Passive Pronation-Chopart

Ausführung:
- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- Der Therapeut steht am Fußende und umfasst mit seiner von medial kommenden Hand, fixierend im Gabelgriff, den Calcaneus.
- Die von lateral kommende Hand legt sich mit dem Kleinfingerballen von plantar gegen das Os cuboideum und führt mit Überdruck eine Pronationsbewegung aus (▶ Abb. 13.44b). Anschließend erfolgt die Testung des EG, welches physiologisch fest-elastisch ist.

Interpretation:
Bewegungslimitierung oder Schmerz möglich durch:
- Kapselmuster
- Mobilitätsstörung der FWK (insbesondere zwischen Calcaneus und Os cuboideum)

Widerstandstests

Plantarflexion:
- M. triceps surae
- M. flexor hallucis longus
- M. flexor digitorum longus
- M. fibularis longus
- M. fibularis brevis
- M. tibialis posterior

Dorsalextension:
- M. tibialis anterior
- M. extensor hallucis longus
- M. extensor digitorum longus

Inversion:
- Mm. fibularis longus et brevis
- M. extensor digitorum longus

Eversion:
- M. tibialis posterior
- M. triceps surae
- M. tibialis anterior
- M. flexor hallucis longus
- M. flexor digitorum longus

Zusatztests

Tab. 13.12 Bänderprovokation auf Schmerz und Mobilität.

Band	Provokation
Lig. talofibulare anterius	Fuß in max. Plantarflexion mit Inversion
Lig. talofibulare posterius	Fuß in Dorsalextension mit Inversion
Lig. calcaneofibulare	Fuß 90° mit Inversion
Lig. tibiotalare anterius	Fuß in max. Plantarflexion mit Eversion
Lig. tibionaviculare	Fuß in max. Plantarflexion mit Eversion
Lig. tibiotalare posterius	Fuß in Dorsalextension mit Eversion
Lig. tibiocalcaneare	Fuß in 90° mit Eversion

Bänderprovokation auf Schmerz und Mobilität

Klinischer Bezug

Da die tiefe Schicht der Bänder des OSG lokale Kapselverstärkungszüge darstellt, zeigt sich bei deren Verletzung oftmals eine lokale oder beide Malleolen umfassende Schwellung.

Gaenslen-Handgriff

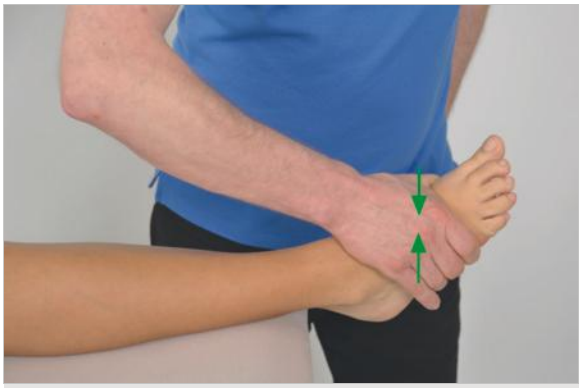


Abb. 13.45 Gaenslen-Handgriff.

Ausführung (▶ Abb. 13.45):
- Die Finger des Untersuchenden umfassen den Fuß von dorsal und drücken den Mittelfuß auf Ebene der Metatarsophalangealgelenke zusammen.
- Der Test wird bei Verdacht auf Arthritis oder Morton-Neuralgie ausgeführt.

Interpretation:
- Kompressionsschmerz an den Gelenken spricht für eine Arthritis
- einschießender stechender Schmerz für ein Morton-Neurom

Translatorische Gelenkspieltests

Art. talocruralis (OSG)

Traktion – Art. talocruralis



Abb. 13.46 Traktion OSG.

Ausführung (▶ Abb. 13.46):
- Der Therapeut steht oder sitzt am Fußende der Bank.
- Das OSG befindet sich in RS. Das Kniegelenk ist in Flexion unterlagert.
- Die von medial kommende Hand greift mit der Kleinfingerseite über das Collum tali.
- Die von lateral kommende Hand legt sich palpierend mit Daumen und Zeigefinger unterhalb der Malleolen im OSG-Gelenkspalt an.
- Die Traktion erfolgt horizontal über den Talus.

Interpretation:
- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität limitiert – Dorsalextension oder Plantarflexion

Gleiten des Talus nach posterior – Test der Dorsalextension



Abb. 13.47 Gleiten des Talus nach posterior – Test Dorsalextension.

Ausführung (▶ Abb. 13.47):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- Der Therapeut steht am Fußende der Bank, lateral zum zu testenden Fuß.
- Das Kniegelenk ist in Flexion unterlagert. Das OSG befindet sich in RS.
- Die distale Hand greift im Gabelgriff von lateral über den Talus.
- Die proximale Hand stabilisiert den Unterschenkel gegen einen Sandsack oder die Bank.

Alternative:
- Der Translationsschub erfolgt über die Daumen des Therapeuten, während der Oberschenkel des Therapeuten die Position fixiert.

Interpretation:
- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität limitiert – Dorsalextension

Gleiten des Talus nach anterior – Test der Plantarflexion

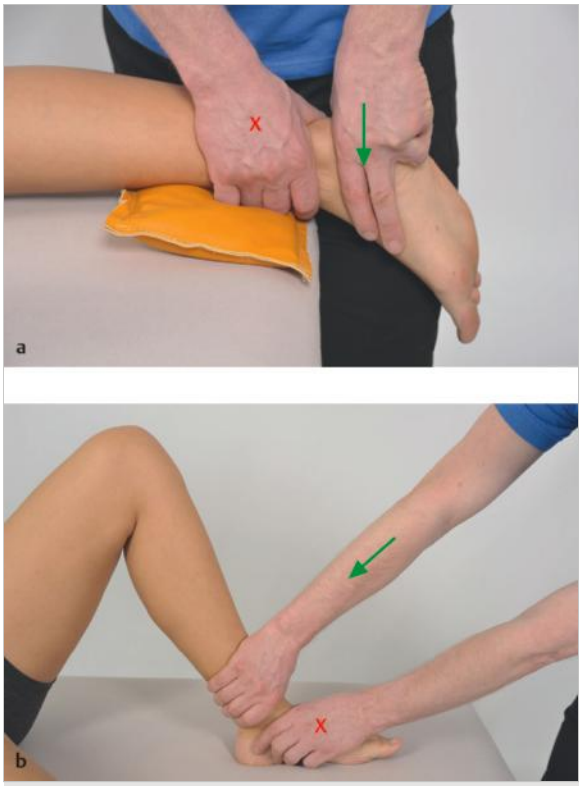


Abb. 13.48 Gleiten des Talus nach anterior.
a Gleiten des Talus nach anterior – Test der Plantarflexion.
b Alternative Technik.

Ausführung (▶ Abb. 13.48):
- Der Patient befindet sich in Bauchlage.
- Der Therapeut steht am Fußende der Bank, lateral zum zu testenden Fuß.
- Der Unterschenkel ist gelenknah mit einem Sandsack unterlagert. Das OSG befindet sich in RS, welche durch den Oberschenkel des Therapeuten stabilisiert wird.
- Die distale Hand greift im Gabelgriff von lateral über den Calcaneus und transliert damit den Talus nach anterior und etwas proximal (Behandlungsebene beachten).
- Die proximale Hand stabilisiert den Unterschenkel gegen den Sandsack.

Alternative:
- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- Der Patientenfuß ist vorpositioniert auf der Bank aufgestellt.
- Die von medial kommende Hand des Therapeuten stabilisiert den Fuß über den Talus, während sich die von lateral kommende Hand im 80° Winkel zur Unterschenkellängsachse im Gabelgriff gegen den Unterschenkel des Patienten legt.
- Der Translationsschub erfolgt über den Unterschenkel des Patienten nach posterior.

Klinischer Bezug

Diese Technik testet den Talusvorschub und erlaubt damit eine Aussage über die Ligg. talofibulare anterius und tibiotalare anterius.

Interpretation:
- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität limitiert – Plantarflexion

Art. und Syndesmosis tibiofibularis

Gleiten der Fibula nach proximal – Test der Dorsalextension

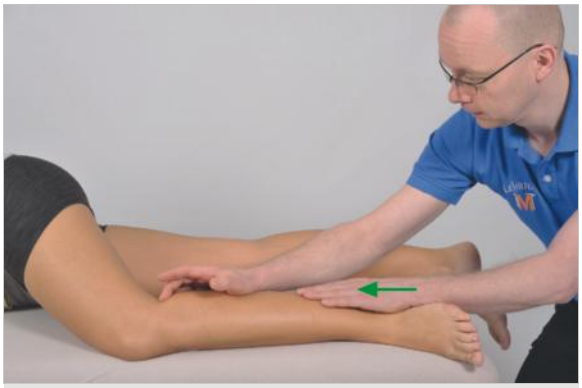


Abb. 13.49 Gleiten der Fibula nach proximal – Test der Dorsalextension.

Ausführung (▶ Abb. 13.49):
- Der Patient befindet sich in Seitenlage, das zu testende Bein liegt oben und ist leicht gebeugt mit der Innenseite auf dem Leder der Bank abgelegt.
- Der Therapeut hakt sich mit Thenar und Hypothenar am Malleolus lateralis ein und transliert die Fibula nach proximal.
- Die andere Hand des Therapeuten liegt palpierend am Caput fibulae und bewertet die Translation.

Interpretation:
- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität limitiert – Dorsalextension und Eversion

Gleiten der Fibula nach distal – Test der Plantarflexion und Inversion



Abb. 13.50 Gleiten der Fibula nach distal – Test der Plantarflexion und Inversion.

Ausführung (▶ Abb. 13.50):
- Der Patient befindet sich in Seitenlage, das zu testende Bein liegt oben und ist leicht gebeugt auf dem Leder der Bank abgelegt.
- Der Therapeut hakt sich mit Thenar und Hypothenar am Caput fibulae ein und transliert die Fibula nach distal.
- Die andere Hand des Therapeuten liegt palpierend am Malleolus lateralis und bewertet die Translation.

Interpretation:
- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität limitiert – Plantarflexion und Inversion

Gleiten in der Syndesmosis tibiofibularis, Fibula nach posterior – Test der Dorsalextension, Fibula nach anterior – Test der Plantarflexion

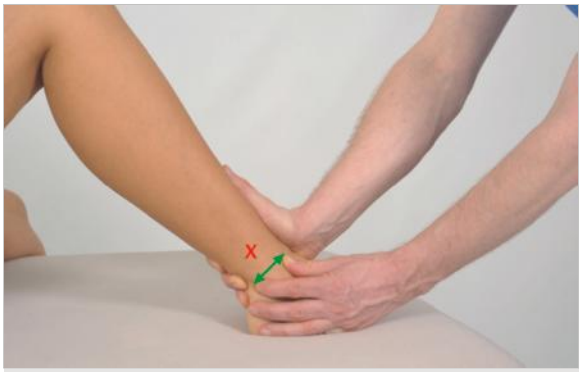


Abb. 13.51 Gleiten in der Syndesmosis tibiofibularis, Fibula nach posterior – Test der Dorsalextension, Fibula nach anterior – Test der Plantarflexion.

Ausführung (▶ Abb. 13.51):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das zu testende Bein ist im Kniegelenk 90° flektiert und innenrotiert.
- Die von medial kommende Hand des Therapeuten fixiert die Tibia.
- Die von lateral kommende Hand des Therapeuten fasst die Fibula am Malleolus lateralis und testet durch Schub und Zug die Translation der Fibula nach postero-medial und antero-lateral (Behandlungsebene beachten).

Interpretation:
- Hypomobilität nach posterior limitiert die Dorsalextension
- Hypomobilität nach anterior limitiert die Plantarflexion

Gleiten in der Art. tibiofibularis

(▶ Abb. 13.52)

Caput fibulae nach postero-medial – Test der Plantarflexion

Caput fibulae nach antero-lateral – Test der Dorsalextension

Ausführung:

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das zu testende Bein ist im Kniegelenk 90° flektiert.
- Die von medial kommende Hand des Therapeuten fixiert die Tibia.
- Die laterale Hand des Therapeuten fasst das Caput fibulae zwischen Daumen und Zeigefinger und testet durch Schub nach postero-medial und Zug nach antero-lateral die Translation (Behandlungsebene beachten).



Abb. 13.52 Gleiten in der Art. tibiofibularis, Caput fibulae nach postero-medial – Test der Plantarflexion. Caput fibulae nach antero-lateral – Test der Dorsalextension.

Interpretation:

- Hypomobilität nach postero-medial limitiert die Plantarflexion
- Hypomobilität nach antero-lateral limitiert die Dorsalextension

Art. talotarsalis

Traktion USG

Ausführung (▶ Abb. 13.53):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, Knie- und Hüftgelenk sind ca. 100° flektiert.
- Der Therapeut stemmt sich mit seinem patientennahen Arm parallel zum Unterschenkel des Patienten gegen dessen Oberschenkel.
- Die von posterior kommende Hand umgreift den Calcaneus, die von anterior kommende Hand umgreift Os naviculare und Os cuboideum im Gabelgriff.
- Die Traktion erfolgt durch eine weitere Flexion des Therapeuten im Hüft- und Kniegelenk des Patienten, wodurch ein Schub nach plantar entsteht.



Abb. 13.53 Traktion USG.

Interpretation:

- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität limitiert – Inversion/Eversion

Praxistipp

▶ Abb. 13.53 zeigt eine Variante, bei welcher der Therapeut seinen Unterarm gegen seinen auf der Bank positionierten Oberschenkel stemmt, um die fehlende Länge des Unterarms auszugleichen.

Gleiten des Talus nach medial – Test Talus anterior intern, Gleiten des Talus nach lateral – Test Talus posterior extern



Abb. 13.54 Gleiten des Talus nach medial – Test Talus anterior intern, Gleiten des Talus nach lateral – Test Talus posterior extern.

Ausführung (▶ Abb. 13.54):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das zu testende Bein ist im Hüft- und Kniegelenk 90° flektiert.
- Der Unterschenkel des Patienten lagert auf dem Oberschenkel des Therapeuten, dessen Bein mit dem Fuß auf der Bank aufsteht.
- Die von plantar kommende Hand des Therapeuten fixiert den Calcaneus, die von dorsal kommende Hand fasst mit Daumen und Zeigefinger das Caput tali und testet die Translation des Talus nach medial und lateral.

Interpretation:
- Hypomobilität nach medial = Talus posterior externe Läsion
- Hypomobilität nach lateral = Talus anterior interne Läsion

Gleiten des Calcaneus in Abduktion/Adduktion (Valgus/Varus) und Außenrotation/Innenrotation

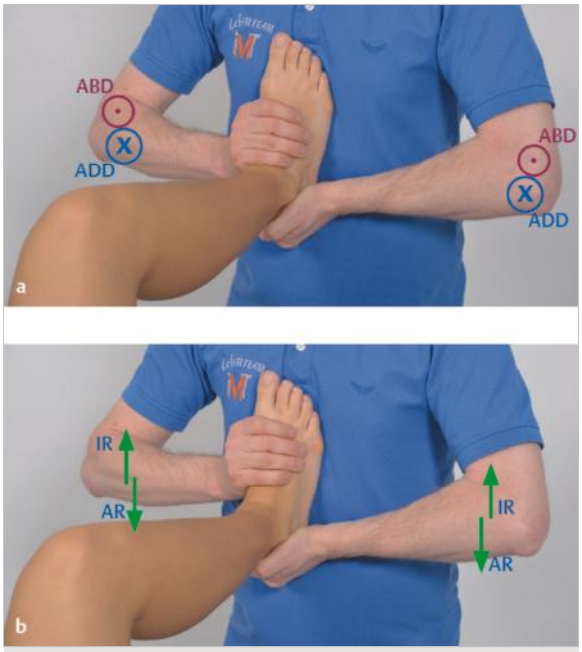


Abb. 13.55 Calcaneusgleiten.
a Gleiten des Calcaneus Abduktion/Adduktion.
b Gleiten des Calcaneus Außenrotation/Innenrotation.

Ausführung (▶ Abb. 13.55):
- Der Therapeut steht am Fußende der Bank.
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Kniegelenk und das Hüftgelenk sind 90° flektiert.
- Der Fuß des Patienten wird in Dorsalextension verriegelt und mit der Fußsohle am Sternum (ggf. mit Kissen unterlagern) des Therapeuten fixiert.

▶ **Abduktion/Adduktion (Art. talocalcanea).** Die von medial kommende Hand fixiert mit der Kleinfingerseite das Collum tali. Die von lateral kommende Hand umgreift von posterior den Calcaneus. Durch das geradlinige Heranführen der Unterarme des Therapeuten zum Körper wird die Adduktion getestet, durch die Gegenbewegung die Abduktion.

▶ **Außenrotation/Innenrotation (Chopart).** Die von medial kommende Hand fixiert mit der Kleinfingerseite das Os naviculare und das Os cuboideum. Die von lateral kommende Hand umgreift von posterior den Calcaneus. Durch das geradlinige Senken der Unterarme des Therapeuten bodenwärts wird die Außenrotation getestet, durch die Gegenbewegung die Innenrotation.

Interpretation:
Störung der Bewegung oder Schmerz möglich durch:
- Hypomobilität in der Art. talocalcanea oder in der Chopart-Gelenklinie
- Adduktion/Außenrotation-Einschränkungen gehören zu einer Talus anterior internen Läsion
- Abduktion/Innenrotation-Einschränkungen gehören zu einer Talus posterior externen Läsion

Gleiten des Calcaneus nach anterior – Test Flexion im USG



Abb. 13.56 Gleiten des Calcaneus nach anterior – Test Flexion im USG.

Ausführung (▶ Abb. 13.56):
- Der Patient befindet sich in Bauchlage, das zu testende Bein ist im Knie 90° flektiert.
- Der Talus des Patienten wird von anterior im Gabelgriff durch den Therapeuten fixiert.
- Die von posterior kommende Hand legt sich mit Thenar und Hypothenar gegen den Calcaneus und gleitet diesen gegen den fixierten Talus nach anterior.
- Die Unterarme des Therapeuten liegen dabei parallel.

Interpretation:
- Hypomobilität nach anterior = Talus anterior interne Läsion

Gleiten des Calcaneus nach posterior – Test Extension im USG

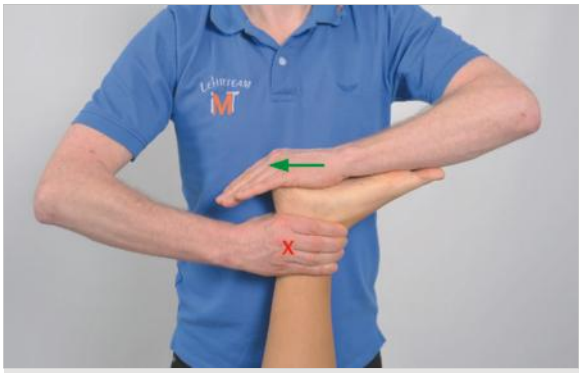


Abb. 13.57 Gleiten des Calcaneus nach posterior – Test Extension im USG.

Ausführung (▶ Abb. 13.57):
- Der Patient befindet sich in Bauchlage, das zu testende Bein ist im Knie 90° flektiert.
- Der Talus des Patienten wird von posterior im Gabelgriff durch den Therapeuten fixiert.
- Die von anterior kommende Hand legt sich mit Thenar und Hypothenar gegen den Calcaneus und gleitet diesen gegen den fixierten Talus nach posterior.
- Die Unterarme des Therapeuten liegen dabei parallel.

Interpretation:
- Hypomobilität nach posterior = Talus posterior externe Läsion

Art. tarsi transversa (Chopart-Gelenklinie)

Gleiten von Os naviculare und Os cuboideum nach plantar – Test Plantarflexion in Chopart und nach dorsal – Test Dorsalextension in Chopart

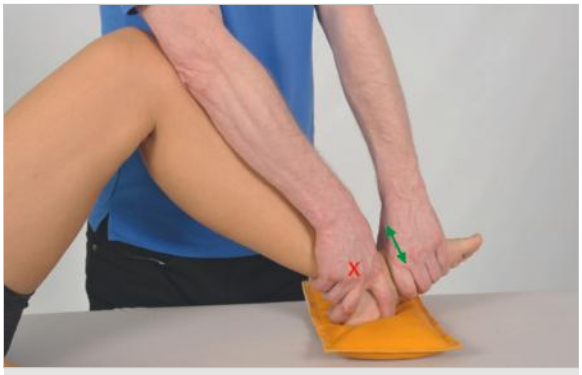


Abb. 13.58 Gleiten von Os naviculare und Os cuboideum nach plantar – Test Plantarflexion in Chopart und nach dorsal – Test Dorsalextension in Chopart.

Ausführung (▶ Abb. 13.58):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Knie- und Hüftgelenk sind flektiert, der Rückfuß wird mit einem Sandsack unterlagert.
- Der Therapeut steht von lateral zum zu testenden Bein und umfasst, mit seiner von proximal kommenden Hand im Gabelgriff, fixierend Talus und Calcaneus.
- Mit der distalen Hand umfasst der Therapeut Os naviculare und Os cuboideum und transliert diese nach plantar und dorsal.

Interpretation:
- Hypomobilität nach plantar limitiert – Plantarflexion
- Hypomobilität nach dorsal limitiert – Dorsalextension

Gleiten von Os naviculare und Os cuboideum nach medial – Test Supination in Chopart

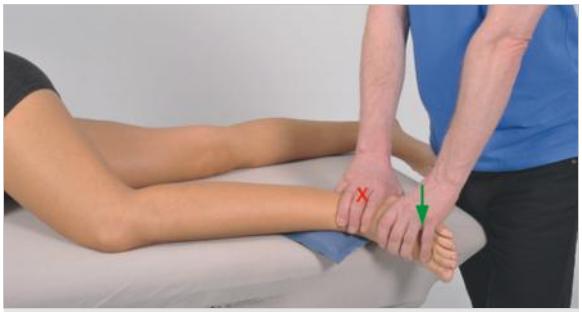


Abb. 13.59 Gleiten von Os naviculare und Os cuboideum nach medial – Test Supination in Chopart.

Ausführung (▶ Abb. 13.59):
- Der Patient befindet sich in Seitenlage, der oben liegende Fuß wird von medial mit einem Sandsack unterlagert, so dass Talus und Calcaneus fixiert sind.
- Die proximale Hand fixiert den Rückfuß, während die distale Hand Os cuboideum und Os naviculare von lateral umfasst und diese nach medial transliert.

Interpretation:
- Hypomobilität nach medial limitiert Supination

Gleiten von Os naviculare und Os cuboideum nach lateral – Test Pronation in Chopart

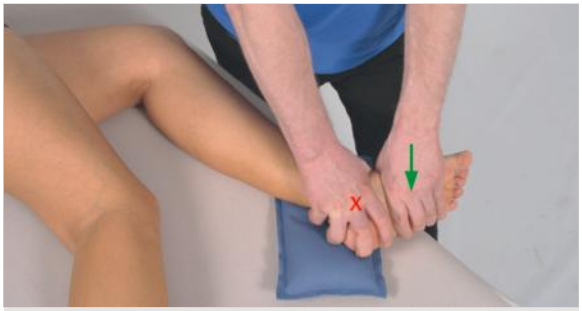


Abb. 13.60 Gleiten von Os naviculare und Os cuboideum nach lateral – Test Pronation in Chopart.

Ausführung (▶ Abb. 13.60):
- Der Patient befindet sich in Seitenlage, der unten liegende Fuß wird von lateral mit einem Sandsack unterlagert, so dass Talus und Calcaneus fixiert sind.
- Die proximale Hand fixiert den Rückfuß, während die distale Hand Os naviculare und Os cuboideum von medial umfasst und diese nach lateral transliert.

Interpretation:
- Hypomobilität nach lateral limitiert Pronation

Artt. intertarsales und Chopart

Gleiten von Os naviculare nach dorsal – Test Extension und Außenrotation

Gleiten von Os naviculare nach plantar – Test Flexion und Innenrotation

Gleiten von Os cuboideum nach dorsal – Test Extension und Innenrotation

Gleiten von Os cuboideum nach plantar – Test Flexion und Außenrotation

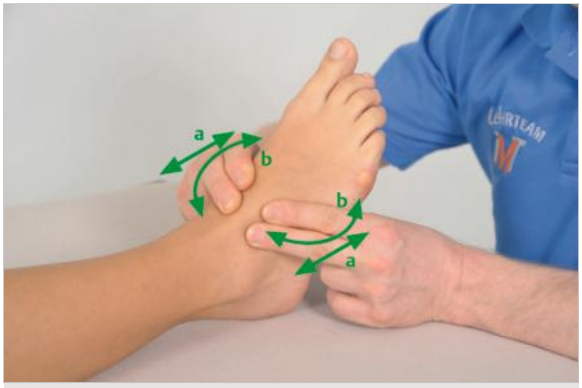


Abb. 13.61 Gleiten Os naviculare und Os cuboideum **a.** Flexion/Extension und **b.** Außenrotation/Innenrotation.

Ausführung (▶ Abb. 13.61):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, der zu testende Fuß ragt über das Bankende.
- Der Therapeut fasst mit je 2 Fingern von dorsal und dem Daumen von plantar Os naviculare sowie Os cuboideum.
- Im Anschluss bewegt er diese nach dorsal und plantar, als auch gegeneinander in Innenrotation und Außenrotation zur Testung der Gewölbeformung und der Gewölbeabflachung.

Interpretation:

Außenrotation – Os cuboideum/Innenrotation – Os naviculare = Quergewölbeformung

Innenrotation – Os cuboideum/Außenrotation – Os naviculare = Quergewölbeabflachung

Artt. tarsometatarsales (Lisfranc-Gelenklinie)

Traktion von Os metatarsale I – Test Gelenkspiel

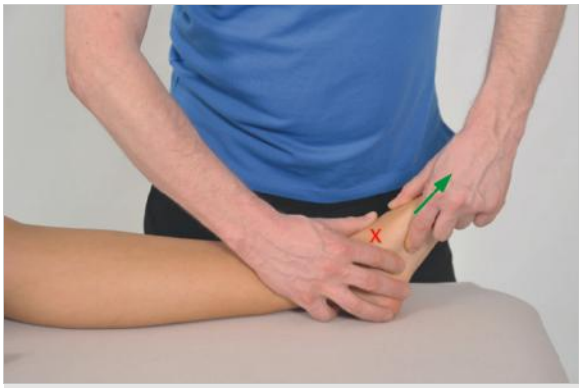


Abb. 13.62 Traktion von Os metatarsale I.

Ausführung (▶ Abb. 13.62):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- Der Therapeut fixiert mit seiner proximalen Hand das Os cuneiforme I.
- Die distale Hand umfasst flächig das Caput Os metatarsale I von proximal und führt in Verlängerung des Os metatarsale einen Traktionszug aus.
- Dabei bewertet der Therapeut das Ausmaß der Separation zwischen den beiden Gelenkpartnern.
- Die Kompression (ohne Bild) erfolgt in die Gegenrichtung.

Praxistipp

Diese Testung kann für alle Ossa metatarsalia vorgenommen werden.

Interpretation:
- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität limitiert – Supination/Pronation – Dorsalextension/Plantarflexion

Gleiten der Ossa metatarsalia nach plantar – Test Plantarflexion und nach dorsal – Test Dorsalextension



Abb. 13.63 Gleiten von Ossa metatarsalia nach plantar – Test Plantarflexion und nach dorsal – Test Dorsalextension.

Ausführung (▶ Abb. 13.63):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- Das Bein ist im Hüft- und Kniegelenk gebeugt, der Fuß steht auf einem Keil auf, wodurch die Ossa cuneiformia und das Os cuboideum fixiert werden.
- Der Therapeut steht auf der gegenüberliegenden Seite und fixiert mit seiner proximalen Hand die Fußwurzelknochen gegen den Keil.
- Die distale Hand umfasst im Gabelgriff die Ossa metatarsalia und bewegt diese translatorisch nach plantar und dorsal.

Interpretation:
- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität nach dorsal limitiert – Dorsalextension
- Hypomobilität nach plantar limitiert – Plantarflexion

13.2.2 Behandlung

Art. talocruralis und Unterschenkelgelenke

Traktionen

Traktionen zur Schmerzlinderung werden in der Regel aus der RS oder der aktuellen RS ausgeführt. Traktionsmobilisationen können bei allen Bewegungseinschränkungen erfolgen, indem das Gelenk submaximal am Ende der eingeschränkten Bewegung vorpositioniert wird.

Die Ausführung der Technik erfolgt wie in ▶ Abb. 13.36 und ▶ Abb. 13.46 beschrieben und dargestellt.

Gleittechniken zur Mobilisation der Dorsalextension

Art. talocruralis – Gleiten des Talus nach posterior

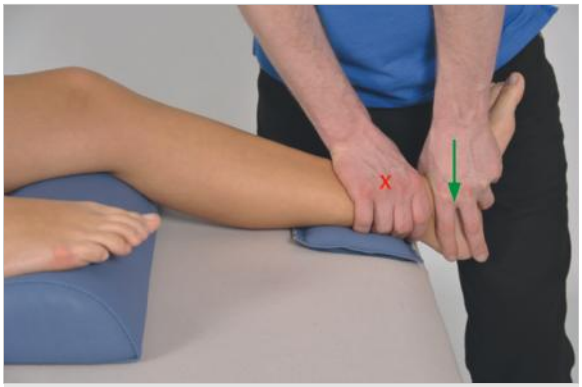


Abb. 13.64 Gleiten des Talus nach posterior.

Ausführung (▶ Abb. 13.64):
- Der Therapeut steht fußwärts zum liegenden Patienten, das Kniegelenk ist leicht flektiert und der Unterschenkel mit einem Sandsack unterlagert.
- Der Therapeut stellt mit seinem Oberschenkel die submaximale Position der Dorsalextension ein.
- Mit seiner proximalen Hand fixiert er den Unterschenkel gegen den Sandsack.
- Die distale Hand greift im Gabelgriff von medial über den Talus und schiebt diesen mit gestrecktem Arm nach posterior.

Praxistipp

Unterlagerung des Kniegelenks dient der Entspannung der Achillessehne und Vertikalisierung der Behandlungsebene.

Art. talocruralis – Gleiten der Tibia nach anterior

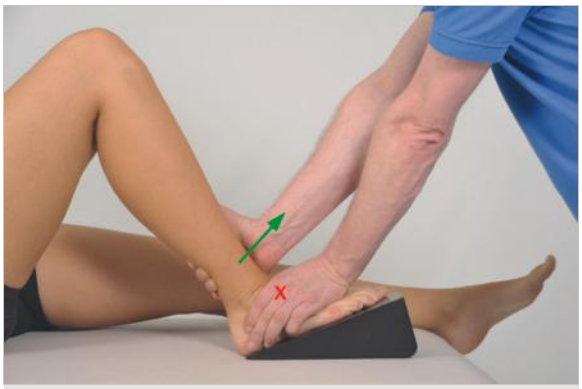


Abb. 13.65 Gleiten der Tibia nach anterior.

Ausführung (▶ Abb. 13.65):
- Der Therapeut steht kopfwärts am Fußende zum liegenden Patienten, das Kniegelenk ist je nach Einschränkung im OSG flektiert.
- Der Fuß des Patienten wird mittels eines Keils in submaximale Dorsalextension vorpositioniert.
- Die von lateral kommende Hand des Therapeuten fixiert den Talus im Gabelgriff.
- Die von medial kommende Hand greift von posterior um die Tibia.
- Die Mobilisation erfolgt über einen Zug der Tibia nach anterior.

Praxistipp

Vorpositionierung des OSG ist auch über ein verstellbares Kopfteil möglich.
Ausrichtung der Behandlungsebene bei Zug beachten.

Art. und Syndesmosis tibiofibularis – Gleiten der Fibula nach proximal

Ausführung:
- Der Patient befindet sich in Seitenlage, das zu behandelnde Bein liegt oben, im OSG in Dorsalextension vorpositioniert, auf dem Leder der Bank abgelegt.
- Der Therapeut hakt sich mit Thenar und Hypothenar am Malleolus lateralis ein und gleitet die Fibula nach proximal.
- Die andere Hand des Therapeuten unterstützt die Translation.
- Der Fuß wird hier in Dorsalextension submaximal vorpositioniert. Darstellung der Ausführung der Behandlung siehe Test ▶ Abb. 13.49.

Praxistipp

Liege ohne Laken verhindert das Rutschen des Unterschenkels.

Art. tibiofibularis – Gleiten des Caput fibulae nach anterior



Abb. 13.66 Gleiten des Caput fibulae nach anterior.

Ausführung (▶ Abb. 13.66):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- Der Therapeut legt den Daumenballen der bankfernen Hand unter das Caput fibulae des ihm naheliegenden und leicht innenrotierten Beines.
- Die andere Hand legt sich von anterior im Gabelgriff gegen die Tibia und gleitet diese nach posterior, wodurch das Caput fibulae relativ nach anterior transliert.

Merke

Die Nähe zum N. fibularis am Caput fibulae ist zu beachten!

Syndesmosis tibiofibularis – Gleiten des Malleolus lateralis nach posterior

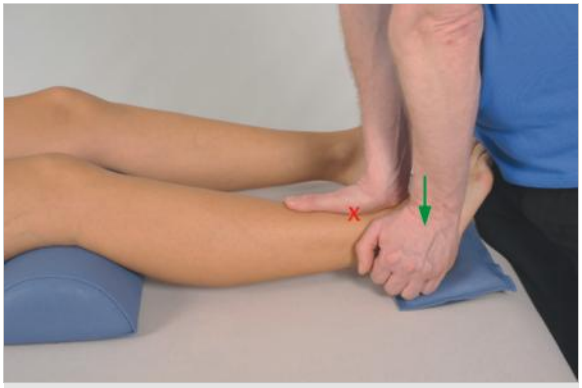


Abb. 13.67 Gleiten des Malleolus lateralis nach posterior.

Ausführung (▶ Abb. 13.67):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Bein ist leicht innenrotiert.
- Der Calcaneus liegt auf einem Sandsack auf, die mediale Hand des Therapeuten unterstützt die Fixation.
- Die laterale Hand legt sich mit Daumen- und Kleinfingerballen gegen den Malleolus lateralis und transliert diesen durch einen geradlinigen Schub nach posterior.

Praxistipp

Oberschenkel des Therapeuten kann OSG in Dorsalextension vorpositionieren.

Art. tibiofibularis – Gleiten des Caput fibulae nach anterior und Syndesmosis tibiofibularis – Gleiten des Malleolus lateralis nach posterior



Abb. 13.68 Art. tibiofibularis – Gleiten des Caput fibulae nach anterior, Syndesmosis tibiofibularis – Gleiten des Malleolus lateralis nach posterior.

Ausführung (▶ Abb. 13.68):

- Der Patient befindet sich in Seitenlage, das zu behandelnde Bein liegt dem Leder der Bank auf.
- Der Fuß des Patienten liegt frei, so dass der Therapeut mit seinem Oberschenkel die Dorsalextension im OSG vorpositionieren kann.
- Mit seiner proximalen Hand legt sich der Therapeut mit seinem Kleinfingerballen von posterior gegen das Caput fibulae.
- Mit seiner distalen Hand von anterior gegen den Malleolus lateralis.
- Die Mobilisation erfolgt durch eine Parallelverschiebung beider Arme aufeinander zu, unter Forcierung der Dorsalextension im OSG durch den Oberschenkel des Therapeuten.

Merke

Die Nähe zum N. fibularis am Caput fibulae ist zu beachten!

Gleittechniken zur Mobilisation der Plantarflexion

Art. talocruralis – Gleiten des Talus nach anterior



Abb. 13.69 Gleiten des Talus nach anterior.

Ausführung (▶ Abb. 13.69):

- Der Therapeut steht seitlich zum in Bauchlage liegenden Patienten, der Unterschenkel ist mit einem Sandsack oder Keil unterlagert.
- Der Therapeut stellt mit seinem Oberschenkel die submaximale Plantarflexion ein.
- Mit seiner proximalen Hand fixiert er den Unterschenkel gegen die Bank.
- Die distale Hand greift im Gabelgriff von posterior über den Calcaneus und schiebt dadurch den Talus mit gestrecktem Arm nach anterior.

Praxistipp

Unterlagerung des Unterschenkels dient der Vertikalisierung der Behandlungsebene.

Art. talocruralis – Gleiten der Tibia nach posterior

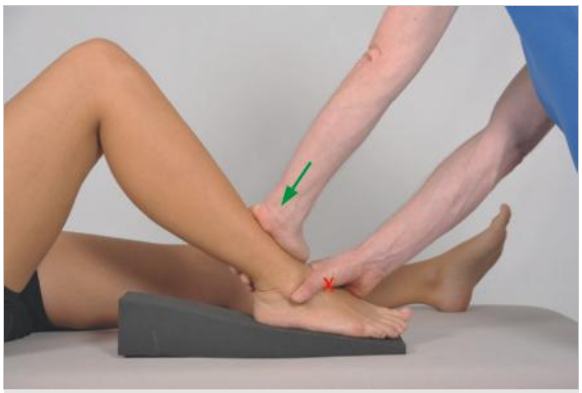


Abb. 13.70 Gleiten der Tibia nach posterior.

Ausführung (▶ Abb. 13.70):

- Der Therapeut steht kopfwärts am Fußende zum liegenden Patienten, das Kniegelenk ist je nach Einschränkung im OSG flektiert.
- Der Fuß des Patienten wird somit in submaximale Plantarflexion vorpositioniert.
- Die von distal kommende Hand des Therapeuten fixiert den Fuß im Gabelgriff auf der Bank.
- Die von proximal kommende Hand greift von anterior um die Tibia, so dass die Kleinfingerseite nach proximal zeigt.
- Die Mobilisation erfolgt über einen Schub der Tibia nach posterior.

Praxistipp

Der Unterarm bildet mit dem Unterschenkel einen Winkel von ca. 80°, um die Ausrichtung der Behandlungsebene zu berücksichtigen.

Art. und Syndesmosis tibiofibularis – Gleiten der Fibula nach distal

Ausführung:

- Der Patient befindet sich in Seitenlage, das zu behandelnde Bein liegt oben, im OSG in Plantarflexion vorpositioniert und auf dem Leder der Bank abgelegt.
- Der Therapeut hakt sich mit Thenar und Hypothenar am Caput fibulae ein und schiebt die Fibula nach distal.
- Die andere Hand des Therapeuten unterstützt die Translation.
- Darstellung der Ausführung der Behandlung siehe Test ▶ Abb. 13.50. Der Fuß wird hier in Plantarflexion submaximal vorpositioniert.

Praxistipp

Liege ohne Laken verhindert das Rutschen des Unterschenkels.

Art. tibiofibularis – Gleiten des Caput fibulae nach posterior



Abb. 13.71 Gleiten des Caput fibulae nach posterior.

Ausführung (▶ Abb. 13.71):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- Das Bein ist gestreckt und in der Hüfte leicht innenrotiert.
- Der Therapeut legt seine mediale Hand stützend unter die Tibia des ihm naheliegenden Beines.
- Die von lateral kommende Hand legt sich von anterior mit dem Daumenballen gegen das Caput fibulae und schiebt dieses nach posterior.

Praxistipp

Die Ausrichtung der Behandlungsebene ist zu beachten.

Syndesmosis tibiofibularis – Gleiten des Malleolus lateralis nach anterior



Abb. 13.72 Gleiten des Malleolus lateralis nach anterior.

Ausführung (▶ Abb. 13.72):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Bein ist leicht innenrotiert.
- Der Therapeut unterlagert den Malleolus lateralis des Patienten mit dem Daumenballen seiner von lateral kommenden Hand.
- Die mediale Hand des Therapeuten legt sich mit dem Daumenballen von anterior gegen die Tibia und transliert diese durch einen geradlinigen Schub nach posterior, wodurch die Fibula relativ nach anterior gleitet.

Praxistipp

Plantarflexion kann im OSG vorpositioniert werden.

Art. tibiofibularis – Gleiten des Caput fibulae nach posterior, Syndesmosis tibiofibularis – Gleiten des Mall. lat. nach anterior

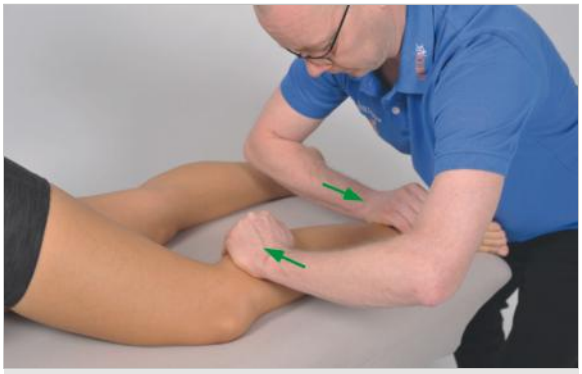


Abb. 13.73 Art. tibiofibularis – Gleiten des Caput fibulae nach posterior, Syndesmosis tibiofibularis – Gleiten des Malleolus lateralis nach anterior.

Ausführung (▶ Abb. 13.73):

- Der Patient befindet sich in Seitenlage, das zu behandelnde Bein liegt dem Leder der Bank auf.
- Der Fuß des Patienten liegt frei, so dass der Therapeut mit seinem Oberschenkel die Plantarflexion im OSG vorpositionieren kann.
- Mit seiner proximalen Hand legt sich der Therapeut mit seinem Kleinfingerballen von anterior gegen das Caput fibulae, mit seiner distalen Hand von posterior gegen den Malleolus lateralis.
- Die Mobilisation erfolgt durch eine Parallelverschiebung beider Arme aufeinander zu.

Praxistipp

Das Leder der Bank fixiert den Unterschenkel.

Art. talotarsalis

Traktionen

Traktionen zur Schmerzlinderung werden in der Regel aus der RS oder der aktuellen RS ausgeführt. Traktionsmobilisationen können bei allen Bewegungseinschränkungen erfolgen, indem das Gelenk submaximal am Ende der eingeschränkten Bewegung vorpositioniert wird.

Die Ausführung der Technik erfolgt wie in ▶ Abb. 13.53 beschrieben.

Gleittechniken zur Mobilisation der Eversion/Pronation bzw. Talus-posterior-extern-Läsion

Art. talocalcanea – Gleiten des Calcaneus nach lateral (Abduktion)



Abb. 13.74 Gleiten des Calcaneus nach lateral (Abduktion).

Ausführung (▶ Abb. 13.74):

- Der Patient befindet sich in Seitenlage, das unten liegende Bein wird behandelt und liegt fibular der Bank auf.
- Der Unterschenkel wird mit einem Handtuch oder Sandsack unterlagert.
- Der Therapeut steht von anterior in Schrittstellung und stellt mit seinem vorderen Oberschenkel die Nullstellung (90°) im OSG ein.
- Die proximale Hand umgreift von postero-distal die Malleolengabel und fixiert die Fibula gegen die Bank.
- Die distale Hand umfasst von plantar den Calcaneus und gleitet diesen mit dem Daumenballen nach lateral.

Art. talonavicularis – Gleiten des Calcaneus nach medial (Innenrotation)



Abb. 13.75 Gleiten des Talus nach medial (Innenrotation).

Ausführung (▶ Abb. 13.75):

- Der Patient befindet sich in Seitenlage, das unten liegende Bein wird behandelt und liegt fibular der Bank auf.
- Der US wird mit einem Handtuch oder Sandsack unterlagert.
- Der Therapeut steht von anterior in Schrittstellung und fixiert mit seinem vorderen Oberschenkel den Vorfuß (distal von Chopart).
- Gleichzeitig stellt er die Nullstellung (90°) im OSG ein.
- Die proximale Hand umgreift Os naviculare und Os cuboideum von medial und fixiert die Chopartsche Gelenklinie.
- Die distale Hand umfasst von posterior den Calcaneus und rotiert diesen mit dem Daumenballen nach lateral.

Praxistipp

Bei beiden Techniken ist es sehr wichtig, den Talus gut und fest zu fixieren. Nur dann wird die Mobilisation des Calcaneus auch effektiv.

Art. subtalaris – Gleiten des Calcaneus nach posterior (Extension)

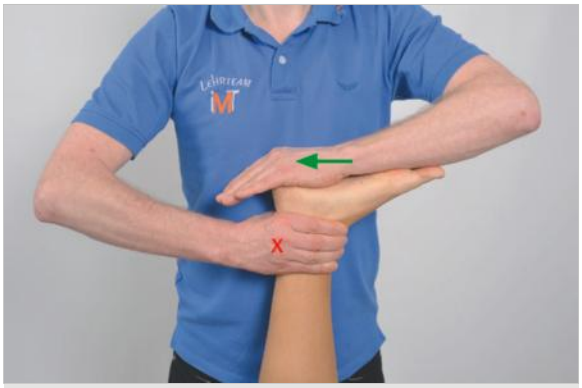


Abb. 13.76 Gleiten des Calcaneus nach posterior (Extension).

Ausführung (▶ Abb. 13.76):

- Der Patient befindet sich in Bauchlage, das zu behandelnde Bein ist im Kniegelenk 90° flektiert.
- Der Talus des Patienten wird von posterior im Gabelgriff durch den Therapeuten fixiert.
- Die von anterior kommende Hand legt sich mit Thenar und Hypothenar gegen den Calcaneus und gleitet diesen gegen den fixierten Talus nach posterior.
- Die Unterarme des Therapeuten liegen dabei parallel.

Art. tarsi transversa – Gleiten von Os naviculare und Os cuboideum nach lateral



Abb. 13.77 Gleiten von Os naviculare und Os cuboideum nach lateral.

Ausführung (▶ Abb. 13.77):

- Der Patient befindet sich in Seitenlage, der unten liegende Fuß wird von lateral mit einem Sandsack unterlagert, so dass Talus und Calcaneus fixiert sind.
- Die proximale Hand fixiert den Rückfuß, während die distale Hand Os naviculare und Os cuboideum von medial umfasst und diese nach lateral transliert.

Gleittechniken zur Mobilisation der Inversion/Supination bzw. Talus-anterior-intern-Läsion

Art. talocalcanea – Gleiten des Calcaneus nach medial (Adduktion)

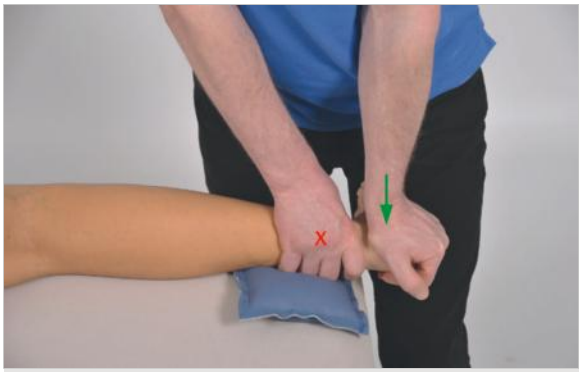


Abb. 13.78 Gleiten des Calcaneus nach medial (Adduktion).

Ausführung (▶ Abb. 13.78):

- Der Patient befindet sich in Seitenlage, das oben liegende Bein wird behandelt und liegt tibial der Bank auf.
- Der Unterschenkel wird mit einem Handtuch oder Sandsack unterlagert.
- Der Therapeut steht von anterior in Schrittstellung und stellt mit seinem Oberschenkel, des vorn stehenden Beines, die Nullstellung (90°) im OSG ein.
- Die proximale Hand umgreift von postero-distal die Malleolengabel und fixiert die Tibia gegen die Bank.
- Die distale Hand umfasst von plantar den Calcaneus und gleitet diesen mit dem Daumenballen nach medial.

Art. talonavicularis – Gleiten des Talus nach lateral (Außenrotation)



Abb. 13.79 Gleiten des Talus nach lateral (Außenrotation).

Ausführung (▶ Abb. 13.79):

- Der Patient befindet sich in Seitenlage, das oben liegende Bein wird behandelt und liegt tibial der Bank auf.
- Der Unterschenkel wird mit einem Handtuch oder Sandsack unterlagert.
- Der Therapeut steht von anterior in Schrittstellung und fixiert mit seinem vorderen Oberschenkel den Vorfuß (distal von Chopart).
- Gleichzeitig stellt er die Nullstellung (90°) im OSG ein.
- Die proximale Hand umgreift von lateral Os cuboideum und Os naviculare und fixiert die Chopartsche Gelenklinie.
- Die distale Hand umfasst von posterior den Calcaneus und rotiert diesen mit dem Daumenballen nach medial.

Art. subtalaris – Gleiten des Calcaneus nach anterior (Flexion)



Abb. 13.80 Gleiten des Calcaneus nach anterior (Flexion).

Ausführung (▶ Abb. 13.80):

- Der Patient befindet sich in Bauchlage, das zu behandelnde Bein ist im Kniegelenk 90° flektiert.
- Der Talus des Patienten wird von anterior im Gabelgriff durch den Therapeuten fixiert.
- Die von posterior kommende Hand legt sich mit Thenar und Hypothenar gegen den Calcaneus und gleitet diesen gegen den fixierten Talus nach anterior.
- Die Unterarme des Therapeuten liegen dabei parallel.

Art. tarsi transversa – Gleiten von Os naviculare und Os cuboideum nach medial



Abb. 13.81 Gleiten von Os naviculare und Os cuboideum nach medial.

Ausführung (▶ Abb. 13.81):

- Der Patient befindet sich in Seitenlage, der oben liegende Fuß wird von medial mit einem Sandsack unterlagert, so dass Talus und Calcaneus fixiert sind.
- Die proximale Hand fixiert den Rückfuß, während die distale Hand Os cuboideum und Os naviculare von lateral umfasst, um diese nach medial zu translieren.

Chopart- und Lisfranc-Gelenklinie

Gleittechniken zur Mobilisation der Extension

Chopart-Gelenklinie – Gleiten des Os naviculare nach dorsal

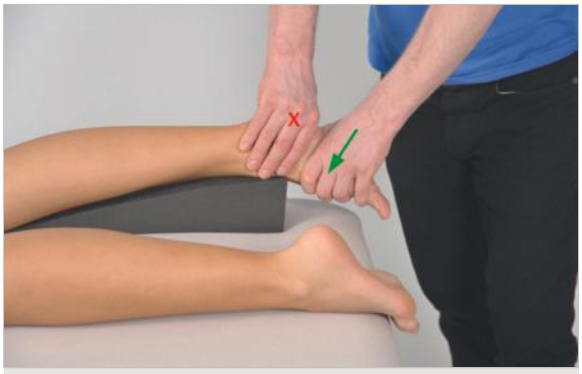


Abb. 13.82 Gleiten des Os naviculare nach dorsal.

Ausführung (▶ Abb. 13.82):

- Der Patient befindet sich in Bauchlage.
- Der Talushals ist mit einem Keil unterlagert, das Os naviculare liegt frei.
- Der Therapeut steht lateral und fixiert mit seiner proximalen Hand Calcaneus und Talus gegen den Keil.
- Mit dem Zeigefingergrundgelenk seiner distalen Hand legt sich der Therapeut auf das Os naviculare von plantar und gibt einen Translationsschub nach dorsal.

Chopart-Gelenklinie – Gleiten des Os cuboideum nach dorsal

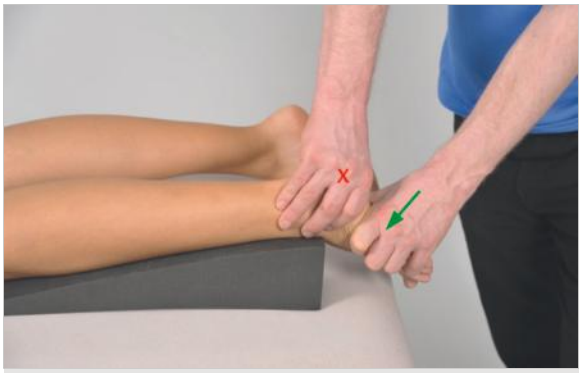


Abb. 13.83 Gleiten des Os cuboideum nach dorsal.

Ausführung (▶ Abb. 13.83):
- Der Patient befindet sich in Bauchlage.
- Der Talushals ist mit einem Keil oder einem Sandsack unterlagert, das Os cuboideum liegt frei.
- Der Therapeut steht am Fußende und fixiert mit seiner proximalen Hand Calcaneus und Talus gegen den Keil.
- Mit dem Zeigefingergrundgelenk seiner distalen Hand legt sich der Therapeut auf das Os cuboideum von plantar und gibt einen Translationsschub nach dorsal.

Lisfranc-Gelenklinie – Gleiten der Ossa metatarsalia nach dorsal



Abb. 13.84 Gleiten der Ossa metatarsalia nach dorsal.

Ausführung (▶ Abb. 13.84):
- Der Patient befindet sich in Bauchlage.
- Die Ossa cuneiformia und das Os cuboideum sind mit einem Keil oder einem Sandsack unterlagert, die Ossa metatarsalia liegen frei.
- Der Therapeut steht am Fußende und fixiert mit seiner proximalen Hand die FWK gegen den Keil.
- Die radiale Zeigefingerseite seiner distalen Hand legt sich von plantar auf die Ossa metatarsalia und gibt einen Translationsschub nach dorsal.

Gleittechniken zur Mobilisation der Flexion

Chopart-Gelenklinie – Gleiten des Os naviculare nach plantar

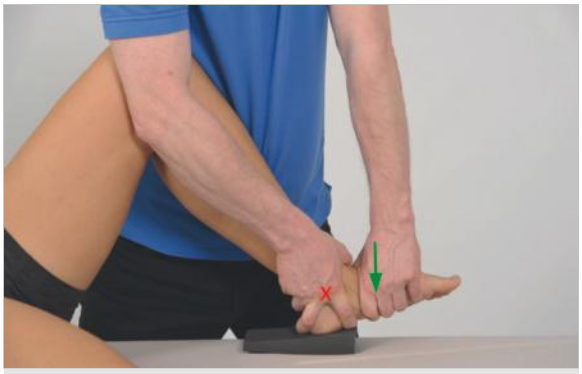


Abb. 13.85 Gleiten des Os naviculare nach plantar.

Ausführung (▶ Abb. 13.85):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Knie- und das Hüftgelenk sind flektiert, der Rückfuß wird mit einem Sandsack oder Keil unterlagert.
- Der Therapeut steht von lateral und umfasst mit seiner von proximal kommenden Hand, medial im Gabelgriff fixierend, Talus und Calcaneus.
- Mit der distalen Hand legt er das Grundgelenk Dig. II von dorsal gegen das Os naviculare und transliert dieses nach plantar.

Praxistipp

Die Behandlungsrichtung ändert sich jeweils mit der Vorpositionierung im OSG.

Chopart-Gelenklinie – Gleiten des Os cuboideum nach plantar

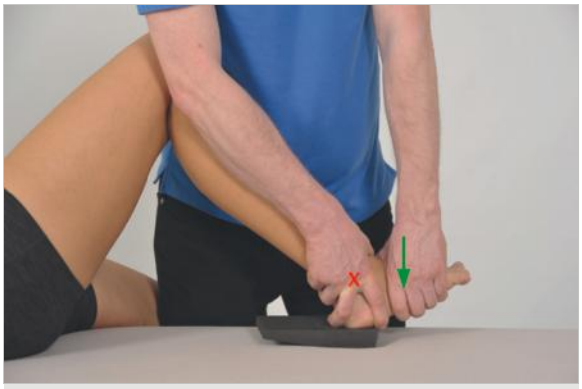


Abb. 13.86 Gleiten des Os cuboideum nach plantar.

Ausführung (▶ Abb. 13.86):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage. Das Bein ist angestellt.
- Der Therapeut steht auf der gegenüberliegenden Seite des zu behandelnden Beines.
- Mit seiner proximalen Hand greift der Therapeut von lateral fixierend Calcaneus und Talus.
- Die von distal kommende Hand legt sich von lateral mit dem Daumenballen auf das Os cuboideum und transliert dieses geradlinig nach plantar.

Praxistipp

Die Behandlungsrichtung ändert sich jeweils mit der Vorpositionierung im OSG.

Lisfranc-Gelenklinie – Gleiten der Ossa metatarsalia nach plantar

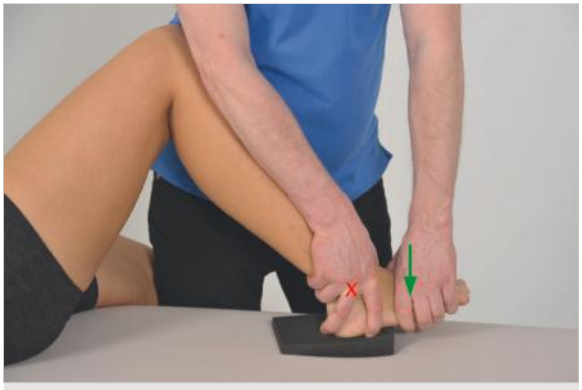


Abb. 13.87 Gleiten der Ossa metatarsalia nach plantar.

Ausführung (▶ Abb. 13.87):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage. Das Bein ist angestellt.
- Der Therapeut steht auf der gegenüberliegenden Seite des zu behandelnden Beines.
- Mit seiner proximalen Hand greift der Therapeut von lateral, gegen einen Sandsack oder Keil fixierend, die Ossa cuneiformia und das Os cuboideum.
- Die von distal kommende Hand legt sich im Gabelgriff von dorsal über die Ossa metatarsalia und transliert diese geradlinig nach plantar.

Praxistipp

Die Behandlungsrichtung ändert sich jeweils mit der Vorpositionierung im OSG.

Techniken zur Formung der Quer- und Längsgewölbe

Mobilisation des Os cuboideum in Außenrotation



Abb. 13.88 Mobilisation des Os cuboideum in Außenrotation.

Ausführung (▶ Abb. 13.88):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- In der von medial kommenden Hand des Therapeuten liegt die Ferse des Patienten und der Daumen geht von plantar und medial gegen das Os cuboideum.
- Die laterale Hand umgreift von dorsal die Zehen und die Ossa metatarsalia.
- Die Mobilisation erfolgt, indem über die laterale Hand, ausschließlich durch Kompression, eine Bogenspannung auf die Längswölbung des Fußes aufgebaut wird und dabei ein Druck des Daumens der medialen Hand nach dorso-lateral auf das Os cuboideum erfolgt.

Praxistipp

Hierbei entsteht eine Aufrichtung des proximalen Quergewölbes.

Manipulation des Os naviculare in Innenrotation



Abb. 13.89 Manipulation des Os naviculare in Innenrotation.

Ausführung (▶ Abb. 13.89):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- Der Therapeut steht seitlich am zu behandelnden Bein und fasst mit seiner distalen Hand von plantar kommend mit seiner Kleinfingerseite über das Os naviculare.
- Der Daumen legt sich auf die Fußsohle in Verlängerung der Großzehe.
- Die von proximal kommende Hand legt sich mit dem Kleinfingerballen über den Kleinfinger der darunterliegenden Hand, Daumen parallel zum Großzeh.
- Der Therapeut fixiert den Fuß an seinem Oberkörper mit abgehobenem, gestrecktem Bein.
- Die Unterarme werden parallel gehalten.
- Der Therapeut nimmt eine Vorspannung auf, indem er sich vom Patienten wegdreht.
- Am Ende der Vorspannung erfolgt die Manipulation durch ein explosives Weiterführen der Bewegung mit minimaler Amplitude.

Praxistipp

Diese Technik kann auch mobilisierend oder am Bewegungsende gehalten ausgeführt werden.

Behandlung der Membrana interossea

Dehnung der Membrana interossea



Abb. 13.90 Dehnung der Membrana interossea.

Ausführung (▶ Abb. 13.90):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Bein ist 90° im Kniegelenk flektiert.
- Die von medial und lateral kommenden Hände des Therapeuten modellieren sich von posterior zwischen Tibia und Fibula in Richtung Membrana interossea an.
- Die anterior anliegenden Daumenballen divergieren Tibia und Fibula, während die Fingerspitzen das Widerlager von posterior bilden.

Mobilisation der Membrana interossea

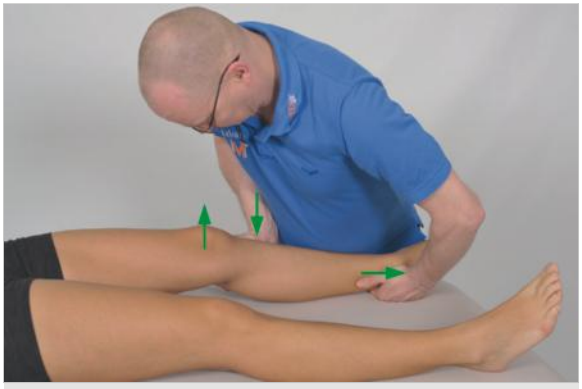


Abb. 13.91 Mobilisation der Membrana interossea.

Ausführung (▶ Abb. 13.91):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- Die von lateral kommende Hand legt sich mit dem Daumenballen auf den M. tibialis anterior, während die distale Hand die Ferse des Patienten umgreift.
- Der Patient soll sein Knie aktiv Richtung Decke heben, während der Therapeut an der Ferse nach plantar zieht und die laterale Hand die Fibula über den M. tibialis anterior nach posterior drückt.

14 Knie – Articulatio genus

Thomas Mummert

Das Kniegelenk (Art. genus) ist das mittlere Gelenk der unteren Extremität. Es nimmt Kräfte absteigend von der Lenden-Becken-Hüft-Region und aufsteigend vom Fußkomplex auf. Als größtes Gelenk des menschlichen Körpers überträgt es diese Kräfte weiter und kompensiert somit auch jede Form pathologischer Dysfunktion, was sich in einer hohen Verletzungsanfälligkeit und Degeneration widerspiegelt.

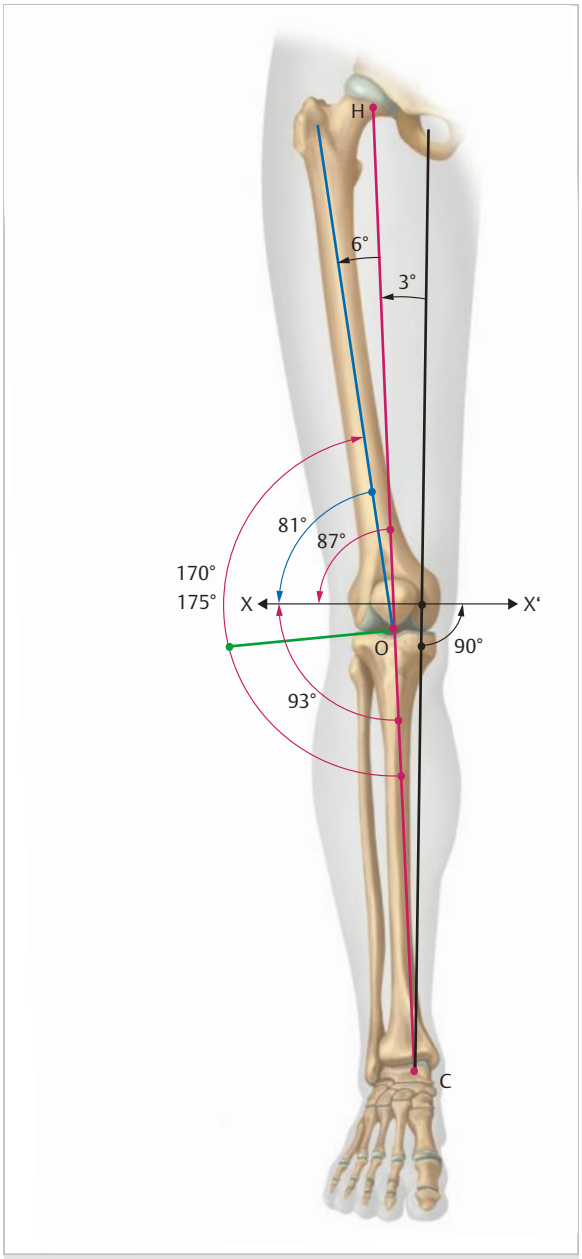


Abb. 14.1 Achsen der Art. genus.

Eine weitere Besonderheit besteht in der physiologischen Valgusposition des Kniegelenks beim Erwachsenen. Durch den ausladenden Femurhals kann der Schaftachse des Femurs keine geradlinige Verbindung zur Tibialängsachse ermöglicht werden. Diese Abweichung der Femurachse nach lateral beträgt ca. 6°, woraus ein Knieaußenwinkel von ca. 175° resultiert.

Die physiologische Valgusstellung des Kniegelenks wird durch den größeren medialen Femurkondylus ausgeglichen. Damit verläuft die Achse für Flexion und Extension im Kniegelenk wieder annähernd horizontal.

Die mechanische Achse (Mikulicz-Linie) des Beines verläuft durch die Zentren des Hüftgelenks, des Kniegelenks sowie des oberen Sprunggelenks und dient der radiologischen Beinachsenbestimmung (▶ Abb. 14.1). Bei Kleinkindern sind varische Beinachsen bis 15° normal. Die typische valgische Achse entwickelt sich mit zunehmendem Alter unterschiedlich schnell.

14.1 Theorie

Das Kniegelenk lässt sich anatomisch und funktionell in das femorotibiale und femoropatellare Gelenk gliedern. Die Verbindung zwischen Femur und Tibia kann zusätzlich in ein suprameniskales und inframeniskales Gelenk unterteilt werden. Beim suprameniskalen Gelenk entsteht ein Gelenkraum zwischen den überknorpelten Flächen der Femurkondylen und der oberen Fläche der Menisken, sowohl medial als auch lateral. Im inframeniskalen Gelenk kontaktieren sich die unteren Flächen des medialen und lateralen Meniskus mit den Gelenkflächen der Tibiakondylen (▶ Abb. 14.2).

14.1.1 Übersicht

Art. femorotibialis

Eine Übersicht wichtiger Merkmale ist in ▶ Tab. 14.1 dargestellt.

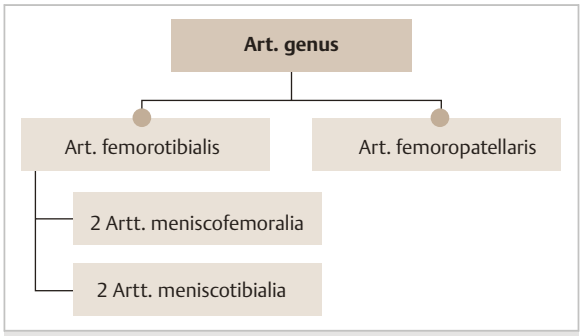


Abb. 14.2 Übersicht der Teilgelenke der Art. genus.

Tab. 14.1 Checkliste Art. femorotibialis.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade/Behandlungsebene					Konvex-Konkav-Regel
Femur: Condyli med. et lat. femoris (konvex) Tibia: med. Facies art. sup. (konkav), lat. Facies art. lat. (konvex)	Trochogynglimus (Drehscharniergelenk)	sagittale Ebene Extension/Flexion		transversale Ebene Innenrotation/Außenrotation		Behandlungsebene	Punctum mobile = Tibia Extension/Flexion – Konkav-Regel Innenrotation/Außenrotation – Konkav-Regel
		um: frontotransversale Achse	durch: Condyli med. et lat. femoris	um: frontosagittale Achse	durch: Tub. intercondylare med.	liegt auf der Facies art. sup. der Tibia (ca. 9° nach post. geneigt)	

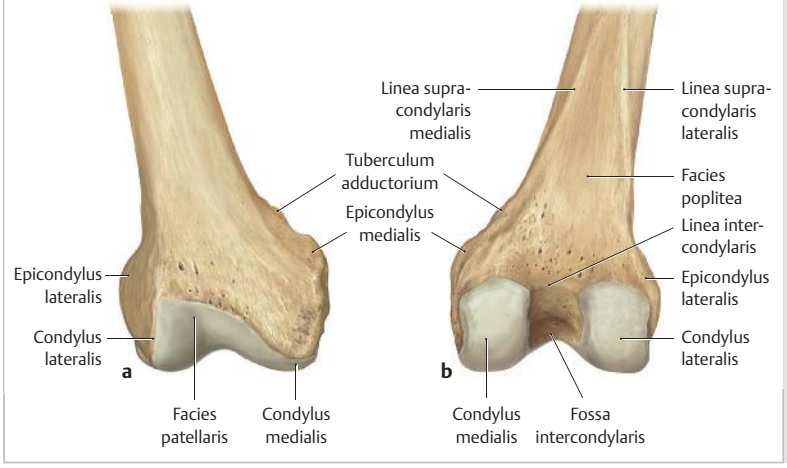


Abb. 14.3 Femur von anterior und posterior.
a Femur von anterior.
b Femur von posterior.

Femur

Die Form der Femurkondylen bilden 2 bikonvexe Wülste, welche nach anterior und posterior auslaufen. Beide Kondylen werden anterior von der zentralen Kehlung der Facies patellaris femoris und posterior von der Fossa intercondylaris getrennt (▶ Abb. 14.3). Facies patellaris femoris lateralis und medialis werden durch eine Rinne voneinander abgegrenzt.

Der mediale und laterale Kondylus sind nicht exakt spiegelbildlich gestaltet, ihre a-p-Achsen sind nicht parallel, sondern divergieren nach posterior. Weiterhin ist der mediale Kondylus in seiner a-p-Ausdehnung größer, steht schräger (▶ Abb. 14.4) und ist nach distal weiter ausgezogen als der laterale Kondylus.

Aus der Sagittalebene betrachtet, nehmen die Krümmungen der Femurkondylen von anterior nach posterior zu, das heißt der Krümmungsradius wird kleiner. Werden nun die Krümmungszentren aneinandergereiht, so ergibt sich eine Kurve, welche als Evolute bezeichnet wird. Die Evolute kann als ein wesentlicher Parameter zur Analyse der Roll-Gleit-Bewegung im Kniegelenk herangezogen werden, da sich von ihr die Lage der Bewegungsachse ableiten lässt. Die Krümmungen des lateralen und medialen Kondylus sind unterschiedlich. In ▶ Abb. 14.5 ist deutlich zu erkennen, dass die Evolute bzw. der Krümmungsradius des lateralen Kondylus wesentlich größer ist als medial.

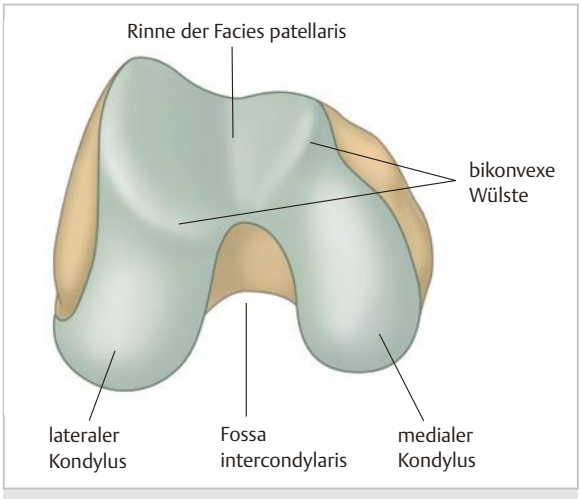


Abb. 14.4 Stellung des lateralen und medialen Femurkondylus.

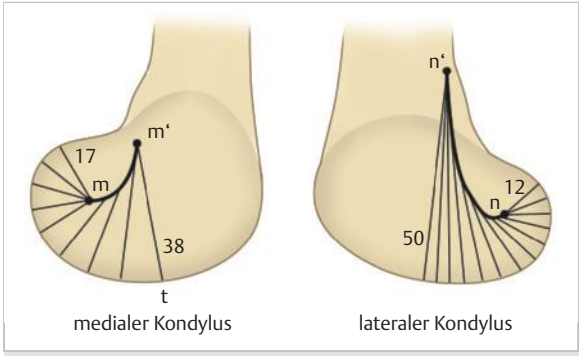


Abb. 14.5 Evoluten des medialen und lateralen Femurkondylus.

Tibia

Die Tibia bildet auf ihrem Kondylus medialis und lateralis die beiden reziprok gekrümmten Gelenkflächen, Facies articularis medialis und lateralis. Beide Flächen werden von der Eminentia intercondylaris durch die beiden Tuberculi intercondylares voneinander getrennt. In der Frontalebene sind beide konkav geformten Kondylen kongruent (▶ Abb. 14.6a) zu den konvex geformten Femurkondylen. In der sagittalen Ansicht sind die Gelenkflächen der Tibia sehr unterschiedlich geformt. Die mediale Fläche ist nach proximal konkav (▶ Abb. 14.6b), während die laterale Fläche nach proximal konvex ist (▶ Abb. 14.6c). Die mediale Gelenkfläche ist somit bikonkav, die laterale Gelenkfläche ist in der Frontalen konkav und in der Sagittalen konvex. Gleichzeitig ist festzustellen, dass das gesamte Tibiaplateau von anterior nach posterior leicht nach distal, um ca. 9°, abfällt.

Fazit

Die Inkongruenz der lateralen Gelenkfläche führt zur Instabilität, die medial ausgeglichen werden muss. Hier wirkt insbesondere das vordere Kreuzband stabilisierend.

Gelenkkapsel

Die fibröse (zylinderartige) Hülle der Gelenkkapsel umhüllt das distale Femurende und das proximale Tibiaende. Sie inseriert anterior, lateral und medial an den Knorpelknochengrenzen des Tibiaplateaus und des Femurs (▶ Abb. 14.7a) und besteht aus einer Membrana fibrosa (äußere Schicht) und einer Membrana synovialis (innere

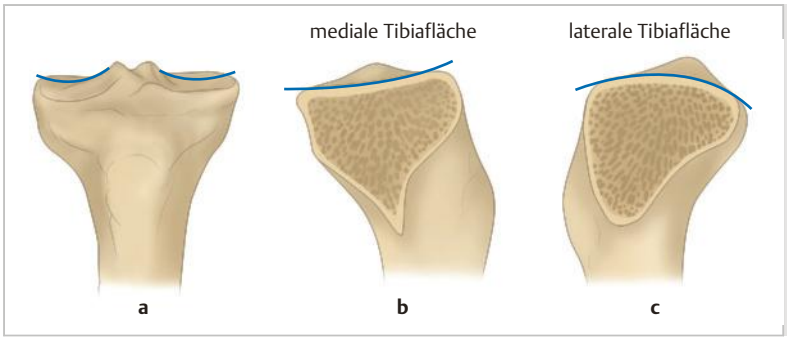


Abb. 14.6 Tibiakondylus.
a Frontale Ansicht der medialen und lateralen Tibiakondylen.
b Sagittale Ansicht des medialen Tibiakondylus.
c Lateraler Tibiakondylus.

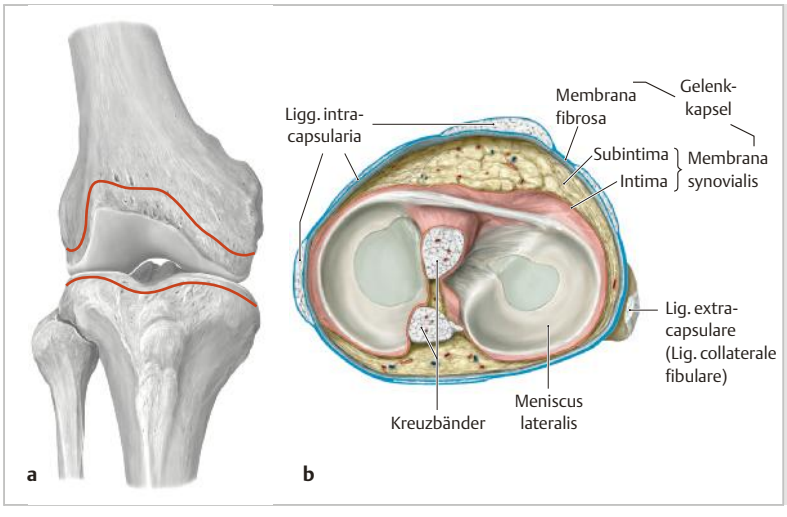


Abb. 14.7 Gelenkkapsel des Femurs.
a Insertion der Gelenkkapsel.
b Membrana fibrosa und Membrana synovialis.

Schicht). Die Membrana fibrosa umschließt das Kniegelenk zirkulär, wogegen die Membrana synovialis im Horizontalschnitt eine Hufeisenform aufweist und im posterioren Bereich sich nach innen umschlägt, um die beiden Kreuzbänder zu umhüllen (▶ Abb. 14.7b). Demzufolge liegen das vordere und hintere Kreuzband zwischen beiden Membranen. Anterior befindet sich ebenfalls zwischen beiden Membranen der Corpus adiposum infrapatellaris (Hoffa'scher Fettkörper) zur Unterpolsterung des Lig. patellae.

Klinischer Bezug

Der Zyklops, eine postoperative Komplikation, ist ein wucherndes Narbengewebe im vorderen Kniegelenkbereich. Dies führt teilweise zu erheblichen Einschränkungen der Gelenkkapselmobilität und des Bewegungsumfangs des Kniegelenks, vor allem in die Extension.

Recessi der Gelenkkapsel

Eine weitere Besonderheit der Kapsel besteht in der Ausbildung verschiedener Recessi (▶ Abb. 14.8). Klinisch bedeutsam sind dabei die Recessi suprapatellaris, infrapatellaris, subpopliteus und subtendinei der Mm. gastrocnemii.

▶ **Recessus suprapatellaris.** Der Recessus suprapatellaris liegt direkt unter der Rektussehne und ist mit ihr verwachsen. Proximal inseriert der M. articularis genus als Abspaltung des M. quadriceps am Recessus, so dass bei Kontraktion des Muskels beide Bursablätter gegeneinander verschoben werden.

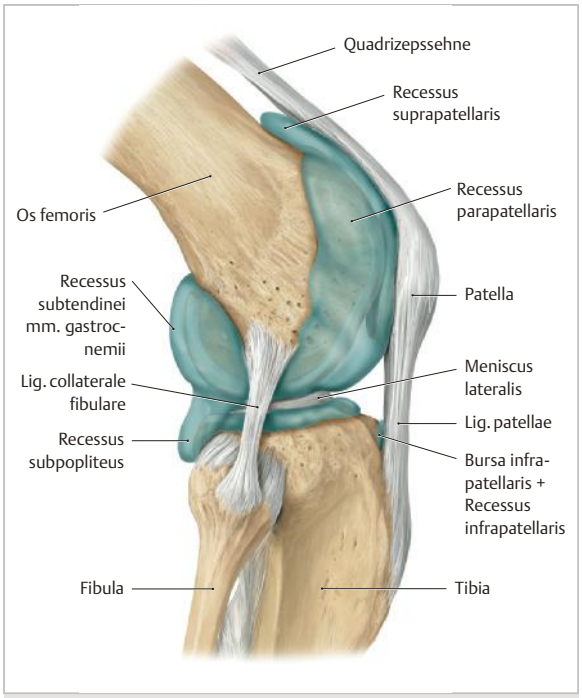


Abb. 14.8 Recessi der Gelenkkapsel.

Klinischer Bezug

Klinisch bedeutsam ist, dass ab ca. 80° Flexion des Kniegelenks eine deutliche Entfaltung des Recessus erfolgt, was eine Gleitfähigkeit des oberen gegen das untere Blatt erfordert, um die maximale Beweglichkeit zu erreichen. Kommt es zu Verklebungen in diesem Bereich, z. B. als Folge nach Entzündungsreaktionen im Knie, kann durch mangelhafte Entfaltung des Recessus die Bewegung, ab ca. 80° Flexion, im Knie deutlich eingeschränkt sein. Andererseits kann bei unzureichender Ansteuerung des M. quadriceps femoris der Recessus bei Extension des Kniegelenks nicht ausreichend zurückgezogen werden und somit zwischen Femur und Patella schmerzhaft eingeklemmt werden.

▶ **Recessus infrapatellaris.** Der Recessus infrapatellaris liegt unterhalb der Patella und unterpolstert gemeinsam mit dem Hoffa'schen Fettkörper das Lig. patellae.

▶ **Recessus subpopliteus.** Der Recessus subpopliteus liegt posterior hinter den Tibiakondylen und puffert den M. popliteus ab.

Klinischer Bezug

Klinisch relevant ist, dass sich in diesem Bereich, nach Kniegelenksreizungen, häufig Schwellungen einlagern und abkapseln. Diese abgekapselte Flüssigkeitsansammlung wird als Baker-Zyste bezeichnet.

▶ **Recessus subtendinei mm. gastrocnemii.** Der Recessus subtendinei mm. gastrocnemii gilt als Verdickung der posterioren Kapsel und unterpolstert die Muskelbäuche des M. gastrocnemius. Diese Verdickungen werden auch als die sog. „Polkappen" bezeichnet. Weiter ist oberhalb des äußeren Femurkondylus im Bereich der Ursprungssehnen des M. gastrocnemius die sog. „Fabella" als Sesambein eingelagert.

Ligamente des Kniegelenks

Die 4 Hauptligamente des Kniegelenks weisen jeweils dreidimensionale Insertionsstellen auf, was den Schluss nach sich zieht, dass sie nicht nur in einer Bewegungsebene wirksam sein werden, sondern Einfluss nehmen auf die räumliche Osteo- und Arthrokinematik des Gelenks. In ihrer Form, Lage und Funktion weisen sie zudem untereinander Synergien auf. Weitere Synergien der 4 Liga-

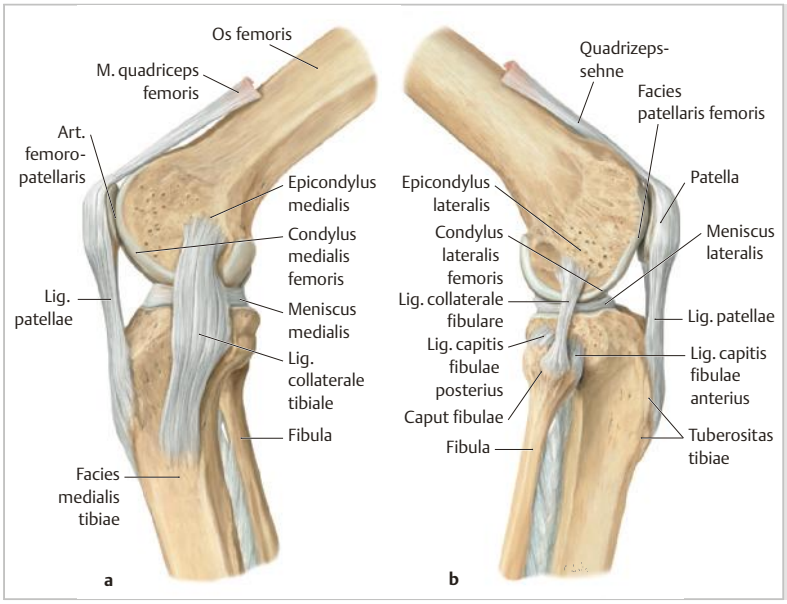


Abb. 14.9 Verlauf der Ligg. collateralia.
a Medialis.
b Lateralis.

mente zeigen sich auch in ihrer Relation zu der knieumgebenden Muskulatur.

► **Ligamentum collaterale mediale.** Das Ligamentum collaterale mediale (► Abb. 14.9a) zieht als langes Faserbündel postero-proximal vom Epicondylus medialis femoris nach antero-distal zur Facies medialis tibiae. Dabei gibt es Faserzüge zum medialen Meniskus und zur dorsomedialen Gelenkkapsel ab. Das **Ligamentum collaterale laterale** (► Abb. 14.9b) zieht dagegen antero-proximal vom lateralen Epikondylus des Femurs nach postero-distal zum Caput fibulae. Seine Insertion am Caput fibulae wird dabei vom M. biceps femoris überdeckt. Im Gegensatz zum medialen Ligament hat es keinen Kontakt zur Gelenkkapsel. Vergleicht man nun beide Verläufe, zeigt sich eine Überkreuzung beider Ligamente. Im muskulären Synergismus wird in der Frontalebene das mediale Kollateralband von den Muskeln der Pes-anserinus-Gruppe und das laterale Band durch den Tractus iliotibialis und den M. biceps femoris unterstützt. Aufgrund ihrer Lage und Hebelwirkungen stabilisieren sie das Kniegelenk in der Frontalebene gegen übermäßige laterale Bewegungen im Sinne von Valgus- und Varusstress.

► **Ligamentum cruciatum anterius.** Das Ligamentum cruciatum anterius (► Abb. 14.10) entspringt anterior an der Area intercondylaris tibiae und zieht nach lateral zur Innenseite der Fossa intercondylaris femoris. Es verläuft somit von distal-medial-anterior nach proximal-lateral-posterior. Das **Ligamentum cruciatum posterius** (► Abb. 14.10) kommt posterior der Area intercondylaris tibiae und zieht nach medial zur Innenseite der Fossa intercondylaris femoris. Es verläuft somit von distal-lateral-posterior nach proximal-medial-anterior. Beide Ligamente sind in sich nochmals in verschiedene Teile gegliedert und verdrillt. Sie werden von der Membrana synovialis komplett umschlossen und somit von ihr versorgt.

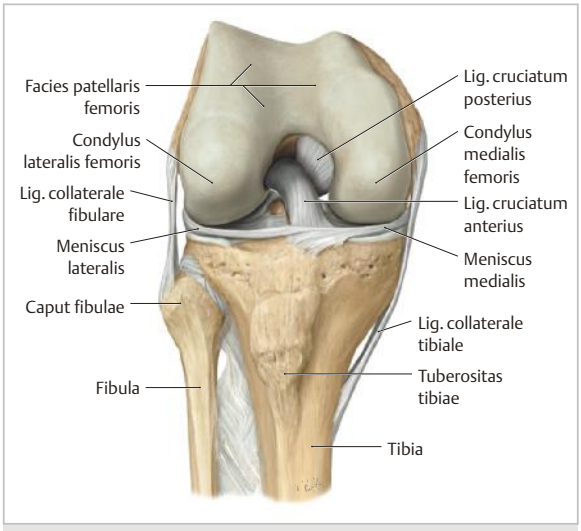


Abb. 14.10 Verlauf der Ligg. cruciata anterius et posterius.

Vergleicht man auch hier die Verläufe miteinander, so lässt sich gut erkennen, dass beide Bänder sich in allen 3 Raumebenen überkreuzen. Stellt man zusätzlich die Verläufe der Kollateralbänder mit in Relation zu den Kreuzbändern, so ergibt sich eine gleiche Verlaufsrichtung des vorderen Kreuzbands mit dem medialen Kollateralband und im selben Sinn des hinteren Kreuzbands mit dem lateralen Kollateralband.

Die daraus resultierenden Funktionen und klinischen Bedeutungen werden in Kap. 14.2.5 näher erläutert.

Klinischer Bezug

Sehnen, die als Kreuzbandimplantat verwendet werden, sind aufgrund ihrer Morphologie intensiver vaskulär versorgt als das ligamentäre Original. Ob die Revaskularisierung nach einer Kreuzbandplastik für den Sehnenabschnitt ausreichend ist, wird kontrovers diskutiert. Dies könnte bedeuten, dass Kreuzbandplastiken, entgegen den Erwartungen, mit Faktor Zeit zunehmend degenerieren.

Menisken

Die Krümmungsradien der Kondylen und der korrespondierenden Gelenkflächen sind nicht gleich, sondern inkongruent und werden erst durch die Menisken ausgeglichen. Weitere Funktionen der Menisken bestehen in der Steuerung der Bewegungen im Kniegelenk, der Absorption von Druckkräften (Stoßdämpferfunktion) und der Ernährung des Gelenkknorpels.

Ein Meniskus wird unterteilt in ein Vorderhorn, in ein Hinterhorn, einen gelenkflächennahen inneren Anteil und in die Meniskusbasis. Im frontalen Schnitt durch einen Meniskus (▶ Abb. 14.11a) erkennt man eine dreiseitige Form, die nach zentral spitz zuläuft. Die mit den Femurkondylen artikulierende Oberfläche ist konkav und die dem jeweiligen Tibiaplateau aufliegende Unterfläche ist fast plan. Von proximal sind die beiden Ringe im Bereich der Eminentia intercondylaris unterbrochen, wobei die Hörner des lateralen Meniskus näher aneinanderliegen als die des medialen Meniskus. Die Meniskusbasis ist vaskulär, nozizeptiv und propriozeptiv versorgt (▶ Abb. 14.11b), die zentralen Meniskusbereiche zeigen keinerlei Gefäß- und Nervenversorgung, was die Regenerationen nach Traumata erheblich erschwert.

▶ **Meniscus medialis.** Der Meniscus medialis ist c-förmig und mit seinem Vorderhorn über das Lig. meniscotibiale anterius mit der Area intercondylaris anterior sowie mit seinem Hinterhorn über das Lig. meniscofemorale posterius mit der Area intercondylaris posterior verbunden. Die mediale Meniskusbasis hat Verbindung zum Lig. collaterale mediale. Die Sehne des M. semimembranosus inseriert mit einer Abspaltung am Hinterhorn, weiterhin ziehen vom vorderen Kreuzband Fasern (Lig. meniscofemorale anterius) an das Vorderhorn.

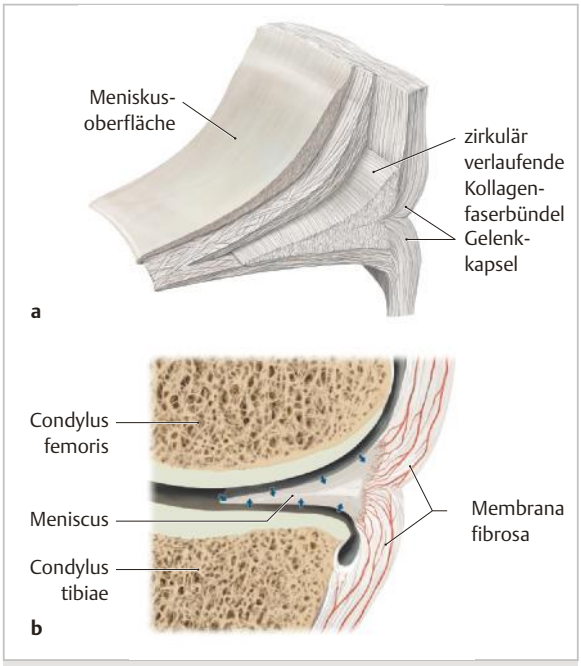


Abb. 14.11 Aufbau eines Meniskus.
a Aufbau eines Meniskus im frontalen Schnitt.
b Vaskuläre, nozizeptive und propriozeptive Versorgung.

▶ **Meniscus lateralis.** Der Meniscus lateralis ist o-förmig und mit seinem Vorderhorn über das Lig. meniscotibiale anterius sowie mit seinem Hinterhorn über das Lig. meniscofemorale posterius, nahe der Eminentia intercondylaris, annähernd mittig des Tibiaplateaus fixiert. Der M. popliteus inseriert mit einer Abspaltung am Hinterhorn und vom hinteren Kreuzband befestigen sich Fasern als Lig. meniscofemorale posterius am Hinterhorn.

Art. femoropatellaris

Eine Übersicht wichtiger Merkmale ist in ▶ Tab. 14.2 dargestellt.

Tab. 14.2 Checkliste Art. femoropatellaris.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade/Behandlungsebene				
Femur: Facies patellaris femoris (konvex/konkav) Patella: Facies articularis patellae (konkav/konvex)	Sattelgelenk	Sagittale Ebene Extension/Flexion (= Translationen)		Frontale Ebene Abduktion/Adduktion (= Shift)		Behandlungsebene
		Extension – Gleiten nach proximal (ca. 1 cm)	Flexion – Gleiten nach distal (ca. 2–3 cm)	Abduktion – Gleiten nach lateral (ca. 2 cm)	Adduktion – Gleiten nach medial (ca. 1 cm)	orientiert sich an der Kurvatur der Femurkondylen

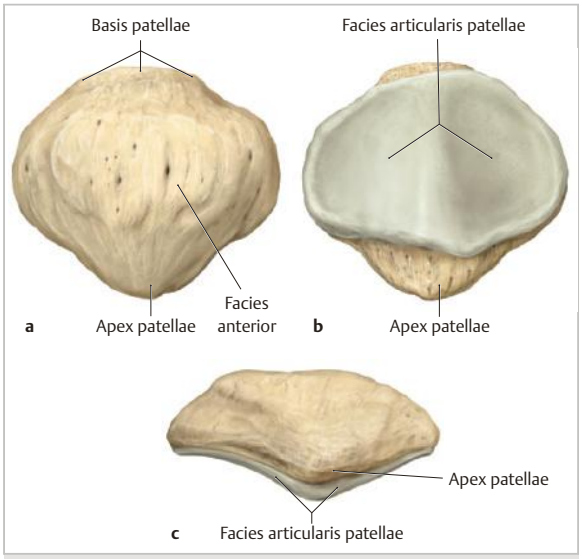


Abb. 14.12 Anatomie der Patella.
a Anterior.
b Posterior.
c Distal.

Femur

Beide Kondylen des Femurs laufen anterior in die Facies patellae aus. Die seitlichen Begrenzungen werden als mediale und laterale Kondylenwangen bezeichnet, wobei die laterale prominenter ist als die mediale. Daraus ergibt sich ein Kondylenwangenwinkel von ca. 140°.

Patella

Die Patella (▶ Abb. 14.12) ist als Sesambein in die Quadrizepssehne eingelagert und wird durch zahlreiche Verspannungssysteme fixiert, welche auch ihre Position bestimmen. Sie hat meist eine herzförmige Gestalt, die proximal (Basis patellae) breiter ist als distal (Apex patellae).

Die Patella besitzt eine Facies articularis patellae mit einer medialen und lateralen Facette, welche durch einen First getrennt sind. Die laterale Facette ist leicht konkav und die mediale Facette leicht konvex geformt. Weiterhin ist die laterale Facette flächenmäßig etwas größer als die mediale Facette, wodurch sich wiederum ein sog. Facettenöffnungswinkel ergibt. Dieser beträgt ca. 130°±10°.

14.2 Anatomie und Biomechanik des Kniegelenks

Die funktionellen Kniebewegungen lassen sich nicht nur über die reinen arthro- und osteokinematischen Bewegungen zwischen Femur und Tibia erklären. Vielmehr zeigt sich, dass diese kinematischen Bewegungen durch die meniskalen Bewegungen und die unterschiedlichen Spannungszustände der Kreuz- und Seitenbänder in den einzelnen Bewegungsgraden des Kniegelenks begleitet bzw. gesteuert werden.

Nur dieses Zusammenspiel erlaubt ein freies und endgradiges Bewegen im Kniegelenk und sollte deshalb bei einer funktionellen Analyse nur in dem gemeinsamen Kontext betrachtet werden.

Für ein leichteres Verständnis der Biomechanik des Kniegelenks und aus didaktischen Gründen werden in diesem Kapitel jedoch zunächst die Bewegungen der einzelnen Teilstrukturen isoliert betrachtet.

14.2.1 Die Bewegungsachse des Kniegelenks

Das Kniegelenk ist vom Gelenktyp ein Drehscharniergelenk mit 2 Freiheitsgraden. Die Hauptbewegungen sind Extension und Flexion in der sagittalen Ebene sowie Außen- und Innenrotation in der transversalen Ebene. Die Bewegungsachse der Hauptbewegungen Extension und Flexion läge demnach im 90°-Winkel zur Sagittalebene im Mittelpunkt durch beide Kondylen des Femurs. Betrachtet man jedoch, wie in ▶ Abb. 14.5 dargestellt, die anatomisch unterschiedlichen Krümmungsradien bzw. Evoluten des medialen und lateralen Kondylus, so kann daraus abgeleitet werden, dass diese Achse dreidimensional schräg im Raum liegt.

Experimentell wurde das von De Lange et al. (1982), Blankevoort et al. (1990), Klein et al. (1993) und Mannel et al. (2004) bestätigt und zudem herausgefunden, dass es während der Gesamtbewegung im Knie zusätzlich zu einer Verlagerung dieser Achse im Raum kommt. In endgradiger Extension verläuft diese Achse von medial-proximal-anterior nach lateral-distal-posterior. Mit zunehmender Flexion verlagert sich die Achse nach posterior und distal (▶ Abb. 14.13). Daraus lassen sich nun die Bewegungskopplungen in allen 3 Raumebenen ableiten. Somit geschieht bei Extension eine Assoziation von Außenrotation und Abduktion und bei Flexion eine Kopplung mit Innenrotation und Adduktion.

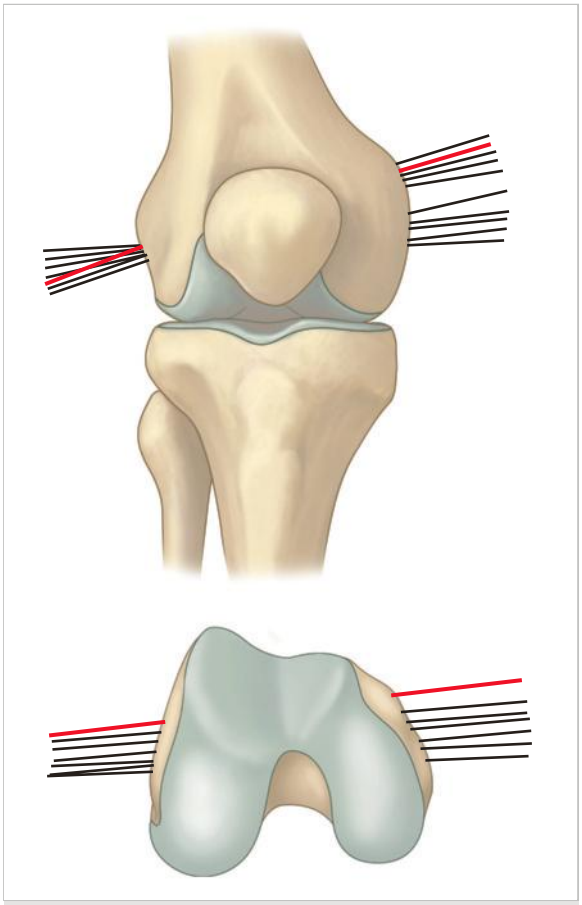


Abb. 14.13 Dreidimensionale Lage der Bewegungsachse bei maximaler Extension (rot), Verlagerung der Achse im Raum mit Zunahme der Flexionskomponente (schwarz).

14.2.2 Kinematik von Femur und Tibia bei Flexion und Extension

Ausgehend von der maximalen Extension, beginnen die Kondylen auf den tibialen Gelenkflächen zu rollen. Dann setzt ein anwachsendes Gleitmoment ein, welches dem Rollen zunehmend überwiegt. Gegen Ende der Flexion handelt es sich dann ausschließlich um ein reines Gleiten.

Durch die unterschiedlichen Evoluten und den daraus resultierenden Abstand der Bewegungsachse zur Tibiagelenkfläche ist das Ausmaß des reinen Rollens bei Beginn der Flexion an beiden Kondylen unterschiedlich (▶ Abb. 14.14).

Der mediale Kondylus führt ein reines Rollen nur in den ersten 10° bis 15° der Flexion aus, wogegen der laterale Kondylus ein reines Rollen bis ca. 20° Flexion durchführt.

Somit rollt der laterale Kondylus ca. 5° bis 10° mehr als der mediale. Die Begründung dafür ist, dass der Weg, den er auf der lateralen Tibiafläche zurücklegt, länger ist als der des medialen. Dieses initiale 15° bis 20° reine Rollen ist mit der gewöhnlichen Flexions- und Extensionsamplitude während des normalen Gehens identisch.

Betrachtet man nun den Ablauf der Bewegung von der Flexion zur Extension, so endet nach ca. 10° bis 15° Rollen die Bewegung des medialen Kondylus zeitiger als die des lateralen Kondylus, welcher um 5° bis 10° weiter in Extension rollen würde. Da der mediale Kondylus keine weitere Extension mehr ausführt, verlagert sich nun der laterale Kondylus weiter nach anterior gegenüber dem feststehenden medialen Kondylus. Daraus resultiert nun eine Rotationsbewegung des Femurs gegenüber der Tibia in Innenrotation bzw. eine Außenrotation der Tibia gegenüber dem Femur. Diese Rotation wird als „Schlussrotation“ bezeichnet (▶ Abb. 14.15).

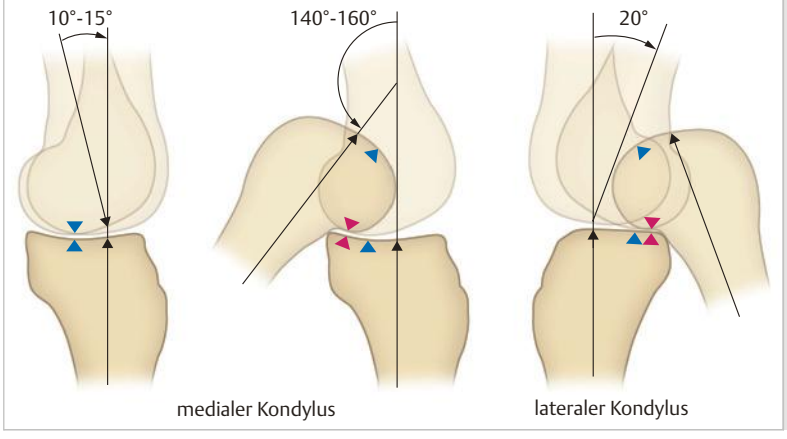


Abb. 14.14 Rollbewegungen des lateralen und medialen Femurkondylus.

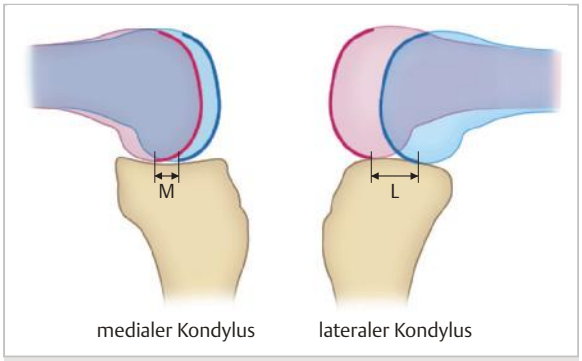


Abb. 14.15 Verhalten der medialen und lateralen Femurkondylen bei axialer Rotation (Außenrotation rot, Innenrotation blau).

Zusätzlich wird diese Schlussrotation durch die Anspannung des vorderen Kreuzbands am Ende der Extension gesteuert. Dabei wird die Tibia um eine medial zum vorderen Kreuzband liegende Achse in eine Außenrotation gezogen.

Zusammenfassung der arthrokinematischen Bewegungen Rollen und Gleiten bei Extension und Flexion

Eine Zusammenfassung der arthrokinematischen Bewegungen Rollen und Gleiten bei Extension und Flexion ist in ▶ Tab. 14.3 dargestellt.

14.2.3 Kinematik von Femur und Tibia bei axialer Rotation

Die tatsächliche Achse für die Rotation liegt nicht mittig auf der Tibiagelenkfläche, sondern nach medial versetzt und verläuft durch das mediale Tuberculum intercondylare der Eminentia intercondylaris.

Dadurch sind die Anterior-posterior-Bewegungen der Kondylen auf den tibialen Flächen ungleich. Der mediale Kondylus verlagert sich relativ wenig gegenüber der medialen Tibiafläche, wogegen der laterale Kondylus fast den doppelten Weg gegenüber der lateralen Tibiafläche zurücklegt (▶ Abb. 14.15).

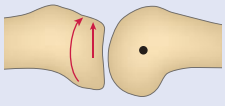
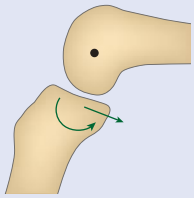
Bei einer **Außenrotation** im Kniegelenk gleitet der laterale Femurkondylus über die konvexe Tibiagelenkfläche nach anterior und bewegt das laterale Tibiaplateau nach posterior. Der mediale Femurkondylus verlagert sich nach posterior und somit bewegt sich das mediale Tibiaplateau, im Verhältnis dazu, nach anterior.

Bei der **Innenrotation** kehrt sich das Bewegungsverhalten dementsprechend um. Somit gleitet der laterale Femurkondylus über die konvexe Tibiagelenkfläche nach posterior und bewegt das laterale Tibiaplateau nach anterior. Der mediale Femurkondylus verlagert sich nach anterior und somit bewegt sich das mediale Tibiaplateau, im Verhältnis dazu, nach posterior.

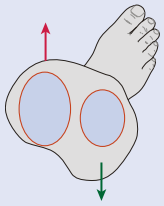
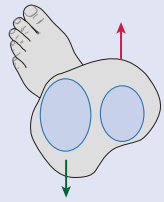
Zusammenfassung der arthrokinematischen Bewegungen des Gleitens bei Außen- und Innenrotation

In ▶ Tab. 14.4 sind die arthrokinematischen Bewegungen des Gleitens bei Außen- und Innenrotation zusammengefasst.

Tab. 14.3 Arthrokinematik Art. genus Extension/Flexion.

Extension	Flexion
Achse: frontotransversal	
Ebene: Sagittalebene	
Caput tibiae	
Rollen nach anterior	Rollen nach posterior
Gleiten nach anterior	Gleiten nach posterior
	
Die Behandlungsebene liegt auf der Tibia, die nach posterior leicht abfällt. Es gilt die Konkavregel, wenn die Tibia Punctum mobile ist.	

Tab. 14.4 Arthrokinemtatik Art. genus Außenrotation/Innenrotation.

Außenrotation			Innenrotation		
Achse: fronto-sagittal					
Ebene: Transversalebene					
Condylus tibiae	medial	lateral	Condylus tibiae	medial	lateral
Gleiten nach:	anterior	posterior	Gleiten nach:	posterior	anterior
					

Es gilt die Konkavregel, wenn die Tibia Punctum mobile ist. Die Abbildungen zeigen das Tibiaplateau mit den darauf projizierten Femurkondylen; die Pfeile die Drehrichtung des Tibiakopfs.

14.2.4 Kinematik der meniskalen Bewegungen

Durch die Menisken wird die Art. femorotibialis funktionell in 4 Teilgelenke geteilt.

Dabei bildet die Artikulation zwischen Femur, Meniscus medialis und lateralis ein mediales und ein laterales suprameniskales Gelenk (Artt. meniscofemorales).

Die Artikulation zwischen Meniscus medialis und lateralis sowie der Tibia werden als mediales und laterales inframeniskales Gelenk (Artt. meniscotibiales) bezeichnet.

Die Meniskusbewegungen werden bei Extension/Flexion und Außenrotation/Innenrotation des Kniegelenks in diesen Gelenken definiert. So geschieht die Extension/Flexion in den Artt. meniscofemorales und die Außenrotation/Innenrotation in den Artt. meniscotibiales.

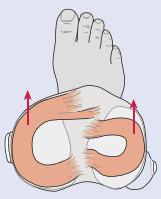
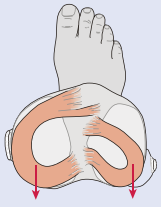
Zusammenfassung der meniskalen Bewegungen bei Extension und Flexion

Eine Zusammenfassung der meniskalen Bewegungen bei Extension und Flexion ist in ▶ Tab. 14.5 dargestellt.

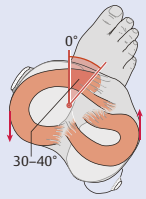
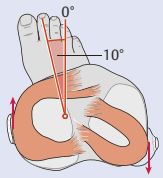
Klinischer Bezug

Als aktive Komponenten haben der M. semimembranosus, der M. popliteus und der M. quadriceps mit ihrem Spannungszustand Einfluss auf die Meniskusbewegungen. Muskuläre Dysfunktion und Gelenkdysfunktionen der Lenden-Becken-Hüft-Region können auch kausal für Meniskusläsionen verantwortlich sein.

Tab. 14.5 Meniskale Bewegungen bei Extension/Flexion.

	Meniscus medialis	Meniscus lateralis	Bewegung suprameniskal
Extension	Bewegung nach anterior	Bewegung nach anterior	
passiver Transport	Rollen der Femurkondylen nach anterior	Rollen der Femurkondylen nach anterior Lig. meniscofemorale post. zieht HH nach anterior	
aktiver Transport	Anspannung des M. quadriceps – Zug an den Ligg. patellomeniscalia	Anspannung des M. quadriceps – Zug an den Ligg. patellomeniscalia	
Flexion	Bewegung nach posterior	Bewegung nach posterior	
passiver Transport	Rollen der Femurkondylen nach posterior Lig. meniscofemorale anterior zieht VH nach posterior	Rollen der Femurkondylen nach posterior	
aktiver Transport	Anspannung des M. semimembranosus bei Flexion	Anspannung des M. popliteus bei Flexion	

Tab. 14.6 Meniskale Bewegungen bei Außenrotation/Innenrotation.

	Meniscus medialis	Meniscus lateralis	Bewegung inframeniskal
Außenrotation	Bewegung nach posterior	Bewegung nach anterior	
passiver Transport	med. Tibiaplateau dreht sich unter dem vom med. Femurkondylus fixierten Meniskus nach anterior	lat. Tibiaplateau dreht sich unter dem vom lat. Femurkondylus fixierten Meniskus nach posterior	
Innenrotation	Bewegung nach anterior	Bewegung nach posterior	
passiver Transport	med. Tibiaplateau dreht sich unter dem vom med. Femurkondylus fixierten Meniskus nach posterior	lat. Tibiaplateau dreht sich unter dem vom lat. Femurkondylus fixierten Meniskus nach anterior	

Tab. 14.7 Gekoppelte Bewegungen der Art. genus und meniskale Bewegungen.

Kopplung	Meniscus medialis	Meniscus lateralis
Extension +	anterior	anterior
Außenrotation	posterior	anterior
Flexion +	posterior	posterior
Innenrotation	anterior	posterior

Zusammenfassung der meniskalen Bewegungen bei Außen- und Innenrotation

Eine Zusammenfassung der meniskalen Bewegungen bei Außen- und Innenrotation ist in ▶ Tab. 14.6 dargestellt.

Betrachtet man nun die gekoppelten Bewegungen der Art. genus ▶ Tab. 14.7 in Verbindung mit dem Bewegungsverhalten der Menisken, so kommt es zu einer höheren Stressbelastung des medialen Meniskus bei Extension und Flexion gegenüber dem lateralen Meniskus, was als mögliches Erklärungsmodell für häufiger auftretende mediale Meniskusläsionen dienen kann.

14.2.5 Kinematik der Kreuz- und Seitenbänder

Wie in Kap. 14.1.1 (S. 230) beschrieben, zeigen die anatomischen Insertionen der 4 Hauptligamente des Kniegelenks eine dreidimensionale Ausrichtung. Zudem sieht man einen parallelen Verlauf des vorderen Kreuzbandes mit dem medialen Seitenband bzw. des hinteren Kreuzbands mit dem lateralen Seitenband, was als eine Art Synergismus abgeleitet werden kann.

Klinischer Bezug

Klinisch lässt sich daraus auch der Zusammenhang einer vermehrten vorderen Schublade bei gleichzeitiger Ruptur des vorderen Kreuzbands und medialen Kollateralbands erklären. Die zusätzliche Schädigung des medialen Meniskus kann sich durch die Anheftung des medialen Kollateralbands mit dem medialen Meniskus ergeben. Diese sehr häufige Verletzungskombination des Kniegelenks wird auch als „unhappy Triad“ bezeichnet. Im selben Hinblick kann eine Häufung einer kombinierten Ruptur des hinteren Kreuzbands mit dem lateralen Seitenband erklärt werden.

Zusätzlich ergeben sich muskuläre Synergien aller Bänder mit der knieumgebenden Muskulatur. Eine synergistisch-muskuläre Wirkung auf die Kreuzbänder wird in der Literatur dem M. quadriceps femoris, der ischiokruralen Muskulatur und dem M. gastrocnemius zugesprochen (Hirokawa et al. 1991, O'Connor 1993, Dürselen et al. 1995).

Ein Synergismus liegt vor, wenn die Zugrichtung des Muskels der des Bandes in etwa entspricht und bei Kontraktion das Band entspannt wird. Dürselen et al. (1995) konnten aufzeigen, dass der Einfluss des M. quadriceps femoris auf beide Kreuzbänder am intensivsten ist. Er bringt das vordere Kreuzband auf Spannung, während er

das hintere entspannt. Das zeigt sich vorrangig im Bewegungsausmaß zwischen 20° und 60° Flexion. Die ischiokrurale Muskulatur wurde erst ab 70° aktiv und unterstützt bis zum Ende der Flexion das vordere Kreuzband und spannt das hintere an. Der M. gastrocnemius übt seinen Einfluss überwiegend auf das hintere Kreuzband aus und spannt es im Bereich von 40° bis 110° Flexion an.

Für die Klinik lässt sich daraus ableiten, dass in allen Winkelgraden der Kniebewegung die Kreuzbänder muskulär unterstützt bzw. angespannt werden. Somit sollte bei Verletzungen oder Rupturen dieser Ligamente der funktionellen Muskelaktivierung der genannten Muskeln eine große Beachtung beigemessen werden. Dies spiegeln auch zahlreiche Studien wider, bei denen z. B. ohne Ersatz des vorderen Kreuzbands nach Ruptur, nur durch verstärktes Muskeltraining, die völlige Belastung und Funktion im Kniegelenk sowie die Lebensqualität erreicht werden kann.

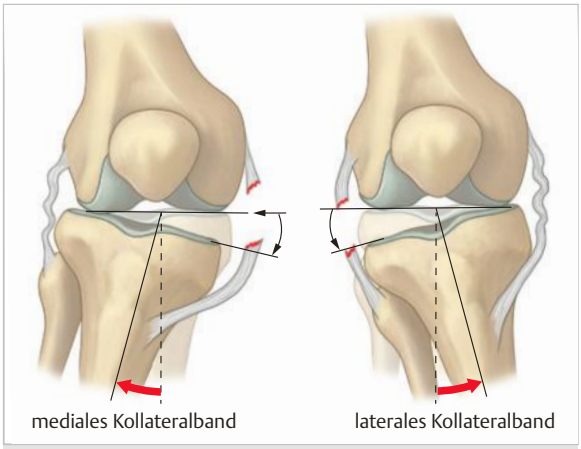


Abb. 14.16 Gaping bei Ruptur des Lig. collaterale.
a Mediales Gaping bei Ruptur des Lig. collaterale mediale.
b Laterales Gaping bei Ruptur des Lig. collaterale laterale.

Funktionen des Lig. collaterale mediale und laterale

Das Lig. collaterale mediale verhindert die mediale Aufklappbarkeit (▶ Abb. 14.16a, mediales Gaping) und das Lig. collaterale laterale verhindert die laterale Aufklappbarkeit (▶ Abb. 14.16b, laterales Gaping). Beide Ligamente zusammen spannen sich an bei Extension und Außenrotation des Kniegelenks. Bei Innenrotation und bei einer Flexion ab ca. 30° sind sie relativ entspannt.

Funktionen des Lig. cruciatum anterius und posterius

Beide Ligamente zusammen sind, aufgrund der unterschiedlichen Länge ihrer Faserbündel, in jeder Position partiell angespannt und koordinieren somit die Roll-Gleitbewegungen der Art. genus. Des Weiteren hemmen sie, durch Verdrillung, gemeinsam die Innenrotationsbewegung.

Das Lig. cruciatum anterius limitiert die Extension endgradig und löst die Schlussrotation aus. Weiterhin verhindert es die Subluxation der Tibia nach anterior („vordere Schublade"). Das Band ist relativ entspannt bei der Außenrotation des Kniegelenks.

Der größte Faseranteil des Lig. cruciatum posterius ist fast über die gesamte Flexionsbewegung hinweg gespannt und verhindert die Subluxation der Tibia nach posterior („hintere Schublade"). Gleichfalls ist es entspannt bei Außenrotation (mehr als das vordere Kreuzband).

Das Verhalten der beiden Kreuzbänder ist bei Flexion und Extension in ▶ Abb. 14.17 und bei Rotation in ▶ Abb. 14.18 dargestellt.

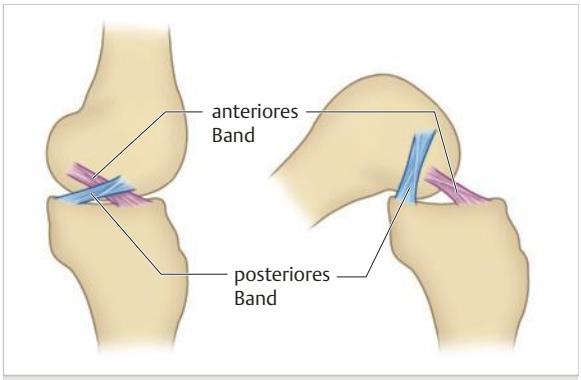


Abb. 14.17 Verhalten des Lig. cruciatum anterius und posterius bei Extension und Flexion.

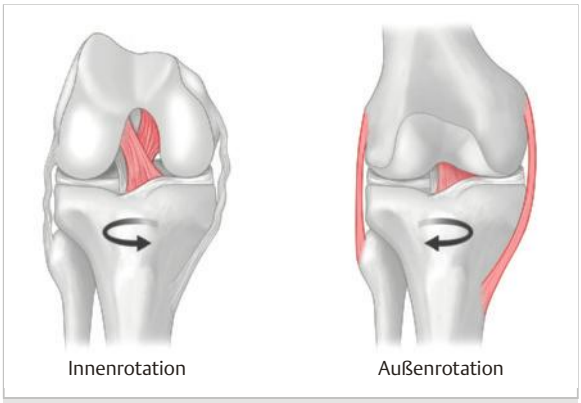


Abb. 14.18 Verhalten der Kreuz- und Seitenbänder bei Außen- und Innenrotation.

14.2.6 Kinematik der Articulatio femoropatellaris

Die Funktion der Patella besteht zum einen in der Verhinderung eines zu starken Kondylenvorschubs bei Flexion und der daraus resultierenden Entlastung des hinteren Kreuzbands. Weiterhin vergrößert sie durch ihre Position der Hebelarm bzw. das Drehmoment für den M. quadriceps femoris. Die Facies articularis besitzt mit ca. 4–5 mm die dickste Knorpelschicht am menschlichen Körper, nimmt damit große Druckkräfte (bis zu 300 kp) auf und reduziert die Reibungskräfte im femoropatellaren Gelenk.

Die Bewegungen der Patella verlaufen in allen 3 Raumebenen. Man beobachtet eine Extensions-Flexionsbewegung, eine mediale-laterale Neigung (engl. Tilt-Bewegung) und eine geringfügige Rotation (Van Kampken u. Huiskes 1990).

Klinischer Bezug

Die Facies articularis patellae weicht nach Patellafrakturen mit Fissuren und Kantenbildungen sehr häufig von ihrer Originalform ab, was zu frühzeitiger Degeneration des femoropatellaren Gelenks führt.

Bewegungen der Patella bei Flexion und Extension

Bei der Flexion des Kniegelenks bewegt sich die Patella von proximal-lateral nach distal-medial um ca. 8 cm in der Rinne der Facies patellaris femoris bis hinein in die Fossa intercondylaris. Der Bewegungsweg entspricht fast dem zwei- bis dreifachen ihrer Gesamtlänge. Dabei entfaltet sich ab ca. 80° Knieflexion der Recessus suprapatellaris. Über das Lig. patellae und das seitlich angelagerte Retinaculum patellae werden die Bewegungskomponenten der Patella gesteuert.

In der Extension bewegt sich die Patella wieder zurück von distal-medial nach proximal-lateral. Durch Anspannung des M. quadriceps femoris wird auch der M. articularis genus aktiviert, welcher den Recessus suprapatellaris zurückzieht und somit ein Einklemmen dieses Recessus verhindert.

Bei Hyperextension droht die Patella nach lateral zu luxieren, denn die Quadrizepssehne und das Lig. patellae bilden einen nach lateral offenen stumpfen Winkel. Die prominentere laterale Wange des Patellagleitlagers verhindert diese Luxation nach lateral.

Flächenkontakt der Patella im femoropatellaren Gleitlager

Während beiden Bewegungen kommt es zu unterschiedlichen Flächenkontakten der Facies articularis patellae, diese sind in ▶ Abb. 14.19 dargestellt.

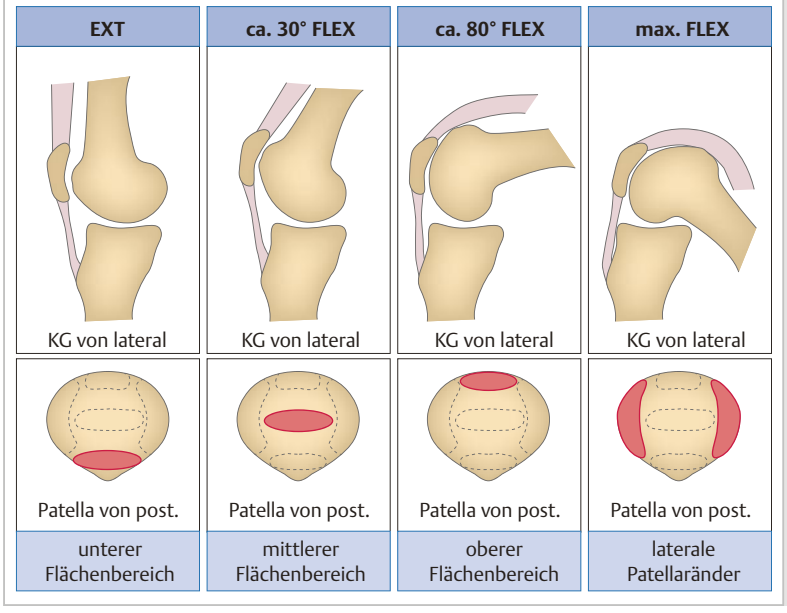


Abb. 14.19 Flächenkontakt der Patella.

14.3 Praxis

Tab. 14.8 Stellungen der Gelenke des Kniekomplexes.

	Ruhestellung	Verriegelung	Kapselmuster
Art. genus	ca. 25° Flexion	max. Extension (+ Außenrotation)	Flexion > Extension
Art. femoropatellaris	max. Extension	nicht beschrieben	nicht beschrieben

14.3.1 Befund Kniegelenk (KG)

Anamnese

Der Therapeut verfolgt mit der Anamnese das Ziel, den Zeitraum, den Ort und die Art der Beschwerden zu erfahren. Dazu können folgende Grundfragen formuliert werden:

- Seit wann hat der Patient Beschwerden?
- Wo sind die Beschwerden?
- Wie zeigen sich die Beschwerden (in Ruhe, bei Belastung, in einzelnen Phasen des Ganges)?
- Welche Therapie/Medikamenteneinnahme erfolgte bisher?
- Gibt es Röntgenbilder?
- Sind die Probleme in der Vergangenheit schon aufgetreten?
- Wurde in der letzten Zeit eine außergewöhnliche Belastung ausgeübt?

Tab. 14.9 Folgende Angaben des Patienten erlauben eine gewisse Vororientierung.

Anamnese	Interpretation
Sensibilitätsstörungen (im Dermatom L3, L4, L5, S1, S2 oder Area nervina)	V. a. radikuläre Problematik oder peripheres Engpasssyndrom
medialer Knie- und Adduktorenschmerz	V. a. Irritation des Ramus cutaneus n. obturatorius im Beckenbereich (Instabilität der Symphyse)
Parästhesien im Bereich der Fußsohle, die sich nachts verstärken (durch Plantarflexion)	V. a. Tarsaltunnelsyndrom mit Einengung des N. tibialis/A. tibialis post.
Schmerzen beim Laufen auf Bodenunebenheiten	V. a. Meniskusläsion
lateraler Kniegelenkschmerz, der sich durch Medialisieren der Patella verstärkt	V. a. Friktionssyndrom des Tractus iliotibialis
lateraler Kniegelenkschmerz, der sich durch Varisierung verstärkt	V. a. Läsion des Lig. collaterale laterale
Blockierungsphänomene bei best. Kniegelenkstellungen	V. a. Meniskusläsion
antero-laterale Schmerzen	V. a. Läsion des VKB, des Lig. collaterale laterale, des ML-Vorderhorns
antero-mediale Schmerzen	V. a. Läsion des VKB, des Lig. collaterale med., des MM-Vorderhorns

Inspektion

Während der Inspektion gleicht der Therapeut seine Ergebnisse aus der Anamnese ab, woraus sich schon erste Interpretationen ergeben können.

Die Beurteilung des Patienten erfolgt im Stand, im Gang und in einer unbelasteten Ausgangsstellung. Dabei achtet der Therapeut auf folgende Veränderungen:

Stand

- **Patellastand**
  - Hochstand durch Verkürzung des M. rectus femoris
  - Lateralabweichung bei Kondylendysplasie und Genu valgum
- **Patellakontur**
  - Ödeme (suprapatellar, präpatellar, infrapatellar)
  - Morbus Osgood-Schlatter (Tuberositas tibiae)
  - Delle über Patella, als Hinweis auf eine Ruptur des M. rectus femoris
- **Muskelrelief**
  - Atrophie des M. vastus medialis
- **Beinachsen**
  - Genu valgum
  - Genu varum
  - Genu recurvatum
  - Genu flexum
- **Kniekehle**
  - Baker-Zyste
  - Lipome
  - Entzündungen

Gang

- Schrittlänge, Schrittbreite
- Verhältnis von Spiel- zur Standbeinphase (vorzeitiges Abbrechen kann auf Bewegungseinschränkungen oder Schmerz hinweisen)
- Knieextension in der Standbeinphase bzw. Knieflexion in der Spielbeinphase

Palpation

▶ Abb. 14.20 zeigt die Palpationspunkte am Knie von anterior, medial und lateral und beschreibt die möglichen pathologischen Veränderungen.

Tests

Safety-Tests

Traktion und Kompression werden als Sicherheitstests herangezogen. Eine Traktion ist positiv, wenn nach mehreren Sekunden ein nicht adäquater Schmerz auftritt. Ein Kompressionstest ist positiv, wenn nach einer progressiven Kompressionssteigerung ein nicht adäquater Schmerz auftritt. Des Weiteren verbieten positive Bandstabilitätstests am Kniegelenk eine mobilisierende Behandlung.

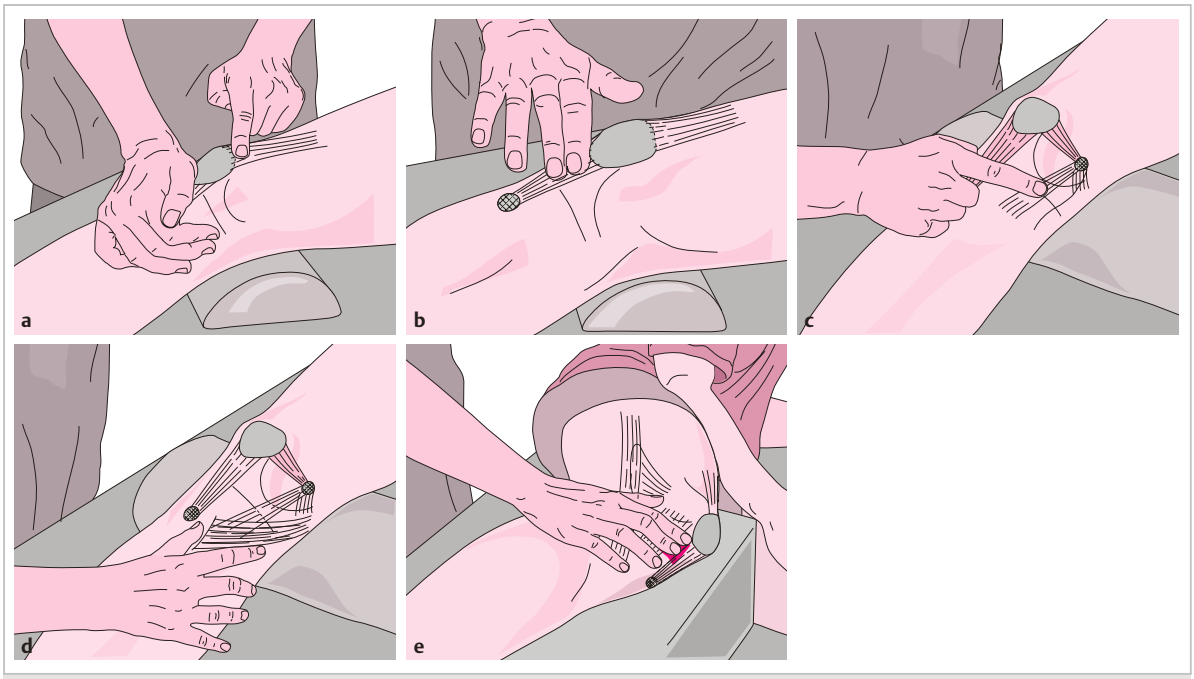


Abb. 14.20 Palpationspunkte und mögliche pathologische Veränderungen.

a Knie von anterior. „Tanzende" Patella kann ein Hinweis auf einen intraartikulären Erguss sein, welcher ohne ein Trauma in der Anamnese auf eine Degeneration oder eine Erkrankung des rheumatischen Formenkreises schließen lässt; Palpationsschmerz im lateralen oder medialen Kniegelenkspalt kann ein Hinweis auf eine Meniskusläsion sein; lateraler Kniegelenksschmerz kann bei zusätzlicher Varusstellung des Kniegelenks auf ein Friktionssyndrom des Tractus iliotibialis hindeuten; hyperplastische Tuberositas tibiae kann die Folge einer Osgood-Schlatter-Erkrankung sein.

b Knie von medial. Eine Baker-Zyste in der Kniekehle entsteht bei einer beginnenden Gelenkinnenhautentzündung, wobei die überschüssig gebildete Synovia von den Menisken in den Recessus popliteus gedrängt wird; medio-laterale Kniegelenksschmerzen können auf eine Affektion des Lig. collaterale laterale schließen lassen; Schmerz im proximo-medialen Bereich der Tibia kann für eine Insertionstendopathie der Pes anserinus Mm. sprechen (Shin-splint-pain = Schienbeinkantensyndrom).

c Knie von lateral. Schmerz an der Patellaspitze kann auf ein Patellaspitzensyndrom oder auf eine Reizung der Bursa infrapatellaris hindeuten; laterale Kniegelenkbeschwerden, die sich bei Varisierung verstärken, können auf eine Läsion des Lig. collaterale laterale hindeuten (Testung „Viererzeichen"); Schmerzen im Bereich des Caput fibulae und der lateralen proximalen Tibia können auf eine Hypomobilität der Art. tibiofibularis hindeuten.

d Palpationshilfe für den Pes anserinus superficialis.

e Palpation des lateralen Gelenkspalts.

Traktion Art. genus



Abb. 14.21 Traktion Kniegelenk (KG).

Ausführung (▶ Abb. 14.21):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Knie- und das Hüftgelenk sind flektiert.
- Der Therapeut stemmt sich mit seinem patientennahen Arm parallel zum Unterschenkel des Patienten gegen dessen Oberschenkel.
- Beide Hände fixieren die Malleolengabel von proximal.
- Die Traktion erfolgt durch eine weitere Flexion des Therapeuten im Hüft- und Kniegelenk des Patienten, wodurch ein Schub nach distal entsteht.

Interpretation:
- Schmerz oder zu große Beweglichkeit könnten auf eine Kapsel-Band-Läsion hindeuten.

Kompression Art. genus



Abb. 14.22 Kompression Kniegelenk.

Ausführung (▶ Abb. 14.22):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Kniegelenk ist gestreckt.
- Der Fuß liegt am Bankende im Überhang.
- Der Therapeut dorsalextendiert mit seiner proximalen Hand den Fuß des Patienten und schlägt mit seiner distalen Hand progressiv steigernd gegen den Calcaneus.

Interpretation:
- Schmerz kann auf eine Fraktur oder eine Binnenverletzung im Kniegelenk hindeuten.

Kompression Art. femoropatellaris

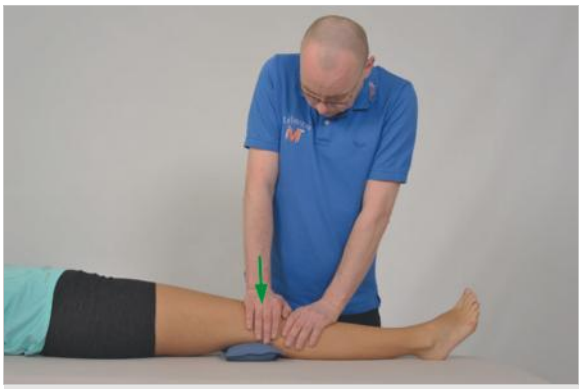


Abb. 14.23 Kompression Art. femoropatellaris.

Ausführung (▶ Abb. 14.23):
- Der Therapeut steht seitlich zum in Rückenlage befindlichen Patienten und komprimiert die Patella am extendierten Bein des Patienten nach posterior.
- Das Kniegelenk ist mit einem Sandsack oder Handtuch unterlagert, um eine Hyperextension zu verhindern.

Interpretation:
- Inadäquater Schmerz deutet auf eine Fraktur oder Entzündung hin.

Aktive und passive Bewegungsprüfung/ Endgefühl

Nach der aktiven Bewegungsausführung durch den Patienten übernimmt der Therapeut und testet, ob die Bewegung passiv weiter geht, was eine Aussage über die limitierende Struktur erlaubt. Die Testung des Endgefühls erfolgt durch die passive Bewegung des Knies aus der NNS durch die ganze Bewegungsbahn.

Die Testung erfolgt im Seitenvergleich, folgende Werte gelten als Richtgrößen.

Tab. 14.10 Bewegungsausschläge Kniegelenk.

Übersicht	Merkmale
Flexion	160° bei flektierter Hüfte/130° bei extendierter Hüfte
Extension	5°–10°
Außenrotation bei 90° Flexion	45°
Innenrotation bei 90° Flexion	15°

Widerstandstests

Tab. 14.11 Bewegung und zugehörige Muskeln für den Widerstandstest im Kniegelenk.

Bewegung	Zugehörige Muskeln
Flexion	M. biceps femoris M. semitendineus M. semimembranosus M. gastrocnemius M. popliteus M. gracilis M. sartorius
Extension	M. quadriceps M. tensor fasciae latae
Außenrotation	M. tensor fasciae latae M. biceps femoris
Innenrotation	M. sartorius M. gracilis M. semitendineus M. semimembranosus M. popliteus

Zusatztests

Stabilitätstest

▶ Abb. 14.24

- postero-laterale Kapsel – aus Extension des Kniegelenks
- Lig. collaterale laterale – aus ca. 20° Flexion

Ausführung:

- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- Der Therapeut steht medial des zu testenden Beins.
- Er umfasst mit seiner distalen Hand den Unterschenkel auf Höhe des Malleolus lateralis des Patienten, hebt das extendierte Bein leicht an und presst es gegen seinen Körper.
- Mit der proximalen Hand, die er von medial gegen den Kniegelenkspalt legt, führt er einen horizontalen Schub nach lateral aus, was eine Varusbewegung im Kniegelenk zur Folge hat.
- Im Anschluss folgt das gleiche Vorgehen unter 20° Kniegelenksflexion.
- Die Testung wird immer im Seitenvergleich durchgeführt!

Interpretation:

- vermehrte Aufklappbarkeit bei Extension im Kniegelenk = Verdacht auf postero-laterale Kapselläsion
- vermehrte Aufklappbarkeit bei 20° Flexion im Kniegelenk = Verdacht auf Läsion des Lig. collaterale laterale

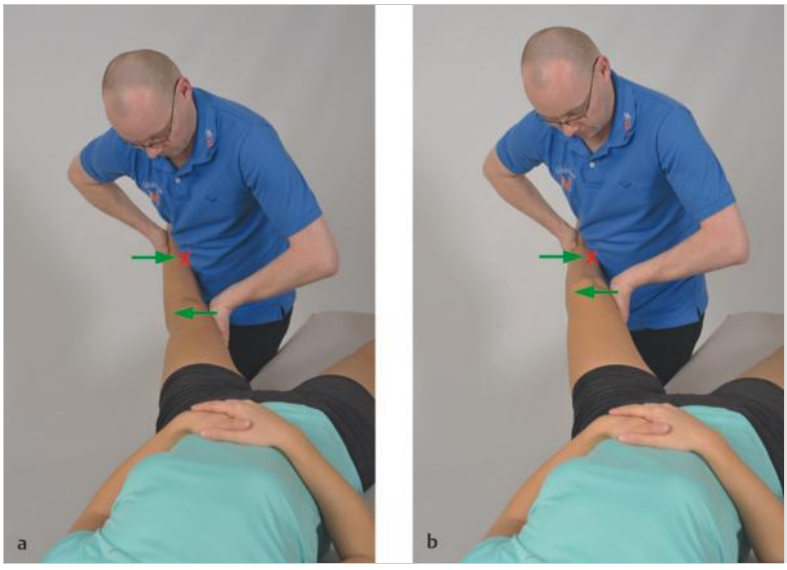


Abb. 14.24 Stabilitätstests.
a Stabilitätstest – postero-laterale Kapsel.
b Stabilitätstest – Lig. collaterale laterale.

Stabilitätstest

▶ Abb. 14.25

- postero-mediale Kapsel – aus Extension des Kniegelenks
- Lig. collaterale mediale – aus ca. 20° Flexion

Ausführung:

- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- Der Therapeut steht lateral des zu testenden Beins.
- Er umfasst mit seiner distalen Hand den Unterschenkel auf Höhe des Malleolus medialis des Patienten, hebt das extendierte Bein leicht an und presst es gegen seinen Körper.
- Mit der proximalen Hand, die er von lateral gegen den Kniegelenkspalt legt, führt er einen horizontalen Schub nach medial aus, was eine Valgusbewegung im Kniegelenk zur Folge hat.
- Im Anschluss folgt das gleiche Vorgehen unter 20° Kniegelenksflexion.
- Die Testung wird immer im Seitenvergleich durchgeführt!

Interpretation:

- vermehrte Aufklappbarkeit bei Extension im Kniegelenk = Verdacht auf postero-mediale Kapselläsion
- vermehrte Aufklappbarkeit bei 20° Flexion im Kniegelenk = Verdacht auf Läsion des Lig. collaterale med.

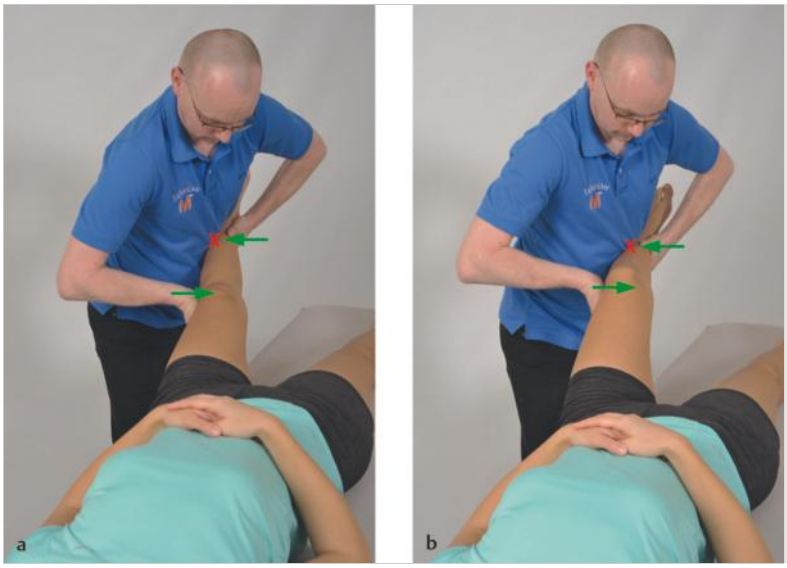


Abb. 14.25 Stabilitätstests.
a Stabilitätstest – postero-mediale Kapsel.
b Stabilitätstest – Lig. collaterale mediale.

Stabilitätstest – Gravity sign

Lig. cruciatum posterior (LCP)



Abb. 14.26 Stabilitätstest – LCP, Gravity-sign.

Ausführung ▶ Abb. 14.26:

- Der Patient befindet sich in Rückenlage und legt seine Füße in 90° Hüft- und Knieflexion auf einen Hocker ab.
- Über die Wirkung der Schwerkraft kommt es bei einer Ruptur des hinteren Kreuzbands zu einem Absinken der Tibia gegenüber dem Femur.
- Es ist möglich, die Translation nach posterior durch die Aktivierung der ischiokruralen Muskulatur zu verstärken.
- Dazu lässt man den Patienten mit beiden Unterschenkeln gegen den Hocker spannen.

Interpretation:

- Unterschiedliche Stufenbildung zwischen der Tuberositas tibiae und dem unteren Patellapol im Seitenvergleich spricht für einen positiven Befund.

Praxistipp

Das LCP kann ebenso über den Test der „hinteren Schublade“ getestet werden. Die Ausführung ist analog dem Test der „vorderen Schublade“ für das LCA (▶ Abb. 14.28), der Schub erfolgt hierbei nach posterior.

Klinischer Bezug

Wenn ein LCP rupturiert ist, kann der Unterschenkel bereits in einer hinteren Schublade stehen. Würde man aus dieser Position in eine vordere Schublade testen, könnte man ein falsch-positives Ergebnis bekommen, weil sich die Translation ggf. nur egalisiert. Deshalb sollte man zuerst die Integrität des LCP testen, bevor man das LCA testet.

Stabilitätstest – Lachmann-Test

Lig. cruciatum anterior (LCA)

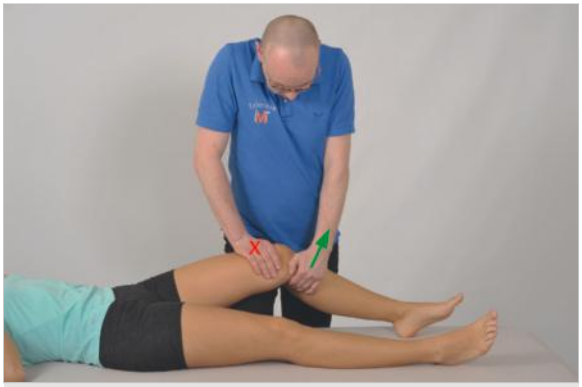


Abb. 14.27 Stabilitätstest – LCA, Lachmann-Test.

Ausführung (▶ Abb. 14.27):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, der Therapeut steht lateral des zu testenden Beins.
- Er legt seinen Unterschenkel auf die Therapiebank, so dass der distale Oberschenkel des Patienten auf dem Oberschenkel des Therapeuten aufliegt.
- Die proximale Hand fixiert den Oberschenkel des Patienten oberhalb des Kniegelenks.
- Mit seiner distalen Hand gibt er unter Berücksichtigung der 9°-Tibiaplateauneigung einen Zug nach ventral, wobei zuerst der Weg registriert wird und am Ende ein kurzer endgradiger Anschlag.

Interpretation:

- Endgefühl ist physiologisch fest-elastisch, fehlendes oder weich-elastisches EG sprechen für einen positiven Befund.

Stabilitätstest – vordere Schublade

Lig. cruciatum anterior (LCA)

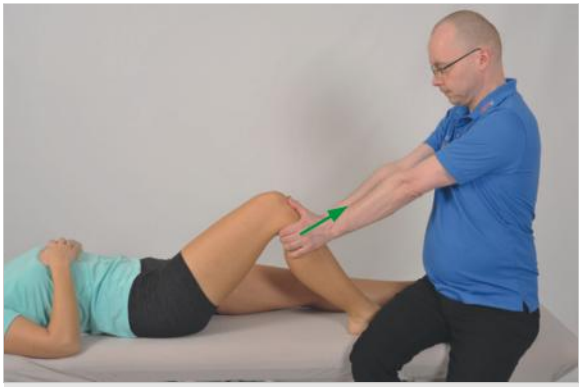


Abb. 14.28 Stabilitätstest – LCA, vordere Schublade.

Ausführung ▸ Abb. 14.28:

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Kniegelenk ist 90° flektiert.
- Zur Stabilisation des Fußes setzt sich der Therapeut fixierend auf die Bank.
- Er umfasst von medial und lateral den distalen Unterschenkel und prüft mit seinen Zeigefingern die Spannung der ischiokruralen Muskulatur, welche die Translation behindern könnte.
- Die Daumen legen sich von medial und lateral anterior in den Kniegelenkspalt und prüfen die Translation, während der Therapeut den Unterschenkel nach anterior zieht.
- Eine zusätzliche Innenrotation könnte bei intaktem LCA die Translation limitieren und hilfestellend eingestellt werden.
- Die Testung erfolgt im Seitenvergleich!

Interpretation:

- Ein fehlendes oder weich elastisches Endgefühl spricht, wie eine vergrößerte Translation, für eine Läsion.

Test Medialer Meniskus (MM) – Modifizierter McMurray-Test

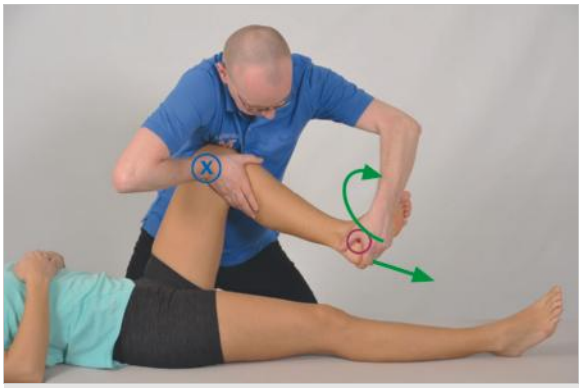


Abb. 14.29 Test Medialer Meniskus (MM) – Modifizierter McMurray-Test.

Ausführung (▸ Abb. 14.29):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, der Therapeut steht lateral des zu testenden Beins.
- Er legt seine proximale Hand von medial gegen den Kniegelenkspalt.
- Die distale Hand stellt im 90° flektierten Kniegelenk über den Calcaneus eine max. Außenrotation im Kniegelenk ein.
- Im Anschluss wird das Kniegelenk max. flektiert und unter dem Druck seiner proximalen Hand im Varus des Kniegelenks eine endgradige, geradlinige Extension im Kniegelenk ausgeführt.

Interpretation:

- Schmerz und/oder Bewegungseinschränkung sprechen für eine Läsion des MM

Test Meniscus lateralis (ML) – Modifizierter McMurray-Test

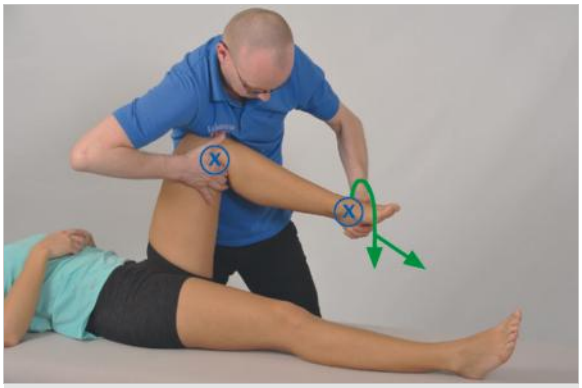


Abb. 14.30 Test Meniscus lateralis (ML) – Modifizierter McMurray-Test.

Ausführung (▶ Abb. 14.30):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, der Therapeut steht lateral des zu testenden Beins.
- Er legt seine proximale Hand von medial gegen den Kniegelenkspalt. Zusätzlich stabilisiert der Therapeut mit seinem Oberkörper, von lateral kommend, das Kniegelenk des Patienten.
- Die distale Hand stellt im 90° flektierten Kniegelenk über den Calcaneus eine max. Innenrotation im Kniegelenk ein.
- Im Anschluss wird das Kniegelenk max. flektiert und unter dem Druck seiner proximalen Hand im Valgus des Kniegelenks eine endgradige, geradlinige Extension im Kniegelenk ausgeführt.

Interpretation:

- Schmerz und/oder Bewegungseinschränkung sprechen für eine Läsion des ML.

Fazit

Für die sichere Diagnosestellung einer Meniskusläsion reicht ein isoliert ausgeführter McMurray-Test nicht aus. In einer Metaanalyse von Ockert et al. (2010) liegt die Aussagekraft des McMurray-Tests bezüglich der Sensitivität bei 51 % und der Spezifität bei 78 %. Andere Meniskustests (z. B. Apley-Grinding-, oder Ege-Test), die in dieser Studie untersucht wurden, zeigten ähnliche Werte. Die Autoren ziehen daher das Fazit, dass die klinische Untersuchung bei Meniskusläsion wichtige Hinweise liefert, aber nur, wenn mehrere Meniskustests miteinander kombiniert werden. Insbesondere die Kombination mit dem Thessaly-Test (Sensitivität 91 %, Spezifität 97 %) erhöht die Wahrscheinlichkeit der richtigen Diagnosestellung um ein Vielfaches.

Thessaly-Test

Ausführung:
- Der Patient steht auf dem zu testenden Bein und hält sich zur Sicherheit an einem Stuhl oder an der Therapieliege fest.
- Er flektiert das Kniegelenk ca. 5° und rotiert nun, einleitend vom Rumpf und Oberschenkel, über den feststehenden Unterschenkel 3-mal im Kniegelenk nach innen und 3-mal nach außen (▶ Abb. 14.31).
- In einer 2. Phase wird der Test in ca. 20° Knieflexion wiederholt.

Interpretation:
- Schmerz und/oder Bewegungseinschränkung bzw. ein „Schnappen" oder „Knacken" sprechen für eine Meniskusläsion.
- Durch Schmerzanzeige innen oder außen am Kniegelenkspalt erfolgt die Differenzierung für den Meniscus medialis bzw. lateralis.



Abb. 14.31 Thessaly-Test bei 5° Flexion.
a Innenrotation.
b Außenrotation.

Translatorische Gelenkspieltests

Art. femorotibialis

Traktion



Abb. 14.32 Traktion Art. femorotibialis.

Ausführung (▶ Abb. 14.32):
- Der Therapeut steht lateral zum zu testenden Bein.
- Die proximale Hand legt sich fixierend auf den Oberschenkel von posterior und mit dem Zeigefinger palpierend in den medialen Kniegelenkspalt.
- Die distale Hand umfasst die Malleolen und fixiert den Unterschenkel am Becken des Therapeuten.
- Die Traktion erfolgt durch eine seitliche Verlagerung des Therapeuten und den daraus resultierenden axialen Zug an der Tibia.

Interpretation:
- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität limitiert – Extension/Flexion – Außenrotation/Innenrotation

Gleiten der Tibia nach posterior – Test der Flexion

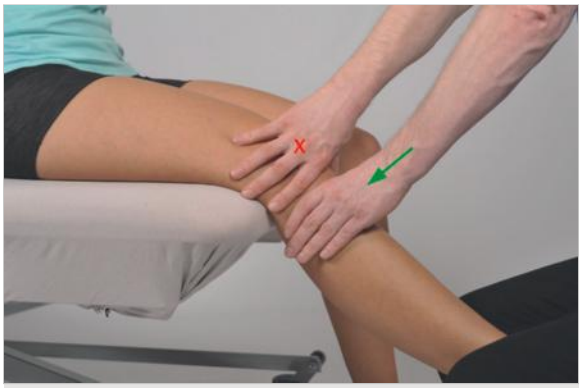


Abb. 14.33 Gleiten der Tibia nach posterior – Test der Flexion.

Ausführung (▶ Abb. 14.33):
- Patient und Therapeut sitzen sich gegenüber.
- Der Unterschenkel des Patienten wird zwischen den gekreuzten Unterschenkeln des Therapeuten abgelegt.
- Die proximale Hand des Therapeuten palpiert, von medial kommend, im Kniegelenkspalt, während die distale Hand von anterior kommend den Unterschenkel des Patienten geradlinig nach posterior transliert. Zu beachten ist das posteriore Abfallen des Tibiaplateaus um 9°.

Interpretation:
- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität limitiert – Flexion

Gleiten der Tibia nach anterior – Test der Extension



Abb. 14.34 Gleiten der Tibia nach anterior – Test der Extension.

Ausführung (▶ Abb. 14.34):
- Patient und Therapeut sitzen sich gegenüber.
- Der Unterschenkel des Patienten wird zwischen den gekreuzten Unterschenkeln des Therapeuten abgelegt.
- Die proximale Hand des Therapeuten palpiert, von medial kommend, im Kniegelenkspalt, während die distale Hand von posterior kommend den Unterschenkel des Patienten geradlinig nach anterior transliert. Zu beachten ist das posteriore Abfallen des Tibiaplateaus um 9°.

Interpretation:
- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität limitiert – Extension

Gleiten der Tibia nach medial – Test der Flexion/Extension



Abb. 14.35 Gleiten der Tibia nach medial – Test der Flexion/Extension.

Ausführung (▶ Abb. 14.35):
- ASTE wie Test – Gleiten nach anterior bzw. posterior (▶ Abb. 14.32 u. ▶ Abb. 14.33).
- Die Griffanlage erfolgt von lateral.

Interpretation:
- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität limitiert – Flexion/Extension

Gleiten der Tibia nach lateral – Test der Flexion/Extension



Abb. 14.36 Gleiten der Tibia nach lateral – Test Flexion/Extension.

Ausführung (▶ Abb. 14.36):
- ASTE wie Test – Gleiten nach anterior bzw. posterior (▶ Abb. 14.32 u. ▶ Abb. 14.33).
- Griffanlage erfolgt von medial.

Interpretation:
- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität limitiert – Flexion/Extension

Art. femoropatellaris

Ergusstestung



Abb. 14.37 Ergusstestung – „Tanzende Patella".

Ausführung (▶ Abb. 14.37):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, sein Bein ist extendiert.
- Der Therapeut umfasst im Gabelgriff, eine Hand breit proximal des Kniegelenks, den Oberschenkel des Patienten von anterior.
- Die distale Hand umfasst im Gabelgriff, in Höhe der Tuberositas tibiae, den Unterschenkel von anterior.
- Beide Hände führen mehrere zum Knie gerichtete Schübe aus.
- Anschließend wird der Zeigefinger der unteren oder oberen Hand mittig auf die Patella gelegt und gegen die Patella gedrückt.

Interpretation:
- Ein palpierbares „Tanzen" der Patella spricht für einen Kniegelenkserguss (ab ca. 10 ml Flüssigkeit).

Gleiten der Patella nach distal – Test der Flexion (Recessus suprapatellaris)

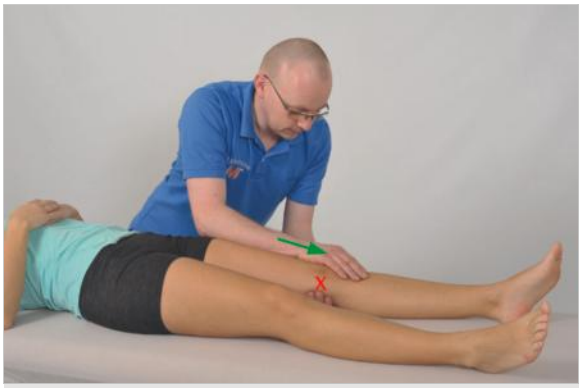


Abb. 14.38 Gleiten der Patella nach distal –Test Flexion (Recessus suprapatellaris).

Ausführung (▶ Abb. 14.38):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das zu testende Bein ist gestreckt und wird in der Kniekehle von der distalen Hand des Therapeuten unterlagert.
- Die von proximal kommende Hand des Therapeuten hakt sich mit Thenar und Hypothenar an der Basis patellae ein und schiebt die Patella parallel zum Oberschenkel nach distal in Richtung Malleolus medialis.

Interpretation:
- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität limitiert – Flexion

Gleiten der Patella nach lateral/medial – Test der Flexion/Extension (Recessi parapatellares)

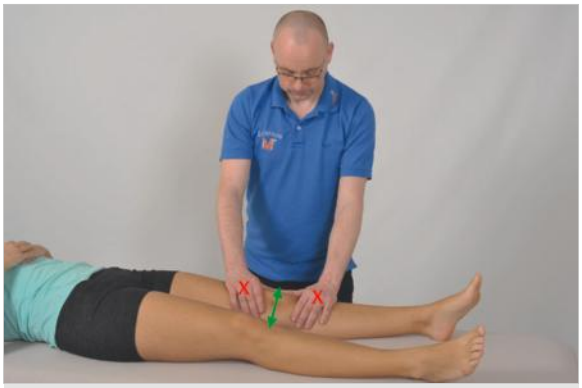


Abb. 14.39 Gleiten der Patella nach lateral/medial – Test Flexion/Extension (Recessi parapatellares).

Ausführung (▶ Abb. 14.39):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das zu testende Bein ist gestreckt.
- Der Therapeut steht lateral zum zu testenden Bein und umfasst die Patella.
- Mit den Daumen schiebt er die Patella nach medial, mit den Zeigefingern zieht er sie nach lateral.
- Sollten dabei Einschränkungen der Beweglichkeit festgestellt werden, so wird auf die gleiche Art und Weise die Mobilisation durchgeführt.

Interpretation:
- normomobil, hypermobil, hypomobil?
- Hypomobilität limitiert – Extension/Flexion

14.3.2 Behandlung

Art. femorotibialis

Traktionen

Traktionen zur Schmerzlinderung werden in der Regel aus der RS oder der aktuellen RS ausgeführt. Traktionsmobilisationen können bei allen Bewegungseinschränkungen erfolgen, indem das Gelenk submaximal am Ende der eingeschränkten Bewegung vorpositioniert wird.

Die Ausführung der Technik erfolgt wie in ▶ Abb. 14.21 und ▶ Abb. 14.31 beschrieben, weitere ASTE für Traktionen sind Bauchlage und Seitenlage.

Kompressionen

Ausführung 1 (▶ Abb. 14.40):
- Der Patient befindet sich in Bauchlage, das Kniegelenk wird nacheinander in verschiedene Gelenkwinkel eingestellt und über die Tibia in den einzelnen Positionen eine intermittierende Kompression ausgeführt.
- Zu beachten ist dabei, dass das OSG nicht in die Plantarflexion gedrückt wird.

Ausführung 2:
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Kniegelenk wird nacheinander in verschiedene Gelenkwinkel eingestellt und über den Femur in den einzelnen Positionen eine intermittierende Kompression ausgeführt.
- Die distale Hand fixiert dabei an der Tibia den Gelenkwinkel.

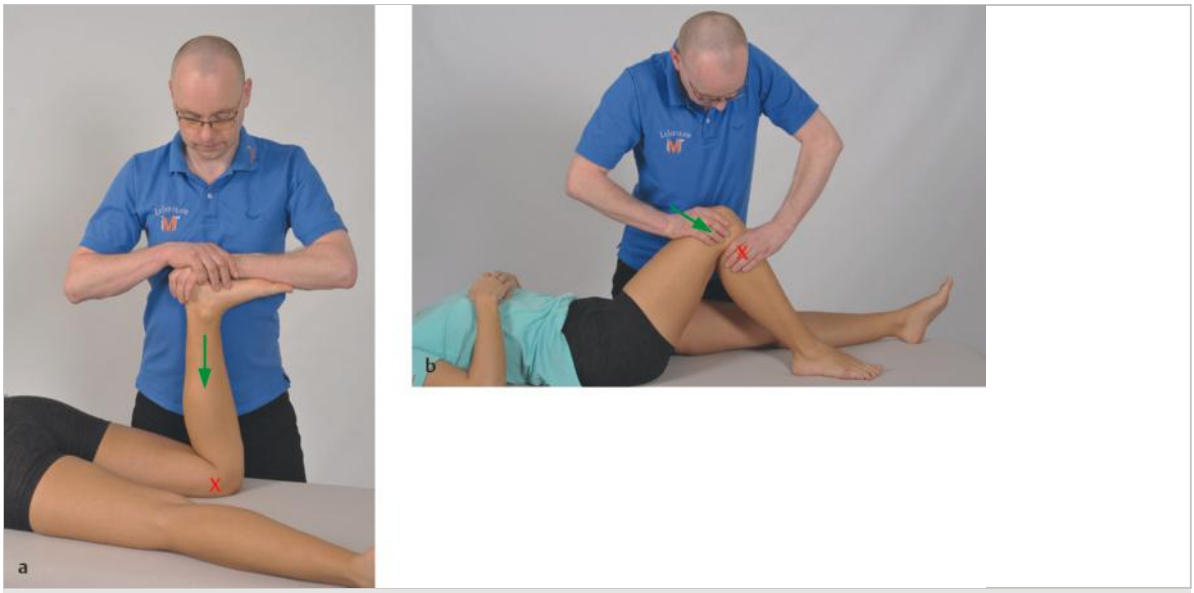


Abb. 14.40 Kompression.
a Kompression – Bauchlage.
b Kompression – Rückenlage in der Art. femorotibialis.

Gleittechniken zur Mobilisation der Extension

Gleiten des Condylus lateralis tibiae nach anterior

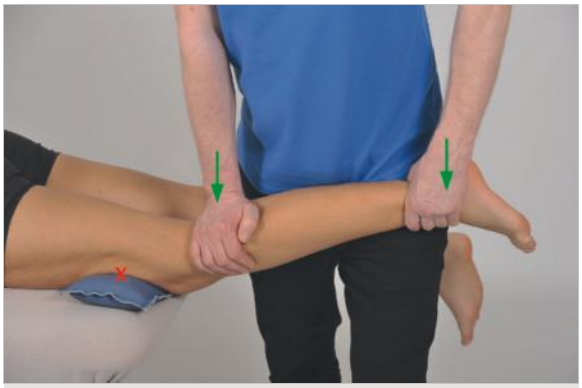


Abb. 14.41 Gleiten des Condylus lateralis tibiae nach anterior.

Ausführung (▶ Abb. 14.41):

- Der Patient befindet sich in Bauchlage, der distale Oberschenkel des zu behandelnden Beines ist mit einem Sandsack unterlagert.
- Der Therapeut steht medial zum zu behandelnden Bein.
- Seine proximale Hand legt sich mit dem Kleinfingerballen von posterior gegen den Condylus lateralis tibiae und gleitet diesen nach anterior.
- Der Unterschenkel ist dabei submaximal in Extension eingestellt und in Innenrotation vorpositioniert.
- Zur Widerlagerung der weiterlaufenden Bewegung kann das Hüftgelenk in Außenrotation eingestellt werden. Zu beachten ist das posteriore Abfallen des Tibiaplateaus um 9°.

Gleiten des Condylus medialis tibiae nach anterior



Abb. 14.42 Gleiten des Condylus medialis tibiae nach anterior.

Ausführung (▶ Abb. 14.42):

- Der Patient befindet sich in Bauchlage, der distale Oberschenkel des zu behandelnden Beines ist mit einem Sandsack unterlagert.
- Der Therapeut steht lateral zum zu behandelnden Bein.
- Seine proximale Hand legt sich mit dem Kleinfingerballen von posterior gegen den Condylus medialis tibiae und gleitet diesen nach anterior.
- Der Unterschenkel ist dabei submaximal in Extension eingestellt und in Außenrotation vorpositioniert.
- Zur Widerlagerung der weiterlaufenden Bewegung kann das Hüftgelenk in Innenrotation eingestellt werden. Zu beachten ist das posteriore Abfallen des Tibiaplateaus um 9°.

Gleiten des Condylus medialis femoris nach posterior



Abb. 14.43 Gleiten des Condylus medialis femoris nach posterior.

Ausführung (▶ Abb. 14.43):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, der proximale Unterschenkel des zu behandelnden Beines ist mit einem Sandsack unterlagert.
- Der Therapeut steht lateral zum zu behandelnden Bein.
- Seine distale Hand fixiert im Gabelgriff den Unterschenkel gegen den Sandsack in einer Außenrotation.
- Die proximale Hand umfasst von anterior den Oberschenkel und gleitet mit dem Daumenballen den Condylus medialis femoris nach posterior und in Innenrotation.
- Der Unterschenkel ist dabei submaximal in Extension eingestellt und in Außenrotation vorpositioniert.
- Diese Technik eignet sich besonders zur endgradigen Mobilisation der Schlussrotation und Extension.

Gleittechniken zur Mobilisation der Flexion

Gleiten der Tibia nach posterior



Abb. 14.44 Gleiten der Tibia nach posterior.

Ausführung (▶ Abb. 14.44):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, der distale Oberschenkel des zu behandelnden Beines kann zusätzlich mit einem Sandsack unterlagert werden, die Tibia liegt frei über dem Fußende der Bank.
- Der Therapeut steht in Schrittstellung.
- Seine distale Hand fixiert im Gabelgriff den Unterschenkel, seine proximale Hand legt sich im Gabelgriff von anterior gegen die proximale Tibia.
- Nachdem die endgradige Flexion im Kniegelenk eingestellt ist, erfolgt eine Translation der Tibia nach posterior.

Gleiten der Tibia nach posterior bei endgradiger Mobilisation

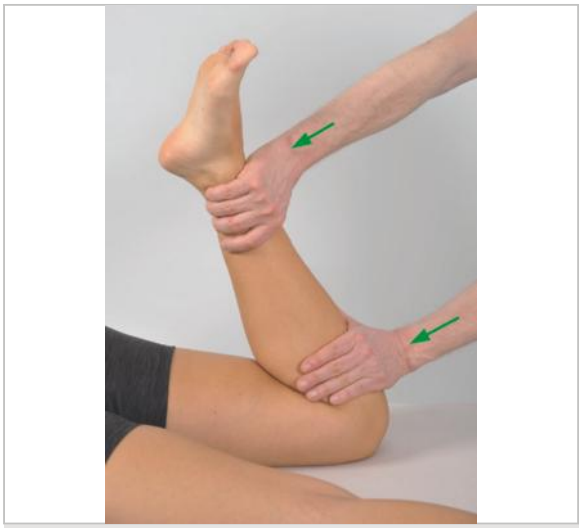


Abb. 14.45 Gleiten der Tibia nach posterior bei endgradiger Mobilisation.

Ausführung (▶ Abb. 14.45):

- Der Patient befindet sich in Bauchlage, das Kniegelenk ist submaximal in Flexion vorpositioniert.
- Der Therapeut steht seitlich zum zu behandelnden Bein.
- Seine distale Hand fixiert im Gabelgriff den Unterschenkel, seine proximale Hand legt sich im Gabelgriff von anterior gegen die proximale Tibia.
- Nachdem die endgradige Flexion im Kniegelenk eingestellt ist, erfolgt die Translation der Tibia nach posterior.

Gleiten des Condylus lateralis tibiae nach posterior

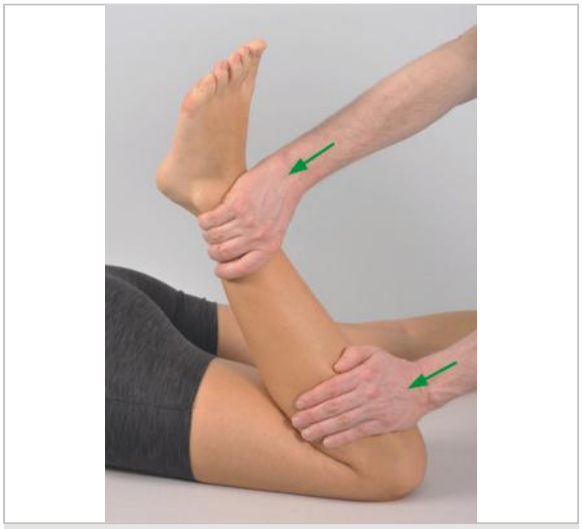


Abb. 14.46 Gleiten des Condylus lateralis tibiae nach posterior.

Ausführung (▶ Abb. 14.46):

- Der Patient befindet sich in Bauchlage, das Kniegelenk ist submaximal in Flexion vorpositioniert.
- Der Therapeut steht am Fußende der Bank.
- Seine distale Hand fixiert im Gabelgriff den Unterschenkel und stellt eine Außenrotation ein.
- Seine proximale Hand legt sich mit dem Hypothenar gegen den Condylus lateralis tibiae von anterior und gleitet diesen nach posterior und in eine Außenrotation.
- In dieser Weise kann auch der Condylus medialis tibiae nach posterior mobilisiert werden. Hier erfolgt die Voreinstellung über die Innenrotation (ohne Bild).

Gleiten des Condylus lateralis tibiae nach posterior



Abb. 14.47 Gleiten des Condylus lateralis nach posterior.

Ausführung (▶ Abb. 14.47):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Kniegelenk ist submaximal in Flexion vorpositioniert.
- Der Therapeut steht auf der gegenüberliegenden Seite.
- Seine proximale Hand fixiert im Gabelgriff den Oberschenkel.
- Seine distale Hand stellt im Kniegelenk eine Außenrotation ein, legt sich von anterior im Gabelgriff mit dem MCP II gegen den Condylus lateralis tibiae und schiebt diesen „schraubend" nach posterior.
- In dieser Weise kann auch der Condylus medialis tibiae nach posterior mobilisiert werden. Hier erfolgt die Voreinstellung über die Innenrotation (ohne Bild) und der Therapeut steht auf der zu behandelnden Seite.

Unspezifische Mobilisation der Extension und Flexion

Gleiten der Tibia nach lateral

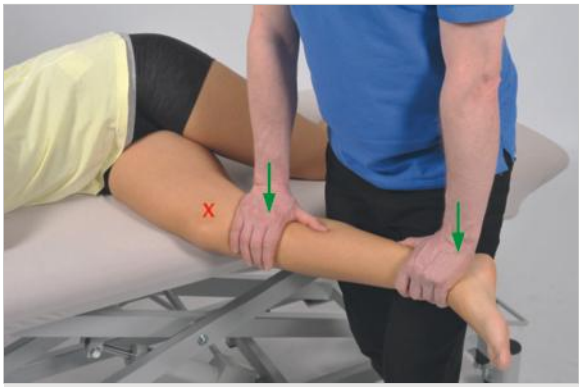


Abb. 14.48 Gleiten der Tibia nach lateral.

Ausführung (▶ Abb. 14.48):

- Der Patient befindet sich in Seitenlage, das zu behandelnde Bein liegt unten und die Bewegungseinschränkung (Extension oder Flexion) ist submaximal vorpositioniert.
- Der Oberschenkel liegt dem seitlichen Bankrand auf, der Unterschenkel liegt frei.
- Der Therapeut fixiert mit seiner distalen Hand den Unterschenkel von medial fassend und gleitet mit seiner proximalen Hand das Tibiaplateau gegen den fixierten Oberschenkel nach lateral.

Gleiten der Tibia nach medial

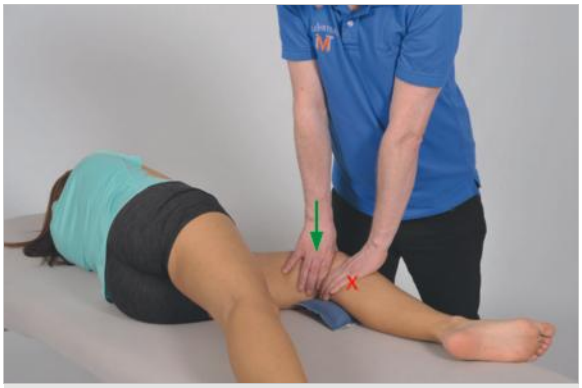


Abb. 14.49 Gleiten der Tibia nach medial.

Ausführung (▶ Abb. 14.49):

- Der Patient befindet sich in Seitenlage, das zu behandelnde Bein liegt unten und die Bewegungseinschränkung (Extension oder Flexion) ist submaximal vorpositioniert.
- Der Unterschenkel wird proximal mit einem Sandsack unterlagert und vom Therapeuten gegen die Bank fixiert.
- Die proximale Hand des Therapeuten legt sich von medial gegen den distalen Oberschenkel und gleitet diesen nach lateral. Dadurch kommt es zu einem Gleiten der Tibia nach medial.
- Es handelt sich hierbei um ein Vertauschen von Punctum fixum und Punctum mobile.

Art. femoropatellaris

Kompression

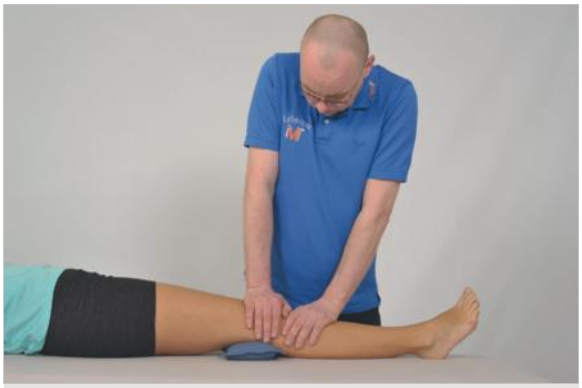


Abb. 14.50 Kompression Art. femoropatellaris.

Ausführung (▶ Abb. 14.50):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, die proximale Hand legt sich flächig auf die Patella.
- Das Kniegelenk ist mit einem Sandsack unterlagert.
- Die Kompression erfolgt intermittierend über die proximale Hand axial in das Gelenk.
- Durch eine Schubvariation nach medial oder lateral ist es möglich, die jeweilige Facette der Patella isoliert zu behandeln.

Gleitmobilisation Patella

Gleiten der Patella nach distal

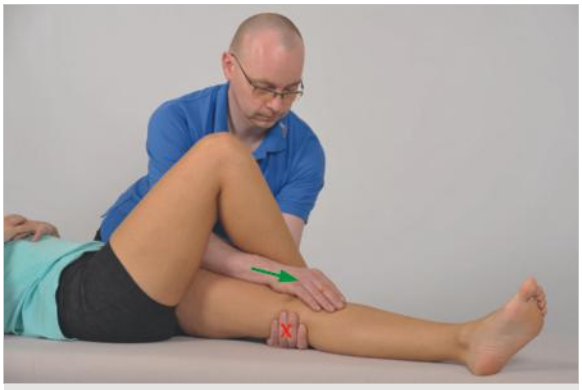


Abb. 14.51 Gleiten der Patella nach distal.

Ausführung (▶ Abb. 14.51):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Kniegelenk ist extendiert und das Bein in Adduktion im Hüftgelenk vorpositioniert.
- Die distale Hand des Therapeuten schient das Kniegelenk von posterior in der Kniekehle.
- Das gegenüberliegende Bein steht adduziert über dem zu behandelnden Bein.
- Der Therapeut legt seine Hohlhand von proximal kommend gegen die Basis patellae.
- Der Schub erfolgt nach distal, medial zur Mobilisation des Recessus mit gleichzeitiger „Dehnung“ des M. tensor fasciae latae bei lateralisierter Patella.

Gleiten der Patella nach distal, submaximal vorpositioniert

Ausführung (▶ Abb. 14.52):

- Der Patient befindet sich im Sitz oder in Rückenlage, das Kniegelenk ist submaximal flektiert.
- Der Therapeut legt seine von proximal kommende Hohlhand mit Thenar und Hypothenar gegen die Basis patellae.
- Der Schub erfolgt nach distal, in Verlängerung der Tibia.
- Je nach möglichem Beugungswinkel kann die Ausgangsstellung variiert werden, um eine optimale Vorpositionierung zu erreichen.

Praxistipp

Die Patella kann auch mitführend oder widerlagernd mit allen Kniebewegungen mobilisiert werden.

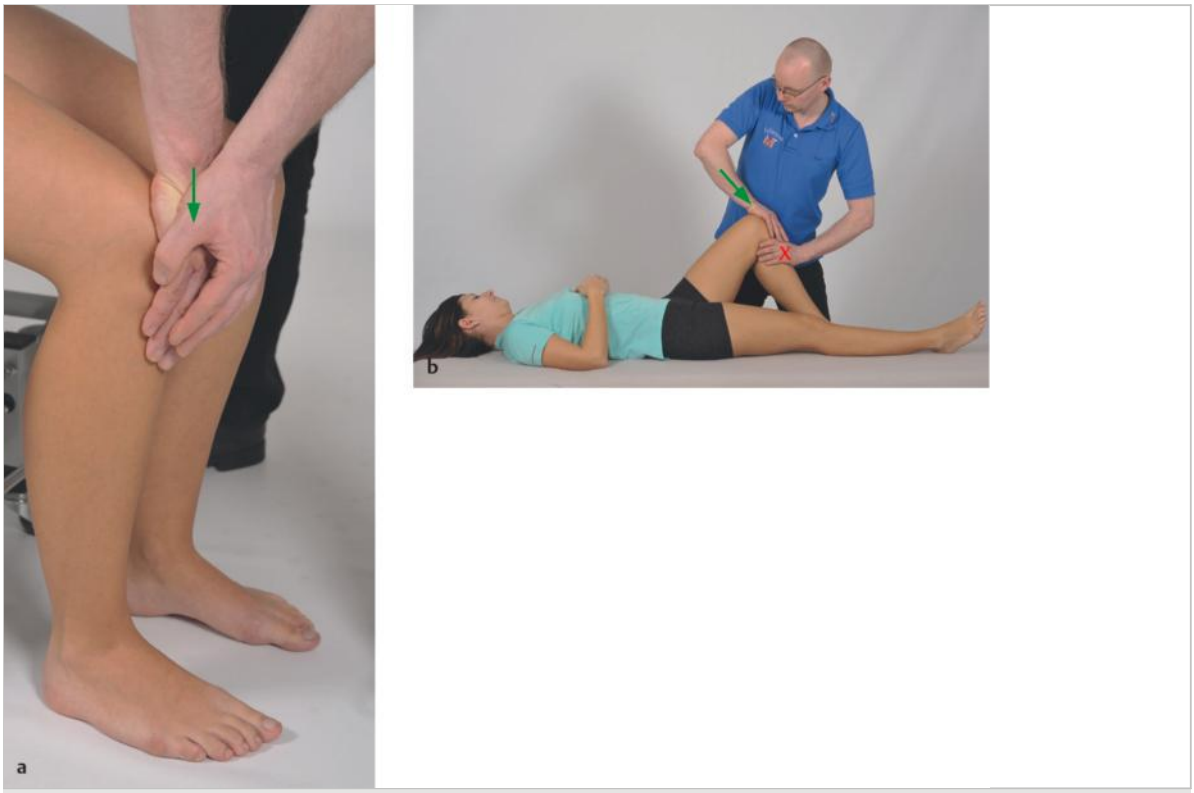


Abb. 14.52 Gleiten der Patella nach distal, submaximal vorpositioniert.
a Sitz.
b Rückenlage.

Rezessusmobilisation



Abb. 14.53 Rezessusmobilisation.

Ausführung (▶ Abb. 14.53):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Kniegelenk ist extendiert.
- Der Therapeut legt die Finger seiner von distal kommenden Hand knapp oberhalb der Basis patellae tief in die Weichteile, so weit wie möglich nach proximal.
- Die proximale Hand schiebt die Weichteile zusätzlich über die Finger der distalen Hand.
- Die Mobilisation erfolgt über kreisende Bewegungen der Finger auf dem Recessus suprapatellaris oberhalb der Patella.

15 Hüftgelenk

Dirk Pechmann

Das Hüftgelenk (Art. coxae) ist nach dem Kniegelenk das zweitgrößte Gelenk des menschlichen Körpers.

15.1 Theorie

15.1.1 Allgemeine Anatomie der Knochen und Gelenke

Os ilium, Os pubis und Os ischii bilden die Hüftgelenkspfanne, das sog. Acetabulum. Der knöcherne Rand des Acetabulum, der Limbus acetabuli, ist kaudal unterbrochen durch die Incisura acetabuli zwischen Os pubis und Os ischii. Diese wird größtenteils verschlossen vom Lig. transversum acetabuli. Das Acetabulum wird überbrückt von der Pfannenlippe, dem Labrum acetabulare, welches als faserknorpeliger Ring am Pfannenrand fixiert ist und damit die Pfannenfläche vergrößert (▶ Abb. 15.1).

In ▶ Tab. 15.1 sind die wichtigsten Baumerkmale der Art. coxae zusammengefasst.

Kapsel der Art. coxae

Die Hüftgelenkskapsel hat die Form einer zylindrischen Hülse und zieht vom Collum femoris zum Limbus acetabuli. Sie besteht aus einer inneren Membrana synovialis und einer äußeren Membrana fibrosa. Diese äußere Schicht legt sich mit longitudinal, schräg, bogenförmig und zirkulär verlaufenden Fibrillenbündeln um das Collum femoris. Die zirkulär verlaufenden Fibrillenbündel befinden sich reichlich im mittleren Abschnitt der Kapsel. Sie bilden insgesamt die Zona orbicularis (▶ Abb. 15.2).

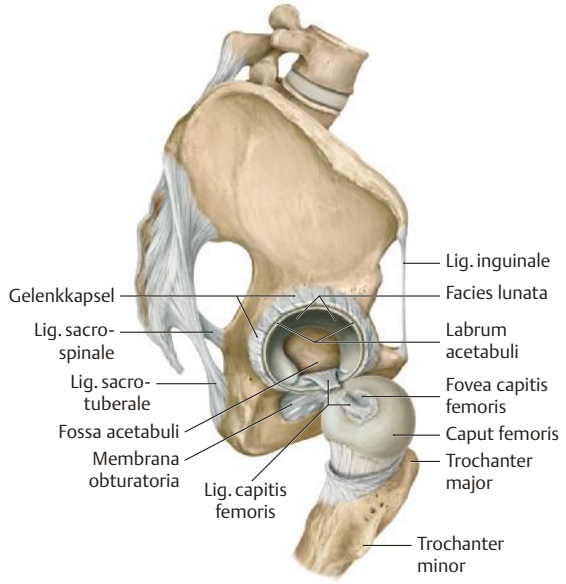


Abb. 15.1 Art. coxae.

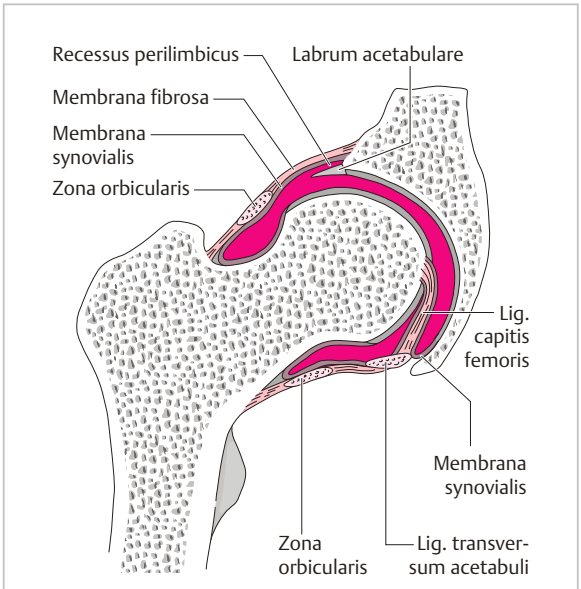


Abb. 15.2 Kapsel des Hüftgelenks.

Tab. 15.1 Aufbau der Art. coxae.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade						Behandlungsebene	Konvex-Konkav-Regel
Os coxae: Acetabulum (konkav) Os femoris: Caput femoris (konvex)	Kugelgelenk (Nussgelenk)	sagittale Ebene: Flexion/Extension		frontale Ebene: Abduktion/Adduktion		transversale Ebene: Außenrotation/Innenrotation		liegt auf dem Acetabulum	Punctum mobile = Os femoris Alle Freiheitsgrade – Konvexregel
		um: frontotransversale Achse	durch: Caput femoris	um: sagittotransversale Achse	durch: Caput femoris	um: frontosagittale Achse	durch: Caput femoris		

Im unteren Bereich werfen sich einige synoviale Falten auf und bilden die Frenula capsulae, welche sich bei einer Abduktionsbewegung auffaltet.

Bänder der Art. coxae

Die Aufrichtung aus der Quadrupedenstellung bedingt einen gleichsinnig spiraligen Verlauf (▶ Abb. 15.3) aller Bänder um den Femurhals (Kapandji 1992c).

In ▶ Tab. 15.2 sind die Bänder des Hüftgelenks zusammengefasst.

Ausrichtung von Femurkopf und Hüftpfanne

Der Femurkopf stellt ⅔ einer Kugel, mit einem Durchmesser von ca. 40–50 mm, dar. Die Halsachse ist schräg nach oben, innen und vorne gerichtet. Daraus ergeben sich je nach der Betrachtungsebene verschiedene Winkel.

CCD-Winkel (Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel)

Aus der Frontalebene betrachtet ergibt sich der CCD-Winkel (▶ Abb. 15.5), welcher physiologisch eine Größe von ca. 126° hat.

Antetorsionswinkel

Aus der Transversalebene betrachtet ergibt sich der Antetorsionswinkel des Schenkelhalses, welcher bei ca. 12° liegt (▶ Abb. 15.6a). Ein vergrößerter Antetorsionswinkel wird als Coxa antetorta bezeichnet und führt typischerweise zu einem vermehrt innenrotierten Gangbild (▶ Abb. 15.6b). Gleichzeitig zeigt sich bei der klinischen Untersuchung aus der NNS eine vermehrte Innenrotation und eingeschränkte Außenrotation. Ein verkleinerter Antetorsionswinkel wird als Coxa retrotorta bezeichnet. Diese Abweichung führt zu einem vermehrt außenrotierten Gangbild (▶ Abb. 15.6c). Gleichzeitig zeigt sich bei der klinischen Untersuchung aus der NNS eine vermehrte Außenrotation und eingeschränkte Innenrotation.

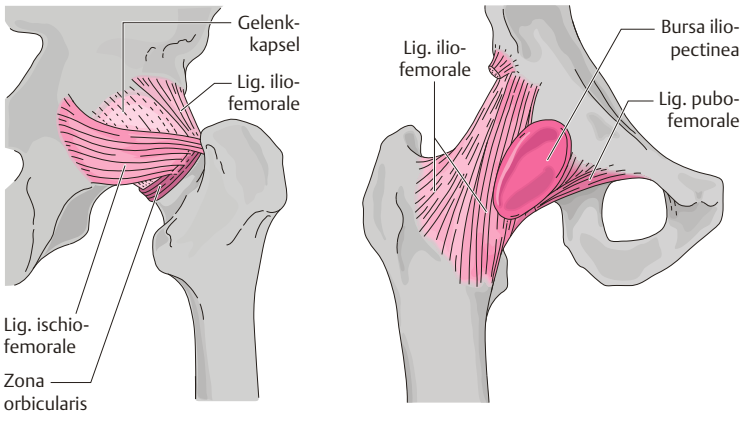


Abb. 15.3 Spiraliger Verlauf der Hüftgelenksbänder.

Tab. 15.2 Bänder der Art. coxae.

Band	Ursprung	Ansatz	Funktionen	Bemerkungen
Lig. iliofemorale	SIAI	Linea intertrochanterica	hemmt Extension/Außenrotation/Adduktion	stärkstes Element der Kapsel, 8–10 mm dick
Lig. pubofemorale	Limbus acetabuli und Os pubis	Linea intertrochanterica	hemmt Extension/Außenrotation/Abduktion	
Lig. ischiofemorale	Limbus acetabuli dorsal und Tuber ischiadicum	Innenseite des Trochanter major und in der Fossa trochanterica	hemmt Extension/Innenrotation/Abduktion	
Lig. capitis femoris	Incisura acetabuli	Fossa acetabuli	versorgt den Hüftkopf über die in ihm liegende Arterie	fehlender Durchfluss kann im Kindesalter einen M. Perthes bedingen
Lig. transversum acetabuli	überbrückt die Incisura acetabuli			

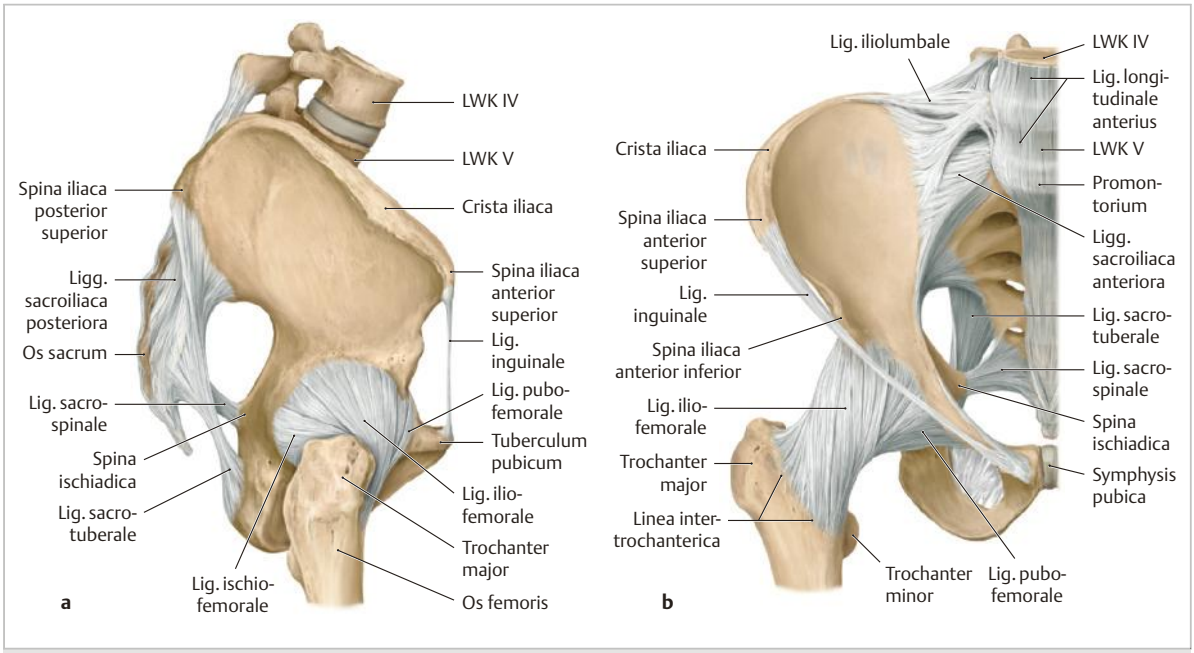


Abb. 15.4 Bänder der Art. coxae von lateral und ventral.
a Bänder der Art. coxae von lateral.
b Bänder der Art. coxae von ventral.

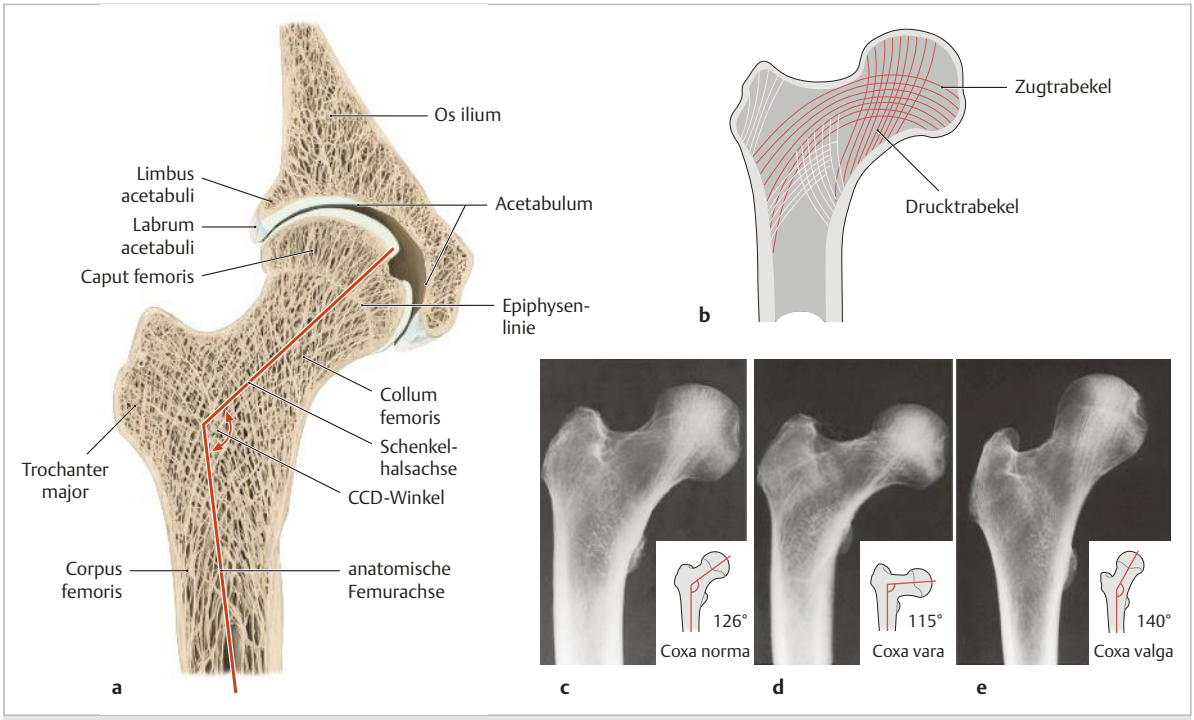


Abb. 15.5 CCD-Winkel.

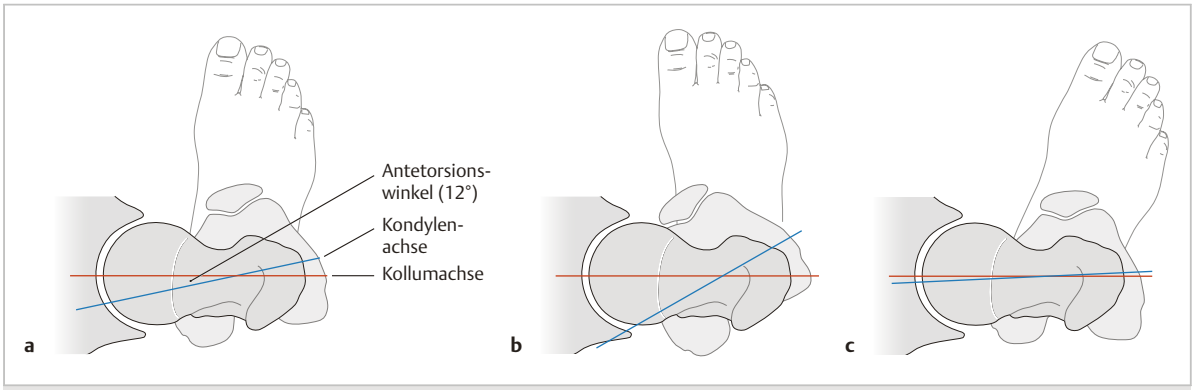


Abb. 15.6 Coxa norma, antetorta und retrotorta.
a Coxa norma.
b Coxa antetorta.
c Coxa retrotorta.

Fossa acetabuli

Die Hüftpfanne ist nach latero-ventral-kaudal ausgerichtet. Der kraniale Abschnitt der Pfanne umgreift nach lateral ausladend den Kopf. Das Ausmaß der kranialen Umgreifung wird durch den Wiberg-Winkel gemessen (▶ Abb. 15.7). Er sollte beim Jugendlichen bis zum 13. Lj. größer als 20° und beim Erwachsenen größer als 26° sein. Werte unter 15° gelten als pathologisch. (▶ Abb. 15.7).

Die maßgebliche Kraftübertragung findet im Bereich des Pfannendachs statt.

Der Knorpel des Hüftkopfs und des Pfannendachs ist hier am dicksten. Durch einen kleinen Wiberg-Winkel verkleinern sich die Gelenkkontaktflächen und die Tragfläche des Gelenks erheblich. Im Ergebnis lastet der gleiche Druck auf einer kleineren Fläche, was man als Hüftdysplasie bezeichnet. Diese kann zum vorzeitigen Verschleiß führen (Hüter-Becker u. Dölken 2005).

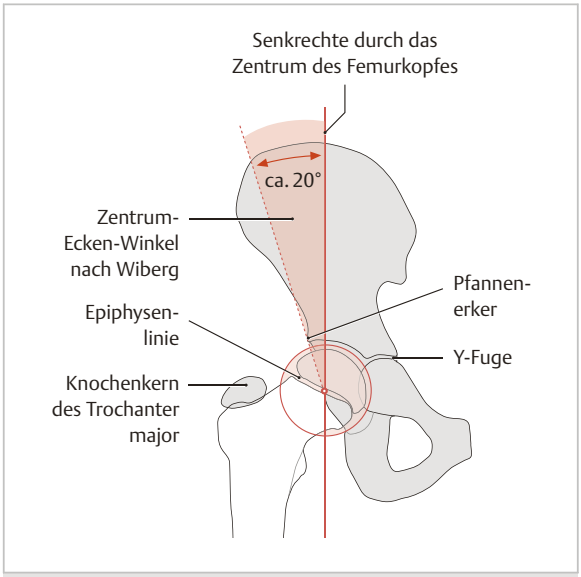


Abb. 15.7 Wiberg-Winkel.

Flächenkontakt im Hüftgelenk

Beim aufgerichteten Stand wird der Femurkopf nicht völlig von der Hüftpfanne bedeckt (▶ Abb. 15.8a). Seine überknorpelte vordere und obere Partie ist frei. Grund ist die schräg nach kranio-ventral-medial gerichtete Halsachse, die sich nicht in die schräg nach kaudo-ventral-lateral ziehende Pfannenachse fortsetzt.

Um eine völlige Flächendeckung zu erzielen, benötigt es eine Beugung von annähernd 90° sowie eine leichte Abduktion und eine leichte Außenrotation (▶ Abb. 15.8b). Das entspricht der quadrupedalen Haltung, wie sie der Mensch innehatte, bevor er zur bipedalen Fortbewegungsweise überging.

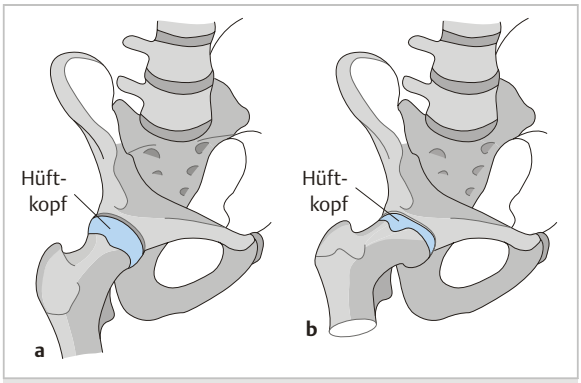


Abb. 15.8 Unvollständige und vollständige Überdachung des Hüftkopfs.
a Unvollständige Überdachung des Hüftkopfs.
b Vollständige Überdachung des Hüftkopfs.

Stellungen des Hüftgelenks

Tab. 15.3 Stellungen der Art. coxae.

Übersicht	Merkmale
Ruhestellung	30° Flexion/30° Abduktion/ 15° Außenrotation
verriegelte Stellung	maximale Extension/Abduktion/ Innenrotation
Kapselmuster	Innenrotation/Extension/Abduktion/ Außenrotation

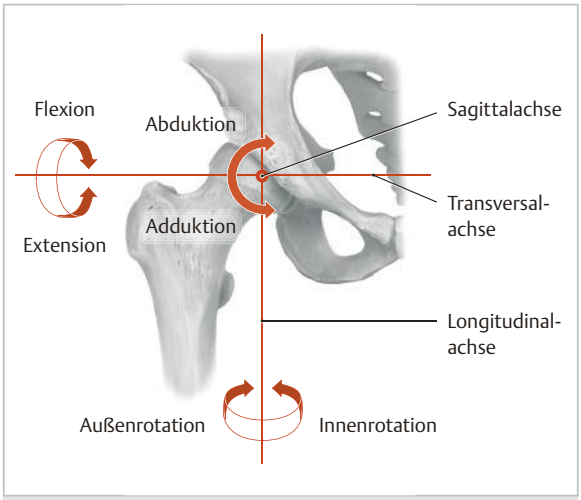


Abb. 15.9 Freiheitsgrade der Art. coxae.

15.1.2 Funktionelle Anatomie des Hüftgelenks

Bewegungsmöglichkeiten

Das Hüftgelenk hat 3 Bewegungsachsen (▶ Abb. 15.9), um die folgende Bewegungen möglich sind:

- transversale Achse – Flexion und Extension
- sagittale Achse – Abduktion und Adduktion
- longitudinale Achse – Innen- und Außenrotation

Osteo- und Arthrokinematik des Hüftgelenks

In ▶ Tab. 15.4 werden die osteokinematischen und die daraus resultierenden Roll- und Gleitbewegungen beschrieben.

Tab. 15.4 Osteo- und arthrokinematische Kopplungen der Art. coxae (Streeck 2006a).

Bewegung	Ausmaß	Kopplung mit	Gleiten
Flexion		ca. 2,5° Innenrotation und 7,5° Abduktion	kaudo-medial
mit gestrecktem Knie	ca. 90°		
mit gebeugtem Knie	ca. 120°		
passiv	ca. 140°		
Extension		ca. 2,5° Außenrotation und 11° Adduktion	kranio-lateral
mit gebeugtem Knie	ca. 10°		
mit gestrecktem Knie	ca. 20°		
passiv	ca. 30°		
Innenrotation	30° bis 40°	Flexion/Abduktion	dorso-lateral
Außenrotation	ca. 60°	Extension/Adduktion	ventro-medial
Abduktion	ca. 45°	Flexion/Innenrotation	kaudo-medial
Adduktion	ca. 30°	Extension/Außenrotation	kranio-lateral

Kraft und Stabilität

Die Kraft und die Stabilität des Hüftgelenks werden vom Körpergewicht und der Funktionsfähigkeit der pelvitrochantären Muskulatur geprägt. Der Hebelarm des Körpergewichts (a) ist 3-mal so lang wie der Kraftarm (b) der Muskulatur (▶ Abb. 15.10). Somit muss auch die Muskelkraft für die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts im Einbeinstand oder der Standbeinphase 3-mal so groß sein wie das Körpergewicht (Streeck 2006a). Entscheidend für die Belastung des Hüftgelenks in der Standbeinphase, beim Gehen oder beim Einbeinstand, ist der entstehende Druck, welcher sich mit der Gelenkresultierenden (R) darstellen lässt. Sie lässt sich aus dem Teilkörpergewicht (K), der Muskelkraft (M) und der Länge der Hebelarme berechnen. Aufgrund dieser Zusammenhänge ist die Belastung des Hüftgelenks beim Einbeinstand etwa 4-mal (R = 4) so groß wie das Teilkörpergewicht (K) (Prometheus 2007, ▶ Abb. 15.10).

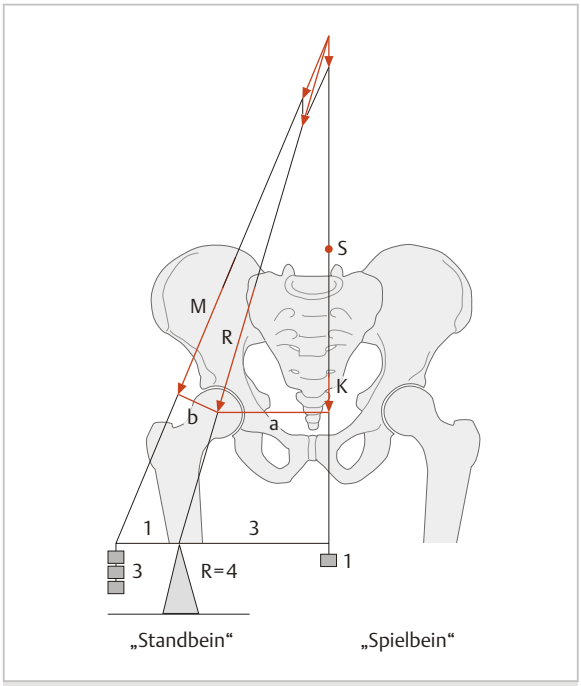


Abb. 15.10 Kräfteverteilung während der Standbeinphase.

15.2 Praxis

15.2.1 Untersuchung Hüftgelenk

Anamnese

Der Therapeut verfolgt mit der Anamnese das Ziel, die Lokalisation sowie die Art und die Dauer der Beschwerden zu erfahren. Dabei helfen folgende Fragen:

- Wo sind die Beschwerden?
- Seit wann haben Sie die Beschwerden?
- Wie äußern sich die Beschwerden?
- Welche Therapien sind bis jetzt durchgeführt worden?
- Haben Sie Röntgenbilder?
- Welche Medikamente nehmen Sie ein?
- Haben Sie Ihr Hüftgelenk in letzter Zeit außergewöhnlich belastet?

Folgende Entäußerungen des Patienten aus ▶ Tab. 15.5 erlauben eine gewisse Vororientierung:

Inspektion

Bei der Inspektion des Patienten mit Hüftbeschwerden spielt die Beurteilung des Ganges eine zentrale Rolle. Dabei achtet man insbesondere auf Abweichungen vom physiologischen Gangbild.

Gang

Achten Sie auf folgende Punkte:

- Schrittlänge
- Gangbreite
- Geschwindigkeit
- Koordination
- Richtungskonstanz
- Hinkmechanismen
- Ausweichbewegungen
- Becken-, WS- und Armmitbewegungen

Auf Pathologien weisen in ▶ Tab. 15.6 aufgeführte Abweichungen des Ganges hin:

Palpation

Für die Palpation wird auf Kap. 4 verwiesen.

Tab. 15.5 Anamnese und mögliche Interpretationen.

Anamnese	Interpretation
Sensibilitätsstörungen am lateralen Oberschenkel	Irritation des N. cutaneus femoris lateralis
Belastungs- und/oder Ruheschmerz in der Leiste	Koxarthrose
Sensibilitätsstörungen im Dermatom	radikuläre Symptomatik
Bewegungslimitierung besonders in Innenrotation, Extension	beginnendes Kapselmuster

Tab. 15.6 Abweichungen des Ganges.

Abweichungen	Interpretation
Kleinschrittigkeit	Kompensation einer eingeschränkten Extension/Innenrotation
ungleiche Schrittlängen bei großen Schritten	verkürzte Standbeinphase durch Einschränkung der Extension/ Innenrotation oder Verkürzung des M. psoas major
Schwanken des Oberkörpers nach vorn in der Standbeinphase des betroffenen Beines	Kompensation einer eingeschränkten Extension des Hüftgelenks
vermehrte Außenrotation des betroffenen Beines im Gang	Kompensation einer eingeschränkten Innenrotation des Hüftgelenks
Duchenne-Hinken mit Verlagerung des Oberkörpers zur betroffenen Seite während der Standbeinphase	Schmerz oder Insuffizienz der pelvitrochantären Muskulatur der betroffenen Seite
Trendelenburg Zeichen mit Absinken des Beckens zur unbelasteten Seite	Insuffizienz der pelvitrochantären Muskulatur der betroffenen Seite

Aktive und passive Bewegungsprüfung/ Endgefühl

Alle Freiheitsgrade der Hüfte werden aktiv und im Anschluss passiv, mit der Ermittlung des Endgefühls, getestet.

Widerstandstests

Mithilfe der Widerstandstests können nachfolgend aufgeführte aktive Strukturen als schmerzauslösend identifiziert oder aus einer Synergie differenziert werden (siehe ▶ Tab. 15.7).

Safety-Tests

Alle Traktions- und Kompressionstests werden als Sicherheitstests herangezogen. Ein Traktionstest als Safety-Test ist dann positiv, wenn bei einer gehaltenen Traktion von einigen Sek. eine nicht adäquate Schmerzreaktion auftritt. Ein Kompressionstest ist dann als Safety-Test positiv zu bewerten, wenn nach einer progressiven Kompressionssteigerung ein nicht adäquater Schmerz auftritt.

Tab. 15.7 Identifikation schmerzauslösender Strukturen.

Funktionen	Muskeln
Flexion	M. iliopsoas M. rectus femoris M. tensor fasciae latae M. sartorius
Extension	M. glutaeus maximus M. biceps femoris M. semimembranosus M. adductor magnus M. semitendinosus
Abduktion	Mm. glutaeus medius und minimus M. tensor fasciae latae M. glutaeus maximus
Adduktion	M. adductor magnus Mm. adductor longus und brevis M. pectineus M. gracilis M. iliopsoas
Außenrotation	M. iliopsoas Mm. glutaeus maximus und medius Mm. obturatorii und gemelli M. quadratus femoris M. piriformis M. sartorius
Innenrotation	Mm. glutaeus minimus (und medius) M. adductor magnus M. tensor fasciae latae

Traktion



Abb. 15.11 Traktion linkes Art. coxae nach distal.

Ausführung (▶ Abb. 15.11):
- Der Therapeut steht am Fußende der Bank und umgreift von medial und lateral den distalen Oberschenkel des Patienten.
- Das Bein ist in Ruhestellung vorpositioniert, der Traktionszug erfolgt in Längsachse des Oberschenkels.

Interpretation:
- Führt der Zug zu inadäquaten Schmerzen im Hüftgelenk, sollte eine ärztliche Abklärung erfolgen und die Behandlung unterbleiben.

Kompression

Siehe hierzu ▶ Abb. 13.37.

Zusatztests

Die Zusatztests dienen der Eingrenzung des schmerzauslösenden Gelenks bzw. der schmerzauslösenden Struktur.

Patrick's sign



Abb. 15.12 Patrick's sign linke Seite.

Ausführung (▶ Abb. 15.12):
- Der in Rückenlage befindliche Patient stellt den Fuß seines zu testenden Beines auf Höhe des gestreckten Kniegelenks ab.
- Der Therapeut führt das angewinkelte Bein in eine horizontale Abduktion und testet Schmerz und Endgefühl.

Interpretation:
- Ist der Abstand vom Knie zur Bank größer als der Therapeut mit Daumen und Zeigefinger überbrücken kann und der Stopp fest bis hart, besteht der Verdacht auf eine Hüftgelenks-Problematik (evtl. Hüftarthrose).
- Tritt ein Dehnschmerz in den Adduktoren auf, kann dies auf einen Hypertonus oder eine Verkürzung schließen lassen.
- Ein weicher, schmerzhafter, oft endgradiger Stopp, kann auf eine ISG-Problematik (evtl. Sakroiliitis) hindeuten.

Drei-Stufen-Hyperextensionstest nach Mennell

Siehe hierzu ▶ Abb. 11.48 bis ▶ Abb. 11.50.

Translatorische und rotatorische Testung des Hüftgelenks

Traktion in Ruhestellung



Abb. 15.13 Gelenkspieltest Traktion nach distal.

Ausführung (▶ Abb. 15.13):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Hüftgelenk ist in der Ruhestellung eingestellt, der Therapeut umfasst die Malleolen des gestreckten Patientenbeins.
- Die Traktion erfolgt in Verlängerung der Beinachse nach distal. Damit erfolgt im wesentlichen eine Separation im kranialen Gelenkanteil.

Interpretation:
- Ein eigeschränktes Gelenkspiel wäre ein Hinweis auf eine Hypomobilität des untersuchten Gelenks.

Traktion außerhalb der Ruhestellung

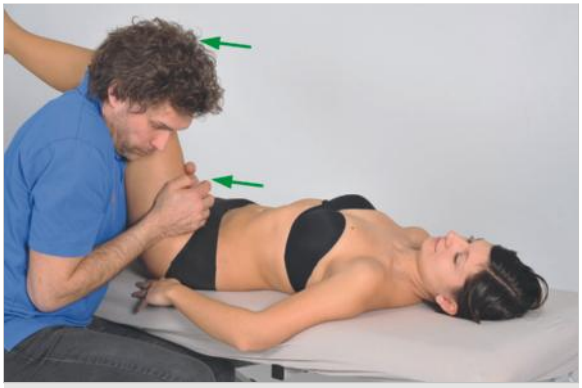


Abb. 15.14 Gelenkspieltest Traktion nach latero-distal-ventral aus aktueller Ruhestellung.

Ausführung (▶ Abb. 15.14):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage und der Therapeut umfasst hüftgelenknah das submaximal in Flexion eingestellte Patientenbein.
- Die Traktion erfolgt in Verlängerung des Schenkelhalses nach latero-distal-ventral.

Interpretation:
- Ein eigeschränktes Gelenkspiel wäre ein Hinweis auf eine Hypomobilität des untersuchten Gelenks.

Gebogenes Gleiten nach anterior zur Testung der Extension

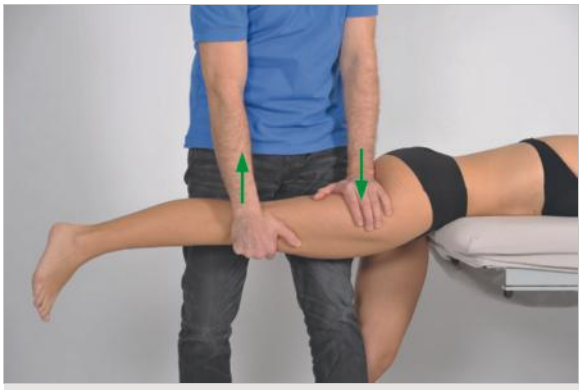


Abb. 15.15 Gleittestung für die Extension.

Ausführung (▶ Abb. 15.15):
- Der Oberkörper des Patienten liegt in Bauchlage auf der Bank, beide Hüftgelenke sind frei.
- Ein Bein steht stabilisierend auf dem Boden, der Therapeut steht zwischen den Beinen und umfasst mit seiner distalen Hand von anterior den Oberschenkel des zu testenden Beines.
- Die proximale Hand liegt von posterior am Trochanter major und gibt einen Schub nach anterior auf das Femur.

Interpretation:
- Ein eigeschränktes Gleiten nach anterior wäre ein Hinweis auf eine Hypomobilität des untersuchten Gelenks.

Gebogenes Gleiten nach posterior zur Testung der Flexion

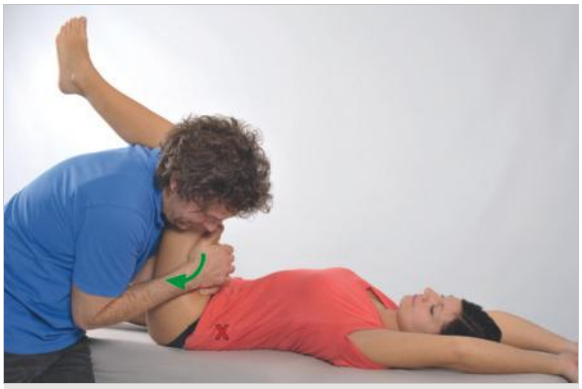


Abb. 15.16 Gleittestung der Flexion.

Ausführung (▶ Abb. 15.16):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage und der Therapeut umfasst hüftgelenknah das submaximal in Flexion eingestellte Patientenbein.
- Der Gleitimpuls mit den gefalteten Händen des Therapeuten erfolgt nach posterior und distal, während sich die Schulter, ähnlich einer „Baggerbewegung", nach proximal bewegt, um das gebogene Gleiten zu testen.

Interpretation:
- Ein eigeschränktes Gleiten nach posterior wäre ein Hinweis auf eine Hypomobilität des untersuchten Gelenks.

Gebogenes Gleiten nach medio-kaudal zur Testung der Abduktion aus Seitenlage

Ausführung (▶ Abb. 15.17a):
- Der Patient befindet sich in Seitenlage und der Therapeut steht hinter dem Patienten.
- Das untere Bein ist angebeugt, das obere submaximal abduziert.
- Die distale Hand umgreift von medial das Kniegelenk, das Bein des Therapeuten unterstützt die distale Hand.
- Die proximale Hand legt sich mit Thenar und Hypothenar auf den Trochanter major und gibt einen Schub nach medio-kaudal.

Interpretation:
- Ein eingeschränktes Gleiten nach medio-kaudal wäre ein Hinweis auf eine Hypomobilität des untersuchten Gelenks.

Gebogenes Gleiten nach medio-kaudal zur Testung der Abduktion aus Rückenlage

Ausführung (▶ Abb. 15.17b):
- Der Patient befindet sich in Rückenlage und der Therapeut steht seitlich zum Patienten.
- Das zu testende Bein wird submaximal abduziert.
- Die patientennahe Hand modelliert sich von proximal dem Trochanter major an.
- Die distale Hand fixiert mithilfe eines Gurtes das abduzierte Bein.
- Der Translationsschub erfogt nach medio-kaudal und wird durch das Becken des Therapeuten unterstützt.

Interpretation:
- Ein eingeschränktes Gleiten nach medio-kaudal wäre ein Hinweis auf eine Hypomobilität des untersuchten Gelenks.



Abb. 15.17 Gleittestung.
a Gleittestung der Abduktion aus der Seitenlage.
b Gleittestung der Abduktion aus der Rückenlage über Trochanter mit Gurt.

Gelenknahe anguläre Testung der Außenrotation aus 90° Flexion

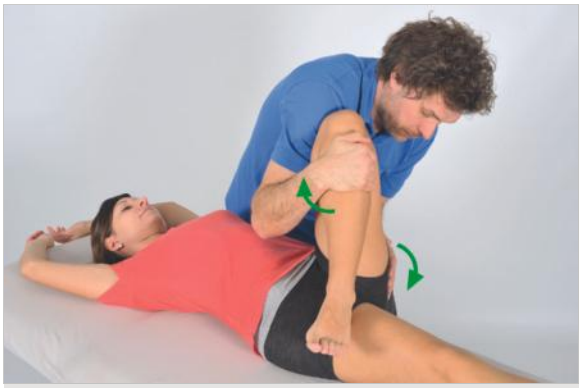


Abb. 15.18 Test der Außenrotation am linken Bein.

Ausführung (▶ Abb. 15.18):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das betroffene Bein wird im Hüftgelenk 90° flektiert, das gegenüberliegende Bein zur Verhinderung der weiterlaufenden Bewegung adduziert.
- Der Therapeut steht am Bankrand fußwärts gerichtet, umfasst Femur und Unterschenkel mit seiner medialen Hand und bringt das Hüftgelenk in die Nullstellung.
- Die laterale Hand des Therapeuten legt sich mit Thenar und Hypothenar von kranial kommend gegen den Trochanter major.
- Die Außenrotation erfolgt passiv bis zum Ende der Bewegung, wobei die am Trochanter major liegende Hand über den Unterarm gegen das Therapeutenbecken stützt und die Rotation somit unterstützt.

Interpretation:

- Die Testung erfolgt im Seitenvergleich, wobei ein pathologisch verändertes fest- bis hartelastisches Endgefühl eine Indikation zur Mobilisation darstellt.

Gelenknahe anguläre Testung der Innenrotation



Abb. 15.19 Test der Innenrotation am linken Bein.

Ausführung (▶ Abb. 15.19):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das betroffene Bein wird im Hüftgelenk 90° flektiert, das gegenüberliegende Bein zur Verhinderung der weiterlaufenden Bewegung abduziert.
- Der Therapeut steht am Bankrand kopfwärts gerichtet, umfasst Femur und Unterschenkel mit seiner medialen Hand und bringt das Hüftgelenk in die Nullstellung.
- Die laterale Hand des Therapeuten legt sich mit Thenar und Hypothenar von kaudal kommend gegen den Trochanter major.
- Die Innenrotation erfolgt passiv bis zum Ende der Bewegung, wobei die am Trochanter major liegende Hand über den Unterarm gegen das Therapeutenbecken stützt und die Rotation somit unterstützt.

Interpretation:

- Die Testung erfolgt im Seitenvergleich, wobei ein pathologisch verändert fest- bis hartelastisches Endgefühl eine Indikation zur Mobilisation darstellt.

15.2.2 Behandlung Hüftgelenk

Traktion aus der Ruhestellung



Abb. 15.20 Traktion nach distal aus der Ruhestellung.

Ausführung (▶ Abb. 15.20):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Becken ist nach kranial gegen die Bank mit einem Gurt fixiert.
- Der Therapeut steht am Fußende und umfasst die Malleolen des Patienten flächig mit beiden Händen.
- Das Hüftgelenk wird in der Ruhestellung vorpositioniert und die Traktion erfolgt in Verlängerung der Beinachse nach distal.
- Die Ausführung erfolgt intermittierend zur Schmerzlinderung oder gehalten in Stufe III zur Mobilisation.

Behandlungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Extension

Traktion unter Vorpositionierung der Extension

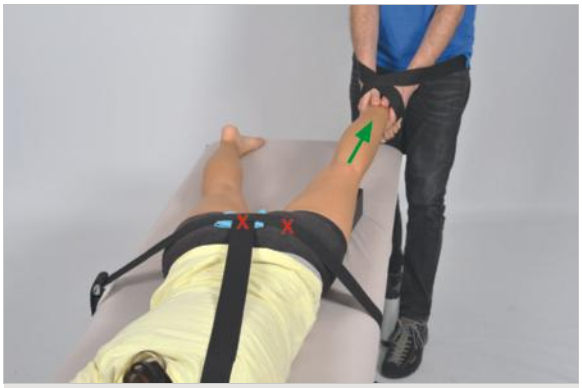


Abb. 15.21 Traktion nach distal zur Verbesserung der Extension.

Ausführung (▶ Abb. 15.21):

- Der Patient befindet sich in Bauchlage, das Becken ist nach kranial und gegen die Bank mit jeweils einem Gurt fixiert.
- Der Therapeut steht am Fußende und umfasst die Malleolen des Patienten flächig mit beiden Händen.
- Das Hüftgelenk wird submaximal in Extension vorpositioniert und die Traktion erfolgt mithilfe eines Gurtes in Verlängerung der Beinachse nach distal.

Gebogenes Gleiten nach anterior



Abb. 15.22 Gebogenes Gleiten zur Verbesserung der Extension.

Ausführung (▶ Abb. 15.22):

- Der Oberkörper des Patienten liegt in Bauchlage auf der Bank, beide Hüftgelenke sind frei.
- Die SIAS des Patienten liegen auf der Bankkante auf und das Bein wird in submaximaler Extension vorpositioniert.
- Das andere Bein steht stabilisierend auf dem Boden, der Therapeut steht zwischen den Beinen und umschlingt den distalen Oberschenkel des Patienten mit einem Gurt, welcher über der Schulter des Therapeuten liegt.
- Die proximale Hand liegt von posterior am Trochanter major und gibt einen Schub nach anterior auf das Femur, während der Therapeut mit dem Gurt das Bein in Extension führt.

Gebogenes Gleiten nach anterior über den Armhebel



Abb. 15.23 Gleiten zur Verbesserung der Extension.

Ausführung (▶ Abb. 15.23):

- Der Patient befindet sich in Bauchlage auf der Bank, der Therapeut steht auf der zu behandelnden Seite.
- Die SIAS der zu behandelnden Seite wird mit einem Sandsack unterlagert.
- Der distale Unterarm des Therapeuten legt sich von anterior schienend gegen das Bein des Patienten.
- Der proximale Unterarm legt sich gelenknah auf den posterioren Oberschenkel des Patienten.
- Der Druck nach anterior kommt über den proximalen Unterarm, während der distale Arm das Bein in Extension bewegt.

Behandlungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Flexion

Traktion nach distal unter Vorpositionierung der Flexion



Abb. 15.24 Traktion nach distal zur Verbesserung der Flexion.

Ausführung (▶ Abb. 15.24):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Becken ist nach kranial mit einem Gurt fixiert.
- Der Therapeut steht seitlich am Bankrand und stellt das Bein in submaximale Flexion ein.
- Der Traktionsgurt liegt hüftgelenknah von anterior über dem Oberschenkel des Patienten und um das Becken des Therapeuten.
- Die Traktion erfolgt mithilfe des Gurtes nach distal, während der Therapeut mit seinen Händen den Oberschenkel des Patienten von posterior stabilisiert.

Traktion nach latero-kaudal-ventral unter Vorpositionierung der Flexion



Abb. 15.25 Traktion nach lateral unter vorpositionierter Flexion.

Ausführung (▶ Abb. 15.25):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Becken ist gegen den Traktionszug, mit einem als Schlinge gelegten Gurt, an der Bank fixiert.
- Der Therapeut steht am seitlichen Bankrand und legt den Mobilisationsgurt hüftgelenknah um den medialen Oberschenkel des Patienten sowie um sein eigenes Becken.
- Das Hüftgelenk wird in submaximaler Flexion vorpositioniert und die Traktion erfolgt mithilfe des Gurtes nach latero-kaudal.

Gebogenes Gleiten nach postero-kaudal

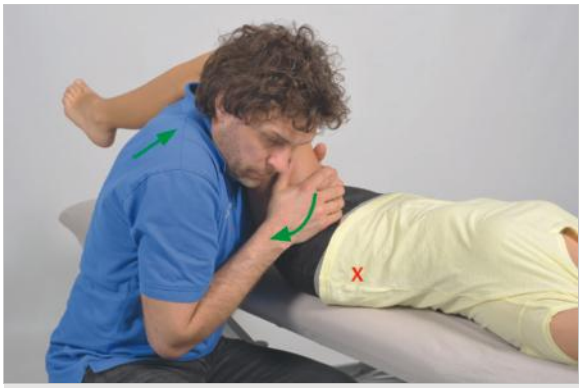


Abb. 15.26 Gleiten nach postero-kaudal zur Verbesserung der Flexion.

Ausführung (▶ Abb. 15.26):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage und der Therapeut umfasst hüftgelenknah das submaximal in Flexion eingestellte Patientenbein.
- Die Mobilisation erfolgt über das Gleiten nach postero-kaudal, ähnlich einer „Baggerbewegung“, um gebogen zu gleiten.

Gebogenes Gleiten nach posterior bei Einschränkungen von über 90°



Abb. 15.27 Gleiten nach posterior.

Ausführung (▶ Abb. 15.27):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, der Therapeut steht auf der kontralateralen Seite zum zu behandelnden Hüftgelenk.
- Das Hüftgelenk wird submaximal in Flexion eingestellt und das Os coxae mit einem Sandsack unterlagert.
- Der Gleitimpuls erfolgt nach postero-kaudal über das Femur des Patienten, während der Therapeut das Bein weiter in die Flexion bewegt.

Behandlungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Abduktion

Gebogenes Gleiten nach medio-kaudal





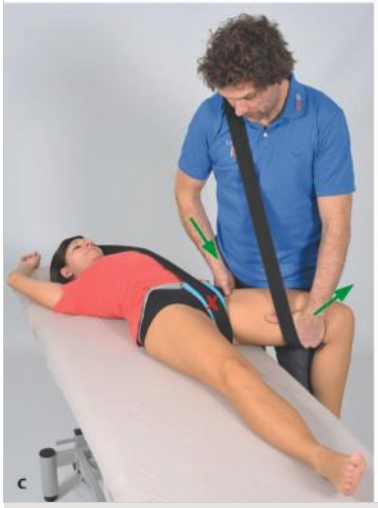


Abb. 15.28 Gebogenes Gleiten.
a Gleiten nach medio-kaudal über den Handschub.
b Gleiten nach medio-kaudal über den Unterarmschub.
c Gebogenes Gleiten nach medio-kaudal aus Rückenlage.

Ausführung (▶ Abb. 15.28):

- Der Patient befindet sich in Seitenlage, der Therapeut steht hinter dem Patienten, stellt seinen Fuß auf die Bank und lagert dessen submaximal abduziertes Bein auf seinem Oberschenkel.
- Die proximale Therapeutenhand legt sich mit Thenar und Hypothenar gegen den Trochanter major, während die distale Hand das Bein von medial schient.
- Der Gleitimpuls erfolgt über die proximale Hand nach medio-kaudal, während der Oberschenkel und die distale Hand die Abduktion forcieren.
- ▶ Abb. 15.28b zeigt die alternative Mobilisation mittels des Ellenbogens des Therapeuten.

Gebogenes Gleiten nach medio-kaudal aus Rückenlage

Ausführung: (▶ Abb. 15.28c)

- Der Patient befindet sich in Rückenlage und der Therapeut steht seitlich zum Patienten.
- Das zu testende Bein wird submaximal abduziert.
- Die patientennahe Hand modelliert sich von proximal dem Trochanter major an.
- Die distale Hand fixiert mithilfe eines Gurtes das abduzierte Bein.
- Der Translationsschub erfogt nach medio-kaudal und wird durch das Becken des Therapeuten unterstützt. Die distale Hand führt dabei weiter in die Abduktion.

Behandlungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Innenrotation

Traktion nach lateral unter Vorpositionierung der Innenrotation



Abb. 15.29 Traktion nach lateral.

Ausführung (▶ Abb. 15.29):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage und das Becken wird mittels einer Gurtschlinge zur gegenüberliegenden Seite fixiert.
- Der Therapeut stellt die submaximale Innenrotation im Hüftgelenk ein und legt seinen Mobilisationsgurt von medial um den proximalen Oberschenkel des Patienten sowie um sein eigenes Becken.
- Die Traktion erfolgt nach latero-kaudal, unter dem Halten der vorpositionierten Innenrotation.

Gelenknahe anguläre Mobilisation über den Trochanter major



Abb. 15.30 Mobilisation der Innenrotation über den Trochanter major.

Ausführung (▶ Abb. 15.30):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das betroffene Bein wird im Hüftgelenk 90° flektiert, das gegenüberliegende Bein zur Verhinderung der weiterlaufenden Bewegung abduziert.
- Der Therapeut steht am Bankrand kopfwärts gerichtet, umfasst das Femur und den Unterschenkel mit seiner medialen Hand und bringt das Hüftgelenk in die submaximale Innenrotation.
- Die laterale Hand des Therapeuten legt sich mit Thenar und Hypothenar von kaudal kommend gegen den Trochanter major.
- Der Schub erfolgt nach kranial über den Trochanter major, wobei der Therapeut seinen Unterarm gegen sein Becken stützt und somit den Schub über seinen Körper forciert.

Gebogenes Gleiten über den proximalen Hebel

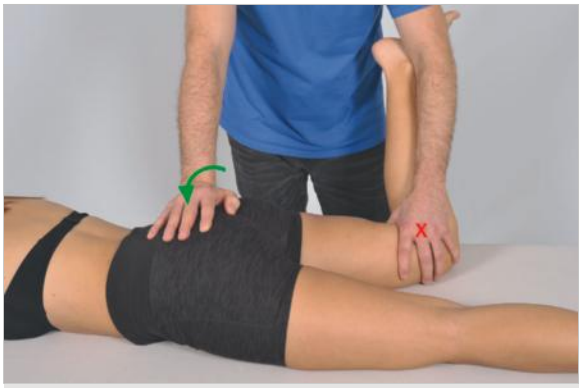


Abb. 15.31 Mobilisation der Innenrotation über den proximalen Hebel.

Ausführung (▶ Abb. 15.31):

- Der Patient befindet sich in Bauchlage, der Therapeut steht auf der zu behandelnden Seite und beugt das Kniegelenk des Patienten 90° an.
- Die distale Hand des Therapeuten umfasst schienend den Unterschenkel und das Kniegelenk des Patienten und stellt die submaximale Innenrotation ein, bis das Becken des Patienten sich mitbewegt.
- Der Gleitimpuls erfolgt mit der proximalen Hand des Therapeuten indem er die gleichseitige Beckenseite, und damit den konkaven Gelenkpartner, über das fixierte Caput femoris zur gegenüberliegenden Seite schiebt.

Behandlungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Außenrotation

Gelenknahe anguläre Mobilisation über den Trochanter major

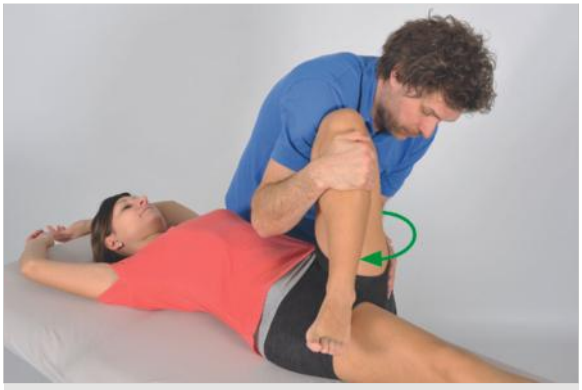


Abb. 15.32 Mobilisation der Außenrotation über den Trochanter major.

Ausführung (▶ Abb. 15.32):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das betroffene Bein wird im Hüftgelenk 90° flektiert, das gegenüberliegende Bein zur Verhinderung der weiterlaufenden Bewegung adduziert.
- Der Therapeut steht am Bankrand fußwärts gerichtet, umfasst das Femur und den Unterschenkel mit seiner medialen Hand und bringt das Hüftgelenk in die submaximale Außenrotation.
- Die laterale Hand des Therapeuten legt sich mit Thenar und Hypothenar von kranial kommend gegen den Trochanter major.
- Der Schub erfolgt nach kaudal über den Trochanter major, wobei der Therapeut seinen Unterarm gegen sein Becken stützt und somit den Schub über seinen Körper forciert.

Gebogenes Gleiten über den proximalen Hebel

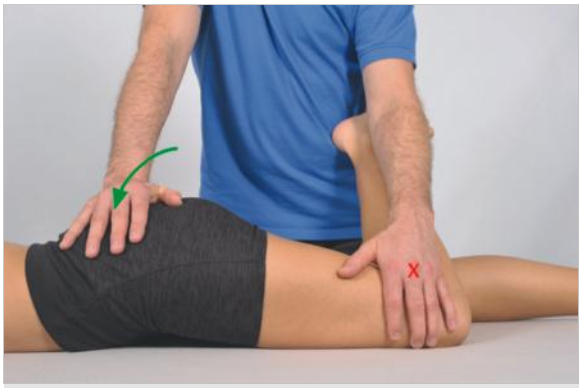


Abb. 15.33 Mobilisation der Außenrotation über den proximalen Hebel.

Ausführung (▶ Abb. 15.33):

- Der Patient befindet sich in Bauchlage, der Therapeut steht auf der gegenüberliegenden Seite und beugt das Kniegelenk des Patienten 90° an.
- Die distale Hand des Therapeuten umfasst schienend den Unterschenkel und das Kniegelenk des Patienten und stellt die submaximale Außenrotation ein, bis das Becken des Patienten sich mitbewegt.
- Der Gleitimpuls erfolgt mit der proximalen Hand des Therapeuten indem er die gegenüberliegende Beckenseite, und damit den konkaven Gelenkpartner, über das fixierte Caput femoris zur gegenüberliegenden Seite schiebt.

16 Becken

Rudi Amberger

Das Becken verkörpert mit seinen gelenkigen Verbindungen ein zentrales Bindeglied zwischen Achsenskelett und unterem Anhangsskelett. Hierbei spielt es nicht nur eine wichtige Rolle in der dynamischen Bewegung zwischen Lendenwirbelsäule und unteren Extremitäten, sondern beinhaltet auch eine Stoßdämpferfunktion (Adams et al. 2013). Für die artikuläre Sicherung des Beckengürtels sorgen eine Formschluss- und eine Kraftschluss-Stabilität.

Darüber hinaus dient das Becken als mechanische Kreuzung, indem es als Kraftüberträger von den unteren Extremitäten in Richtung Rumpf und umgekehrt fungiert.

16.1 Theorie

Die theoretischen Grundlagen des Beckens beschäftigen sich weniger mit der strukturellen Anatomie, sondern vielmehr mit der funktionellen Anatomie. In der Vergangenheit gab es viele Versuche, die Funktionsweise des Beckengürtels zu erforschen, aber die unterschiedlichen Ergebnisse zeigen, wie schwierig es ist, Bewegungen und Achsen zu definieren.

Eine isolierte Betrachtung des Beckens ohne seine funktionellen Zusammenhänge kann dessen zentrale Wichtigkeit nur unzureichend beschreiben. Als ein Beispiel soll hier der Zusammenhang zum Knie dienen:

Drei Muskeln aus unterschiedlichen Regionen des Beckens und mit unterschiedlichen Innervationen inserieren an einem einzigen Punkt am Knie, den wir als Pes anserinus superficialis bezeichnen. ▶ Abb. 16.1 verdeutlicht in ihren Darstellungen die funktionellen Zusammenhänge, dass die Knie gleich einer Marionette auf Veränderungen im Becken und natürlich auch umgekehrt reagieren müssen.

16.1.1 Knöcherne Architektur

Die knöcherne Architektur des Beckenrings zeigt eine dreieckige Form und wird aus 4 Knochen gebildet. Linkes und rechtes Os coxae verkörpern die lateroventralen Teile und das Os sacrum mit anhängendem Os coccygis den zentralen dorsalen Teil. Ein Os coxae setzt sich wiederum aus Os ilium, Os pubis und Os ischii zusammen (▶ Abb. 16.2). Diese 3 Knochen verschmelzen im Alter von ca. 15 Jahren im Bereich des Acetabulums (Y-Fuge) zu einer Synostose.

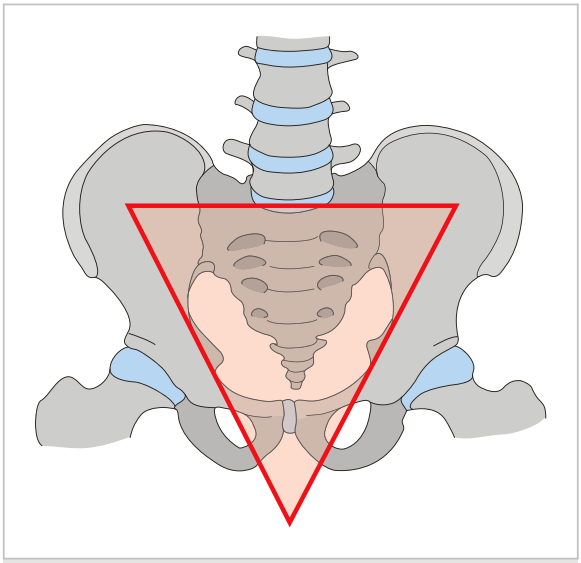


Abb. 16.2 Beckendreieck.

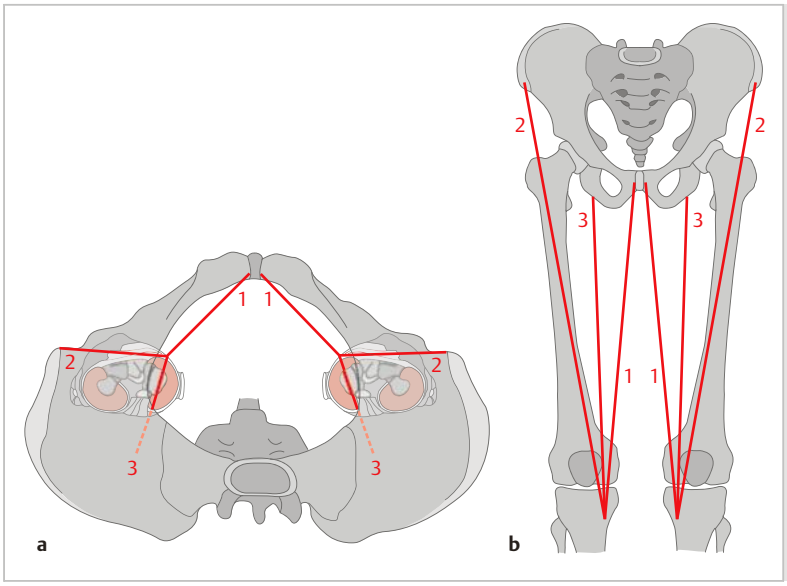


Abb. 16.1 Funktionelle Zusammenhänge zwischen Becken und Knien.
a Verlauf der 3 Muskeln bei 2 aufeinander projizierten transversalen Schnitten.
b Verlauf der 3 Muskeln im Stand. Anterior M. gracilis 1 innerviert vom N. obturatorius, lateral M. sartorius 2 innerviert vom N. femoralis und posterior M. semitendinosus 3 innerviert vom N. tibialis.

Übersicht der wichtigen Referenzpunkte am Becken

▶ Tab. 16.1 listet die wichtigsten Referenzpunkte am Becken auf und deren Darstellung zeigt sich in ▶ Abb. 16.3.

Räumliche Beziehungen Os ilium – Os sacrum

In ▶ Abb. 16.3a ist deutlich zu erkennen, dass das Sakrum im kranialen Bereich breiter ist als im kaudalen. Ein weiteres Merkmal der räumlichen Beziehungen wird in ▶ Abb. 16.4a deutlich. Hier erkennt man, dass das Sakrum ventral breiter ist als dorsal. Fügt man beide Abbildungen zusammen, so ergibt sich folgende Ausrichtung der Facies auricularis (▶ Abb. 16.4b):

- kraniale Basis steht dorsal gegenüber der Spitze
- kaudale Basis steht weiter dorsal als kraniale Basis

Tab. 16.1 Wichtige Referenzpunkte am Becken.

ventrale Referenzpunkte	dorsale Referenzpunkte
Crista iliaca	Crista iliaca
Spina iliaca anterior superior	Spina iliaca posterior superior
Spina iliaca anterior inferior	Spina iliaca posterior inferior
Tuberculum pubicum	Spina ischiadica
Symphysis pubica	Crista sacralis mediana
Foramen obturatum	Hiatus sacralis
Fossa iliaca	Os coccygis
Art. sacroiliaca	Foramina sacralia posteriora
Foramina sacralia anteriora	Tuber ischiadicum
Promontorium	Os ilium
Pecten ossis pubis	Proc. articularis superior
Acetabulum	Canalis sacralis

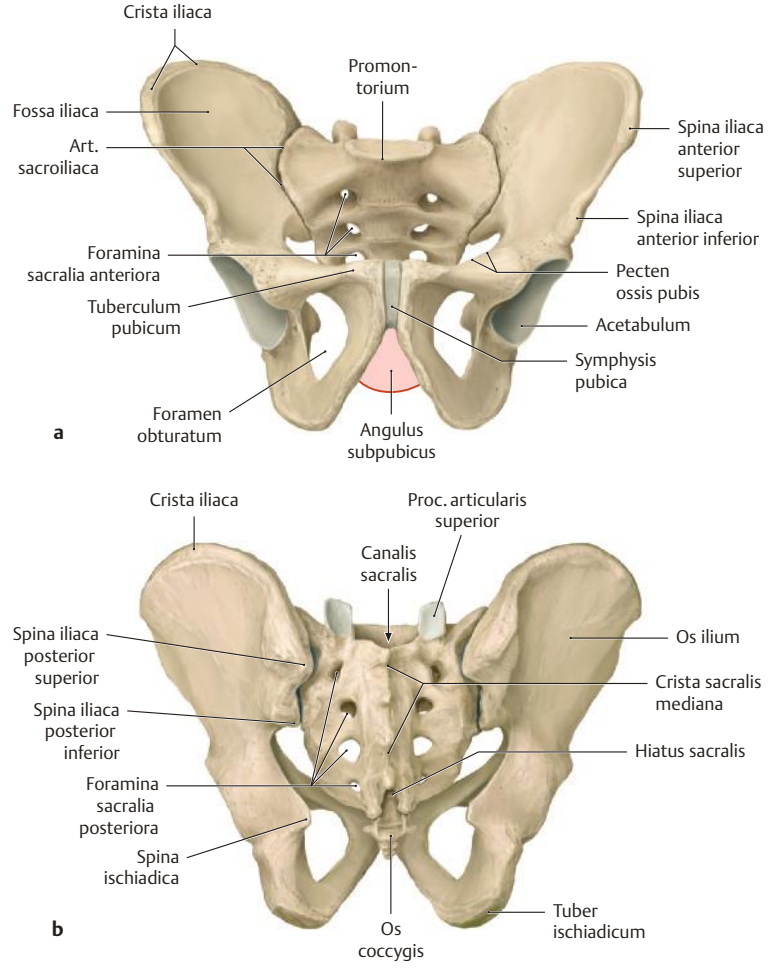


Abb. 16.3 Referenzpunkte am Becken.
a Von ventral.
b Von dorsal.

- kraniale Basis steht medial gegenüber der Spitze
- kaudale Basis steht weiter medial als kraniale Basis

Intraossäres Os sacrum

Auf den ersten Blick erweckt das Sakrum den Anschein, ein kompakter und in sich gefüllter Knochen zu sein. Doch bei näherer Betrachtung erkennt man rasch, dass dieses Bild trügt. Das Sakrum, welches erst um das 30. Lebensjahr vollständig verknöchert, beinhaltet intraossär ein Labyrinthsystem aus Kanälen und Gängen. Der zentrale Kanal (Canalis sacralis) steht mit den Foramina sacralia anteriora und posteriora in Verbindung. Durch diese Öffnungen treten die Rami ventralis und dorsalis des Plexus sacralis aus (▶ Abb. 16.5).

Dynamischer oder statischer Typ

Die Bezeichnung dynamischer oder statischer Typ bezieht sich nicht auf die Beweglichkeit des Beckens in den Hüftgelenken, auch wenn der Verdacht sehr nahe liegen würde, da das Becken nur auf 2 Hüftkugeln jongliert. Vielmehr wird hiermit verdeutlicht, wie weit sich das Sakrum in das Becken neigt und dadurch die Ausrichtung der Facies auricularis verändert. Diesbezüglich wird von einem dynamischen oder statischen Typ gesprochen (▶ Abb. 16.6).

Merkmale eines dynamischen Typs sind eine relativ horizontale Stellung des Sakrums sowie eine Reaktion der Wirbelsäule mit betonten Krümmungen. Zudem verfügt ein solcher Typ auch über vermehrte Beweglichkeit im sakroiliakalen Gelenk (SIG). Bei einem statischen Typ be-

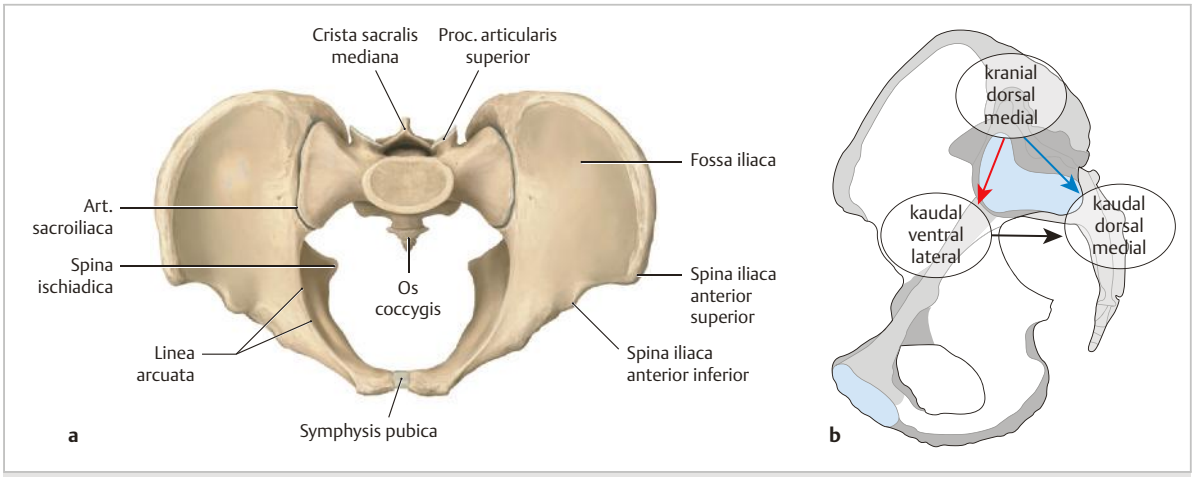


Abb. 16.4 Beziehungen Os ilium/Os sacrum.
a Ansicht des Beckens von kranial.
b Rechtes Os coxae mit integrierter Facies auricularis und Os sacrum.

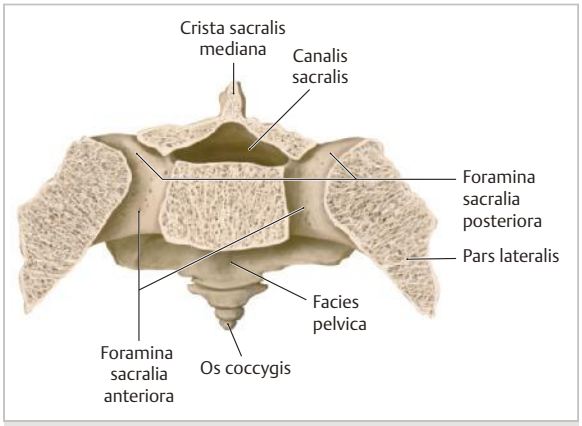


Abb. 16.5 Canalis sacralis mit Verbindungen zu den Foramina sacralia anteriora et posteriora.

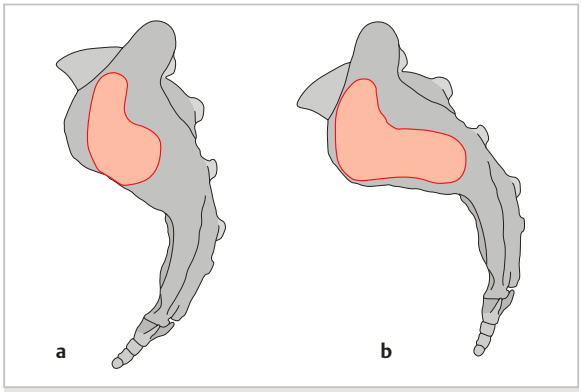


Abb. 16.6 Stellungen des Sakrums.
a Stellung des Sakrums bei einem statischen Typ mit langgezogener Facies auricularis.
b Dynamischer Typ mit geschwungener Facies auricularis.

findet sich das Sakrum in nahezu vertikaler Position, die mit einer langgezogenen Facies auricularis und einer geringeren Krümmung einhergeht. Die Knorpeloberfläche ist glatter und die Krümmungen in der Wirbelsäule sind wenig ausgeprägt.

Einen dynamischen oder statischen Typ findet man auch dann, wenn das gesamte Becken in einer Ante- oder Retroversion steht. Dies zeigt sich an einem kleineren oder größeren beckenhorizontalen Winkel, welcher die Verbindungslinie zwischen den Unterkanten von Spina iliaca posterior superior (SIPS) und Spina iliaca anterior superior (SIAS) zu einer gedachten horizontalen Linie darstellt. Unterschiedliche Studien lassen vermuten, dass sich der Winkel im Bereich von 3° und 22° bewegt und bei Frauen ausgeprägter ist als bei Männern (Kroll 2000, McKeon u. Hertel 2009).

Art. sacroiliaca

Die Art. sacroiliaca, im deutschsprachigen Raum auch als Iliosakralgelenk (ISG) bekannt, zeigt in ihrer Gesamtbetrachtung eine rechteckige bis ovale Form. Es wird zwischen einer Diarthrose (Amphiarthrose) im ventralen Teil und einer Syndesmose im dorsalen Bereich unterschieden.

Die Gelenkflächen des diarthrotischen Anteils werden als Facies auricularis bezeichnet; sie besitzen am Os sacrum einen hyalinen Knorpelüberzug von 1–2,5 mm und am Os ilium einen fibrösen Knorpel mit bis zu 1 mm Dicke (Bowen u. Cassidy 1981). Die Form entspricht in etwa einem Bumerang mit unterschiedlichen Schenkellängen, wobei der kurze Schenkel nach dorso-kranial und der lange Schenkel nach dorso-kaudal gerichtet ist. Die Syndesmose wird durch das Lig. sacroiliacum interosseum im Zwischenraum der beiden Schenkel und im dorso-kranialen Bereich auch etwas darüber hinausgehend, gebildet. In ▶ Tab. 16.2 ist das SIG mit seinen Bewegungen und Achsen zusammengefasst und in ▶ Abb. 16.7 dargestellt.

Ligamente des SIG

Die wichtigsten Ligamente des SIG sind in ▶ Tab. 16.3 und ▶ Abb. 16.8 dargestellt.

Tab. 16.2 Achsen und Bewegungsebenen des SIG.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade							
Facies auricularis ossis ilii (unregelmäßig konvex) Facies auricularis ossis sacri (unregelmäßig konkav) (Vleeming 1990)	Diarthrose (Amphiarthrose) und Syndesmose	**sagittale Ebene**	Ilium anterior/posterior	Sakrum Nutation/Kontranutation	**frontale Ebene**	Inflare/Outflare	**schräge Ebene**	R/R, L/L, L/R, R/L	Bewegungen um helikoidale Achsen bezeichnen Rotationsbewegungen um die Achse, die auch mit einer Translation entlang der Achse kombiniert sind. Diese Achsen werden auch als helicoidal axis of motion (HAM) betitelt (Klein u. Sommerfeld 2004).
			frontotransversale Achse	frontotransversale Achse		sagittotransversale Achse		helikoidale Achse	

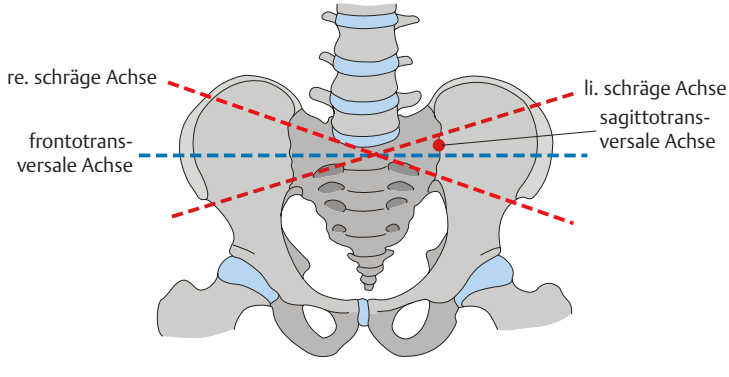


Abb. 16.7 Achsen im SIG.

Tab. 16.3 Ligamente des SIG und ihre Funktionen.

Band	Funktion
Lig. iliolumbale – oberer und unterer Anteil	oberer Anteil: bremst die Flexion von L4 und Seitneigung zur Gegenseite unterer Anteil: bremst die Extension von L5, Seitneigung zur Gegenseite und Rotation zur gleichen Seite
Das Lig. iliolumbale (oberer Anteil L4) stellt kein selbstständiges Band dar, sondern zieht als Faszienstreifen zum Os ilium (Benninghoff u. Drenckhahn 2008).	
Ligg. sacroiliaca posteriora	überbrücken den Gelenkspalt des SIG an der dorsalen Seite und wirken der Nutation entgegen
Ligg. sacroiliaca interossea	verbinden Sakrum mit Ilium und bilden die Syndesmose
Ligg. sacroiliaca anteriora	überbrücken den Gelenkspalt des SIG an der ventralen Seite
Lig. sacrotuberale Lig. sacrospinale	bremst als sehr kräftiges Band die Nutation, gemeinsam mit dem Lig. sacrospinale

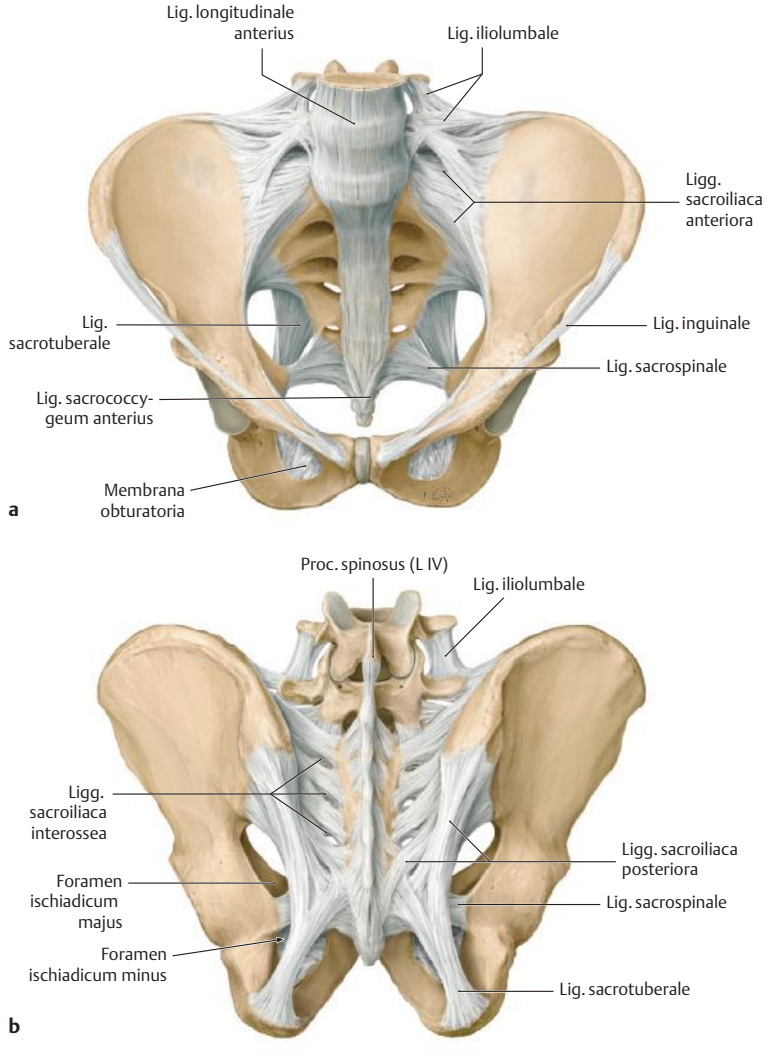


Abb. 16.8 Ventral und dorsal des SIG liegende Ligamente.
a Ventral des SIG liegende Ligamente.
b Dorsal des SIG liegende Ligamente.

Tab. 16.4 Achse und Bewegungsebene des sakrokokzygealen Gelenks.

Gelenktyp	Freiheitsgrade		
Amphiarthrose	sagittale Ebene	Flexion/Extension	Bei der Bezeichnung Flexion/Extension ist darauf zu achten, dass sie im Gegensatz zur restlichen WS im Beckenbereich eine Ausnahme darstellt. So wird die Bewegung am Apex des Os coccygis nach ventral als Flexion bezeichnet (Klein u. Sommerfeld 2004).
		frontotransversale Achse	

Foramen ischiadicum majus

Lig. sacrotuberale und Lig. sacrospinale formen die Incisura ischiadica major zum Foramen ischiadicum majus. Der M. piriformis durchquert dieses Foramen in frontaler Richtung und teilt es in ein Foramen suprapiriforme und ein Foramen infrapiriforme.

Foramen ischiadicum majus:

- Foramen suprapiriforme
  - N. glutaeus superior
  - A. und V. glutea superior
- M. piriformis
- Foramen infrapiriforme
  - N. ischiadicus
  - N. cutaneus femoris posterior
  - N. glutaeus inferior
  - A. und V. glutea inferior
  - N. pudendus
  - A. und V. pudenda interna

Klinischer Bezug

Eine Tonusänderung des M. piriformis kann zu Engpässen der durch die Foramina supra- und infrapiriformia ziehenden Strukturen führen.

Art. sacrococcygea

Das sakrokokzygeale Gelenk ist eine Amphiarthrose mit verbindendem Fasergewebe. Es besitzt elliptische Gelenkflächen, die in der frontalen Ebene ausgerichtet sind (▶ Tab. 16.4).

Zu den Ligamenten des sakrokokzygealen Gelenks s. ▶ Tab. 16.5 u. ▶ Abb. 16.9.

Tab. 16.5 Ligamente des sakrokokzygealen Gelenks.

Band	Funktion
Lig. sacrococcygeum posterius	bremst die Flexion
Lig. sacrococcygeum anterius	bremst die Extension
Lig. sacrococcygeum laterale	bremst die Bewegung in der frontalen Ebene

Symphysis pubica

Die Facies symphysialis ist beidseits mit einem dünnen hyalinen Knorpel überzogen und fest mit dem Discus interpubicus verbunden. Gemeinsam mit dem Diskus stellt dieses Gelenk eine Synarthrose dar. Mit zunehmendem Alter kommt es zu einer Spaltbildung (Cavum symphyseos) im Diskus, die vermutlich auf Scherkräfte zurückzuführen ist (Benninghoff u. Drenckhahn 2008).

Die Symphyse fungiert nicht nur als Kontaktstelle der beiden Hüftbeine im ventralen Bereich, sondern wird auch von den diagonalen Verflechtungen geprägt, die aus Endfasern der Muskulatur gebildet sind. ▶ Abb. 16.10 zeigt die kreuzenden Fasern des M. rectus abdominis, des M. obliquus externus abdominis sowie des M. gracilis.

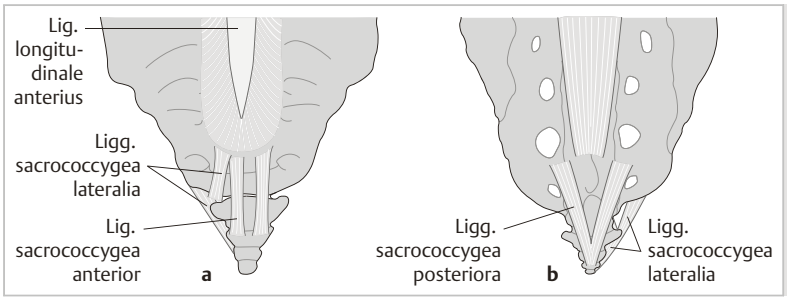


Abb. 16.9 Ligg. des sakrokokzygealen Gelenks.
a Von ventral.
b Von dorsal.

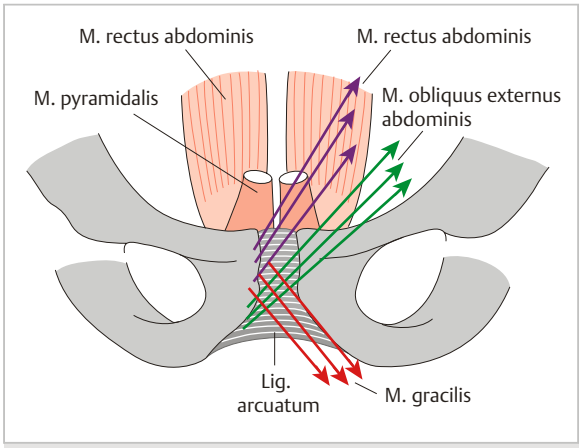


Abb. 16.10 Symphysis pubica mit den kreuzenden Zügen des M. rectus abdominis, M. obliquus externus abdominis und M. gracilis. Das Lig. arcuatum pubis verbindet arkadenförmig die beiden Rami ossis pubis.

Klinischer Bezug

Diese kreuzenden Faserbündel können für den Kliniker von Interesse sein, da ein evtl. vorhandener Insertionsschmerz nicht immer direkt zuzuordnen ist.

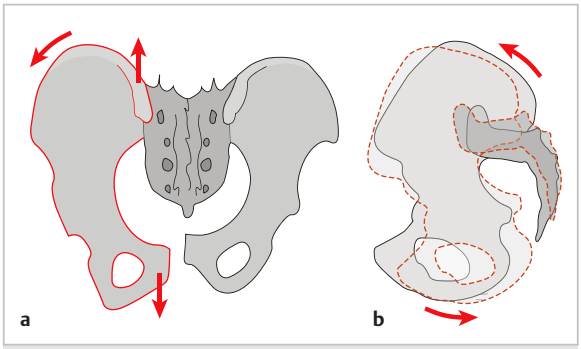


Abb. 16.11 Die Bewegung Ilium anterior in der frontalen und sagittalen Ebene.
a Bewegung Ilium anterior aus Sicht der frontalen Ebene (Ansicht von dorsal).
b Aus Sicht der sagittalen Ebene.

Tab. 16.6 Ilium anterior.

Bewegung	Referenzpunkte	Richtung
Ilium anterior	SIPS	superior-anterior-lateral
	SIAS	inferior-anterior-medial
	Tuber ischiadicum	inferior-posterior-medial

Beachte: Je nach Position des Tuber ischadicum zur frontotransversalen Achse, kann dieser sich bei einem Ilium anterior auch nach superior bewegen.

16.1.2 Funktionelle Anatomie

Wie eingangs bereits erwähnt, gibt es bezüglich Bewegungsausmaß und Achsenlage im SIG unterschiedliche Angaben (Kap. 16.1). Egund et al. (1978) beschreiben in ihrer Studie „Movements in the sacroiliac joints demonstrated with roentgen stereophotogrammetry" ein Rotationsausmaß für Nutation und Kontranutation von 2° sowie eine Translation von 2 mm. Die Autoren nehmen an, dass sich die Achse im Bereich des Lig. sacroiliaca interosseum befindet.

Obwohl vermutlich die Bewegungen des Iliums (Ilium anterior und Ilium posterior) sowie die Bewegungen des Sakrums (Nutation und Kontranutation) um dieselben Achsen stattfinden, unterscheiden wir, von welcher Richtung die Bewegung jeweils eingeleitet wird. Aus diesem Grund trennen wir in der Folge iliosakrale (I-S) Bewegungen von sakroiliakalen (S-I) Bewegungen.

I-S-Bewegung

I-S-Bewegungen finden ihren Ursprung in der unteren Extremität, übertragen sich anschließend auf das Ilium und erst weiterlaufend auf das Sakrum.

Ilium-anterior-Bewegung

Die Bewegung Ilium anterior findet um eine frontotransversale Achse statt (▶ Tab. 16.6 u. ▶ Abb. 16.11).

Klinischer Bezug

Während der Anterior-Bewegung verlagert sich der Trochanter major nach inferior. Der Oberschenkel wird somit funktionell länger und die Hüfte führt eine Innenrotation durch.

Strukturen, die an der Bewegung des Iliums nach anterior beteiligt sind

- M. sartorius
- M. gracilis
- M. rectus femoris
- M. tensor fascia latae
- M. iliacus
- Mm. adductores
- M. quadratus lumborum
- M. latissimus dorsi
- M. erector trunci

Strukturen, die an der Verhinderung der Bewegung nach anterior beteiligt sind

- Ischiokrurale Muskulatur
- M. glutaeus maximus
- M. psoas major
- M. rectus abdominis
- Ligg. sacroiliaca posteriora (obere horizontale Bündel)
- Ligg. sacroiliaca anteriora (sehr geringfügig)
- Lig. iliolumbale (unterer Anteil)

Ilium-posterior-Bewegung

Die Bewegung Ilium posterior findet um eine frontotransversale Achse statt (▶ Tab. 16.7 u. ▶ Abb. 16.12).

Klinischer Bezug

Während der Posterior-Bewegung verlagert sich der Trochanter major nach superior. Der Oberschenkel wird somit funktionell kürzer und die Hüfte führt eine Außenrotation durch.

Tab. 16.7 Ilium posterior.

Bewegung	Referenzpunkte	Richtung
Ilium posterior	SIPS	inferior-posterior-medial
	SIAS	superior-posterior-lateral
	Tuber ischiadicum	superior-anterior-lateral

Beachte: Je nach Position des Tuber ischiadicum zur frontotransversalen Achse, kann dieser sich bei einem Ilium posterior auch nach inferior bewegen.

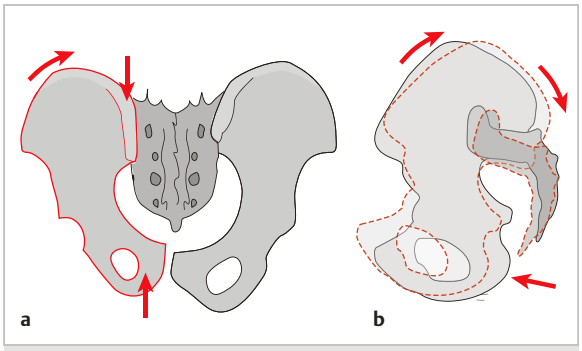


Abb. 16.12 Die Bewegung Ilium posterior in der frontalen und sagittalen Ebene.
a Bewegung Ilium posterior aus Sicht der frontalen Ebene (Ansicht von dorsal).
b Aus Sicht der sagittalen Ebene.

Strukturen, die an der Bewegung des Iliums nach posterior beteiligt sind

- Ischiokrurale Muskulatur
- M. glutaeus maximus
- M. psoas major
- M. rectus abdominis

Strukturen, die an der Verhinderung der Bewegung nach posterior beteiligt sind

- M. sartorius
- M. gracilis
- M. rectus femoris
- M. tensor fascia latae
- M. iliacus
- Mm. adductores
- M. quadratus lumborum
- M. latissimus dorsi
- M. erector trunci
- Lig. sacrotuberale
- Lig. sacrospinale
- Lig. iliolumbale (oberer Anteil)

Klinischer Bezug

Beckenbewegungen entstehen als Folge von Hüft- oder Rumpfbewegungen: Bei Flexion der Hüfte rotiert das Os ilium nach posterior. Bei Extension der Hüfte rotiert das Os ilium nach anterior.

Inflare-Bewegung

Die Inflare-Bewegung findet um eine sagittotransversale Achse statt, welche sich im Lig. sacroiliaca interosseum befindet (▶ Tab. 16.8 u. ▶ Abb. 16.13).

Klinischer Bezug

Biomechanisch kommt es zu einer Kompression des kürzeren oberen Gelenkanteils und zu einem gaping im unteren längeren Gelenkteil.

Klinischer Bezug

Inflare-Bewegungen werden induziert durch Abduktion der Hüfte, Innenrotation der Hüfte (bei 90° Flexion), Nutation und Hinsetzen. Die Inflare-Bewegung beschreibt die beckenaustreibende Bewegung.

Tab. 16.8 Inflare-Bewegung.

Bewegung	Referenzpunkte	Richtung
Inflare	SIPS und SIAS	medial
	Tuber ischiadicum	lateral

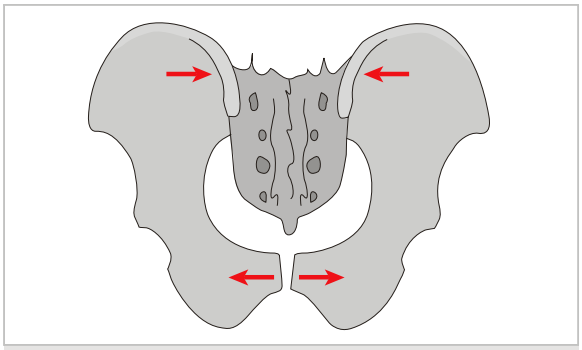


Abb. 16.13 Inflare-Bewegung (Ansicht von dorsal).

Strukturen, die an der Bewegung in Richtung Inflare beteiligt sind

Damit diese Strukturen in der Folge zu einem Inflare führen können, muss die Voraussetzung gegeben sein, dass Punctum fixum und Punctum mobile vertauscht sind:

- M. quadratus lumborum
- Adduktoren der Hüfte
- Außenrotatoren der Hüfte (Hüfte in 90° Flexion)

Strukturen, die an der Verhinderung der Inflare-Bewegung beteiligt sind

- Perineum
- Abduktoren der Hüfte
- Innenrotatoren der Hüfte (Hüfte in 90° Flexion)
- Lig. sacrotuberale
- Lig. sacrospinale

Outflare-Bewegung

Die Outflare-Bewegung findet um eine sagittotransversale Achse statt, welche sich im Lig. sacroiliacum interosseum befindet (▶ Tab. 16.9 u. ▶ Abb. 16.14).

Klinischer Bezug

Biomechanisch kommt es zu einem gaping des kürzeren oberen Gelenkanteils und zu einer Kompression im unteren längeren Gelenkteil.

Tab. 16.9 Outflare-Bewegung.

Bewegung	Referenzpunkte	Richtung
Outflare	SIPS und SIAS	lateral
	Tuber ischiadicum	medial

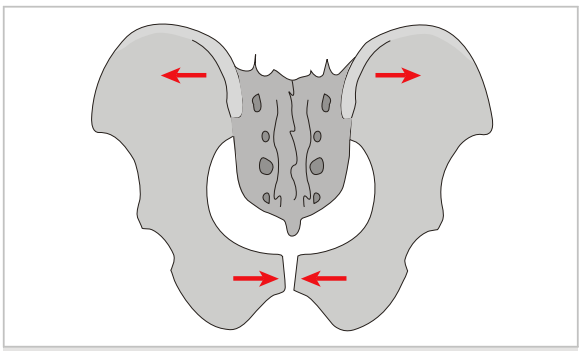


Abb. 16.14 Outflare-Bewegung (Ansicht von dorsal).

Klinischer Bezug

Outflare-Bewegungen werden induziert durch Adduktion der Hüfte, Außenrotation der Hüfte (90° Flexion), Kontranutation und Aufstehen.

Strukturen, die an der Bewegung in Richtung Outflare beteiligt sind

Damit diese Strukturen in der Folge zu einem Outflare führen können, muss die Voraussetzung gegeben sein, dass Punctum fixum und Punctum mobile vertauscht sind:

- Abduktoren der Hüfte
- Perineum
- Innenrotatoren der Hüfte (Hüfte in 90° Flexion)

Strukturen, die an der Verhinderung der Outflare-Bewegung beteiligt sind

- Mm. adductores
- Außenrotatoren der Hüfte
- M. quadratus lumborum
- Ligg. iliolumbalia

S-I-Bewegungen

S-I-Bewegungen finden ihren Ursprung in der Wirbelsäule, nehmen in der Folge das Sakrum mit und übertragen sich anschließend auf das Ilium. Hier wird zwischen Bewegungen in der sagittalen Ebene und assoziierten Bewegungen unterschieden.

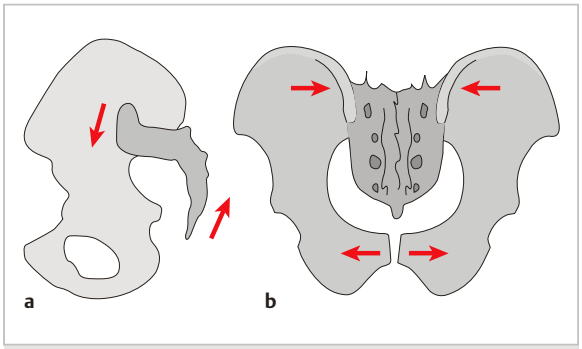


Abb. 16.15 Eine Nutationsbewegung erzwingt gleichzeitig eine Inflare-Bewegung.
a Nutationsbewegung.
b Inflare-Bewegung.

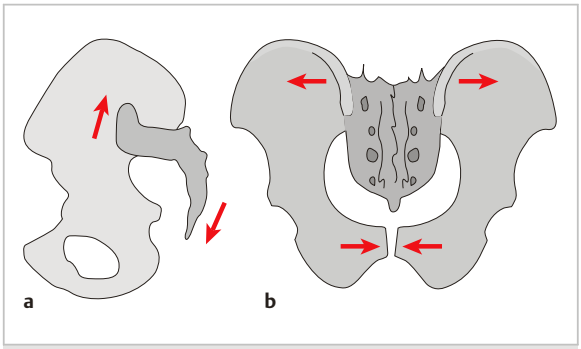


Abb. 16.16 Eine Kontranutationsbewegung erzwingt gleichzeitig eine Outflare-Bewegung.
a Kontranutationsbewegung.
b Outflare-Bewegung.

Nutation

Nutation bezeichnet die Bewegung des Os sacrum in Richtung Flexion (Horizontalisation). S1 bewegt dabei nach ventral und kaudal, S5 nach dorsal und kranial (▶ Abb. 16.15).

Strukturen, die eine Nutation bremsen

- Lig. sacrotuberale (Verlängerung der Hamstrings)
- Lig. sacrospinale
- Ligg. sacroiliaca (v. a. die posterioren Anteile)
- beide Musculi piriformes
- Perineum

Klinischer Bezug

Eine Nutationsbewegung entsteht:
- während einer bilateralen Inflare-Bewegung
- während der Ausatmung in Bauchlage
- bei Lordosierung der LWS
- während der Schwangerschaft
- am Ende der Entbindung
- beim Stehen durch die Schwerkraft
- Nutation plus Inflare steht für Beckenaustreibung

Kontranutation

Kontranutation beschreibt die Bewegung des Os sacrum in Richtung Extension (Vertikalisation). S1 bewegt sich dabei nach dorso-kranial, S5 nach ventro-kaudal (▶ Abb. 16.16).

Strukturen, die eine Kontranutation bremsen

- Ligg. sacroiliaca (v. a. ventrale Anteile)

Klinischer Bezug

Eine Kontranutationsbewegung entsteht:
- während einer bilateralen Outflare-Bewegung
- während der Einatmung in Bauchlage
- bei Kyphosierung der LWS
- während der Entbindung in der Eröffnungsphase
- Kontranutation plus Outflare steht für Kontinenz

Bewegungen um schräge helikoidale Achsen

Eine weitere Gruppe im S-I-Bereich bilden die Bewegungen um die schrägen helikoidalen Achsen. Die beiden Achsen verlaufen im Lig. sacroiliacum interosseum auf Höhe der Basis eines kranialen Schenkels einer Seite und auf Höhe der Basis des kaudalen Schenkels auf der Gegenseite. Die Fixpunkte befinden sich entsprechend auf Höhe von S1 und S3.

Schräge Achsen sind keine anatomischen, sondern ausschließlich physiologische Achsen. Wird z. B. das linke Bein als Standbein genutzt, so ergibt sich daraus eine linke schräge Achse. In diesem Beispiel entstehen die Achsen durch gleichzeitige Kontraktion von M. glutaeus maximus li. und M. piriformis re. Diese beiden Muskeln bilden die helikoidale Achse, stabilisieren sie und sind ebenso für den schnellen Wechsel dieser Achsen verantwortlich.

Aus diesen 2 schrägen Achsen ergeben sich insgesamt 4 verschiedene Variationen, die wir als sakroiliakale Torsionstranslationen bezeichnen. Diese Bewegungen werden durch jeweils 2 Buchstaben beschrieben:

R/R, L/L, L/R, R/L

Der 1. Buchstabe bezeichnet die Richtung, in die die ventrale Seite des Sakrums zeigt; der 2. Buchstabe benennt die Achse um die und entlang derer die Bewegung stattfindet.

Tab. 16.10 Translationskombinationen.

Translationsrichtungen	Pfeil	von	nach
kranialer Schenkel	grün	dorso-kranial-medial	ventro-kaudal-lateral
kranialer Schenkel	rot	ventro-kaudal-lateral	dorso-kranial-medial
kaudaler Schenkel	grün	dorso-kaudal-medial	ventro-kranial-lateral
kaudaler Schenkel	rot	ventro-kranial-lateral	dorso-kaudal-medial

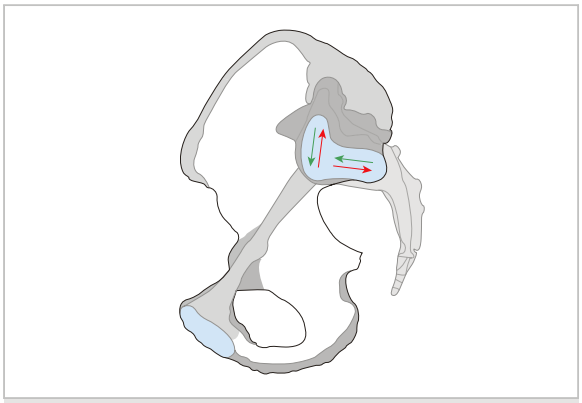


Abb. 16.17 Die grünen Pfeile demonstrieren die Translation zur Spitze; die roten Pfeile kennzeichnen die Translation zu den Basen.

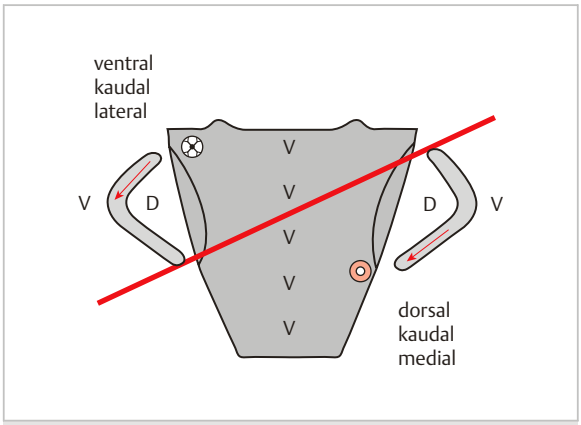


Abb. 16.18 R/R: Rotation um die rechte schräge Achse in Nutation und Translation am linken kranialen und rechten kaudalen Schenkel.

Aus der Rotationskomponente ergibt sich die Drehung um diese schräge Achse und sie spiegelt eine assoziierte Nutation oder Kontranutation wider. Die Translation (▶ Abb. 16.17) ist die Bewegung entlang des kurzen kranialen bzw. des langen kaudalen Schenkels.

In ▶ Tab. 16.10 sind die Translationskombinationen aufgeführt, die sich aus der Beachtung, dass die ventrale Seite des Sakrums breiter ist als die dorsale, ergeben.

Nachfolgend werden je ein Beispiel für eine Nutations- und für eine Kontranutationsbewegung aufgezeigt.

R/R: Sakrum steht in Nutation um eine rechte schräge Achse. ▶ Abb. 16.18 zeigt die Rotation und Translation

L/R: Sakrum steht in Kontranutation um eine rechte schräge Achse. ▶ Abb. 16.19 zeigt die Rotation und Translation

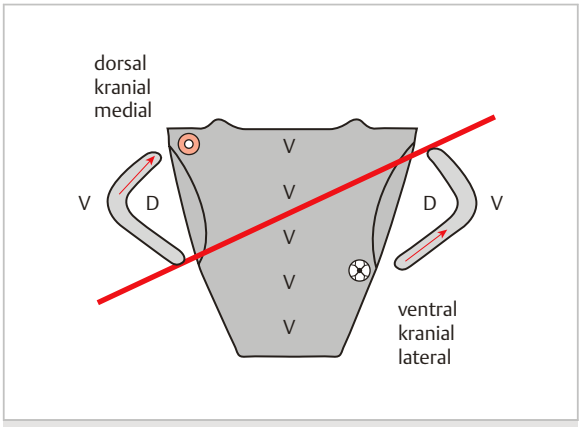


Abb. 16.19 L/R: Rotation um die rechte schräge Achse in Kontranutation und Translation am linken kranialen und rechten kaudalen Schenkel.

Sakrokokzygeales Gelenk

Die Art. sacrococcygea bildet das letzte Gelenk in unserem Achsenskelett. Als Verbindung zwischen Sakrum und Kokzygis hat es mechanisch gesehen nur wenig Bedeutung. Eine Ausnahme bildet die Geburt. In der Austreibungsphase wandert der Apex in Richtung Extension (▶ Abb. 16.20), um den sagittalen Durchmesser der Beckenausgangsebene zu vergrößern.

Klinischer Bezug

Funktionell steht es in einem engen Zusammenhang mit dem Beckenboden, da viele ligamentäre, fasziale und muskuläre Strukturen ihren Ursprung in dieser Region finden. Spannungsänderungen im Perineum übertragen sich auf diese Weise auf das Os coccygis und das Sakrum.

Dura mater spinalis

Die Dura mater spinalis tritt von kranial kommend in den Canalis sacralis ein und endet auf Höhe von S3. Das Filum terminale, welches die Fortsetzung der Pia mater spinalis darstellt, durchstößt den duralen Sack und zieht durch den Hiatus sacralis an die dorsale Spitze des Os coccygis.

Während der Nutation wird das Kippen der Kreuzbeinspitze nach hinten noch durch eine Extension des Steißbeins unterstützt, so dass der sagittale Durchmesser (Diameter conjugata des Beckenausgangs) bei der Passage des kindlichen Kopfes an Länge gewinnt.

Bleibt z. B. nach einer Entbindung diese veränderte Position von Os sacrum und Os coccygis bestehen, so wäre ein vermehrter Zug über die Dura mater spinalis und somit auch auf die Dura mater cerebralis denkbar. Diskutiert wird in diesem Zusammenhang auch eine mögliche Ursache der Wochenbettneurose. Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit anderer Symptome, wie z. B. Kopfschmerzen, Vertigo oder Sehstörungen.

Klinischer Bezug

Führt die Geburt oder ein Trauma zu einer übermäßigen Belastung dieses Gelenks, was eine Irritation der artikulären und ligamentären Strukturen, aber auch des letzten sympathischen Ganglions (unpaares Ganglion von Impar) nach sich ziehen kann, sind vegetative Reaktionen im Versorgungsgebiet dieser Nerven möglich, sofern es zu einer Irritation dieses Ganglions gekommen ist. Als eines der häufigsten Symptome wäre hierbei das übermäßige Schwitzen im Schrittbereich aufzuführen, welches überwiegend nachts auftritt.

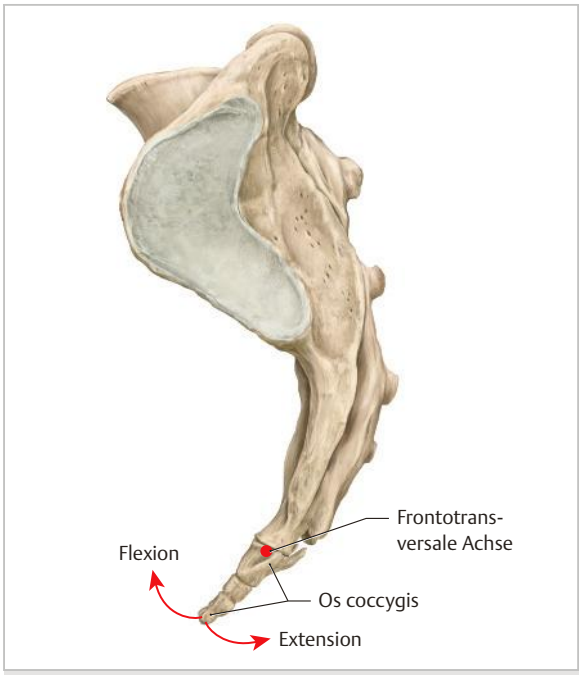


Abb. 16.20 Achse und Bewegungsrichtung des Os coccygis.

Depressed sacrum

Lippincott (1965) postuliert ein depressed sacrum als ein traumatisch nutiertes Sakrum mit veränderter Achslage. Durch die starke Nutationsbewegung kommen die Ligg. sacrotuberale und sacrospinale maximal auf Zug und lassen eine weitere Bewegung der Kreuzbeinspitze nach dorso-kranial nicht mehr zu. In der Folge bildet sich am Apex eine neue Achse, was bei weiterer Nutation zu einer Subluxation des Sakrums führen kann (▶ Abb. 16.21).

Mitchell (2005b) postuliert in diesem Zusammenhang, dass eine Fehlstellung des Os coccygis zu einer ungleichen myofaszialen Spannung in den paarigen Mm. coccygeus und levator ani führen kann. Infolgedessen könnte ein abgeschwächter Pumpeffekt dieser Muskeln auf den venö-

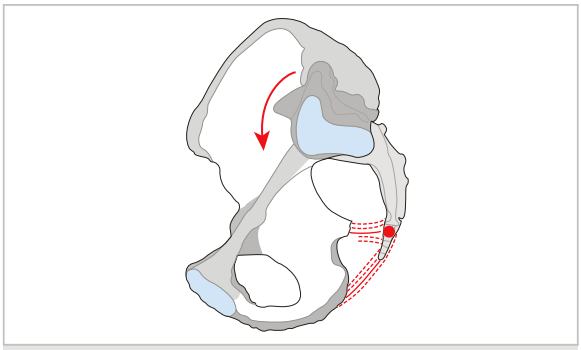


Abb. 16.21 Depressed sacrum bedingt durch die neue Achse am Apex des Sakrums.

sen Plexus der Fossa ischioanalis (ischiorectalis) auftreten.

Symphysis pubica

In der Literatur existieren nur wenige Studien, die sich mit dem Bewegungsverhalten der Symphysis pubica beschäftigen. Die größte Bewegungsamplitude findet vermutlich in kranio-kaudaler Richtung statt. Becker (2010) beschreibt in ihrem systematischen Review eine Translation von 2 mm und eine Rotation von 10°. Des Weiteren wird vermutet, dass die Symphyse Druck- und Zugbelastungen ausgesetzt ist, wofür auch das stark ausgeprägte Lig. arcuatum pubis an der Unterseite der Symphyse sprechen würde. Die Patientengruppe mit den größten Problemen in diesem Gelenk wird von Frauen nach der Entbindung gebildet.

Klinischer Bezug

Für den Kliniker ist die Instabilität in diesem Gelenk von Interesse. Beschwerden können sowohl im Bereich der Symphyse, im Leistenbereich oder auch im SIG auftreten.

16.2 Praxis

16.2.1 Screening Becken

(s. a. Kap.3)

Eine evidenzbasierte Diagnostik im SIG gibt es leider nicht. Provokationstests, wie von Laslett beschrieben, bringen eine relative Sicherheit und beinhalten eine höhere Trefferquote in Bezug auf Sensitivität und Spezifität als rein palpatorische Tests (Laslett 2012). Dazu gehören:

- Distraktionstest
- Kompressionstest
- Oberschenkel-Thrust-Test
- Gaenslen-Test
- Sacral-Thrust-Test

Trotz der guten Evidenz bleibt das Risiko bestehen, dass es sich auch um eine Störung in benachbarten Regionen, wie z. B. der LWS, handeln kann. Beyerlein u. Bessler (2006) empfehlen diesbezüglich zusätzliche Untersuchungen zur Zentralisierung oder Peripheralisierung von Schmerz.

Tong (2006) und Mitarbeiter stellten in einer Intertester Reliabilitätsstudie Folgendes fest: Wenn die Untersucher palpatorische Tests mit der jeweils höchsten Reliabilität verwenden, so kann eine durchaus sichere Diagnostik bezüglich Sakrumdysfunktion, sakraler Position und Position der Beckenschaufeln gestellt werden.

Dazu zählen zum Feststellen der sakralen Dysfunktion:

- Standing Stork Test (Test für Ilium posterior)

Zum Feststellen der Position der Beckenschaufeln und der sakralen Basis:

- Trunk Flexion/Extension Test (Test der initialen Bewegung mit Flexion/Extension)
- Medial Malleolus Symmetry Test (Palpation Unterkanten der medialen Malleoli)

Anamnese

Die Anamnese eröffnet uns nicht nur die Möglichkeit ein genaues Bild über die Schmerzlokalisation und Schmerzauslöser zu erlangen, sondern sie vermittelt uns gleichzeitig auch wichtige Erkenntnisse zu evtl. vorliegenden Red Flags. Spezielle Red Flags für das SIG sind in der Literatur nicht beschrieben. Es empfiehlt sich daher, die Red Flags der LWS heranzuziehen.

Red Flags bei Low Back Pain (Arnold 2009):

- Trauma, evtl. kombiniert mit Osteoporose
- Patient unter 20 oder über 50 Jahre
- Tumoranamnese
- Symptome wie Fieber, allgemeine Übelkeit und Gewichtsverlust
- Risikofaktoren für Wirbelsäuleninfektionen (intravenöse Drogen, HIV, Immunsuppressiva)
- neurologische Zeichen
- nächtliche Schmerzen

Inspektion

In der Regel gibt es im SIG-Bereich nur unerhebliche Auffälligkeiten. Positionelle Veränderungen fallen zu gering aus, als dass sie eine sichtbare Abweichung zeigen. Als Manualtherapeut achten wir aber auch auf Gefäßzeichnungen, Schwellungen, Narben und andere Auffälligkeiten, da sie Hinweise auf andersartige Ursachen liefern können. Weitere interessante Details finden Sie in Kap. 3.

Palpation

Im SIG spielt nicht nur die provozierende Palpation, sondern auch die Palpation in Ruhe und Bewegung (Funktionstests) eine wichtige Rolle. Um sich ein umfassendes Bild machen zu können, beginnen wir im Stand mit der Palpation der Längsgewölbe am Fuß. Nach proximal folgen dann die Referenzpunkte Fibulaköpfchen, Trochanter major, SIPS, SIAS, Crista iliaca und beckenhorizontaler Winkel. Der Vergleich dieser Referenzen lässt eine Vermutung anstellen in Bezug auf Beckentorsion und funktionelle oder strukturelle Beinlängendifferenz.

▶ Abb. 16.22 und ▶ Abb. 16.23 zeigen die zu palpierenden Referenzpunkte im Stand und in der Rückenlage.

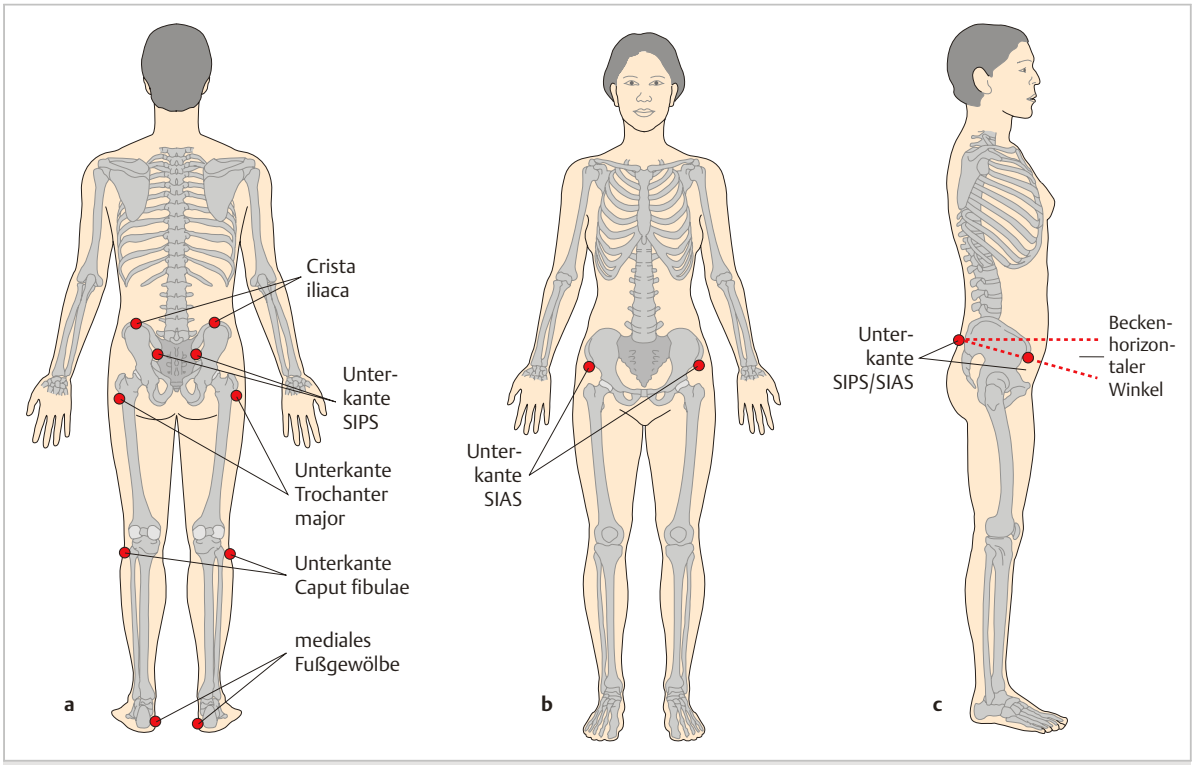


Abb. 16.22 Zu palpierende Referenzpunkte im Stand.
a Palpation mediales Fußgewölbe, Unterkante Caput fibulae, Unterkante Trochanter major, Unterkante SIPS, Crista iliaca.
b Unterkante SIAS.
c Beckenhorizontaler Winkel re.

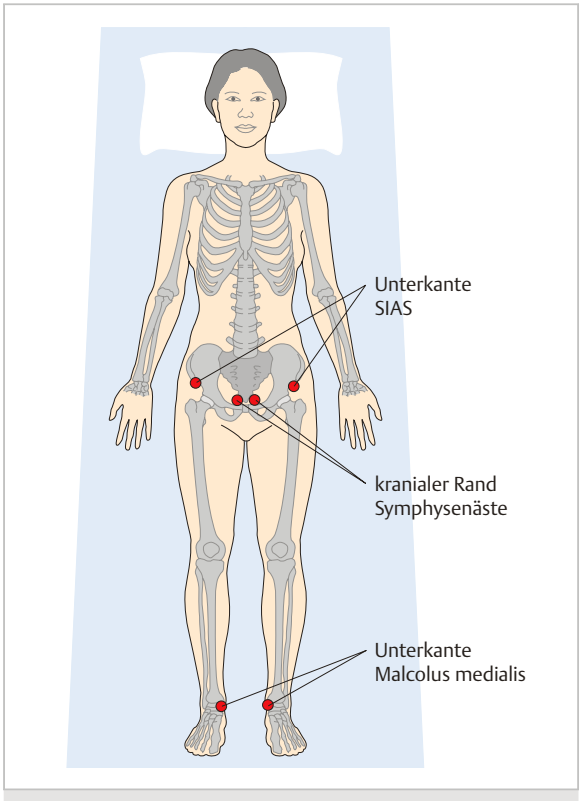


Abb. 16.23 Referenzpunkte in Rückenlage sind Unterkante Malleolus medialis, Unterkante SIAS und kranialer Rand der Symphysenäste.

Praxistipp

Vor der Palpation der Referenzpunkte in Rückenlage wird mit dem Patienten ein mehrmaliges „bridging" durchgeführt. Anschließend werden die Beine passiv gestreckt, um eine neutrale Position des Beckens zu gewährleisten.

Es empfiehlt sich, die Positionen der Referenzpunkte zu dokumentieren und in Befundmännchen einzutragen. Dies erleichtert die spätere Interpretation der Ergebnisse.

Tests

Safety-Tests

Diese Tests untersuchen die Stabilität der passiven Strukturen und die Integrität des neurovaskulären Systems. Dabei stellen positive Testergebnisse eine Kontraindikation für mobilisierende Maßnahmen dar und sollten durch den entsprechenden Facharzt abgeklärt werden.

Aber auch negative Sicherheitstests gewährleisten keinen absoluten Ausschluss von Komplikationen und entbinden den Therapeuten in keiner Weise von der nötigen Sorgfalt bei der Behandlung.

Os pubis über Traktion

Ausführung:
- Patient befindet sich in Rückenlage mit angestellten Beinen.
- Die Knie werden isometrisch gegen den Widerstand des Therapeuten in Abduktion gespannt, danach Anspannung der Adduktoren gegen den dazwischen gelegten Unterarm des Therapeuten (▶ Abb. 16.24).

Interpretation:
- bei angestellten Beinen zieht es durch die Anspannung der Adduktoren die Os pubis Äste auseinander
- bei Instabilität sofort heftiger Schmerz
- bei Blockierung manchmal ein lautes Knacken

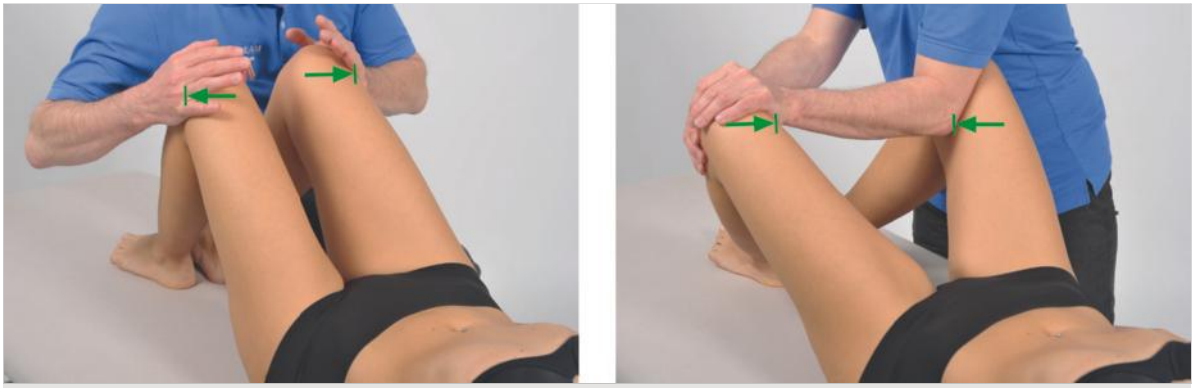


Abb. 16.24 Anspannung gegen Widerstand des Therapeuten und Anspannung der Adduktoren.
a Widerstand durch Therapeuten.
b Anspannung der Adduktoren.

Stabilitätstest L5/S1

siehe hierzu Kap. 11

Test der Aorta abdominalis

siehe hierzu Kap. 11

Provokationstests

Distraktion im ventralen Bereich des SIG und Kompression der Basen

Ausführung:
- Patient ist in Rückenlage, Therapeut steht seitlich und legt die Hände im Kreuzgriff an die Innenseite der SIAS.
- Anschließend gibt der Therapeut rhythmische, intermittierend steigernde Drücke nach dorso-lateral, die am Ende einige Sekunden gehalten werden.
- Erzeugt wird eine Distraktion im ventralen Bereich des SIG sowie eine Kompression an den Basen (▶ Abb. 16.25).

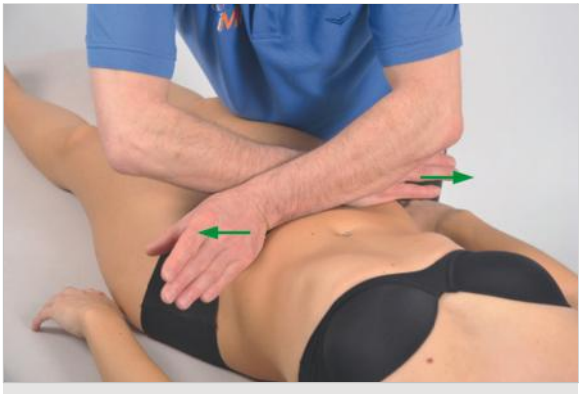


Abb. 16.25 Distraktion im ventralen Bereich und Kompression der Basen.

Kompression der Spitze des SIG und Distraktion im dorsalen Bereich

Ausführung:

- Patient ist in Rückenlage, Therapeut steht seitlich und legt die Hände lateral an die SIAS.
- Anschließend gibt der Therapeut rhythmische, intermittierend steigernde Drücke nach medial, die am Ende einige Sekunden gehalten werden.
- Erzeugt wird eine Kompression im ventralen Bereich des SIG sowie eine Distraktion an den Basen (▶ Abb. 16.26).

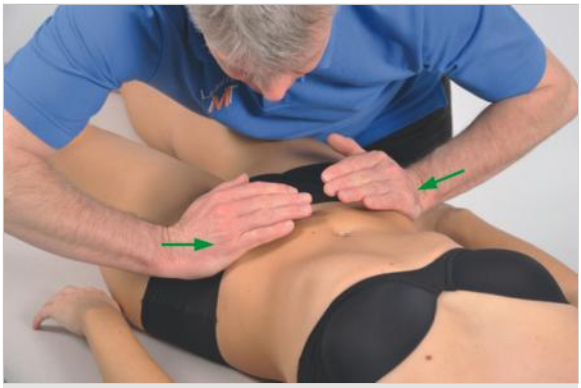


Abb. 16.26 Kompression der Spitze und Distraktion im dorsalen Bereich.

Oberschenkel-Thrust-Test

Ausführung:

- Patient befindet sich in Rückenlage, Therapeut steht seitlich und fixiert das kontralaterale Bein des Patienten in gebeugter Position an seinem Oberkörper.
- Therapeut unterlagert das Sakrum mit seiner kaudalen Hand und führt mit seinem Körper und der kranialen Hand in vertikale Richtung, longitudinal zum Oberschenkel, einen Druck aus (▶ Abb. 16.27).
- Erzeugt wird eine rückwärtsgerichtete Scherkraft im SIG.
- Dieser Test wird auf beiden Seiten durchgeführt.

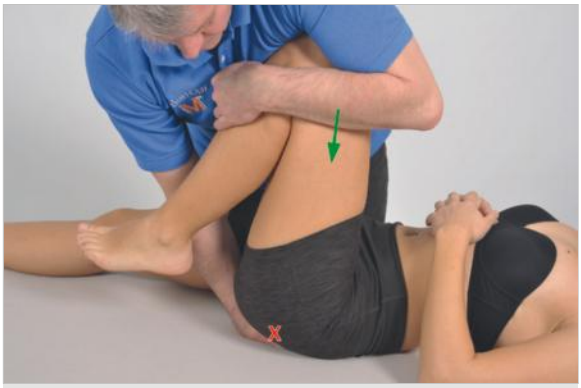


Abb. 16.27 Oberschenkel-Thrust-Test.

Gaenslen-Test

Ausführung:

- Patient befindet sich in Rückenlage und fixiert sein Bein (kontralateral vom Therapeuten) in maximaler Flexion (Ilium posterior) an seinem Oberkörper, das andere Bein befindet sich im seitlichen Überhang in Extension (Ilium anterior), Therapeut steht seitlich (▶ Abb. 16.28).
- Therapeut verstärkt gleichzeitig die Flexion und Extension der Beine und übt somit eine Torsionskraft im SIG aus.
- Dieser Test wird auf beiden Seiten durchgeführt.



Abb. 16.28 Gaenslen-Test.

Sacral-Thrust-Test

Ausführung:

- Patient liegt in Bauchlage, Therapeut steht seitlich, Thenar und Hypothenar der kranialen Hand liegen mittig auf Höhe S1, die kaudale Hand unterstützt die kraniale Hand.
- Therapeut erzeugt einen impulsartigen Druck, was zu einer ruckartigen Nutation führt (▶ Abb. 16.29).

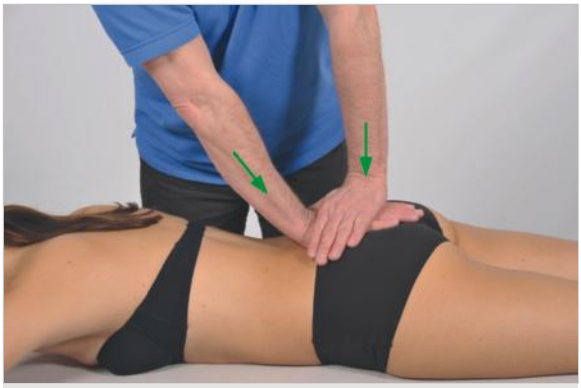


Abb. 16.29 Sacral-Thrust-Test.

Merke

Jeder der Provokationstests für sich ist positiv, wenn die bekannten Schmerzen des Patienten ausgelöst werden. Jedoch ist das Ergebnis insgesamt nur dann als positiv zu bewerten, wenn mindestens 3 Tests positiv auffällig waren.

Funktionstests – allgemein

Flexionstest im Stand (FTSt)

Ausführung:

- Der Patient befindet sich im Stand, beide Daumen des Therapeuten palpieren an den Unterkanten der SIPS.
- Anschließend rollt sich der Patient vom Kopf aus beginnend ein (▶ Abb. 16.30).



Abb. 16.30 Flexionstest Stand.

Praxistipp

Wegen einer eventuellen Spannung der ischiokruralen Muskulatur sollte dieser Test 3-mal wiederholt oder 20 Sek. beibehalten werden.

Klinischer Bezug

- Hüftgelenksdysfunktionen und muskuläre Verkürzungen (ischiokrural) der kontralateralen Seite können einen Vorlauf vortäuschen.
- Ein Vorlauf am Ende der Bewegung hat meist muskuläre Ursachen.
- Verschwindet ein Vorlauf, sind meist muskuläre Ursachen wahrscheinlich und bleibt ein Vorlauf bestehen, liegt der Verdacht einer artikulären Beckentorsion nahe.
- Eine evtl. Läsion befindet sich immer auf der Seite des positiven Vorlaufs.
- Verschwindet der Vorlauf, wenn der Patient während des FTSt seinen Bauch zur Erzeugung eines faszialen Releases selbst anhebt, können viszerale Probleme wie Narben oder Adhäsionen ursächlich sein.

Flexionstest im Sitz (FTSi)

Ausführung:

- Der Patient sitzt mit am Boden aufgestellten Füßen, die Hände liegen im Nacken um den M. latissimus dorsi vorzupositionieren.
- Anschließend hebt der Patient die Lordose auf, um sich vom Kopf her einzurollen (▶ Abb. 16.31).

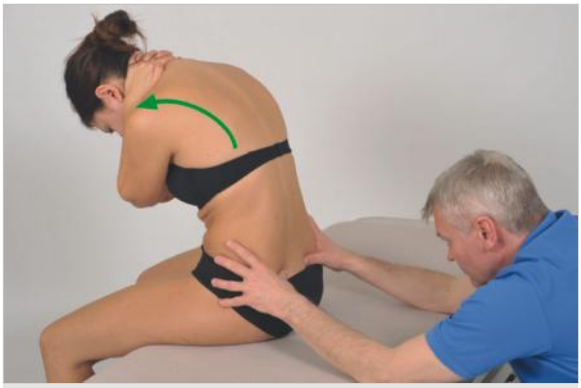


Abb. 16.31 Flexionstest im Sitz.

Klinischer Bezug

- Ist der FTSt **größer** als der FTSi, deutet dies auf eine I-S-Problematik hin.
- Ist der FTSt **kleiner** als der FTSi, deutet dies auf eine S-I-Problematik hin.
- Sollte der FTSt und der FTSi negativ ausfallen, ist Vorsicht geboten, da er auch falsch negativ sein kann. Denkbar ist in diesem Fall immer noch eine bilaterale Nutations- oder Kontranutationsläsion.

Klinischer Bezug

Nach den Funktionstests entscheidet sich der Therapeut, ob er im Screeningprozess mit den Ilium-Tests (S. 296) oder den Sakrum-Tests (S. 297) fortfährt.

Funktionstests – Ilium

Test Ilium posterior (Standing Stork Test)

Ausführung:

- Der Patient befindet sich im Stand und stützt sich leicht an der Wand ab, ohne dabei seinen Schwerpunkt zu verlagern.
- Ein Daumen des Therapeuten palpiert an der Unterkante der SIPS und der andere Daumen zwischen S1 und S2.
- Anschließend flektiert der Patient die Hüfte der palpierten Seite (▶ Abb. 16.32).

Interpretation:

- Wandert die SIPS nicht nach postero-kaudal, kann dies an einer Verkürzung von M. quadratus lumborum und M. erector spinae liegen.
- Ist diese Möglichkeit ausgeschlossen, besteht der Verdacht einer Ilium-anterior-Läsion.

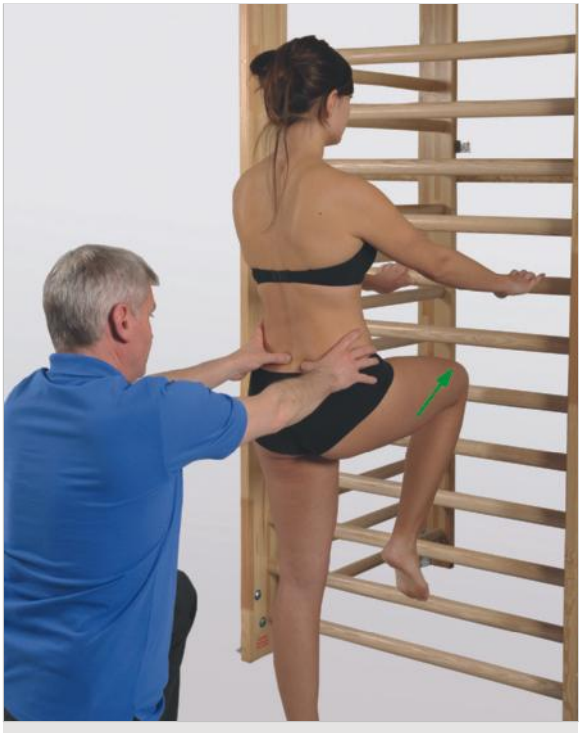


Abb. 16.32 Test ilium posterior.

Test Ilium anterior

Ausführung:
- AGST wie bei Ilium posterior, aber jetzt extendiert Patient das gestreckte Bein, ohne dabei das Becken hochzuziehen (▶ Abb. 16.33).

Interpretation:
- Wandert das Ilium nicht nach antero-kranial, besteht der Verdacht einer Ilium-posterior-Läsion.

Praxistipp

Der Therapeut beginnt immer mit der gesunden Seite und testet anschließend erst die Läsionsseite.



Abb. 16.33 Test Ilium anterior.

Test Inflare/Outflare im Sitzen

Ausführung:
- Patient sitzt, Hände des Therapeuten palpieren die Tubera und Patient führt aktiv zuerst eine Innenrotation, dann Außenrotation im Hüftgelenk durch (▶ Abb. 16.34).

Interpretation:
- Die Innenrotation des Patienten im Hüftgelenk bewirkt einen Inflare, d. h., die Tubera bewegen sich auseinander.
- Die Außenrotation bewirkt einen Outflare, d. h., die Tubera gehen zueinander.
- Wird eine Bewegung an einem Tuber nicht wahrgenommen oder ist sie im Bewegungsausmaß kleiner, deutet dies auf eine Läsion hin.



Abb. 16.34 Aktive Innenrotation.

Funktionstests – Sakrum

Test Sakrum – Nutation

Ausführung:
- Patient liegt in Bauchlage, Kopf, Arme und Beine liegen in neutraler Position.
- Therapeut steht seitlich und legt 2 Finger der kaudalen Hand auf Höhe S1 rechts und links, die kraniale Hand unterstützt mit Thenar und Hypothenar die Finger der kaudalen Hand.
- Therapeut gibt einen Druck über die kraniale Hand nach ventro-kaudal (▶ Abb. 16.35).

Interpretation:
- Der Therapeut evaluiert den Widerstand und die Elastizität des SIGs.



Abb. 16.35 Test Sakrum – Nutation.

Test Sakrum – Kontranutation

Ausführung:
- Patient liegt in Bauchlage, Kopf, Arme und Beine liegen in neutraler Position.
- Therapeut steht seitlich und legt 2 Finger der kranialen Hand auf Höhe des Angulus inferior Os sacrum, die kaudale Hand unterstützt mit Thenar und Hypothenar die Finger der kranialen Hand.
- Therapeut gibt einen Druck über die kaudale Hand nach ventro-kranial (▶ Abb. 16.36).

Interpretation:
- Der Therapeut evaluiert den Widerstand und die Elastizität des SIGs.



Abb. 16.36 Test Sakrum – Kontranutation.

Test initiale Bewegung mit Flexion/Extension (Trunk Flexion/Extension Test)

Ausführung:
- Patient im Stand, Therapeut palpiert auf Höhe von S1 die Gelenkspalten.
- Der Patient bewegt den Oberkörper leicht vor und zurück (▶ Abb. 16.37).

Interpretation:
- Oberkörper in Flexion initiiert eine Kontranutation, Oberkörper in Extension initiiert eine Nutation.
- Der Test ist als positiv zu bewerten, wenn eine oder beide Seiten anterior oder posterior stehen bleiben.

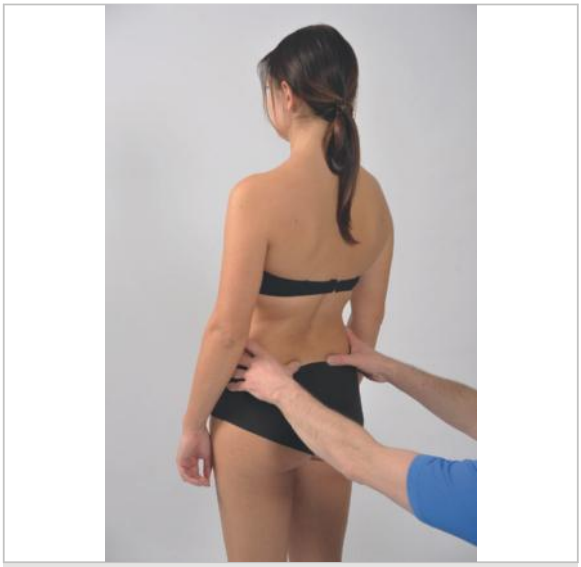


Abb. 16.37 Test initiale Bewegung mit Flexion/Extension.

Praxistipp

Dieser Test kann auch im Sitzen ausgeführt werden. Der Vorteil besteht darin, dass beide Darmbeinschaufeln durch das Sitzen auf den Tubera fixiert sind.

Reboundtest auf L3

Ausführung:
- Patient liegt in Bauchlage, Kopf und Körper neutrale Position.
- Therapeut legt die ulnare Handkante auf den Dornfortsatz des ventralsten Wirbelkörpers, die andere Hand kommt verstärkend darüber und gibt Druck nach ventral (▶ Abb. 16.38).

Interpretation:
Dieser Test dient zur Beurteilung der Lordosefähigkeit:
- weiches Druckgefühl mit wenig Rebound bedeutet lordotisch eingestellt
- hartes Druckgefühl mit starkem Rebound bedeutet delordotisch eingestellt



Abb. 16.38 Reboundtest.

Klinischer Bezug

Findet sich in den vorangegangenen Sakrum-Tests eine Tendenz in Richtung Nutation oder Kontranutation, kann diese durch den Reboundtest bekräftigt werden.

Zusatztests

Test in Päckchenstellung

Ausführung:
- Patient befindet sich in der Päckchenposition.
- Therapeut palpiert die Position der sakralen Sulci und der inferioren Sakrumwinkel.
- Ebenso ist eine Verstärkung des Tests durch einen federnden Impuls auf Höhe der inferioren Sakrumwinkel möglich (▶ Abb. 16.39).

Interpretation:
- Nutationsläsionen werden in Päckchenstellung deutlicher.
- Durch diese Position würde das Sakrum in eine Kontranutation gezwungen werden, wozu es aber nicht in der Lage ist.



Abb. 16.39 Päckchenstellung.

Test in Sphinxstellung

Ausführung:
- Patient befindet sich in der Sphinxstellung, Therapeut palpiert die Position der sakralen Sulci und der inferioren Sakrumwinkel.
- Ebenso ist eine Verstärkung des Tests durch einen federnden Impuls auf Höhe der sakralen Sulci möglich (▶ Abb. 16.40).

Interpretation:
- Kontranutationsläsionen werden in der Sphinxstellung deutlicher.
- Durch diese Position würde das Sakrum in eine Nutation gezwungen werden, wozu es aber nicht in der Lage ist.

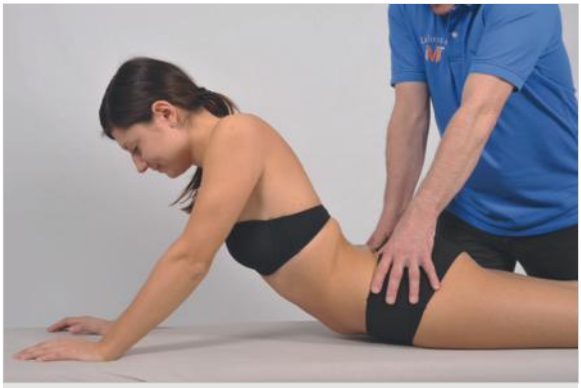


Abb. 16.40 Sphinxstellung.

Test Depressed sacrum

Ausführung:
- Patient ist in Rückenlage und eine Hand des Therapeuten liegt unter dem Sakrum (▶ Abb. 16.41).

Interpretation:
- Durch die extreme Nutationsposition steht die Spitze des Os coccygis sehr weit dorsal. Die Hand des Therapeuten wird daher für den Patienten als schmerzhaft empfunden.

Es ist sehr schwierig, ein Depressed sacrum mit nur einem Zusatztest sicher beurteilen zu können. Darum sind weitere anamnestische Angaben sehr hilfreich, wie:
- schweres Trauma mit Sturz auf Sakrum
- postpartale Depression
- Bandgefühl auf Sakrumhöhe
- Rigidität der LBH-Region
- kein genauer Schmerzpunkt

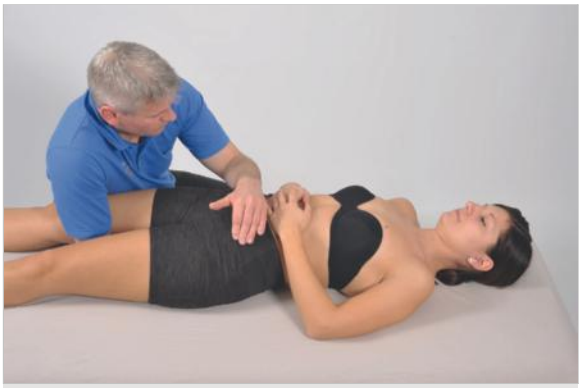


Abb. 16.41 Test Depressed sacrum.

Fallbeispiel im Screeningprozess

Anamnese:

Patient (42) klagt über Schmerzen (VAS4) im rechten Gesäß. Diese Schmerzen traten plötzlich, am Morgen nach einem alpinen Skitag auf. Extension der Hüfte und Beckenaufrichtung provozieren den Schmerz (VAS5–6). Die Schmerzbewältigung des Patienten ist positiv. Kontraindikationen und Red Flags bestehen nicht, sowie auch keine anamnestischen Hinweise auf eine Instabilität (Hypermobilität). Um für Letzteres eine hinreichende Gewissheit zu bekommen, bietet sich eine Probebehandlung mit einem stabilisierenden Beckengurt an.

ICF-Zusammenfassung:

- Störung der Körperfunktion + + +
- Schäden der Körperstruktur +
- Störung der Aktivität + + + +
- Störung der Partizipation + +

Inspektion:

Patient zeigt ein flektiertes Haltungsmuster mit Shift zur nicht betroffenen Seite.

Palpation:

- mediales Fußgewölbe rechts etwas flacher
- SIPS rechts höher
- SIAS rechts tiefer
- beckenhorizontaler Winkel rechts 5° links 0°

Provokationstests:

3 der 5 angewandten Provokationstests (S. 293) waren positiv.

Testung der Zentralisation und Peripheralisation mit extensorischen und flektorischen Bewegungen waren negativ.

Funktionstests:

FTSt re + FTSi re + + + (faszialer Release negativ)

Da der FTSi deutlich positiver ausgefallen ist als der FTSt, wird mit den Funktionstests „Sakrum" weiterverfahren:

- Test Sakrum Nutation
  - Interpretation: positiv + + + mit Schmerz
- Test Sakrum Kontranutation
  - Interpretation: negativ
- Test initiale Bewegung Flexion/Extension
  - Interpretation: Gelenkspalt auf Höhe S1 re wird bei Extension nicht tiefer
- Sphinxstellung
  - Interpretation: Gelenkspalt auf Höhe S1 re wird bei Extension nicht tiefer

Das Ergebnis des Screeningprozesses legt den Verdacht einer Kontranutationsläsion einer linken schrägen Achse (R/L-Läsion) nahe. Im weiteren Prozedere würde eine Probebehandlung mit anschließender Evaluierung des Behandlungsergebnisses folgen.

Behandlung

Behandlung I-S-Problematik

Bodyadjustment Ilium-posterior-Läsion

Ausführung:

- Patient befindet sich in Rückenlage mit angebeugtem Bein, Therapeut sitzt seitlich auf der Bank, laterale Hand palpiert SIPS, mediale Hand umgreift das angebeugte Bein am Knie.
- Therapeut bewegt mit einer kreisenden Bewegung das Hüftgelenk in Richtung Extension/Adduktion/Innenrotation und zieht das Ilium über SIPS auf Höhe von S1 nach lateral (▶ Abb. 16.42).

Praxistipp

Die Startbewegung darf im Hüftgelenk nicht über 90° betragen!

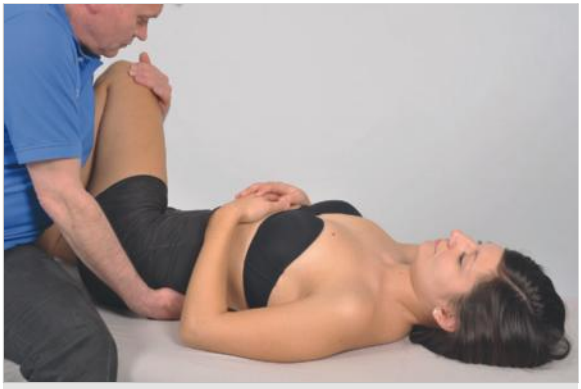


Abb. 16.42 Bodyadjustment bei Ilium-posterior-Läsion.

Ilium-posterior-Läsion aus Seitenlage

Ausführung:

- Patient befindet sich in Seitenlage, unteres Bein angebeugt und oberes Bein gestreckt, Therapeut steht davor und untergreift den Oberschenkel mit seiner distalen Hand, Thenar ruht auf dem Tuber, proximale Hand von dorsal an der Christa iliaca und Finger schauen nach ventro-kaudal.
- Therapeut rotiert den Patienten insgesamt etwas nach vorne, damit die Facies auricularis horizontalisiert.
- Über eine leichte Extension des Beines und den Schub der kranialen Hand wird das Ilium nach anterior mobilisiert (▶ Abb. 16.43).

Praxistipp

Der Therapeut legt sich so weit über den Patienten, bis seine imaginäre Krawatte in den Gelenkspalt fällt. Zur Erleichterung der Mobilisation rotiert der Therapeut dann en bloc mit seinem Körper und dem zu mobilisierenden Ilium um diese imaginäre Achse.

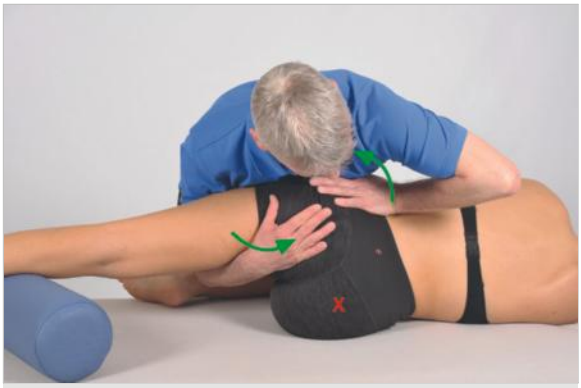


Abb. 16.43 Ilium-posterior-Läsion aus Seitenlage.

Ilium-posterior-Läsion aus Bauchlage

Ausführung:

- Patient liegt in Bauchlage am Bankrand, unilaterales Bein wird am Boden abgestellt. Therapeut steht seitlich und mobilisiert kontralaterale Seite.
- Distale Hand des Therapeuten umgreift Oberschenkel proximal des Kniegelenks, proximale Hand liegt auf der Crista iliaca und Finger zeigen nach ventro-lateral.
- Über leichte Extension des Beines und Schub über die kraniale Hand wird das Ilium nach anterior mobilisiert (▶ Abb. 16.44).

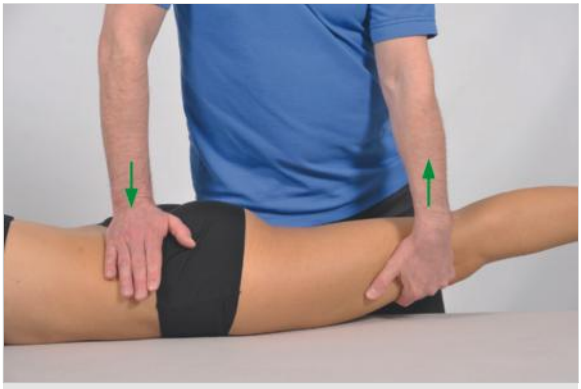


Abb. 16.44 Ilium-posterior-Läsion aus Bauchlage.

Bodyadjustment Ilium-anterior-Läsion

Ausführung:

- Patient liegt in Rückenlage mit angebeugtem Bein, Therapeut sitzt seitlich auf der Bank, laterale Hand palpiert SIPS, mediale Hand umgreift das angebeugte Bein am Knie.
- Therapeut bewegt mit einer kreisenden Bewegung das Hüftgelenk in Richtung Flexion/Abduktion/Außenrotation und drückt das Sakrum auf Höhe von S1 nach ventral (▶ Abb. 16.45).



Abb. 16.45 Bodyadjustment bei Ilium-anterior-Läsion.

Ilium-anterior-Läsion aus Seitenlage

Ausführung:

- Patient liegt in Seitenlage, Therapeut steht davor, unteres Bein des Patienten ist gestreckt, oberes Bein gebeugt und im Leistenbereich des Therapeuten fixiert.
- Distale Hand des Therapeuten mit Thenar am Tuber, proximale Hand liegt von ventro-kranial an der Christa iliaca.
- Über Flexion im Hüftgelenk wird das Ilium nach posterior mobilisiert (▶ Abb. 16.46).

Praxistipp

Der Therapeut legt sich so weit über den Patienten, bis seine imaginäre Krawatte in den Gelenkspalt fällt. Zur Erleichterung der Mobilisation rotiert der Therapeut dann en bloc mit seinem Körper und dem zu mobilisierenden Ilium um diese imaginäre Achse.

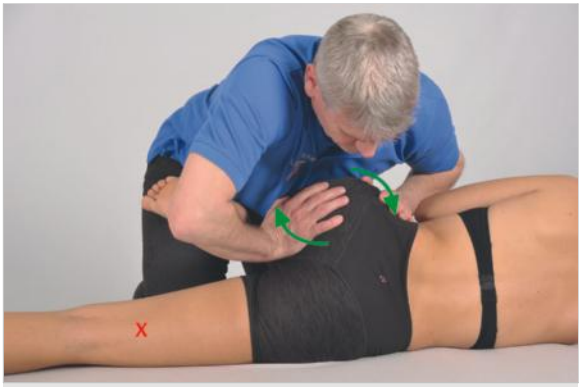


Abb. 16.46 Ilium-anterior-Läsion aus Seitenlage.

Ilium-anterior-Läsion aus Rückenlage

Ausführung:

- Patient ist in Rückenlage am Bankrand, ein Sandsack wird als Widerlager unter das Sakrum gelegt. Therapeut steht auf kontralateraler Seite und hält das flektierte Bein zwischen den Armen am Oberkörper fixiert.
- Distale Hand umgreift den Tuber, proximale Hand von ventral auf SIAS und Christa iliaca.
- Über Hüftflexion und Zug mit der distalen Hand und Schub mit der proximalen Hand wird das Ilium nach posterior mobilisiert (▶ Abb. 16.47).

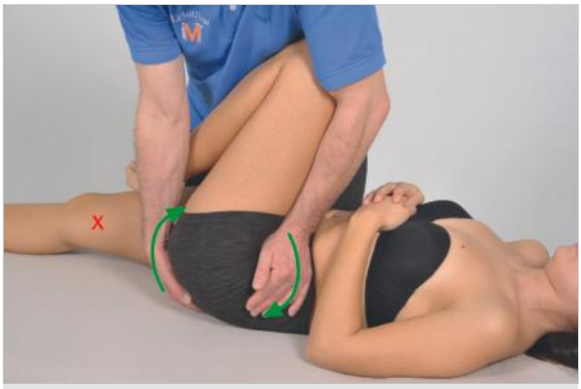


Abb. 16.47 Ilium-anterior-Läsion aus Rückenlage.

Behandlung S-I-Problematik

Mobilisation bilateraler Kontranutationsläsion

Ausführung:

- Patient befindet sich in Bauchlage, Kopf liegt neutral, Arme anteversiert zur Lordosierung der LWS, SIAS werden beidseits als Widerlager unterlagert, Beine abduziert für Inflare.
- Therapeut steht seitlich, kaudale Hand mit 2 Fingern auf Höhe S1 rechts und links, kraniale Hand legt sich mit Handballen verstärkend darauf.
- Druck bei der Ausatmung nach ventro-kaudal geben, bei der Einatmung hält der Therapeut dagegen (▶ Abb. 16.48).



Abb. 16.48 Mobilisation bilateraler Kontranutationsläsion.

Mobilisation Läsion L/R, R/L

Ausführung:

- Patient ist in Bauchlage, Therapeut steht an der zu mobilisierenden Seite, Kopf des Patienten wird zur kontralateralen Seite gedreht, Arme anteversiert zur Lordosierung.
- Unilaterales Bein wird leicht abduziert und kontralaterales Bein parallel dazu abgelegt, unilaterale SIAS wird als Widerlager mit einem Sandsack unterlagert.
- Kaudale Hand visualisiert mit dem gestreckten Daumen die rechte schräge Achse, kraniale Hand liegt mit Pisiforme auf S1 links und gibt Druck nach ventro-kaudal-lateral (▶ Abb. 16.49).

Praxistipp

Bei schrägen Achsen wird der Kopf des Patienten immer vom Therapeuten weggedreht und die Beine des Patienten zum Therapeuten gelegt.

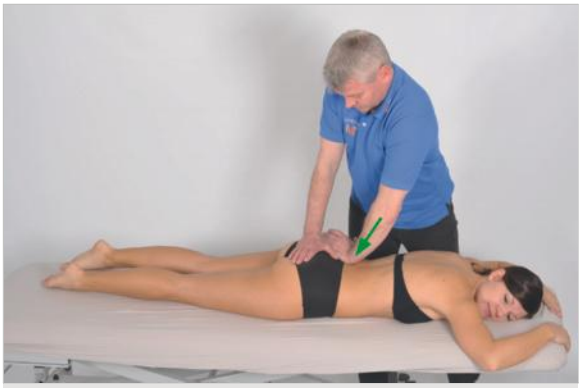


Abb. 16.49 Mobilisation einer Läsion L/R.

Mobilisation bilateraler Nutationsläsion

Ausführung:

- Patient liegt in Bauchlage, Kopf liegt neutral, Arme liegen an der Seite zur Delordosierung der LWS, Bauch unterlagern zur Delordosierung, Beine in Adduktion und Innenrotation und Oberschenkel patellanah unterlagern für Ilium anterior und Outflare.
- Therapeut steht seitlich, kraniale Hand mit 2 Fingern auf AIL rechts und links, kaudale Hand legt sich mit Handballen verstärkend darauf.
- Druck bei der Einatmung nach ventro-kranial geben, bei der Ausatmung hält der Therapeut dagegen (▶ Abb. 16.50).

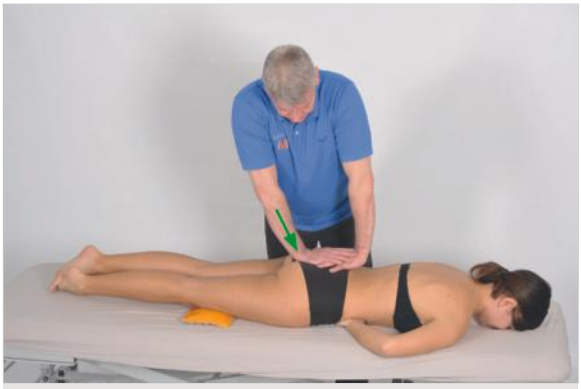


Abb. 16.50 Mobilisation bilateraler Nutationsläsion.

Mobilisation Läsion L/L, R/R

Ausführung:

- Patient befindet sich in Bauchlage, Therapeut steht an der zu mobilisierenden Seite, Kopf dreht zur kontralateralen Seite, Arme liegen am Körper und Bauch wird zur Delordosierung unterlagert.
- Kontralaterales Bein wird leicht adduziert und unilaterales Bein parallel dazu gelegt, kontralateraler Oberschenkel wird unterlagert.
- Kraniale Hand visualisiert mit dem gestreckten Daumen die rechte schräge Achse, kaudale Hand liegt mit Pisiforme auf AIL rechts und gibt Druck nach ventro-kranial-lateral (▶ Abb. 16.51).

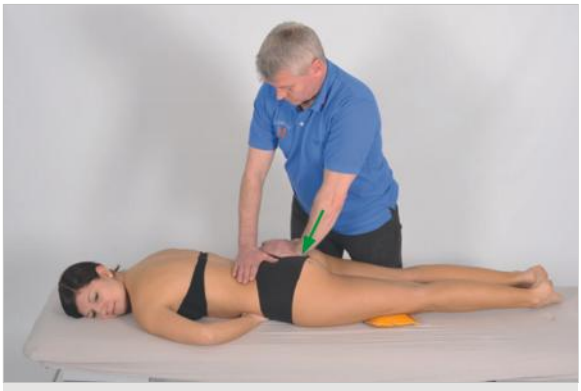


Abb. 16.51 Mobilisation einer Läsion R/R.

Mobilisation depressed sacrum Läsion

Vorbereitung ▸ Abb. 16.52:

- M. quadratus lumborum und M. erector trunci vorher detonisieren
- Mobilisation bilateraler Nutationsläsion
- Atlas und Axis vorher kontrollieren und ggf. behandeln

Ausführung:

- Patient sitzt auf der Behandlungsbank, Beine stehen gekreuzt auf einem Hocker oder haben Bodenkontakt, die Arme sind im Pharaonengriff verschränkt.
- Der Patient soll mit dem Therapeuten erlernen, dass er sein Becken mit gebeugter Wirbelsäule in der Hüfte nach vorne und hinten bewegt, ohne dass es dabei zu einer Aufrichtung mit Lordose kommt. Bei der rückwärtigen Bewegung eignet sich als unterstützende Aufforderung z. B. folgendes Kommando: Schieben Sie Ihren Bauchnabel nach hinten, aber richten Sie sich dabei nicht auf!
- Anschließend folgt die 1. Phase:
  - Korrektur der Achse durch „Aufschaukeln“, dazu atmet der Patient ein und kippt sein Becken, dann atmet der Patient aus, richtet das Becken auf und beugt sich weit nach vorne.
  - Der Therapeut umgreift den Patienten an den SIAS und „schaukelt“ das Sakrum ziehenderweise durch kurze Bewegungen auf. In dieser Phase kann der Patient ruhig weiter atmen.
- 2. Phase: Korrektur der Nutation:
  - Bei der nächsten tiefen Einatmung schiebt der Patient seinen Bauchnabel nach hinten, während der Therapeut beidseits an der Crista iliaca dagegen hält.
- 1. Phase und 2. Phase werden mehrmals wiederholt und abschließend erfolgt die nochmalige Behandlung einer bilateralen Nutationsläsion.

Os pubis über Traktion (Dekoaptation)

(Os pubis über Traktion (S. 293), ▸ Abb. 16.24)

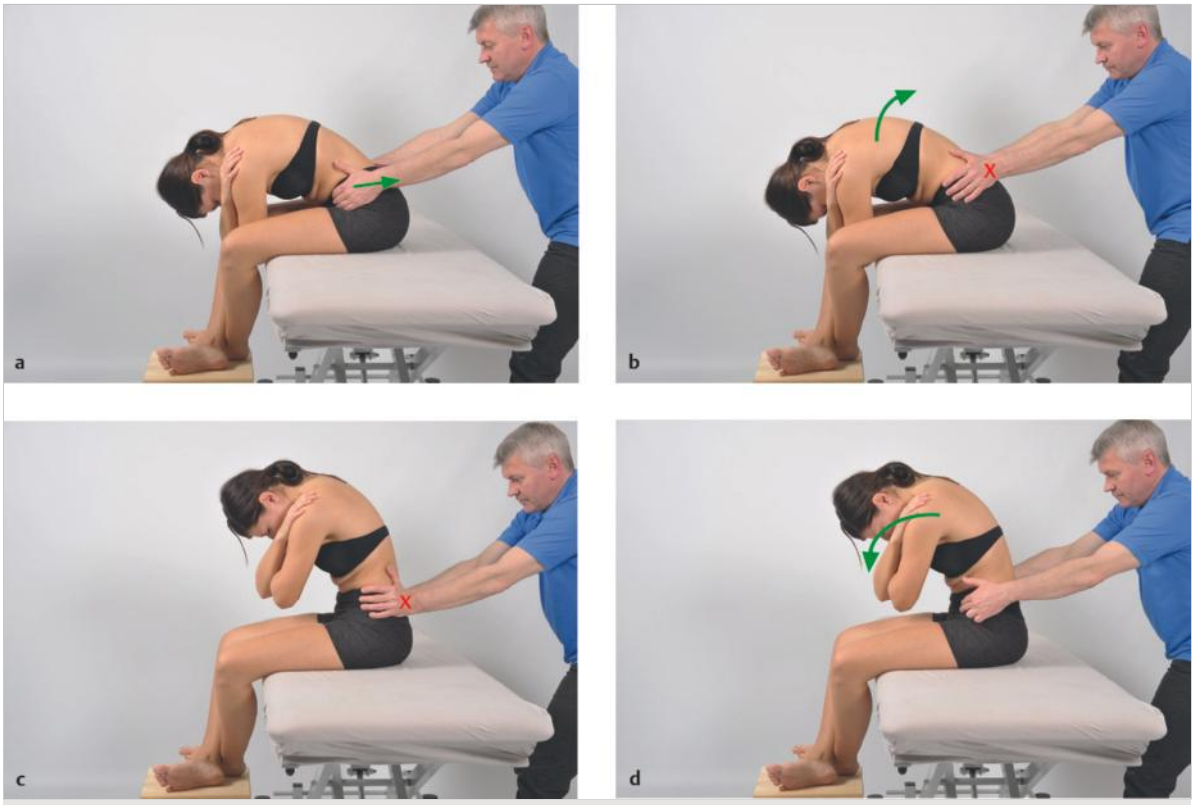


Abb. 16.52 Phasen der Mobilisation depressed sacrum Läsion.
a 1 Phase.
b 2. Phase.
c 2. Phase.
d Weg zurück zur 1. Phase.

Weichteiltechniken

Muskuläre Beckendrainage

Ausführung (▶ Abb. 16.53):

- Patient befindet sich in Rückenlage mit aufgestellten Beinen, Therapeut sitzt seitlich mit Blick zum Kopf, die Hände des Therapeuten befinden sich seitlich der Kniegelenke.
- Phase 1: Patient atmet ein und hebt das Becken an.
- Phase 2: Patient atmet aus und drückt die Knie gegen den Widerstand der Therapeutenhände auseinander.
- Phase 3: Patient atmet ein und hält mit seinen Knien dem Druck des Therapeuten entgegen.
- Phase 4: Patient atmet aus und legt das Becken ab.

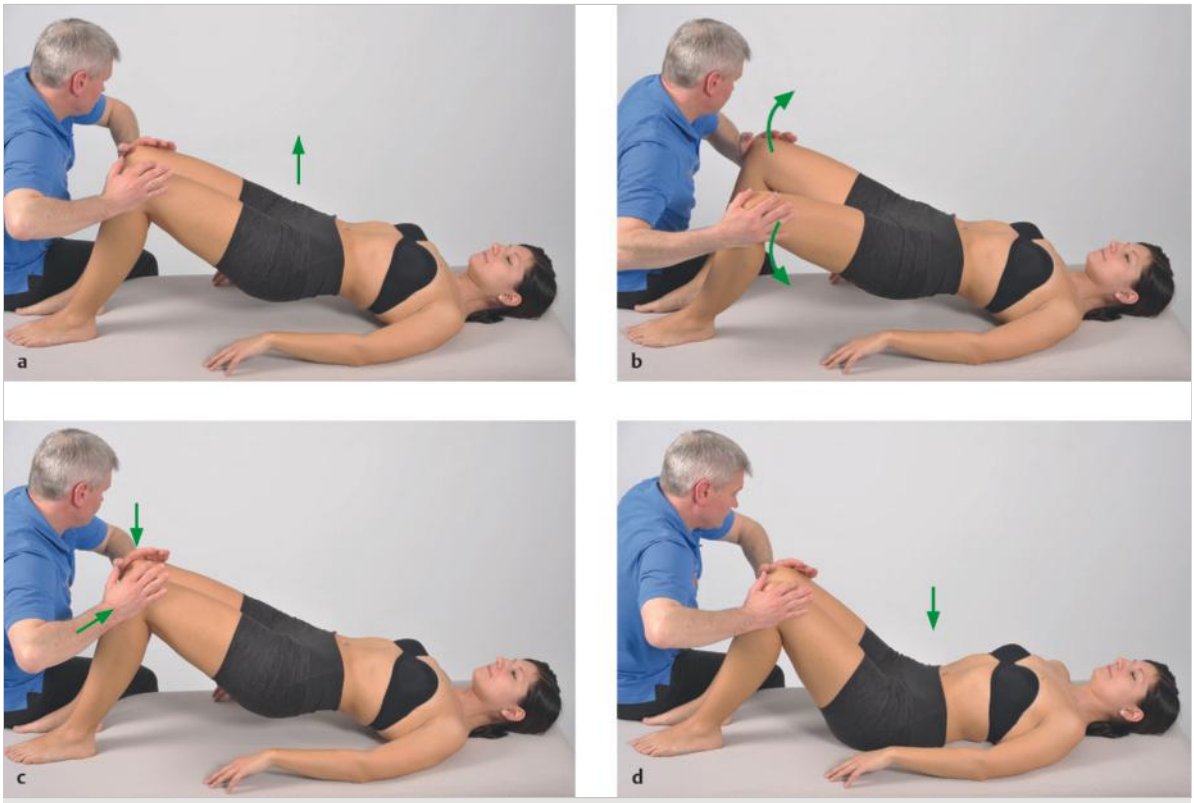


Abb. 16.53 a-d Phasen 1–4.

Foramen obturatum

Ausführung (▶ Abb. 16.54):

- Patient ist in Rückenlage, Daumen des Therapeuten auf Foramen obturatum siehe hierzu auch Kap. 4.7.3 ▶ Abb. 4.26 (S. 59).
- Patient atmet tief abdominal ein, Membrana obturatoria wird so gegen den Daumen des Therapeuten mobilisiert.



Abb. 16.54 Viszeraler und parietaler Einstieg.
a Viszeraler Einstieg.
b Parietaler Einstieg.

Beckenboden aus Seitenlage



Abb. 16.55 Beckenboden aus Seitenlage.

Ausführung (▶ Abb. 16.55):

- Patient ist in Seitenlage, Therapeut steht dahinter mit Blick zum Patienten, distale Hand des Therapeuten palpiert mit Digitorum II–IV medial am Tuber den Beckenboden.
- Über eine Innenrotation der Hüfte erleichtert sich der Einstieg in Richtung Fossa ischiorectalis.
- Anschließend schiebt der Therapeut das Becken mit seiner proximalen Hand nach kaudal und bittet den Patienten tief abdominal ein- und auszuatmen.

Foramen suprapiriforme und infrapiriforme

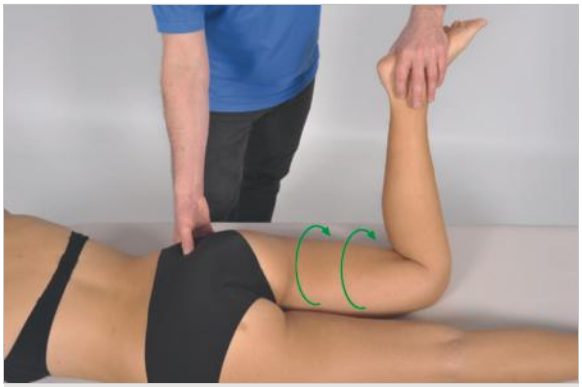


Abb. 16.56 Foramen suprapiriforme.

Ausführung (▶ Abb. 16.56):

- Patient liegt in Bauchlage, Therapeut steht seitlich, proximale Hand palpiert das Foramen suprapiriforme zwischen dem 1. und 2. Drittel auf einer Strecke zwischen Unterkante SIPS und Trochanter major, distale Hand bewegt über den Fuß mit flektiertem Kniegelenk das Hüftgelenk in Innenrotation.
- Auf die gleiche Weise wird das Foramen infrapiriforme behandelt, welches in der Mitte einer gedachten Linie zwischen SIPS und Tuber ischiadicum zu finden ist.

Mobilisation Ligg. iliolumbalia

Ausführung (▶ Abb. 16.57):

- Patient ist in Rückenlage, Therapeut steht seitlich.
- Mediale Hand des Therapeuten untergreift von innen das gestreckte Bein, proximale Hand palpiert medial der SIPS den Querfortsatz von L5 und fixiert ihn nach ventro-kranial.
- Die mediale Hand bewegt das Bein wie ein stehendes Rad rückwärts, für L4 wird das Bein etwas mehr in Abduktion geführt und der Therapeut fixiert den Querfortsatz von L4.

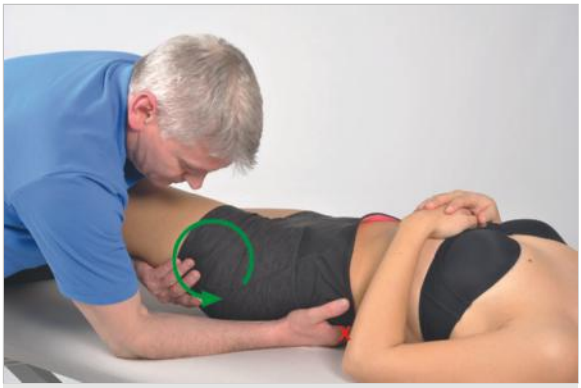


Abb. 16.57 Mobilisation der Ligg. iliolumbalia.

17 Integration Teil I

Rudi Amberger

Das Kapitel Integration vereint das Wissen und die Informationen der vorangegangenen Kapitel zu einem schlüssigen und für den praktizierenden Manualtherapeuten nachvollziehbaren Modell. Dabei beschäftigt sich die Integration nicht mit dem Ablaufplan des Screeningprozesses (Kap. 3) bis zur Behandlung, sondern versucht vielmehr in einem „etwas unkonventionelleren" Clinical Reasoning einen strategischen Plan des Denkens und Verknüpfens zu entwickeln, wie sich z. B. Veränderungen an einer Körperstelle auf eine andere Region auswirken können. Das Schlagwort hierfür nennt sich Ursache-Folgen-Kette (UFK, ▶ Abb. 17.1). Diese UFKs sind allerdings auch für die Spaltung der manualtherapeutischen Welt verantwortlich. Auf der einen Seite stehen die Verfechter der evidenzbasierten Manuellen Therapie und auf der anderen Seite die Therapeuten, für die Erfahrungsmedizin (-therapie) den gleichen Stellenwert besitzt. Die wissenschaftliche Beweisführung der UFKs hinkt dem praktischen Handeln zwar weit hinterher, aber wenn wir sie deswegen über Bord werfen, laufen wir Gefahr, einen Erfahrungsschatz, der sich über Jahrzehnte hinweg empirisch entwickelt hat, zu verlieren.

Die im folgenden Kapitel aufgeführten UFKs stehen nur als Exempel, denn nicht immer kompensiert und adaptiert der Körper auf diese Weise. Eine Vielzahl von Anpassungsvorgängen sind möglich, die wiederum von verschiedensten Einflüssen, wie z. B. Arbeit, Sport, Ernährung, Alter oder Geschlecht, abhängen.

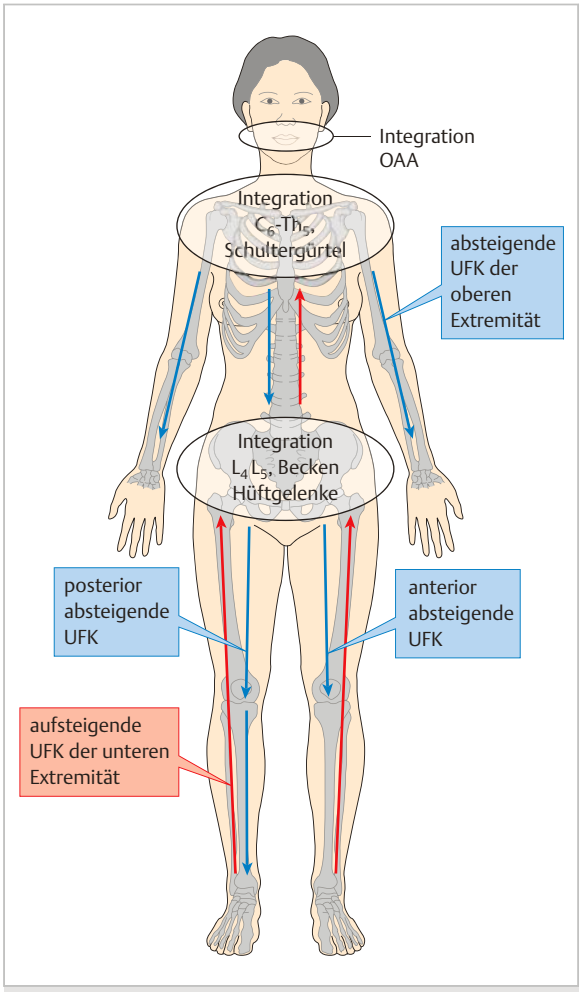


Abb. 17.1 Überblick der Integrationsregionen mit auf- und absteigenden Ursache-Folgen-Ketten.

Fazit

Der mitdenkende und verantwortungsvoll handelnde Manualtherapeut wird diese Beispiele nicht benutzen, um sie unverändert auf seine Patienten zu übertragen. Er wird sie vielmehr als einen Leitfaden betrachten, der ihm bezüglich der Ursachenfindung eine Hilfe darstellt, um sie dann individuell an seine Patienten anzupassen.

17.1 Wie entsteht eine Läsionskette?

Unmittelbar nach der Entwicklung einer Läsion wird es in anderen Körperregionen, in denen die gleiche Dominanz (Kap. 17.1.1) vorherrscht, zu Kompensationen kommen. Anfangs werden diese Kompensationen nur positionell sein, was bedeutet, dass in diesen Kompensationsgebieten bei isolierten Funktionstests zunächst keine Läsionen gefunden werden. Dieses Stadium der UFK-Entwicklung wird Kompensationsstadium genannt und ist durch diese Merkmale gekennzeichnet:

- veränderte Position
- kein Schmerz
- kein Bewegungsverlust

Diese Kompensationsgebiete werden sich dann allmählich strukturieren, wodurch bereits lokale Bewegungsverluste entstehen. Dieses Stadium wird Adaptation genannt und ist gekennzeichnet durch:

- veränderte Position
- kein Schmerz
- Bewegungsverlust

Kann eine gewisse Körperregion sich nicht länger an eine bestimmte Läsion anpassen (adaptieren), so wird dieser Umstand unweigerlich zum nächsten Stadium, dem De-

kompensationsstadium, führen. Diese Dekompensation ist von folgenden Merkmalen geprägt:
- veränderte Position
- Schmerz
- Bewegungsverlust

Klinischer Bezug

- Kompensation beschreibt den Ausgleich einer verminderten Leistung durch gesteigerte oder veränderte Funktion.
- Adaptation bedeutet Anpassung an veränderte Bedingungen auf struktureller Ebene.
- Dekompensation steht für nicht mehr ausreichenden Ausgleich einer verminderten Funktion oder Leistung und dessen Folgezustände.

17.1.1 Kompensierende Körperregionen

Kompensierende Körperregionen sind Gelenke oder Wirbelsäulenabschnitte, wo die gleiche Dominanz in den Bewegungen herrscht. Sie werden in die Bewegungen der 3 anatomischen Ebenen unterteilt (▶ Tab. 17.1, ▶ Abb. 17.2).

Läsionen können sich sowohl in den Extremitäten als auch in der Wirbelsäule ausbreiten. Für Letztere wird unterschieden, ob es sich um eine dominante Läsion vom Typ I oder um eine sekundär bedingte Läsion vom Typ II handelt.

Tab. 17.1 Kompensierende Körperregionen der anatomischen Ebenen (Lason u. Peeters 2000).

Typ	Ebene	Kompensierende Körperregionen
Rotation	horizontal	• Kiefergelenk unilateral • Atlas • C3–C5 • BWS-Bereich Th1–5 oder Rippenrotation • BWS-Bereich Th6–10 und Rippenrotation • L5 • SIG vertikale Achse • Hüftgelenk • Kniegelenk • unteres Sprunggelenk
Seitneigung	frontal	• Kiefergelenk unilateral • Occiput • C7–Th1 • Th11–L2 • L4 • Ilium flare • Hüftgelenk • Chopart-Gelenklinie
Flexion / Extension	sagittal	• Kiefergelenk bilateral • Scheitelpunkte der Wirbelsäule • Occiput/Atlas, zervikothorakaler-, thorakolumbaler-, lumbosakraler Übergang • Sakrum • Hüftgelenk • Kniegelenk • oberes Sprunggelenk • Lisfranc'sche-Gelenklinie
Posteriortyp		Flexionsregionen
Anteriortyp		Extensionsregionen

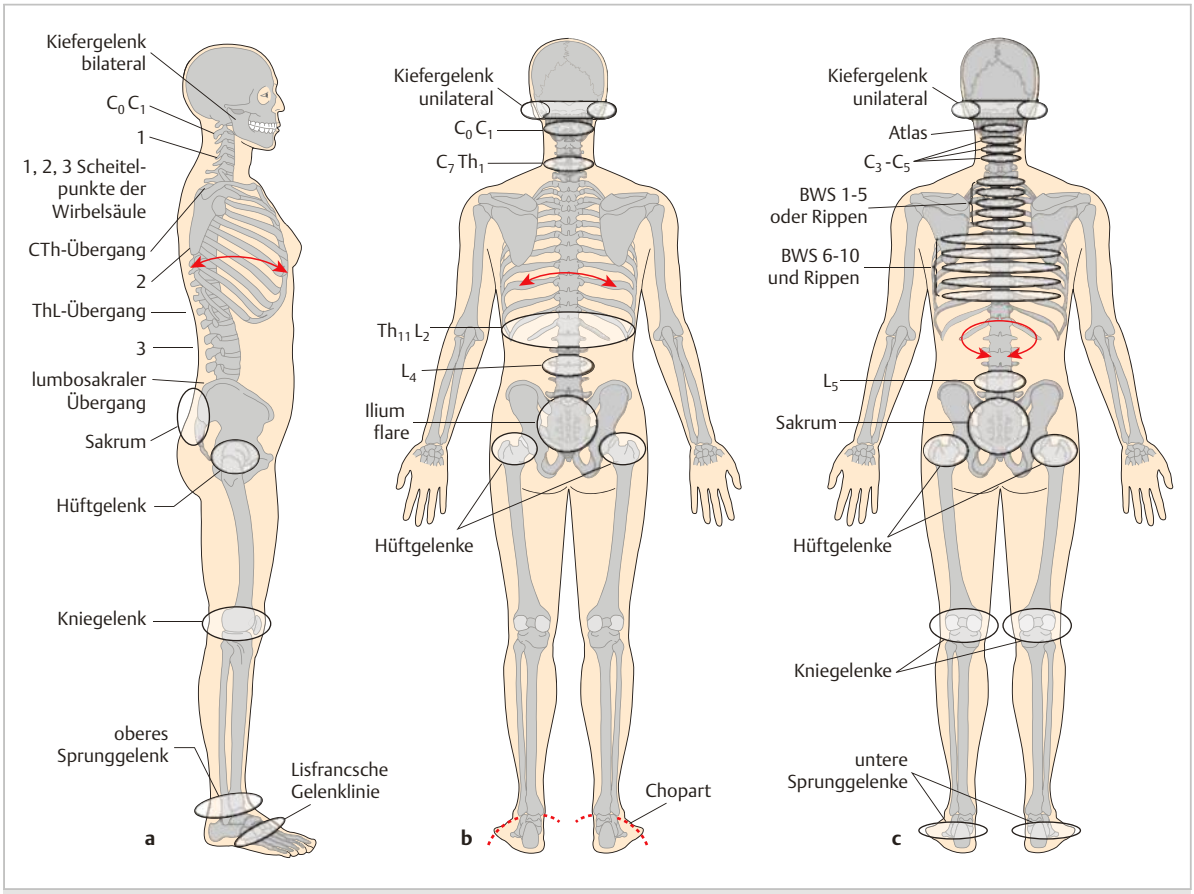


Abb. 17.2 Kompensierende Körperregionen.
a In der sagittalen Ebene mit Flexion und Extension.
b In der frontalen Ebene mit Seitneigung.
c In der transversalen Ebene mit Rotation.

17.1.2 Typ-I- oder Typ-II-Wirbelsäulen-Läsionen

Typ-I-Wirbelsäulenläsionen bezeichnen primäre Läsionen und stehen bei der Behandlung einer UFK im Vordergrund. Typ-II-Läsionen gelten als Sekundärläsionen, weshalb in diesem Fall die Ursache in einem anderen System oder in einer anderen Region gesucht werden muss.

Merkmale der Typ-I-Läsion:

- Schwellung im Bereich der Dornfortsätze
- Tonusänderung der autochthonen Muskulatur in diesem Bereich
- periostaler Druckschmerz auf den Dornfortsatz
- Bajonettstellung in frontaler oder sagittaler Ebene
- Bewegungsverlust als Blockierung, wie z. B. bei ERS- oder FRS-Läsionen (Kap. 11)

Merkmale der Typ-II-Läsion:

- Schwellung im Bereich der Dornfortsätze
- Tonusänderung der autochthonen Muskulatur in diesem Bereich
- periostaler Druckschmerz auf den Dornfortsatz
- Bewegungsverlust als Restriktion, wie z. B. bei NSR-Läsionen (Kap. 11)

Hinweis zur Nomenklatur: Eine Typ-I-Läsion wird an der Wirbelsäule nach dem II. Gesetz von Fryette betitelt und somit als ERS- oder FRS-Läsion bezeichnet (Kap. 11). Eine Typ-II-Läsion benennt eine Restriktion und findet an der Wirbelsäule im Sinne von NSR-Läsionen statt. Für diese Läsionen verwendet Fryette die Bezeichnung nach dem I. Gesetz.

17.2 Beispiele von Ursache-Folgen-Ketten

Die folgenden Beispiele für Läsions- und Behandlungsstrategien sollen aufzeigen, in welcher möglichen Reihenfolge behandelt werden kann. Der Therapeut muss seinen Patienten stets im Auge behalten und darf den Blick für das Ganze nicht verlieren.

Klinischer Bezug

Gibt es in den betroffenen Regionen eine Kongestion (Stau im weitesten Sinne), müssen diese Regionen zuerst behandelt werden. In der darauffolgenden Behandlung wird das Ergebnis der ersten Behandlung im Rahmen eines Reassessments beurteilt. Eventuell werden einige der nächsten Behandlungen erneut der Dekongestion gewidmet. Verliert sich die Kongestion allerdings zunehmend, so ist die Wahrscheinlichkeit sehr groß, dass darunterliegende Läsionen in den Vordergrund treten.

17.3 Integration Becken

Im Bereich des Beckens gibt es 2 unterschiedliche Tendenzen von Positionen. Sie werden als „Tendenz instabiles Becken“ bzw. „Tendenz fixiertes Becken“ beschrieben. Der Aktionsradius der direkt betroffenen Gelenke reicht von L4 bis zu den Hüftgelenken (▶ Abb. 17.3).

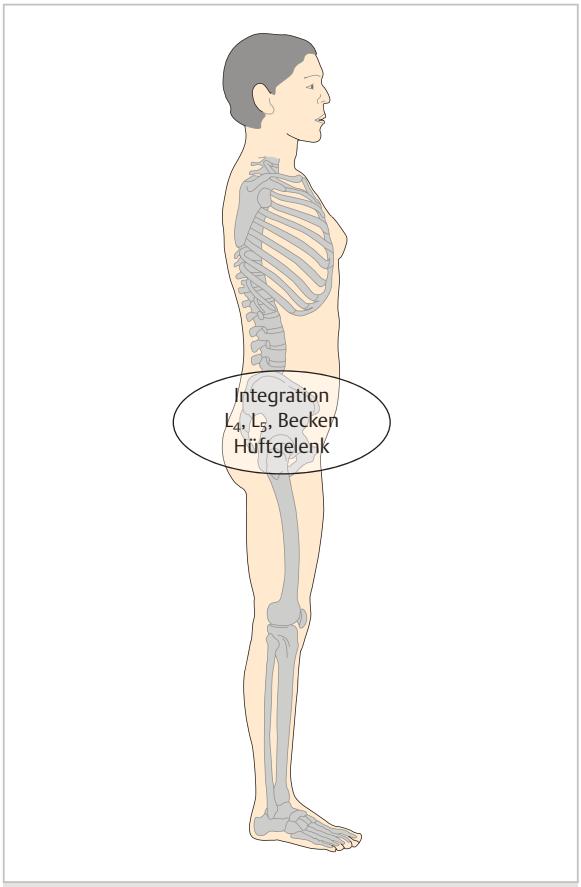


Abb. 17.3 Integration L4/L5, SIG, Symphyse, Hüftgelenke.

17.3.1 Strategie „Tendenz instabiles Becken“

Die Bezeichnung „instabiles Becken“ hat nichts mit der eigentlichen Problematik eines instabilen Beckens zu tun. Sie beschreibt lediglich einen Zustand, in dem das Sakrum eine Tendenz in Richtung Nutation zeigt und die beiden Os coxae sich tendenziell in Richtung Ilium posterior orientieren.

Allgemeine Übersicht

Die verkürzten Strukturen und die daraus resultierende pathologische Achse für die Beckenmobilität liegen hier posterior (▶ Tab. 17.2).

Tab. 17.2 Allgemeine Übersicht zur „Tendenz instabiles Becken“.

charakteristische Zeichen	• Tendenz Sakrum-Nutation oder L/L oder R/R • Os coxae mit Tendenz nach posterior, Inflare und beckenhorizontaler Außenrotation • Symphysis pubica ist auf Zug • L4/L5 tendieren in Extension
verkürzte Strukturen	• Ligg. iliolumbalia • posteriore Kapselanteile der intervertebralen Gelenke • Ligg. supra- und interspinalia • posteriore Kapselanteile des SIG • paravertebrale Muskulatur, M. quadratus lumborum
überdehnte Strukturen	• kaudo-ventral des Sakrums

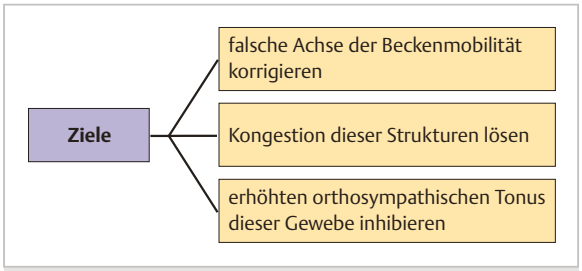


Abb. 17.4 Behandlungsziele bei „Tendenz instabiles Becken".

Behandlungsziele bei „Tendenz instabiles Becken"

Eine Zusammenfassung der übergeordneten Ziele ist in ▶ Abb. 17.4 dargestellt.

Artikuläre Komponente

Stand bei den Tests die Sakrum-Läsion im Vordergrund, so werden zuerst die Techniken für die entsprechende Nutationsläsion, z. B. Sakrum-Nutation oder L/L oder R/R durchgeführt (Kap. 16). Erst im Anschluss werden dann die iliakalen Läsionen korrigiert, sofern dies überhaupt nötig ist. Entsprechende Reassessments bringen hierfür die Gewissheit.

Kapsuloligamentäre Komponente

Mobilisationstechniken für:
- posteriore Kapselanteile des SIG (Kap. 16)
- iliolumbale Ligamente (Kap. 11)
- interspinale und supraspinale Ligamente (Kap. 11)
- Gelenkkapseln der unteren LWK-Facetten (Kap. 11)

Muskuläre Komponente

(Kap. 8.1)
- paravertebrale Muskulatur wird entspannt/gedehnt
- M. quadratus lumborum wird auf beiden Seiten entspannt/gedehnt
- Adduktoren werden gedehnt
- M. rectus abdominis wird gekräftigt

Fasziale Komponente

(Kap. 8.5)

In diesem Bereich werden hauptsächlich inhibierende oder anhebende Techniken verwendet

Vaskuläre Komponente

Hierfür werden drainierende Techniken im Bereich des Beckens, wie z. B. die muskuläre Beckendrainage (Kap. 16), und evtl. für das Diaphragma (Kap. 11 u. Kap. 12) verwendet.

Nervale Komponente

Um einen evtl. erhöhten orthosympathischen Tonus zu senken, eignen sich weiche Techniken im Bereich der unteren BWS (Kap. 12).

17.3.2 Strategie „Tendenz fixiertes Becken"

Die Bezeichnung „fixiertes Becken" hat nichts mit der eigentlichen Problematik eines fixierten Beckens zu tun. Sie beschreibt einzig einen Zustand, in dem das Sakrum eine Tendenz in Richtung Kontranutation zeigt und die beiden Os coxae sich tendenziell in Richtung Ilium anterior orientieren.

Allgemeine Übersicht

Die verkürzten Strukturen und die daraus resultierende pathologische Achse für die Beckenmobilität liegen hier anterior.

Übersicht zur „Tendenz fixiertes Becken":

Tab. 17.3 Allgemeine Übersicht zur „Tendenz fixiertes Becken".

charakteristische Zeichen	• Tendenz Sakrum-Kontranutation oder R/L oder L/R • Os coxae mit Tendenz nach anterior, Outflare und beckenhorizontaler Innenrotation • Symphysis pubica ist auf Kompression • L4/L5 tendieren in Flexion
verkürzte Strukturen	• Ligamente um die Symphysis pubica • Ligg. sacrospinale und sacrotuberale • Lig. longitudinale anterius • Perineum
überdehnte Strukturen	• postero-kranial des Sakrums

Behandlungsziele bei „Tendenz fixiertes Becken“

Eine Zusammenfassung der übergeordneten Ziele ist in ▶ Abb. 17.5 dargestellt.

Artikuläre Komponente

Eine Dekoaptation der Symphysis pubica wird den evtl. erhöhten Druck im Gelenk normalisieren. Das Ergebnis zwischen Flexionstest im Stand und Flexionstest im Sitz (S. 295) gibt Auskunft darüber, ob das Sakrum oder das Ilium weiterbehandelt werden soll.

Kapsuloligamentäre Komponente

Bei der kapsuloligamentären Komponente wird die Aufmerksamkeit zuerst auf die Strukturen um die Symphysis pubica und die ventrale Kapsel des SIG gelenkt.

Mobilisationstechniken für:

- Lig. arcuatum pubis (Kap. 16)
- Ligg. sacroiliaca anteriora (Kap. 16)
- Ligg. sacrospinale und sacrotuberale (Kap. 16)
- Lig. longitudinale anterius (Kap. 11)

Muskuläre Komponente

- Perineum entspannen
- paravertebrale Muskeln kräftigen
- M. quadratus lumborum kräftigen

Fasziale Komponente

In diesem Bereich werden hauptsächlich inhibierende oder anhebende Techniken verwendet (vgl. Kap. 8.5).

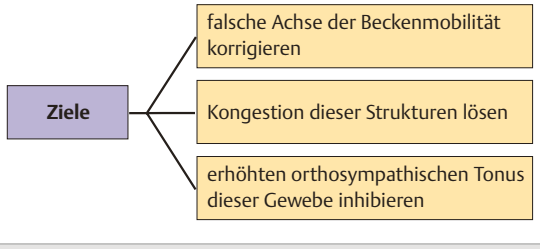


Abb. 17.5 Behandlungsziele bei „Tendenz fixiertes Becken“.

Vaskuläre Komponente

Hierfür werden drainierende Techniken im Bereich des Beckens, wie z. B. die muskuläre Beckendrainage (Kap. 16), und evtl. für das Diaphragma (Kap. 11 u. Kap. 12) verwendet.

Nervale Komponente

Um einen evtl. erhöhten orthosympathischen Tonus zu senken, eignen sich weiche Techniken im Bereich der unteren BWS (Kap. 12).

17.4 Aufsteigende UFK nach einem Inversionstrauma

Die aufsteigende UFK ist in ▶ Abb. 17.6 dargestellt.

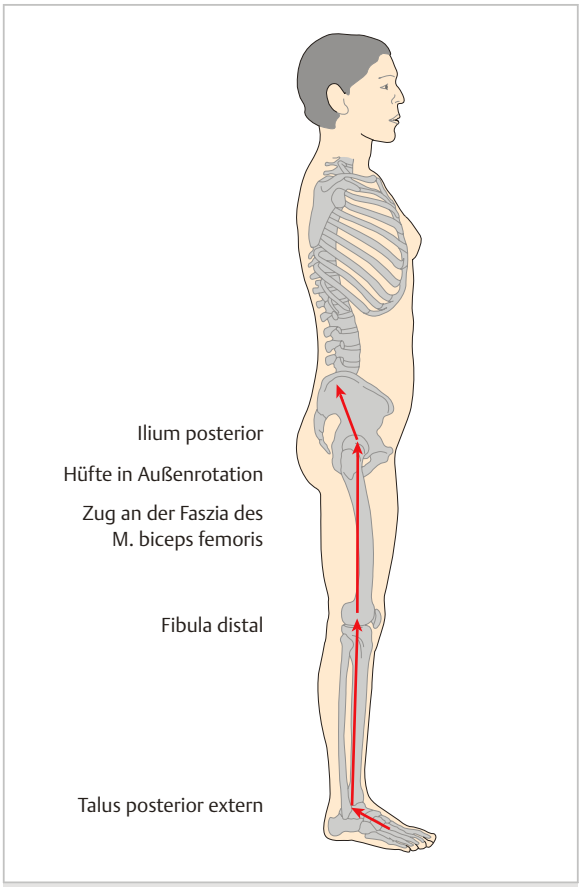


Abb. 17.6 Aufsteigende UFK.

17.4.1 Allgemeine Übersicht

Bei einem Inversionstrauma kommt es zu einer Überbelastung des lateralen Fußrands mit der Folge einer evtl. aufsteigenden UFK (▶ Abb. 17.7). Als gedankliches Beispiel soll die Vorstellung dienen, wie ein Fußballspieler beim Versuch den Ball zu spielen versehentlich zu tief ansetzt und mit voller Wucht in den Boden schlägt.

Abhängig vom Faktor Zeit kann sich aus diesem primären Trauma eine kompensierte, adaptierte oder dekompensierte UFK entwickeln.

Wie bereits erwähnt, soll dieses Beispiel nicht bedeuten, dass alle Inversionstraumen immer auf diese gleiche Weise reagieren werden. Es soll einzig dazu dienen, dem Therapeuten eine Hilfestellung zu geben, wie es sich vielleicht verhalten haben könnte, wenn ein Patient mit Rückenschmerzen in die Praxis kommt und in seiner Anamnese ein zurückliegendes Inversionstrauma aufgeführt wird.

17.4.2 Behandlungsziele

Die Behandlungsziele liegen darin, alle in dieser UFK entwickelten Komponenten von distal nach proximal, also vom Trauma zur Folge hin, zu behandeln.

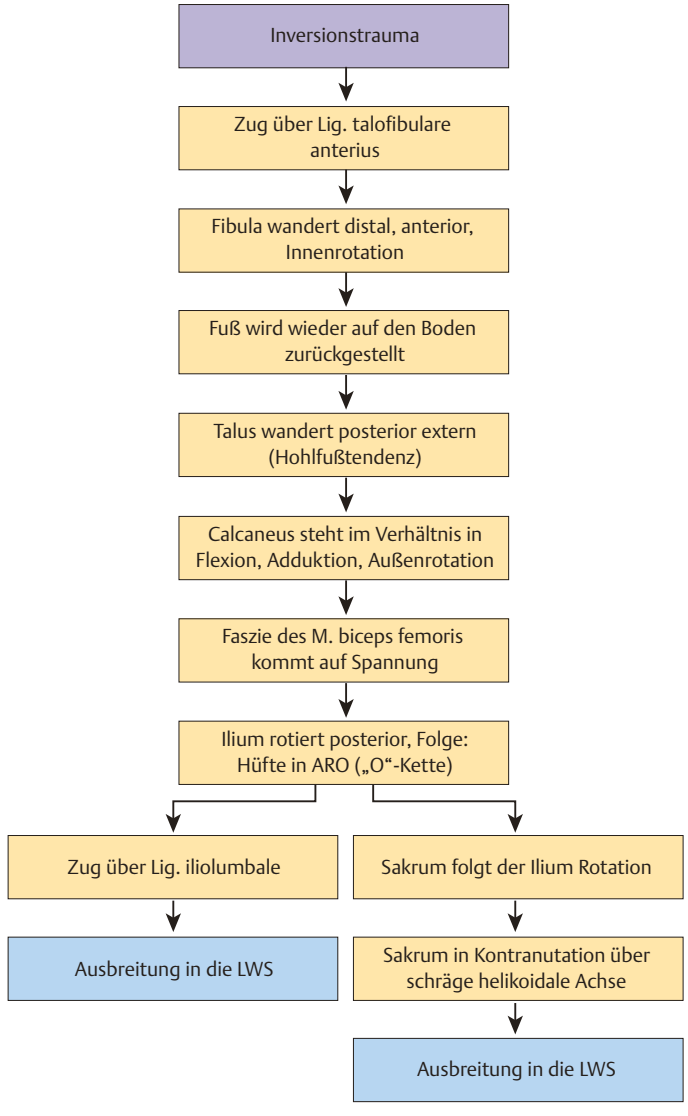


Abb. 17.7 Mögliche aufsteigende UFKs nach einem Inversionstrauma.

17.5 Absteigende UFKs durch veränderte Iliumpositionen

Absteigende UFKs können sich als anterior oder posterior absteigende Ketten darstellen (▶ Abb. 17.8).

Veränderte Positionen des Iliums können unterschiedliche Ursachen haben. In der Literatur reichen diese von Einflüssen der Hüfte, des Sakrums bis hin zu Veränderungen im Bereich des Kiefergelenks, um nur ein paar aufzuzählen. Aber nicht nur parietale Ursachen müssen in Betracht gezogen werden, so können auch vaskuläre, neurovegetative und strukturelle organische Veränderungen der Beckenorgane ihr Nötiges dazu beitragen.

17.5.1 Position Ilium posterior

Allgemeine Übersicht

Eine positionelle Veränderung des Iliums nach posterior kann unterschiedliche Folgen mit sich bringen. Grundsätzlich stehen dabei zwei zusätzliche Regionen unter Spannung. Die eine befindet sich an der dorsalen Seite der LWS und würde tendenziell eher zu einer aufsteigenden UFK in Richtung Kranium führen. Die andere liegt ventral und richtet ihre vermehrte Spannung distalwärts in Richtung Knie. Auch hier kann es mit dem Faktor Zeit zu muskulären und/oder faszialen Spannungsveränderungen kommen, was eine Periostitis, Tendinitis, Insertionstendopathie oder Ähnliches an den Ansatzstellen der Mm. tensor fasciae latae, rectus femoris, sartorius oder auch der Adduktoren zur Folge haben kann.

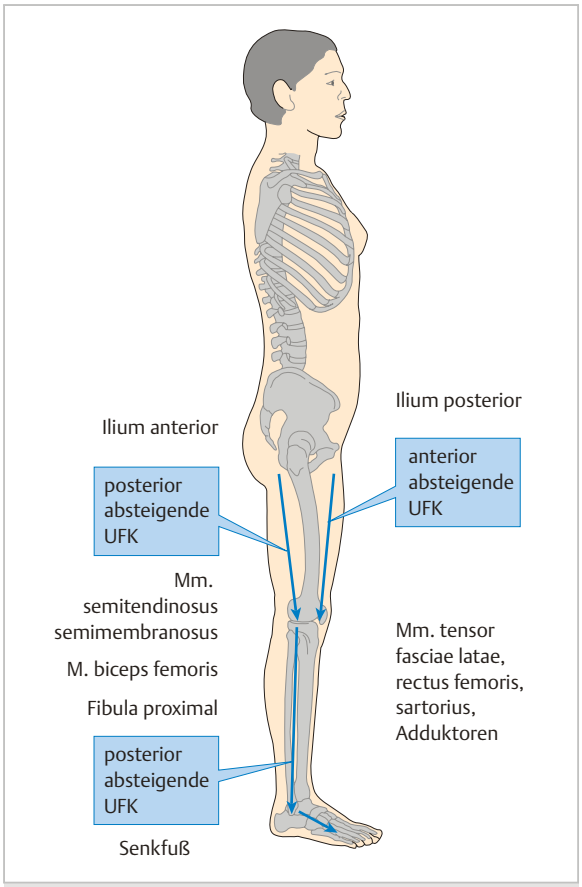


Abb. 17.8 Anterior und posterior absteigende UFKs.

Behandlungsziele

Das Behandlungsziel einer anterior gerichteten absteigenden UFK liegt darin, die Ursache der positionellen Veränderung am Becken zu korrigieren, um für die beteiligten Muskeln und Faszien ein ausgeglichenes Spannungsverhältnis zu gewährleisten.

17.5.2 Position Ilium anterior

Allgemeine Übersicht

Bei einer Ilium-anterior-Position sind es die an der posterioren Seite des Oberschenkels gelegenen Strukturen, die mehr unter Spannung geraten. So kann z. B. ein M. semimembranosus muskulär oder mittels seiner Muskelfaszie eine Bakerzyste oder einen hypertonen M. popliteus vortäuschen. Ebenso kann es sein, dass der mediale Meniskus bei Extension daran gehindert wird, auf dem Tibiaplateau nach anterior zu wandern, was in der Folge zu Meniskusproblemen führen kann.

Auch der M. semitendinosus kann am Pes anserinus superficialis für Tendopathien sorgen und natürlich auch der M. biceps femoris, der bei einer Ilium-anterior-Rotation das Caput fibulae in proximaler Position fixiert, wodurch die Faszie des M. fibularis longus auf Spannung gerät und weiterlaufend für eine Innenrotation des Cuboideum sorgt. In Folge ergibt sich daraus die Tendenz für einen Senkfuß mit einem Talus anterior intern.

Behandlungsziele

Das Behandlungsziel einer posterior gerichteten absteigenden UFK liegt darin, die Ursache der positionellen Veränderung am Becken zu korrigieren, um für die beteiligten Muskeln und Faszien ein ausgeglichenes Spannungsverhältnis zu gewährleisten.

18 Hand

Thomas Brucha

Die Hand ist ein Meisterstück anatomisch funktionellen Arbeitens. Die Mischung aus Geschicklichkeit und Kraft, Sensorik und Haptonomie ist außergewöhnlich.

18.1 Theorie

18.1.1 Übersicht der allgemeinen Anatomie der Knochen und Gelenke

Die Hand setzt sich aus dem Carpus, dem Metacarpus und den Digiti manus zusammen (▶ Abb. 18.1).

Der Carpus setzt sich aus den Handwurzelknochen zusammen. Diese bilden eine Reihe von Gelenken. Die beiden Hauptgelenksreihen sind das proximale und das distale Handgelenk (▶ Abb. 18.2).

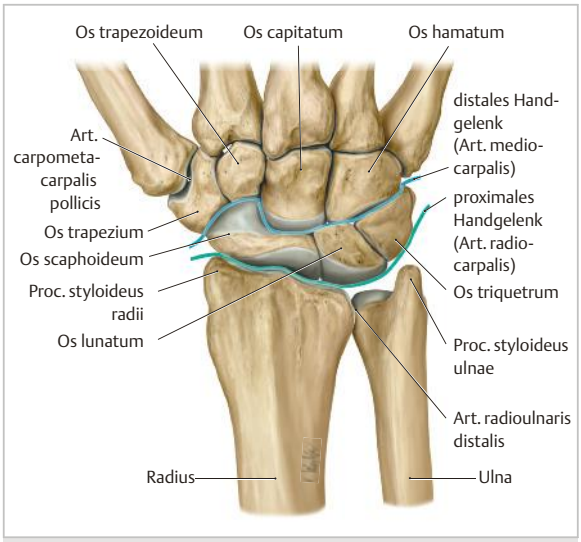


Abb. 18.2 Art. radiocarpea und mediocarpea.

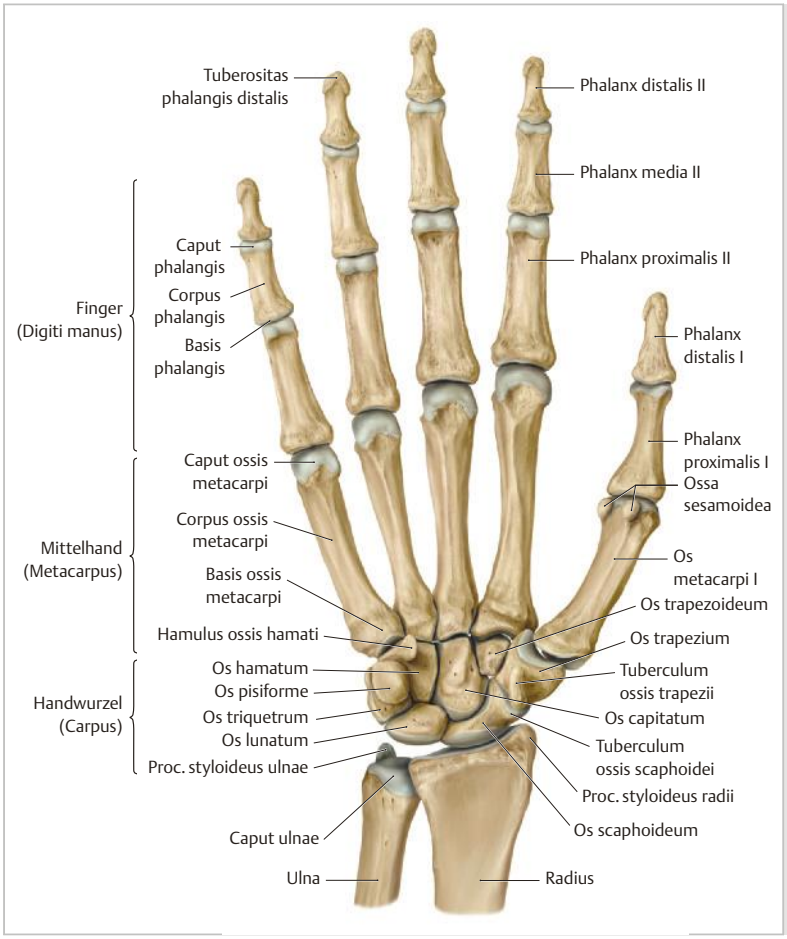


Abb. 18.1 Hand von palmar.

Klinischer Bezug

Das Os scaphoideum ist der frakturanfälligste Handwurzelknochen. Der Morbus Kienböck, oder auch Lunatummalazie, ist eine aseptische Knochennekrose, die das Os lunatum betrifft.

Art. radiocarpalis

Das proximale Handgelenk (Art. radiocarpalis) besteht aus dem distalen Ende von Radius, Ulna inklusive Discus articularis und der proximalen Handwurzelreihe. In ▶ Tab. 18.1 sind die wichtigsten Merkmale des Gelenks zusammengefasst.

Behandlungsebenen der Art. radiocarpalis

In der Sagittalebene verläuft die Behandlungsebene von dorso-distal nach volar-proximal. Sie ist um ca. 12° nach volar gekippt (▶ Abb. 18.3).

In der Frontalebene ist die Behandlungsebene um ca. 23° nach ulnar gekippt. Sie verläuft von radio-distal nach ulnar-proximal (▶ Abb. 18.4).

Praxistipp

Die Behandlungsebene des Radiokarpalgelenks in der Frontalebene gilt für die Supinationsstellung. In Pronation verliert sich die proximale und die distale Komponente. Die Behandlungsebene steht nur noch von radial nach ulnar.

Tab. 18.1 Merkmale der Art. radiocarpalis.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade/Behandlungsebene						Konvex-Konkav-Regel
bikonkave Facies articularis carpalis bikonvexes Os scaphoideum, Os lunatum, Os triquetrum	verändert ovoid	Sagittalebene: Dorsalextension/Volarflexion		Behandlungsebene	Frontalebene: radiale/ulnare Abduktion		Behandlungsebene	Punctum mobile = Carpus • Dorsalext./Volarflex. – Konvexregel • ulnare/radiale Abduktion – Konvexregel
		um frontotransversale Achse	zwischen Lunatum und Capitatum	liegt auf dem Radius, ist ca. 12° nach volar geneigt	um sagittotransversale Achse	durch Os capitatum	liegt auf dem Radius, ist ca. 23° nach ulnar geneigt	

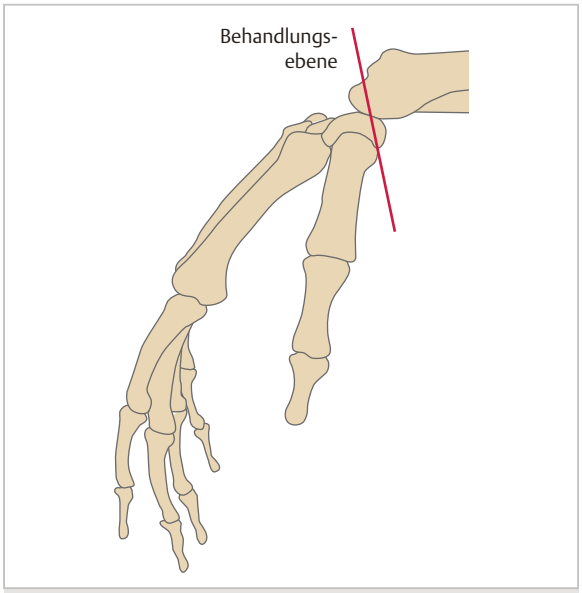


Abb. 18.3 Behandlungsebene aus Sagittalebene.

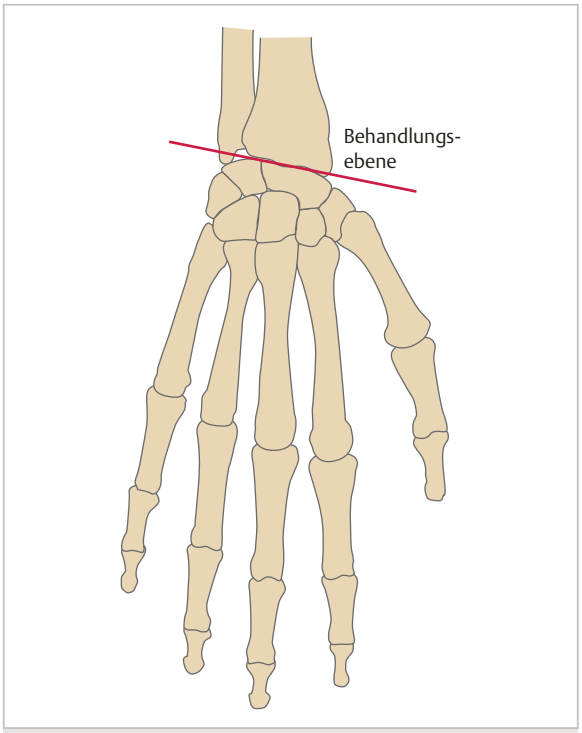


Abb. 18.4 Behandlungsebene aus Frontalebene.

Art. mediocarpalis

Das distale Handgelenk (Art. mediocarpalis) besteht aus der proximalen Handwurzelreihe und der distalen Handwurzelreihe (▶ Abb. 18.5).

In ▶ Tab. 18.2 sind die wichtigsten Merkmale des Gelenks zusammengefasst.



Abb. 18.5 Art. mediocarpalis.

Tab. 18.2 Merkmale der Art. mediocarpalis.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade/Behandlungsebene						Konvex-Konkav-Regel
• konvexes Os scaphoideum – konkave Ossa trapezii • konkaves Os scaphoideum – konvexes Os capitatum • konkaves Os lunatum – konvexes Os capitatum • konkaves Os triquetrum – konvexes Os hamatum	verändert ovoid mit S-förmigem Gelenkspalt	Frontalebene: radiale/ulnare Abduktion		Sagittalebene: Dorsalextension/Volarflexion		Behandlungsebene		Punctum mobile = Ossa trapezii: • Dorsalextension/Volarflexion – Konkavregel Punctum mobile = Os capitatum, Os hamatum: • Dorsalextension/Volarflexion – Konvexregel
		um sagittotransversale Achse	durch Os capitatum	um frontotransversale Achse	durch proximales Capitatum	Artikulation zwischen • Os scaphoideum/Ossa trapezii auf Ossa trapezii • Os scaphoideum, Os capitatum auf Os scaphoideum	Artikulation zwischen Os lunatum, Os triquetrum/ Os capitatum, Os hamatum auf Os lunatum, Os triquetrum	

Bänder des Handgelenks

Kollateralbänder

Die Kollateralbänder des Handgelenks sind in ▶ Abb. 18.6 dargestellt.

Die Kollateralbänder sind in ▶ Tab. 18.3 zusammengefasst. Sie sichern v. a. die Radial- und Ulnarabduktion.

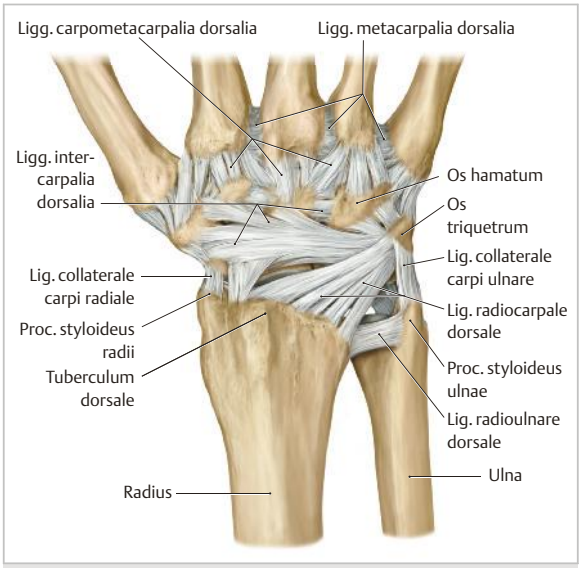


Abb. 18.6 Kollateralbänder des Handgelenks.

Tab. 18.3 Kollateralbänder des Handgelenks.

Bänder	Ursprung	Ansatz	Funktionen	
Lig. collaterale carpi radiale (3) (▶ Abb. 18.7 und ▶ Abb. 18.8)	Processus styloideus radii	mit 2 Zügen zum: • Os scaphoideum: ◦ volar-Tuberculum ossis scaphoidei ◦ radiale Seite des Skaphoids	ulnare Abduktion: Lig. collaterale carpi radiale spannt sich und bremst dadurch die fortlaufende Abduktion im Radiokarpalgelenk.	Bei Extension und Flexion haben die Kollateralbänder nur geringfügige Bremswirkung.
Lig. collaterale carpi ulnare (4) (▶ Abb. 18.7 und ▶ Abb. 18.8)	Processus styloideus ulnae und Discus articularis	mit 2 Zügen zum: • Os triquetrum dorsal • Os pisiforme palmar	radiale Abduktion: Lig. collaterale carpi ulnare spannt sich und bremst dadurch die fortlaufende Abduktion im Radiokarpalgelenk.	

Bänder der dorsalen und volaren Seite (Auswahl)

Die Handwurzelknochen sind durch eine Vielzahl von Bändern miteinander verbunden. Hervorzuheben sind besonders der Triquetrumzügel und die Lunatumbremse. Deren Verläufe werden in ▶ Tab. 18.4 und ▶ Abb. 18.7 dargestellt.

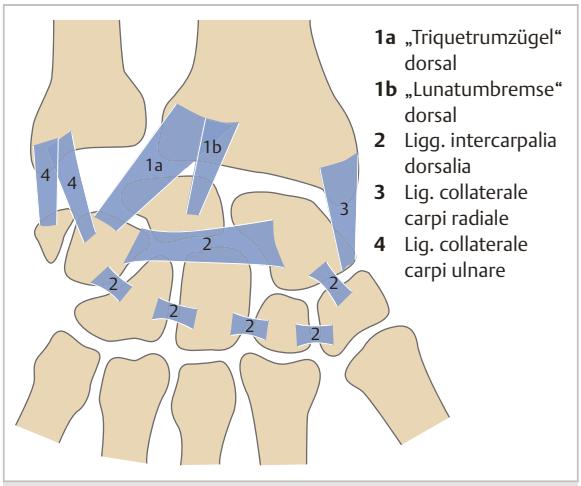


Abb. 18.7 Dorsaler Bandapparat.

Tab. 18.4 Triquetrumzügel und Lunatumbremse.

Bänder		Ursprung	Ansatz	Insertionen	
Lig. radiocarpale dorsale	„Triquetrumzügel“ dorsal (1a)	dorsaler Radius	Os triquetrum	▶ Abb. 18.7	Lig. collaterale carpi radiale (3) Lig. collaterale carpi ulnare (4)
	„Lunatumbremse“ dorsal (1b)	dorsaler Radius	Os lunatum		
	Ligg. intercarpalia dorsalia (2)	verbinden die distalen Handwurzelknochen untereinander und mit der proximalen Reihe			

Volar gelegene Bänder (Auswahl)

Auch auf der volaren Seite der Handwurzel spielen der Triquetrumzügel und die Lunatumbremse eine entscheidende funktionelle Rolle. Deren Verläufe werden in ▶ Tab. 18.5 und ▶ Abb. 18.8 dargestellt.

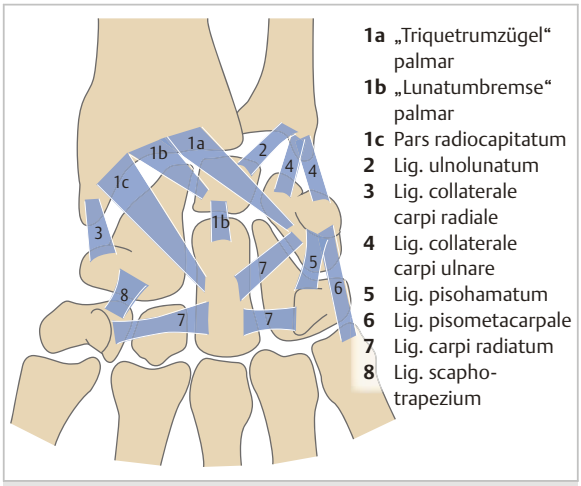


Abb. 18.8 Volarer Bandapparat.

Tab. 18.5 Bänder der Hand von volar.

Bänder		Ursprung	Ansatz	Insertionen	
Lig. radiocarpale palmare	„Triquetrumzügel“ palmar (1a)	volarer Radius	Os triquetrum	▶ Abb. 18.8	Lig. ulnolunatum (2) Lig. collaterale carpi radiale (3) Lig. collaterale carpi ulnare (4) Lig. pisohamatum (5) Lig. pisometacarpale (6) Lig. carpi radiatum (7) Lig. scaphotrapezium (8)
	„Lunatumbremse“ palmar (1b)	volarer Radius	Os lunatum, Os capitatum		
	Pars radiocapitatum (1c)	volarer Radius	Os capitatum		

Karpaltunnel, Loge de Guyon und die Sehnenfächer der Extensoren

Es gibt für einige anatomische Strukturen Engpässe (▶ Tab. 18.6), die das Risiko für verschiedene Funktionsstörungen erhöhen. Sehnenscheidenentzündungen, Karpaltunnelsyndrom und periphere neurovaskuläre Engpasssyndrome sind die Folge.

Klinischer Bezug

Der Ramus palmaris des N. medianus versorgt sensibel eine Hautfläche am palmaren Thenar. Störungen der Sensibilität werden auch als Pseudokarpaltunnelsyndrom bezeichnet.

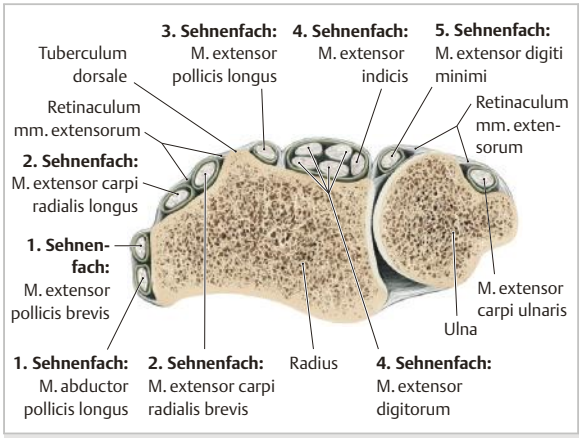


Abb. 18.9 Sehnenfächer der Extensoren.

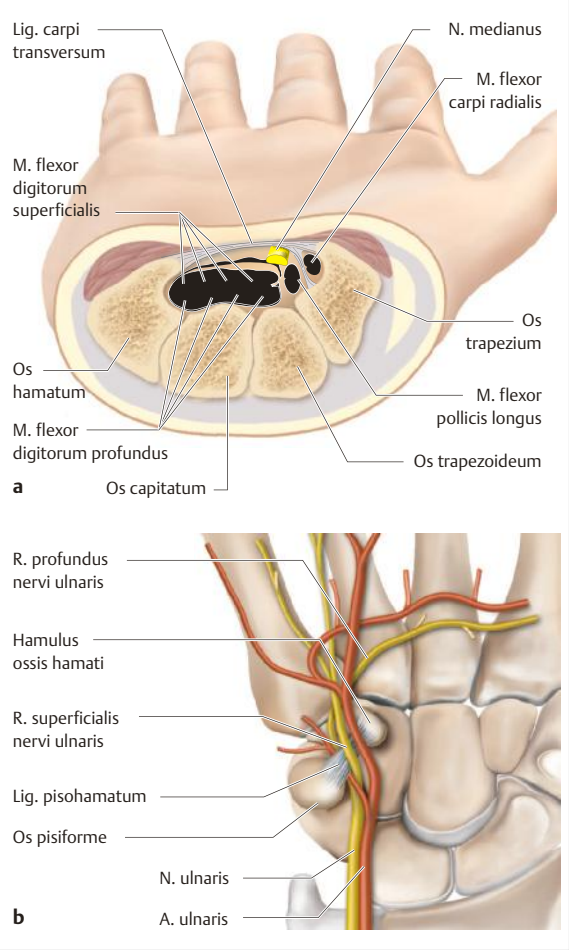


Abb. 18.10 Karpaltunnel und Loge de Guyon.
a Strukturen im Karpaltunnel (Schnitt in Höhe der distalen Handwurzelreihe).
b Loge de Guyon.

Tab. 18.6 Karpaltunnel, Loge de Guyon und Extensorenfächer.

	Karpaltunnel	Loge de Guyon	Sehnenfächer der Extensoren
Bänder	Retinaculum mm. flexorum (1)	Lig. pisohamatum (2)	Retinaculum mm. extensorum (3)
Ursprung	Tub. ossis trapezii Tub. ossis scaphoidei	Os pisiforme	dorsaler Radius
Ansatz	Hamulus ossis hamati Os pisiforme	Hamulus ossis hamati	dorsale Ulna
Insertionen	▶ Abb. 18.9 u. ▶ Abb. 18.10		
Strukturen	N. medianus M. flexor digitorum superficialis und profundus M. flexor pollicis longus	A. und N. ulnaris	(1) M. abductor pollicis longus M. extensor pollicis brevis (2) M. extensor carpi radialis longus M. extensor carpi radialis brevis (3) M. extensor pollicis longus (4) M. extensor digitorum M. extensor indicis (5) M. extensor digiti minimi (6) M. extensor carpi ulnaris

Daumen

Der Daumen spielt eine sehr große Rolle für die Funktionalität der Hand. Die wichtigsten Bewegungen hierbei sind die Opposition und die Reposition.

Der radiale Handstrahl setzt sich aus 5 Knochen, die miteinander 4 gelenkige Verbindungen eingehen, zusammen (▶ Abb. 18.11). Der Daumen selbst besitzt im Vergleich zu den Fingern 2–5 nur 2 Phalanxknochen.

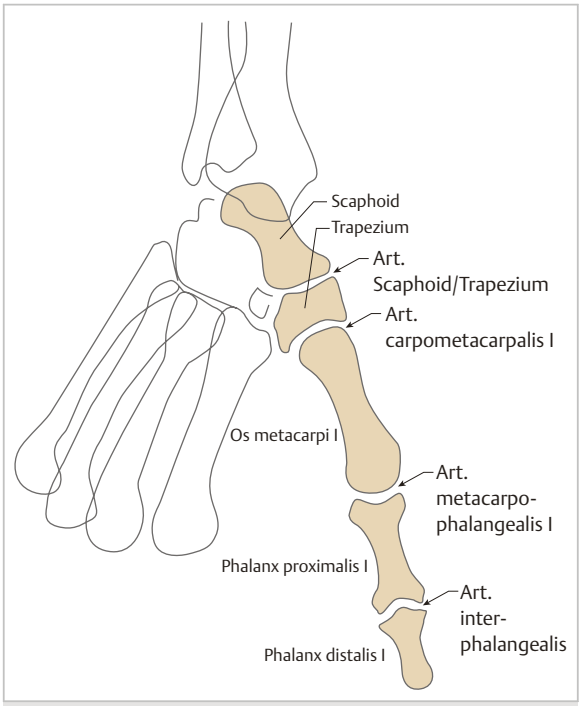


Abb. 18.11 Radialer Handstrahl.

Art. carpometacarpalis pollicis

Die ▶ Tab. 18.7 beinhaltet die wichtigsten Kenngrößen der Art. carpometacarpalis pollicis.

In ▶ Tab. 18.8 sind die einzelnen Gelenke mit ihren Freiheitsgraden aufgeführt.

Die Innenrotation wird auch als Rotationspronation und die Außenrotation als Rotationssupination bezeichnet und findet als Begleitrotation statt. Sie setzt die axiale Rotation des Daumensattelgelenks nach distal fort, um mit der größtmöglichen Fläche des Daumens zu greifen.

Opposition und Reposition sind Kombinationsbewegungen (▶ Tab. 18.9) der Gelenke des radialen Strahls. Insgesamt sind mehrere Freiheitsgrade in verschiedenen Gelenken notwendig für die Opposition und Reposition des Daumens.

Tab. 18.7 Kenngrößen der Art. carpometacarpalis pollicis.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade/Behandlungsebene						Konvex-Konkav-Regel
Trapezium (konkav/konvex) Basis Os metacarpale I (konvex/konkav)	Sattelgelenk (unverändert sellar)	Sagittallebene (Extension/Flexion)		Behandlungsebene	Frontalebene (Abduktion/Adduktion)		Behandlungsebene	
		um frontotransversale Achse	durch Os trapezium	auf der Basis Os metacarpale I	um sagittotransversale Achse	durch Basis Os metacarpale I	liegt auf dem Os trapezium	Punctum mobile = Os metacarpale I • Extension/Flexion – Konkavregel • Abduktion/Adduktion – Konvexregel

Tab. 18.8 Bewegungsmöglichkeiten in den Gelenken des Daumenstrahls.

Gelenkpartner	Gelenkverbindungen	Freiheitsgrad(e)	Bewegungen
Os scaphoideum Os trapezium	Art. Scaphoid/Trapezium	Gleiten nach volar und dorsal	
Os trapezium Os metacarpale I	Art. carpometacarpalis I	2	• Extension • Flexion • Abduktion • Adduktion
Os metacarpale I Phalanx prox.	Art. metacarpophalangealis I	1	• Extension • Flexion (Innenrotation) (Außenrotation)
Phalanx prox. Phalanx dist.	Art. interphalangealis	1	• Extension • Flexion (Innenrotation) (Außenrotation)

Tab. 18.9 Teilbewegungen der Oppositon und Reposition.

Gelenk	Opposition	Reposition
Art. Scaphoid/Trapezium	Flexion	Extension
Art. carpometacarpalis I	Flexion, Abduktion, Rotationspronation	Extension, Adduktion, Rotationssupination
Art. metacarpophalangealis I	Flexion, Rotationspronation	Extension, Rotationssupination
Art. interphalangealis	Flexion, Rotationspronation	Extension, Rotationssupination

Art. metacarpophalangealis pollicis

Rotationssupination und Rotationspronation sind besondere Bewegungen, die während der Opposition (Rotationspronation) und Reposition (Rotationssupination) passieren. Sie kommen zustande, weil das bikonvexe Caput unterschiedliche Krümmungen aufweist. Die Gleitbewegung auf dem ulnaren Condylus des Caputs ist zeitiger beendet, so dass die radiale Basis noch weiter gleitet und in eine Rotation gezwungen wird. Diese Rotationsmöglichkeit erlaubt es dem Daumen noch besser in die opponierte bzw. reponierte Position zu kommen.

Die ▶ Tab. 18.10 beinhaltet die wichtigsten Kenngrößen der Art. metacarpophalangealis pollicis.

Art. interphalangealis pollicis

Die ▶ Tab. 18.11 beinhaltet die wichtigsten Kenngrößen der Art. interphalangealis pollicis.

Tab. 18.10 Kenngrößen der Art. metacarpophalangealis pollicis.

Gelenkpartner		Gelenktyp	Freiheitsgrade/Behandlungsebene				Konvex-Konkav-Regel	Ruhestellung	Verriegelung	Kapselmuster	Bänder
Caput metacarpale I	Basis phalanx proximalis	Scharniergelenk	Extension/Flexion	Behandlungsebene	Rotationssupination	Rotationspronation	Punctum mobile = Phalanx proximalis Extension/Flexion – Konkavregel	leichte Flexion	Extension und maximale Flexion	Extension/Flexion	Kollateralbänder und palmare Faserknorpelplatte (Lig. palmare) dienen als Verstärkung
bikonvex	bikonkav	verändert sattelförmig	0/0/70°	auf Basis Phalanx proximalis	5°–7°	20° (nur in Flexion möglich)					

Tab. 18.11 Kenngrößen der Art. interphalangealis pollicis.

Gelenkpartner		Gelenktyp	Freiheitsgrade/Behandlungsebene			Konvex-Konkav-Regel
Caput phalanx proximalis	Basis phalanx distalis	Scharniergelenk	Extension/Flexion	Rotationspronation	Behandlungsebene	Punctum mobile = Phalanx distalis Extension/Flexion – Konkavregel
konvex	konkav	verändert sattelförmig	10°/0/80°	5°–10°	auf Basis Phalanx distalis	

Artt. carpometacarpales und Syndesmosis intermetacarpalis distalis

Ihre Bedeutung bekommen diese beiden Gelenke darin, dass sie an der Formung der Hohlhand und der optimalen Faustbildung beteiligt sind. Durch sie sind die Finger in der Lage, sich zentrisch in der Hohlhand zur Faust zu beugen.

Die ▶ Tab. 18.12 beinhaltet die wichtigsten Kenngrößen zu den Artt. carpometacarpales.

Artt. metacarpophalangeales II–V

Diese Gelenke neigen sehr stark zur Hypermobilität und besitzen ein sehr großes passives Bewegungsausmaß in der Extension.

Die ▶ Tab. 18.13 beinhaltet die wichtigsten Kenngrößen zu den Artt. metacarpophalangeae II–V.

Artt. interphalangeae proximales et distales

Die proximalen Interphalangealgelenke besitzen keinen Bewegungsgrad in die Extension. Das macht sie zur stabilen und notwendigen Zwischenstation einer Fingergelenksreihe.

Die ▶ Tab. 18.14 beinhaltet die wichtigsten Kenngrößen zu den Artt. interphalangeae proximales et distales.

18.1.2 Funktionelle Anatomie

Radio- und Mediokarpalgelenk

Biomechanik der Dorsalextension und Palmarflexion

Der gesamte Karpus agiert nach der Konvexregel, wenn die Hand das Punctum mobile ist. Das betrifft sowohl das Radiokarpal- als auch das Mediokarpalgelenk mit Ausnahme der Ossa trapezii. Aufgrund der Schrägstellung der Radiusgelenkfläche wandert der konvexe Carpus im Radiokarpalgelenk:

- bei der Dorsalextension nach volar-proximal
- bei der Volarflexion nach dorso-distal

Tab. 18.12 Kenngrößen der Artt. carpometacarpales.

Gelenktyp	Gelenkpartner		
Amphiarthrosen	distale Handwurzelreihe	Basen der Metacarpalia	Karpometakarpalgelenk V ist leicht sattelförmig und kann opponieren
	konvex	konkav	

Tab. 18.13 Kenngrößen der Artt. metacarpophalangeae II–V.

Gelenktyp	Gelenkpartner		Freiheitsgrade/Behandlungsebene				Ruhestellung	Verriegelung
Eigelenk (verändert ovoid)	Caput ossa metacarpalia	Basen Phalanges proximales	Extension/Flexion	Abduktion/Adduktion	passive Rotation möglich	Behandlungsebene	leichte Flexion	maximale Flexion
	bikonvex	bikonkav	30°/0/90° (nicht mehr spreizbar)	20°/0/0°		Basis phalanx proximalis		

Tab. 18.14 Kenngrößen zu den Artt. interphalangeae proximales et distales.

Gelenktyp	Gelenkpartner		Freiheitsgrade/Behandlungsebene			Ruhestellung	Verriegelung
Scharniergelenke (verändert sattelförmig)	Caput phalangis proximalis/medialis	Basis phalangis medialis/distalis	Extension/Flexion	Abduktion/Adduktion	Behandlungsebene	leichte Flexion	maximale Extension
	konvex	konkav	proximales Interphalangealgelenk 0°/0/100° DIP 10°/0/80°	nur distales Interphalangealgelenk gering passiv möglich	Basis phalangis medialis/distalis		

Tab. 18.15 Mobilisationsrichtungen der Handwurzelknochen.

Bewegung	Mobilisation der Handwurzelknochen
Eingeschränkte Bewegung	**Mobilisation der Handwurzelknochen im Radiokarpalgelenk**
Dorsalextension	Os scaphoideum nach volar gegen Radius
	Os lunatum nach volar gegen Radius
	Os triquetrum nach volar gegen Discus articularis
Volarflexion	Os scaphoideum nach dorsal gegen Radius
	Os lunatum nach dorsal gegen Radius
	Os triquetrum nach dorsal gegen Discus articularis
Eingeschränkte Bewegung	**Mobilisation der Handwurzelknochen im Mediokarpalgelenk**
Dorsalextension	Ossa trapezii nach dorsal gegen Os scaphoideum
	Os capitatum nach volar gegen Os scaphoideum
	Os capitatum nach volar gegen Os lunatum
	Os hamatum nach volar gegen Os triquetrum
Volarflexion	Ossa trapezii nach volar gegen Os scaphoideum
	Os capitatum nach dorsal gegen Os scaphoideum
	Os capitatum nach dorsal gegen Os lunatum
	Os hamatum nach dorsal gegen Os triquetrum

Im Mediokarpalgelenk richtet sich die Translation nach der jeweiligen Form des Knochens. Dabei bewegen sich die Trapezii nach der Konkavregel, das Os capitatum und Os hamatum nach der Konvexregel, wenn die Hand das Punctum mobile ist. In ▶ Tab. 18.15 sind die möglichen Mobilisationen zusammengefasst.

Lunatumsäule und Skaphoidsäule

Die Bewegungen der Dorsalextension und Volarflexion werden insbesondere durch das Os lunatum und Os scaphoideum beeinflusst.

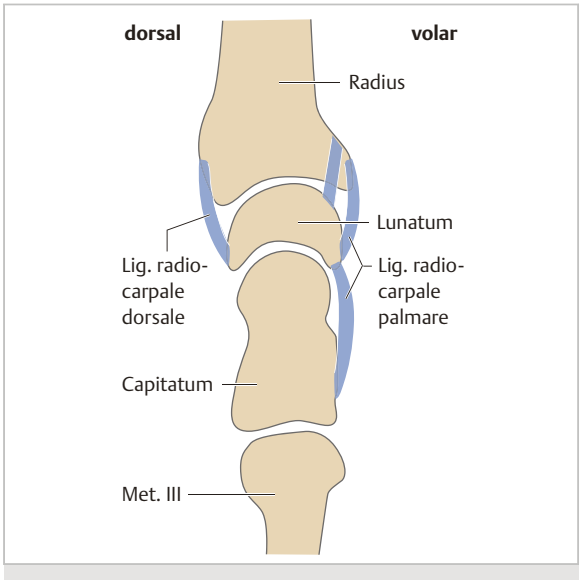


Abb. 18.12 Lunatumsäule.

Lunatumsäule

Die Lunatumsäule besteht aus folgenden Strukturen (▶ Abb. 18.12).

Das Os lunatum besitzt eine asymmetrische Form. Es ist volar dicker und bauchiger als dorsal (▶ Abb. 18.12).

Das Os lunatum bestimmt je nach Stellung den Abstand zwischen Os capitatum und der Radiusgelenkfläche und damit auch den Spannungszustand der Bandstrukturen (▶ Abb. 18.13b u. ▶ Abb. 18.14b). Bewegungen in Dorsalextension und Volarflexion finden im Radiokarpal- und Mediokarpalgelenk statt. Dabei kommt es durch die Be-

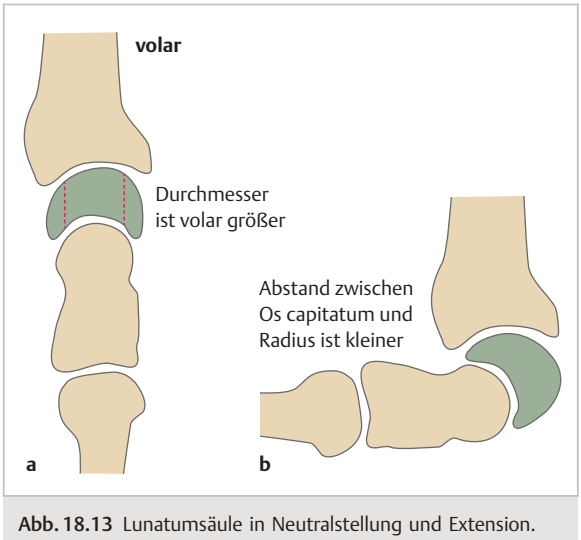


Abb. 18.13 Lunatumsäule in Neutralstellung und Extension.
a Lunatumsäule in Neutralstellung.
b Lunatumsäule in Extension.

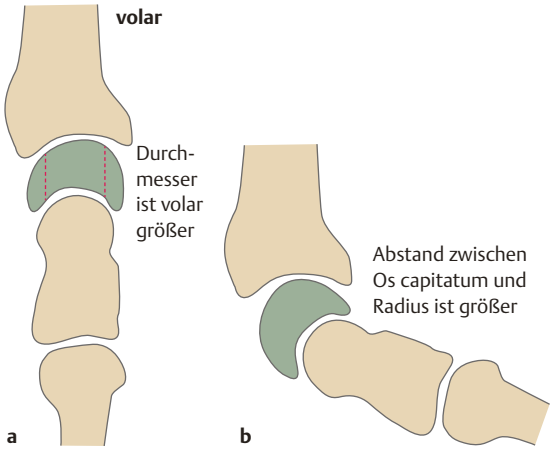


Abb. 18.14 Lunatumsäule in Neutralstellung und Flexion.
a Lunatumsäule in Neutralstellung.
b Lunatumsäule in Flexion.

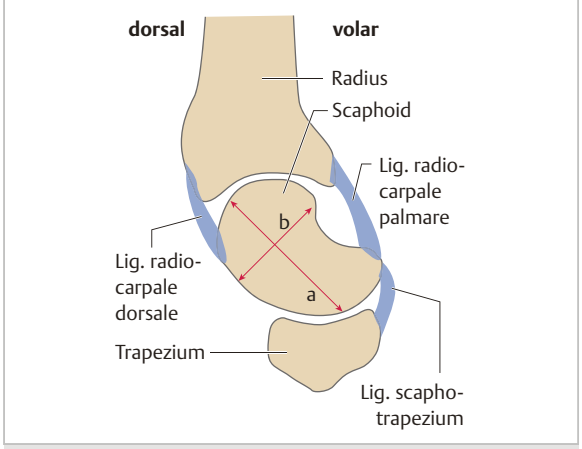


Abb. 18.15 Skaphoidsäule.

Tab. 18.16 Bewegungsausschläge im proximalen und distalen Handgelenk.

	Extension	Flexion
proximales Handgelenk	ca. 35°	ca. 50°
distales Handgelenk	ca. 50°	ca. 35°

wegung des Os lunatum zu Veränderungen der Bandspannungen und damit zur Veränderung der Bewegungsamplituden in den beiden Gelenken.

Bei kleinen Bewegungsausschlägen (30°–40°) ist die Amplitude etwa gleich.

Bei endgradigen Bewegungsausschlägen kommt es zu unterschiedlichen Bewegungsamplituden in den einzelnen Gelenken (▶ Tab. 18.16).

Fazit

Das distale Handgelenk nimmt in der Mobilisation der Dorsalextension eine besondere Rolle ein.

Bewegungen in der Lunatumsäule

In ▶ Tab. 18.17 werden die Bewegungen der Lunatumsäule bei Extension und Flexion gegenübergestellt.

Skaphoidsäule

Die Skaphoidsäule besteht aus folgenden Strukturen (▶ Abb. 18.15).

Für das langgestreckte Skaphoid lassen sich 2 Durchmesser angeben, ein großer (a) und ein kleiner (b) (▶ Abb. 18.15).

Abhängig von der Position des Skaphoids, hat der eine oder der andere Durchmesser Kontakt mit der radialen Gelenkfläche oder der proximalen Gelenkfacette des Tra-

Tab. 18.17 Bewegungen der Lunatumsäule bei Extension und Flexion.

Extension	Flexion
Die radiokarpale Dorsalextension verursacht ein Volargleiten des Os lunatum. Der dünne Anteil des Os lunatum verkleinert den Abstand zwischen dem Kopfzentrum des Os capitatum und dem Radiuspfannenboden. Die palmare Lunatumbremse stoppt das Os lunatum. Die Abstandsverkleinerung verringert die Kapitatumbandspannung und ermöglicht eine größere Bewegung mediokarpal.	Die radiokarpale Volarflexion verursacht ein Dorsalgleiten des Os lunatum. Der dicke Anteil des Os lunatum vergrößert den Abstand zwischen dem Kopfzentrum und dem Radiuspfannenboden . Die schräge, nach volar abfallende Radiusgelenkfläche sorgt für einen Ausgleich. Dadurch entsteht eine Annäherung. Das Os capitatum wandert im Verhältnis zur Radiuslängsachse relativ weit nach volar. Die zunehmende Bandspannung verblockt die Bewegung mediokarpal. Die höhere Elastizität der dorsalen Lunatumbremse erlaubt eine vermehrte Bewegung radiokarpal.

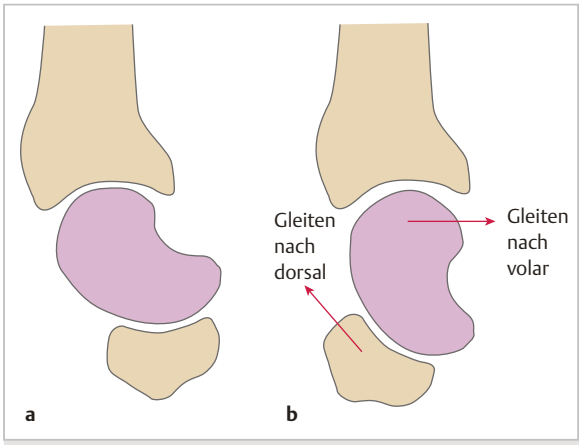


Abb. 18.16 Skaphoidsäule in Neutralstellung und Extenison.
a Skaphoidsäule in Neutralstellung.
b Skaphoidsäule in Extension.

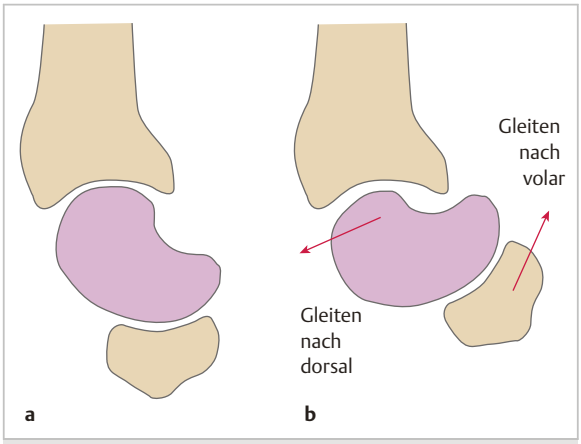


Abb. 18.17 Skaphoidsäule in Neutralstellung und Flexion.
a Skaphoidsäule in Neutralstellung.
b Skaphoidsäule in Flexion.

peziums. Dadurch erklärt sich die variable Distanz zwischen Radius und Trapezium.

In der Neutralnullstellung ist die Distanz zwischen Radius und Trapezium am größten. Bei Extension wird die Distanz kleiner, da sich das Skaphoid „aufrichtet“ und sich das Trapezium nach dorsal verlagert (▶ Abb. 18.16b). Bei Flexion vermindert sich die Distanz ebenfalls, da das Skaphoid quer liegt und das Trapezium nach palmar gleitet (▶ Abb. 18.17b).

Bewegungen in der Skaphoidsäule

In ▶ Tab. 18.18 werden die Bewegungen der Skaphoidsäule bei Extension und Flexion gegenübergestellt.

Während der Dorsalextension kommt es bei annähernd endgradiger Bewegung (ca. 40°–80°) zu einer erhöhten Spannung der Bänder zwischen Radius und Os scaphoideum sowie Os scaphoideum und Os trapezium. Durch die extreme Anspannung der Bänder zwischen diesen Strukturen kommt es zu einer Art Einklemmung des Os scaphoideum zwischen Radius und Os trapezium. Eine ligamentäre Verriegelung der Skaphoidsäule ist die Folge. Das Skaphoid wird zwischen Radius und Os trapezium eingeklemmt.

Diese Verriegelung der Skaphoidsäule bei Dorsalextension erfolgt wesentlich früher, nämlich um ca. 30°, als die Verriegelung der Lunatumsäule, d. h., die Bewegung der Lunatumsäule erfolgt ca. 30° später als die der Skaphoidsäule.

Fazit

Bei Extension entsteht im Handgelenk ein vermehrtes Volargleiten von Os lunatum und Os triquetrum.

Dadurch rotiert der ulnare Carpusteil um eine longitudinale Achse, welche durch den 2. Strahl verläuft, nach volar.

Es entsteht eine Bewegungskopplung von Dorsalextension mit Supinationsrotation, welche sich in der Betrachtung der Art. manus wie eine radiale Abduktion darstellt.

Tab. 18.18 Bewegungen der Skaphoidsäule bei Extension und Flexion.

Extension	Flexion
Die radiokarpale Dorsalextension verursacht ein Volargleiten des Os scaphoideum. Das Os scaphoideum richtet sich auf und das Lig. radiocarpale palmare limitiert die Bewegung radiokarpal. Die Ossa trapezii gleiten nach dorsal bis das Lig. scaphotrapezium die Bewegung stoppt.	Die radiokarpale Volarflexion verursacht ein Dorsalgleiten des Os scaphoideum. Dies vergrößert die Beweglichkeit des Skaphoids radiokarpal. Die Ossa trapezii gleiten nach volar. Die Bewegung ist radiokarpal größer als mediokarpal.

Biomechanik der Radialabduktion und Ulnarabduktion

Die Radial- und Ulnarabduktion wird aus zahlreichen Teilbewegungen der Handwurzelknochen generiert und erfolgt in einzelnen Phasen, welche in ▶ Tab. 18.19 dargestellt sind.

Fazit

Die Flexions- und Extensionsbewegungen der Handwurzelknochen während der Radialabduktion und Ulnarabduktion komprimieren den gesamten Carpus. Das ergibt einen größeren Bewegungsumfang für beide Bewegungen.

Tab. 18.19 Ablauf der Radial- und Ulnarabduktion.

Radialabduktion		Ulnarabduktion	
1. Phase		**1. Phase**	
▶ Abb. 18.18a	Der gesamte Carpus dreht um ein im Os capitatum gelegenes Zentrum. Die proximale Handwurzelreihe verlagert sich nach proximal und ulnar. Die Bewegung wird gestoppt durch das Lig. collaterale carpi ulnare und den Triquetrumzügel. Das Os lunatum wird durch das Os triquetrum wie durch einen Prellbock gebremst ▶ Abb. 18.18a.	▶ Abb. 18.20a.	Der gesamte Carpus dreht um ein im Os capitatum gelegenes Zentrum. Die proximale Handwurzelreihe verlagert sich nach distal und radial. Das Os trapezium und das Os trapezoideum gleiten vom Os scaphoideum nach distal und volar in eine Flexion. Das Os trapezium zieht das Os scaphoideum mit nach distal. Das Os scaphoideum gleitet im proximalen Handgelenk nach volar in Extension. Das Lig. collaterale carpi radiale stoppt die Bewegung ▶ Abb. 18.20a.
2. Phase		**2. Phase**	
▶ Abb. 18.18b ▶ Abb. 18.19	Das Os trapezium und das Os trapezoideum gleiten nach proximal und dorsal. Das Os scaphoideum macht funktionell eine Flexion im proximalen Radiokarpalgelenk und die Trapezii im Verhältnis dazu eine Extension im Mediokarpalgelenk. Das Os capitatum verlagert sich nach distal und das Os lunatum flektiert radiokarpal. Gleichzeitig dreht sich im Mediokarpalgelenk das Os capitatum in Extension. Das Os triquetrum klettert durch den Bandzug auf das Os hamatum ▶ Abb. 18.18b. Merke! Bei der Radialabduktion findet im Radiokarpalgelenk eine Flexionsbewegung statt, welche im Mediokarpalgelenk durch eine Extensionsbewegung kompensiert wird (▶ Abb. 18.19).	▶ Abb. 18.20b ▶ Abb. 18.21	Der Kopf des Os capitatum gleitet nach radial gegen das Os scaphoideum. Das Os triquetrum gleitet nach proximal. Das Os lunatum gleitet nach volar in Extension. Das Os capitatum gleitet dabei nach dorsal in Flexion ▶ Abb. 18.20b. Merke! Bei der Ulnarabduktion findet im Radiokarpalgelenk eine Extensionsbewegung statt, welche im Mediokarpalgelenk durch eine Flexionsbewegung kompensiert wird (▶ Abb. 18.21).

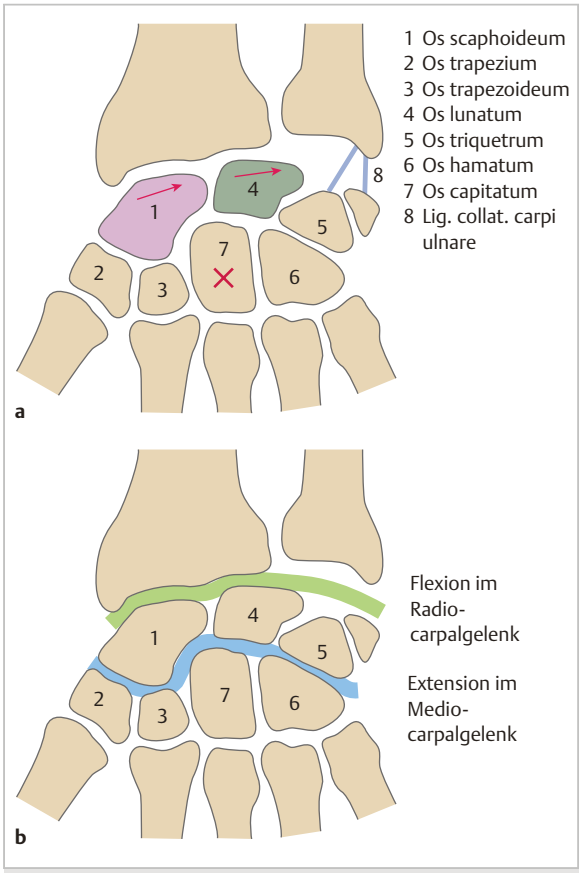


Abb. 18.18 Phasen 1 und 2 der Radialabduktion.
a 1. Phase der Radialabduktion.
b 2. Phase der Radialabduktion.

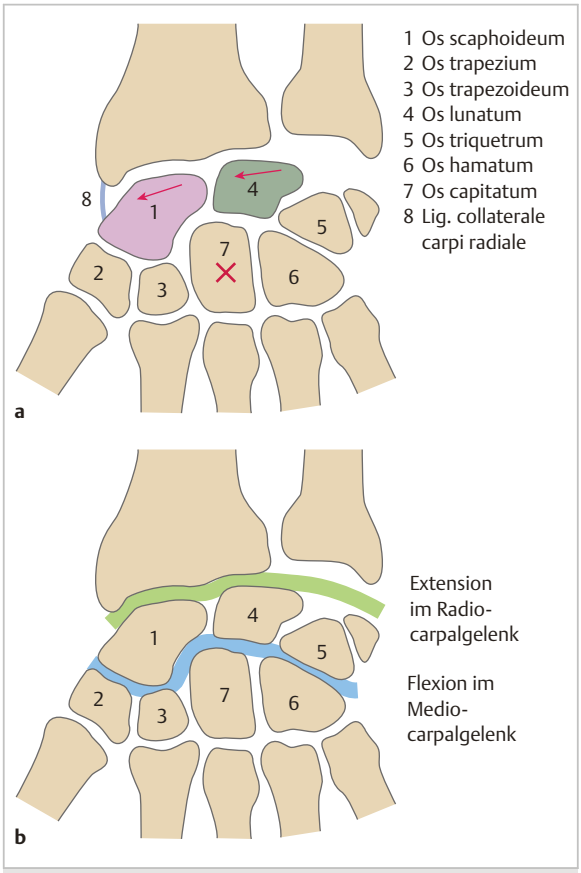


Abb. 18.20 Phasen 1 und 2 der Ulnarabduktion.
a 1. Phase der Ulnarabduktion.
b 2. Phase der Ulnarabduktion.

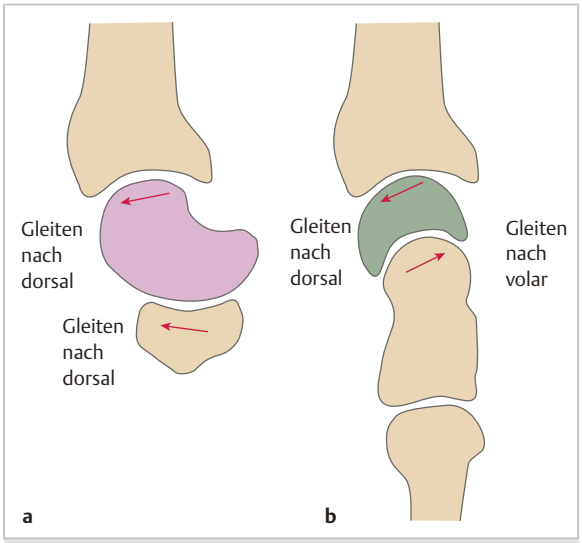


Abb. 18.19 Bewegungen in der Skaphoid- und Lunatumsäule.
a Bewegungen in der Skaphoidsäule.
b Bewegungen in der Lunatumsäule.

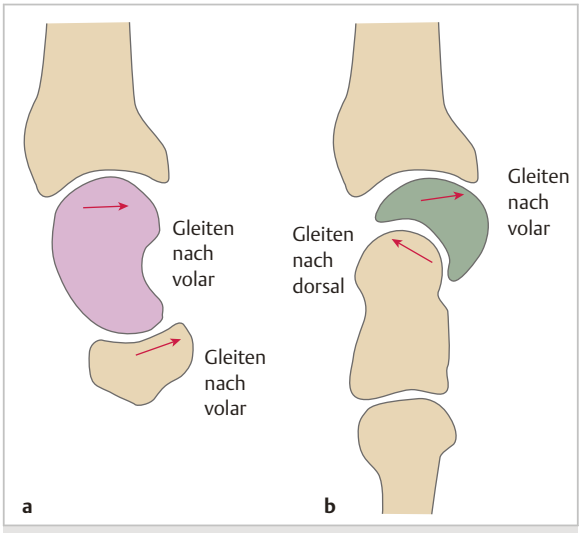


Abb. 18.21 Bewegungen in der Skaphoid- und Lunatumsäule.
a Bewegungen in der Skaphoidsäule.
b Bewegungen in der Lunatumsäule.

Zusammenfassung der Mobilisation der Radialabduktion und Ulnarabduktion

In ▶ Tab. 18.20 sind die Mobilisationsmöglichkeiten bei den entsprechenden Bewegungseinschränkungen zusammengefasst.

Die Flexion im Handgelenk ist von einer Radialabduktion im Radiokarpalgelenk und einer Ulnarabduktion im Mediokarpalgelenk begleitet.

Bei Extension im Handgelenk findet im Radiokarpalgelenk eine Ulnarabduktion und im Mediokarpalgelenk eine Radialabduktion statt.

Diese biomechanischen Verknüpfungen vertritt auch Magee (1997) mit seiner Meinung, dass die Radialabduktion hauptsächlich zwischen der proximalen und distalen Handwurzelreihe stattfindet und die Ulnarabduktion im Wesentlichen im proximalen Handgelenk.

Stellungen des Handgelenks

In ▶ Tab. 18.21 sind die wichtigsten Kenngrößen zum Handgelenk zusammengefasst.

Daumen

Verbindung zwischen Os scaphoideum und Os trapezium

Das straffe Gelenk zwischen Skaphoid und Trapezium ermöglicht dem Trapezium eine geringe Gleitbewegung nach palmar in Richtung des Tuberculum ossis scaphoidei und nach dorsal. Es bestimmt somit auch variabel die Ausrichtung des Daumensattelgelenks im Raum.

Art. carpometacarpalis pollicis

Dieses Gelenk hat für die Beweglichkeit des Daumens eine sehr große Bedeutung. Die Gelenkflächen sind sowohl konvex als auch konkav. Die beiden Sattelflächen (Basis os metacarpale I und Os trapezium) sind kongruent und um 90° gegeneinander gedreht (▶ Abb. 18.22). Dadurch artikuliert die Konvexkrümmung der einen mit der Konkavkrümmung der anderen Gelenkfläche und umgekehrt.

Die Gelenkbeschaffenheit verdeutlicht die Vorstellung eines Reiters auf einem Pferd.

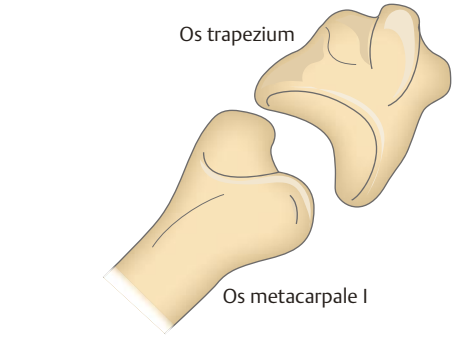


Abb. 18.22 Gelenkflächen der Art. carpometacarpalis pollicis.

Tab. 18.20 Mobilisation bei eingeschränkter Radialabduktion und Ulnarabduktion.

Radialabduktion	Ulnarabduktion
• prox. Handwurzelreihe nach ulnar-proximal mobilisieren • Skaphoid und Lunatum radiokarpal nach dorsal mobilisieren • Trapezii gegen Skaphoid nach dorsal mobilisieren • Capitatum im Mediokarpalgelenk nach volar mobilisieren	• prox. Handwurzelreihe nach radial-distal mobilisieren • Skaphoid und Lunatum radiokarpal nach volar mobilisieren • Trapezii gegen Skaphoid nach volar mobilisieren • Capitatum im Mediokarpalgelenk nach dorsal mobilisieren

Tab. 18.21 Kenngrößen des Handgelenks.

Ruhestellung	Verriegelte Stellung	Kapsuläres Zeichen	Endgefühl		Bewegungsausmaße				Freiheitsgrade
Volarflexion (ca. 5°–10°) und leicht ulnarabduziert (ca. 5°)	maximale Dorsalextension	gleichmäßige Bewegungseinschränkung in alle Richtungen	Dorsalextension	Volarflexion, ulnare und radiale Abduktion	Dorsalextension	Volarflexion	Ulnarabduktion	Radialabduktion	• Dorsalextension und Volar- bzw. Palmarflexion • radiale Abduktion und ulnare Abduktion • leichte Rotationsfähigkeit bei endgradiger Dorsalextension und Volarflexion
			fest- bis hart-elastisches Endgefühl (Bänder-, Knochenstopp)	fest-elastisches Endgefühl (Bänderstopp)	ca. 70°–85°	ca. 80°–85°	ca. 40°–45°	ca. 15°–20°	

Orientierung der Gelenkflächen im Raum

Durch die gewölbeartige Anordnung der Handwurzelknochen und die damit einhergehende Hohlhandbildung entsteht im Bereich der distalen Handwurzelreihe eine deutliche Absenkung der radialen und ulnaren Handwurzelknochen (▶ Abb. 18.23). Dies hat zur Folge, dass sich das Skaphoid und das Trapezium nach radiovolar orientieren und die Gelenkflächen des Daumensattelgelenks ihre Ausrichtung im Raum entsprechend ändern.

▶ Tab. 18.22 fasst die Ausrichtung der Gelenkflächen (konkaver Teil = Behandlungsebene, ▶ Abb. 18.23) zusammen.

Dadurch steht das Metakarpale des Daumens nicht mit den anderen Fingern in einer Reihe, sondern ist um ca. 60° nach volar gedreht (▶ Abb. 18.24).

Bewegungsachsen des Daumensattelgelenks

Die Neigung der Gelenkflächen wirkt sich auf die Bewegungsachsen (▶ Abb. 18.25) des Daumensattelgelenks aus. Dies wird deutlich sichtbar, wenn der Verlauf der Flexions-Extensions-Achsen der anderen Karpometakarpalgelenke mit dieser verglichen werden. Durch diese Abweichung des Daumens werden die verschiedenen Formen des Greifens erst möglich.

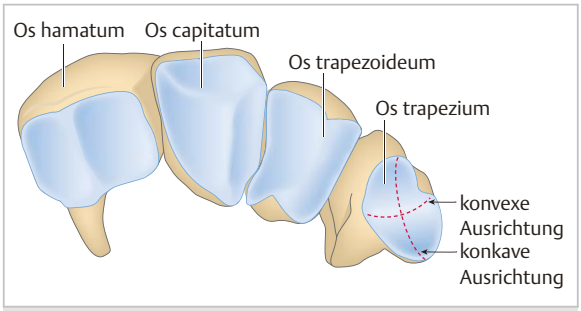


Abb. 18.23 Gewölbe der Hand von distal.

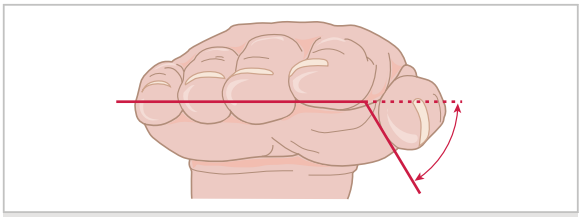


Abb. 18.24 Ansicht von distal – Neigung des Daumenstrahls.

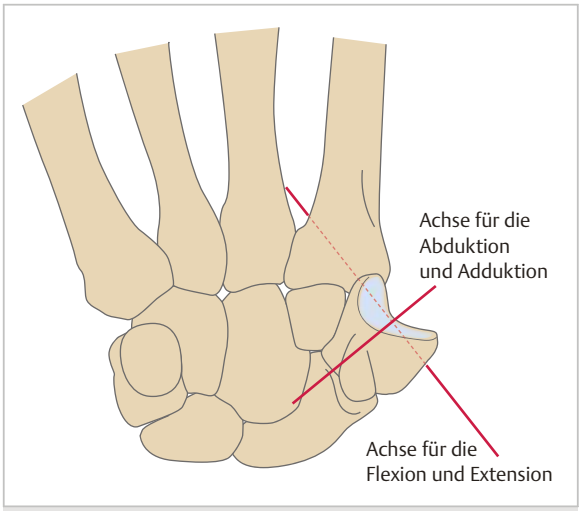


Abb. 18.25 Achsen der Art. carpometacarpalis pollicis.

Tab. 18.22 Ausrichtung der Gelenkflächen.

Os trapezium		Os metacarpale	
konkaver Teil	konvexer Teil	konkaver Teil	konvexer Teil
von dorso-ulnar nach volar-radial	von dorso-radial nach volar-ulnar	von dorso-radial nach volar-ulnar	von dorso-ulnar nach volar-radial

Tab. 18.23 Stellungen des Daumensattelgelenks.

Neutralnullstellung/Ruhestellung	Verriegelung	Kapselmuster	Bewegungsausmaß	
mittig aller Positionen	maximale Opposition	Abduktion/Extension	Abduktion/Adduktion	Extension/Flexion
			35°/0°/25°	45°/0°/25°

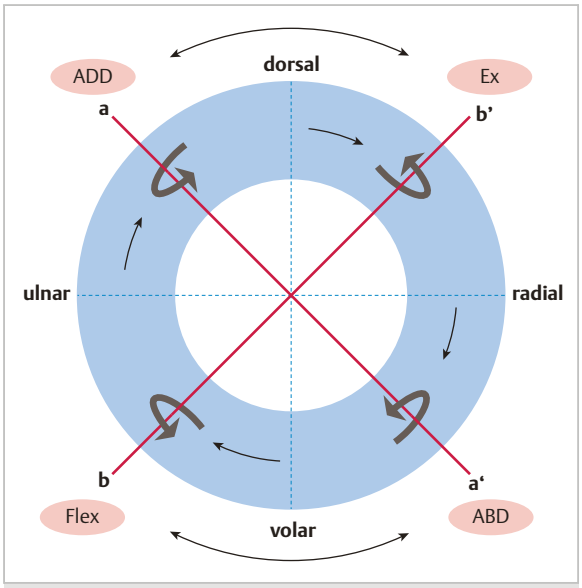


Abb. 18.26 Daumensattelgelenk-Kompass – rechtes Karpometakarpalgelenk I von distal mit den Achsen a/a' für Extension/Flexion und b/b' für Abduktion/Adduktion.

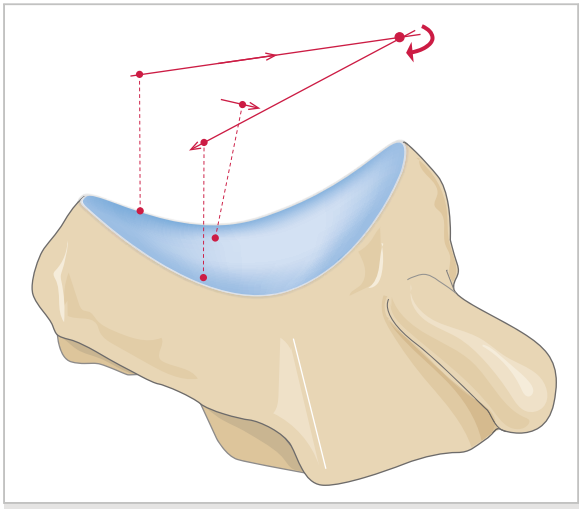


Abb. 18.27 Begleitrotation Daumen.

Daumensattelgelenk-Kompassmodell

Die Achsen des Daumensattelgelenks stehen 90° zueinander (▶ Abb. 18.26). Allerdings sind sie ca. 60° aus der dorso-volaren und radioulnaren Ebene heraus gedreht.

Begleitrotation

Als dritte Bewegungsmöglichkeit kann das Daumensattelgelenk eine Längsrotation ausführen. Diese Rotation erfolgt automatisch als Begleitbewegung bei komplexen Bewegungen (z. B. Opposition) des Daumens. Die Begleitrotation, dargestellt anhand eines Sattels, ist vergleichbar mit einem Bergpass, über den eine gekrümmte Straße führt (▶ Abb. 18.27).

Der Lastwagen, welcher den Pass herauffährt, bildet einen Winkel mit dem Lastwagen, welcher herunterfährt. Seine räumliche Fahrtrichtungsänderung im Verlauf des Passes stellt die Begleitrotation dar, welche das Os metacarpale I zum Os trapezium macht.

Stellungen des Daumensattelgelenks

In ▶ Tab. 18.23 werden die Stellungen des Daumensattelgelenks zusammengefasst.

18.2 Praxis

18.2.1 Untersuchung Hand

Anamnese

Traumatische Verletzungen der Knochen und Weichteile, neurologische Läsionen, Stoffwechselerkrankungen und Überlastungen der Handwuzelknochen und Sehnenscheiden sind kennzeichnend für die Hand. Zur richtig durchgeführten Anamnese siehe Kap. 3.4.1.

Inspektion

Mögliche Konturveränderungen sind:

- Bajonettstellung und Ulnardeviation bei Rheumatoidarthritis
- Knochenasymmetrie bei distalen Radiusfrakturen
- Ganglien im Handwurzelbereich
- Handrückenödeme bei neuraler Irritation, Traumen, Reflexdystrophie, Tendovaginitiden
- Muskelatrophien bei zervikaler Myelopathie, Rheumatoidarthritis, Paresen, neurologische Systemerkrankungen

- Rhizarthrose, Bennetfraktur (Boxerfraktur) in der Art. carpometacarpalis I

Mögliche Stellungs- und Formpathologien der Finger sind:
- Poly- und Oligodaktylie
- Beugekontrakturen (Dupuytren-Kontraktur, Paresen)
- Volar- und Ulnardeviation bei Rheumatoidarthritis
- Ödeme (Traumen, periphere Nervenirritation, Reflexdystrophie, Tendovaginitis, Trommelschlegelfinger, Karpaltunnelsyndrom, klimakterische Beschwerden, Gicht, Arthrosen)

Hautveränderungen können auf Pathologien hinweisen, wie z. B.:
- glatt – glänzend – gespannt → Reflexdystrophie
- blass – zyanotisch → M. Raynaud
- kalt – feucht → vegetative Dysbalance
- positiver Nagelbefund

Palpation

Siehe Kap. 3.4.3 und Kap. 4.4.

Aktive und passive Bewegungsprüfung/ Endgefühl

Art. radiocarpalis und Art. mediocarpalis

- Dorsalextension/Volarflexion – 80°/0°/85°
- Radialabduktion/Ulnarabduktion – 20°/0°/45°
- Endgefühl aller Bewegungen ist fest-elastisch

Artt. carpometacarpales II–V, Art. intermetacarpalis, Syndesmosis intermetacarpalis distalis

- Flexion – Extension – wenig Bewegung
- Abduktion – Adduktion – wenig Bewegung

Art. carpometacarpalis V

- Opposition – wenig Bewegung
- Endgefühl ist fest-elastisch

Art. carpometacarpalis I

- Flexion – Extension insgesamt 70°
- Abduktion – Adduktion insgesamt 60°
- Endgefühl ist fest-elastisch

Artt. metacarpophalangeales I–V, Artt. interphalangeales proximales II–V, Artt. interphalangeales distales II–V, Art. interphalangealis I

In ▶ Tab. 18.24 sind mögliche Bewegungen und deren Ausmaße zusammengetragen.

Zusatztests

Neurologische und angiologische Tests

Art. radiocarpalis und Art. mediocarpalis

Kennmuskeln:
- C6 = Musculus biceps brachii
- C7 = Musculus triceps brachii
- C8 = Musculus abductor digiti minimi
- Th1 = Musculi interossii

Sensibilität:
- in Längsrichtung im Verlauf des Dermatoms streichen
- als Kontrolle quer über verschiedene Dermatome streichen

Tab. 18.24 Bewegungen und deren Ausmaße.

Gelenke der Digitoren II–V			Gelenke des Digitorum I	
Artt. metacarpophalangeales II–V: • Extension/Flexion – 30°/0°/90° • Ulnar- und Radialabduktion, • Rotation möglich	Artt. interphalangeales proximales II–V: • Extension/Flexion – 0°/0°/100°	Artt. interphalangeales distales II–V: • Extension/Flexion – 10°/0°/80° • leichte, passive Ulnar- und Radialbewegung und Rotation möglich	Art. metacarpophalangealis I = MCP: • Extension/Flexion – 0°/0°/70° • leichte passive/aktive Ulnar- und Radialbewegung • aktive Rotation (Pronations- und Supinationsrotation) möglich	Art. interphalangealis I = IP: • Extension/Flexion – 20°/0°/80° • leichte passive Ulnar- und Radialbewegung • aktive Rotation (Pronations- und Supinationsrotation) möglich

Art. carpometacarpalis II–V, Art. intermetacarpalis, Syndesmosis intermetacarpalis distalis

Gaenslen-Griff



Abb. 18.28 Gaenslen-Griff.

Ausführung (▶ Abb. 18.28):
- Patient steht oder sitzt.
- Hand des Patienten wird an den Basen der Metacarpalia komprimiert.

Anwendung:
- Kompression der palmaren intermetakarpalen Nerven und gleichzeitig Dehnung der intermetakarpalen Ligamente

Widerstandstests

Art. radiocarpalis und Art. mediocarpalis

Die Muskeln für die einzelnen Bewegungsrichtungen sind:
- Volarflexion:
  - M. flexor carpi radialis + Radialabduktion
  - M. flexor carpi ulnaris + Ulnarabduktion
  - M. palmaris longus
- Dorsalextension:
  - M. extensor carpi radialis longus + Radialabduktion
  - M. extensor carpi radialis brevis
  - M. extensor carpi ulnaris + Ulnarabduktion
- Radialabduktion:
  - M. flexor carpi radialis + Volarflexion
  - M. extensor carpi radialis longus + Dorsalextension
- Ulnarabduktion:
  - M. flexor carpi ulnaris + Volarflexion
  - M. extensor carpi ulnaris + Dorsalextension

Karpometakarpalgelenk V

M. opponens digiti minimi für die Opposition.

Karpometakarpalgelenk I

Die Muskeln für die einzelnen Bewegungsrichtungen sind:
- Flexion:
  - M. flexor pollicis longus – Interphalangealgelenk + Metakarpophalangealgelenk
  - M. flexor pollicis brevis – Interphalangealgelenk
- Extension:
  - M. extensor pollicis longus – Interphalangealgelenk + Metakarpophalangealgelenk
  - M. extensor pollicis brevis – Metakarpophalangealgelenk
- Abduktion:
  - M. abductor pollicis longus
  - M. abductor pollicis brevis
- Adduktion:
  - M. adductor pollicis
- Opposition:
  - M. opponens pollicis

Artt. metacarpophalangeales I–V, Artt. interphalangeae proximales II–V, Artt. interphalangeae distales II–V, Art. interphalangealis I

Die bewegende Muskulatur der Fingergelenke sind:
- Flexion:
  - M. flexor digitorum superficialis:
    - proximales Interphalangealgelenk
  - M. flexor digitorum profundus:
    - distales Interphalangealgelenk
  - Mm. lumbricales:
    - Metakarpophalangealgelenk: Flexion
    - distales Interphalangealgelenk + proximales Interphalangealgelenk: Extension
  - Mm. flexores pollicis, M. flexor digiti minimi:
    - Metakarpophalangealgelenk: brevis, Interphalangealgelenk: longus
- Extension:
  - M. extensor digitorum:
    - distales Interphalangealgelenk + proximales Interphalangealgelenk
  - M. extensor digiti minimi:
    - distales Interphalangealgelenk + proximales Interphalangealgelenk
  - M. extensor indicis:
    - distales Interphalangealgelenk + proximales Interphalangealgelenk

- Mm. extensores pollicis:
  - Metakarpophalangealgelenk: brevis, Interphalangealgelenk: longus
- Abduktion:
  - Mm. interossei dorsales:
    - Metakarpophalangealgelenk
  - M. abductor digiti minimi:
    - Metakarpophalangealgelenk
  - M. abductor pollicis brevis et longus:
    - Karpometakarpalgelenk I
- Adduktion:
  - Mm. interossei palmares:
    - Karpometakarpalgelenk I
  - M. adductor pollicis:
    - Metakarpophalangealgelenk I
  - M. opponens pollicis:
    - Karpometakarpalgelenk I
  - M. opponens digiti minimi:
    - Karpometakarpalgelenk V

Translatorische Tests der Art. radiocarpalis und Art. mediocarpalis

Traktion in der Art. radiocarpalis und in der Art. mediocarpalis

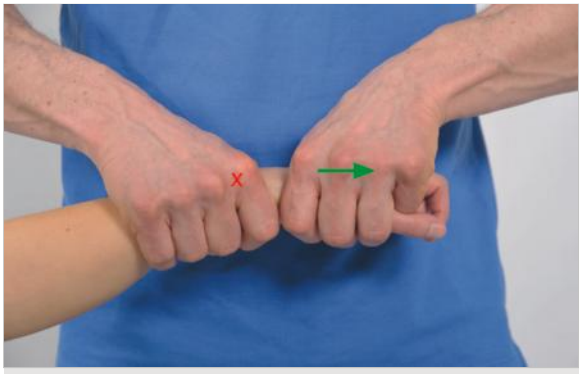


Abb. 18.29 Traktion Handgelenk.

Ausführung (▶ Abb. 18.29):
- Patient sitzt.
- Therapeut fixiert den Unterarm und vertikalisiert die Behandlungsebene durch leichtes Anheben des Unterarms.
- Andere Hand umgreift gelenknah den gesamten Carpus.
- Unter leichter Volarflexion und ulnarer Abduktion erfolgt eine Traktion 90° zur Behandlungsebene.
- Die Kompression erfolgt in umgekehrter Richtung.

Anwendung:
- Test des Gelenkspiels
- Test von Schmerz

Gleiten nach volar zum Test der Dorsalextension in der Art. radiocarpalis

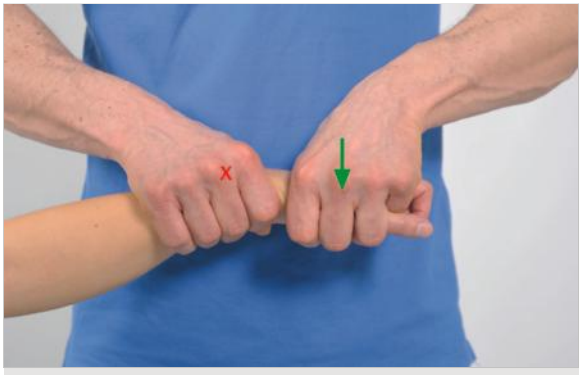


Abb. 18.30 Gleiten nach volar im Handgelenk.

Ausführung (▶ Abb. 18.30):
- Patient sitzt.
- Therapeut fixiert den ansteigenden Unterarm.
- Andere Hand umgreift gelenknah den gesamten Carpus.
- Unter leichter Volarflexion und ulnarer Abduktion erfolgt eine Translation nach volar, parallel zur Behandlungsebene.

Anwendung:
- Test der Dorsalextension

Gleiten nach dorsal zum Test der Volarflexion in der Art. radiocarpalis

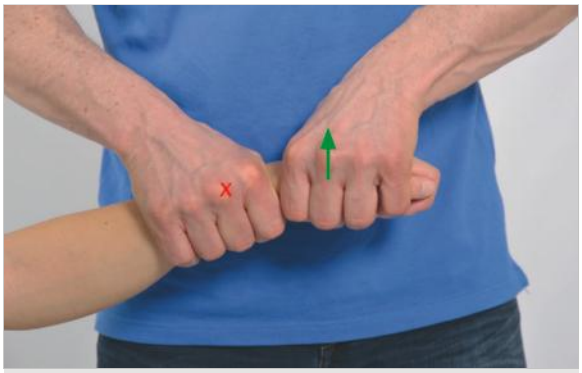


Abb. 18.31 Gleiten nach dorsal im Handgelenk.

Ausführung (▶ Abb. 18.31):
- Patient sitzt.
- Therapeut fixiert den ansteigenden Unterarm.
- Andere Hand umgreift gelenknah den gesamten Carpus.
- Unter leichter Volarflexion und ulnarer Abduktion erfolgt eine Translation nach dorsal, parallel zur Behandlungsebene.

Anwendung:
- Test der Volarflexion

Gleiten nach radial zum Test der ulnaren Abduktion in der Art. radiocarpalis



Abb. 18.32 Gleiten nach radial im Handgelenk.

Ausführung (▶ Abb. 18.32):
- Patient sitzt.
- Therapeut umgreift den distalen Unterarm von radial.
- Andere Hand umgreift den Carpus von ulnar.
- Translationsschub nach radio-distal.

Anwendung:
- Test der ulnaren Abduktion
- Test des Lig. collaterale carpi radiale

Gleiten nach ulnar zum Test der radialen Abduktion in der Art. radiocarpalis



Abb. 18.33 Gleiten nach ulnar im Handgelenk.

Ausführung (▶ Abb. 18.33):
- Patient sitzt.
- Therapeut umgreift den distalen Unterarm von ulnar.
- Andere Hand umgreift den Carpus von radial.
- Translationsschub nach ulnar-proximal.

Anwendung:
- Test der radialen Abduktion
- Test des Lig. collaterale carpi ulnare

Translatorische Tests der Interkarpalgelenke

Die Handwurzelknochen werden einzeln unter Beachtung von Punctum mobile/fixum und entsprechend ihrer Glenkflächenform für die Dorsalextension und Volarflexion getestet.

Die translatorischen Tests der Interkarpalgelenke können nach einem sog. Zehnertest durchgeführt werden. Dieser gliedert sich in 4 Phasen.

Kapitatumkreis 1. Phase



Abb. 18.34 Kapitatumkreis.

Ausführung (▶ Abb. 18.34):

- Patient sitzt.
- Therapeut fixiert mit Daumen und Zeigefinger mit der von ulnar kommenden Hand das Os capitatum.
- Die Ossa trapezii (1) und das Os scaphoideum (2) werden mit der radialen Hand nach volar und dorsal getestet.
- Therapeut greift um und fixiert von radial kommend das Os capitatum und testet das Os lunatum (3)und das Os hamatum (4).

Radiale Seite 2. Phase

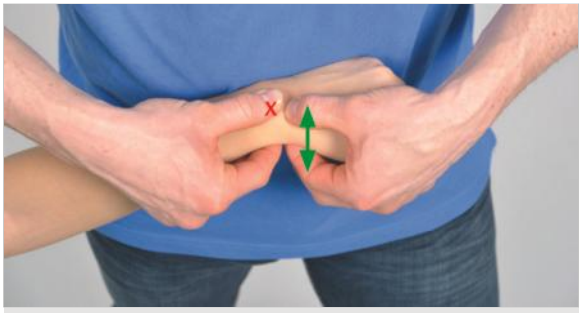


Abb. 18.35 Radiale Seite.

Ausführung (▶ Abb. 18.35):

- Patient sitzt.
- Therapeut fixiert ulnare Handkante gegen eigenen Körper.
- Therapeut fixiert Processus styloideus radii mit der prox. Hand, distale Hand greift mit Daumen und Zeigefinger das Os scaphoideum (5) und dann das Os lunatum (6) zum Test dorso-volar.
- Therapeut fixiert von radial das Os scaphoideum und testet die Trapezii (7) dorso-volar.

Ulnare Seite 3. Phase

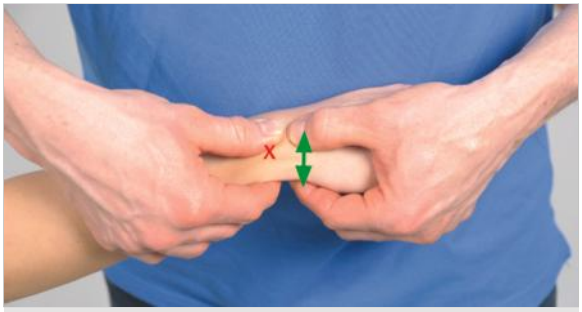


Abb. 18.36 Ulnare Seite.

Ausführung (▶ Abb. 18.36):

- Patient sitzt.
- Therapeut fixiert radiale Handkante gegen eigenen Körper.
- Therapeut fixiert Processus styloideus ulnae mit der proximalen Hand, distale Hand greift mit Daumen und Zeigefinger das Os triquetrum (8) zum Test dorso-volar.
- Therapeut fixiert von ulnar das Os triquetrum und testet das Os hamatum (9) mit der distalen Hand dorso-volar.

Gleiten von Os pisiforme 4. Phase



Abb. 18.37 Gleiten Os pisiforme.

Ausführung (▶ Abb. 18.37):
- Patient sitzt.
- Therapeut testet in einer leicht volar flektierten Handhaltung das Os pisiforme (10) gegen das Os triquetrum.

Anwendung:
- Test der Dorsalextension und Volarflexion

Artt. carpometacarpales II–V, Art. intermetacarpalis, Syndesmosis intermetacarpalis distalis

Traktion in den Artt. carpometacarpales



Abb. 18.38 Traktion Art. carpometacarpalis.

Ausführung (▶ Abb. 18.38):
- Patient sitzt.
- Eine Hand fixiert mit Daumen und Zeigefinger die distalen Handwurzelknochen.
- Andere Hand umgreift das Caput des Os metacarpale.
- Traktionsimpuls erfolgt in Längsrichtung des Os metacarpale.

Anwendung:
- Test des Gelenkspiels

Gleiten nach dorsal für Dorsalextension und volar für Volarflexion in den Artt. carpometacarpales II–V

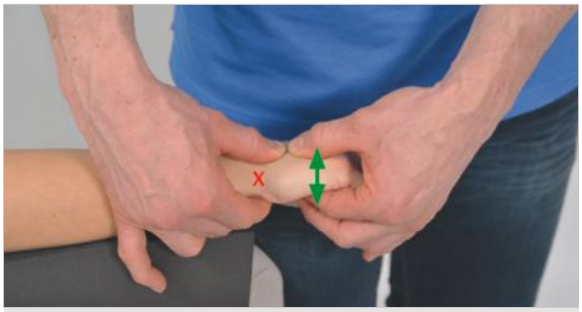


Abb. 18.39 Gleiten nach dorsal und volar in der Art. carpometacarpalis.

Ausführung (▶ Abb. 18.39):
- Patient sitzt.
- Eine Hand fixiert den distalen Handwurzelknochen mit Daumen und Zeigefinger.
- Andere Hand umgreift die Basis des Os metacarpale.
- Translation nach dorsal für Dorsalextension und nach volar für Volarflexion.

Anwendung:
- Test der Dorsalextension und Volarflexion

Gleiten nach dorsal/volar für allgemeine Mobilität in der Art. intermetacarpalis und in der Syndesmosis intermetacarpalis

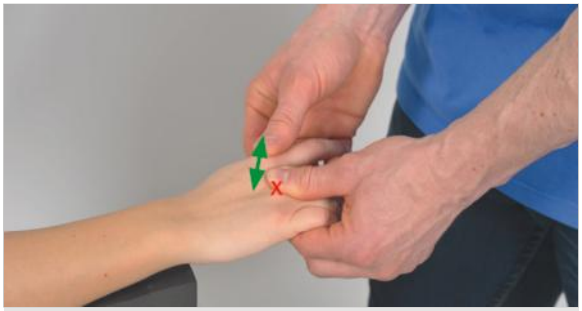


Abb. 18.40 Gleiten nach dorsal/volar in der Syndesmosis intermetacarpalis.

Ausführung (▶ Abb. 18.40):
- Patient sitzt.
- Die Basen bzw. die Capita zweier benachbarter Metacarpalia werden gegeneinander nach dorsal und volar bewegt.

Anwendung:
- Test der allgemeinen Mobilität

Art. carpometacarpalis I

Traktion in der Art. carpometacarpalis I

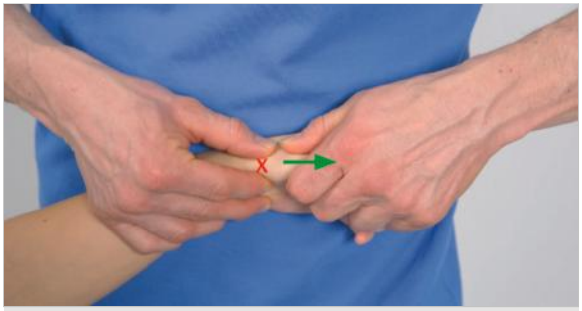


Abb. 18.41 Traktion CM I.

Ausführung (▶ Abb. 18.41):
- Patient sitzt.
- Proximale Hand fixiert das Os trapezium.
- Distale Hand umgreift die Basis Os metacarpale I.
- Traktion in Längsrichtung des Os metacarpale I nach distal.
- Kompression in Längsrichtung des Os metacarpale I nach proximal.

Anwendung:
- Test des Gelenkspiels
- Test auf Schmerz

Gleiten nach radio-dorsal für die Extension in der Art. carpometacarpalis I

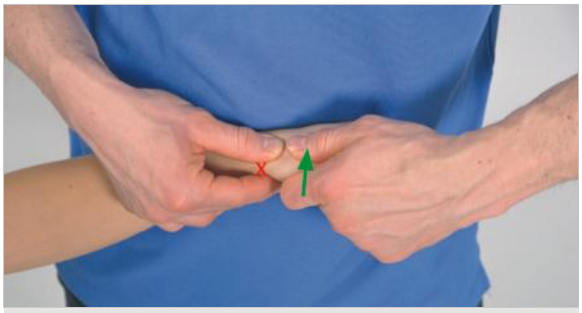


Abb. 18.42 Gleiten nach radio-dorsal im CM I.

Ausführung (▶ Abb. 18.42):
- Patient sitzt.
- Hand des Patienten wird mit dem Handrücken am Körper des Therapeuten fixiert.
- Proximale Hand fixiert das Os trapezium.
- Distale Hand umgreift mit Daumen und Zeigefinger das Os metacarpale I basisnah.
- Translation nach radio-dorsal.

Anwendung:
- Test der Extension

Gleiten nach ulnar-volar für die Flexion in der Art. carpometacarpalis I

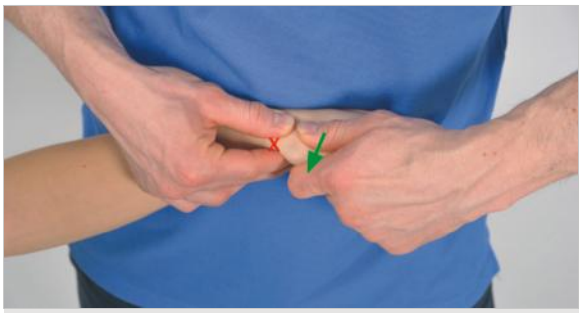


Abb. 18.43 Gleiten nach ulnar-volar im CM I.

Ausführung (▶ Abb. 18.43):
- Patient sitzt.
- Hand des Patienten wird mit dem Handrücken am Körper des Therapeuten fixiert.
- Proximale Hand fixiert das Os trapezium.
- Distale Hand umgreift mit Daumen und Zeigefinger das Os metacarpale I basisnah.
- Translation nach ulnar-volar.

Anwendung:
- Test der Flexion

Gleiten nach dorso-ulnar für die Abduktion in der Art. carpometacarpalis I

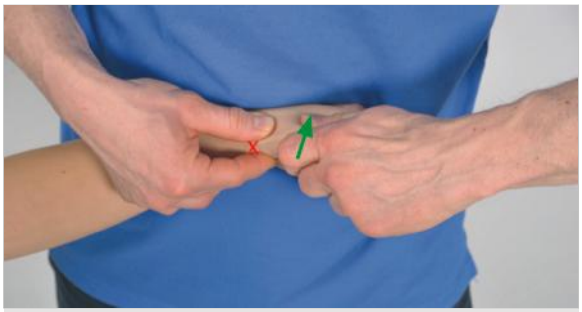


Abb. 18.44 Gleiten nach dorso-ulnar im CM I.

Ausführung (▶ Abb. 18.44):
- Patient sitzt.
- Hand des Patienten wird mit der ulnaren Handkante am Körper des Therapeuten fixiert.
- Proximale Hand fixiert das Os trapezium.
- Distale Hand umgreift mit Daumen und Zeigefinger das Os metacarpale I basisnah.
- Translation nach dorso-ulnar.

Anwendung:
- Test der Abduktion

Gleiten nach volar-radial für die Adduktion in der Art. carpometacarpalis I

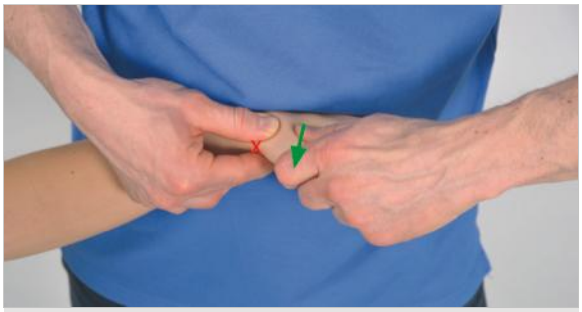


Abb. 18.45 Gleiten nach volar-radial im CM I.

Ausführung (▶ Abb. 18.45):
- Patient sitzt.
- Hand des Patienten wird mit der ulnaren Handkante am Körper des Therapeuten fixiert.
- Proximale Hand fixiert das Os trapezium.
- Distale Hand umgreift mit Daumen und Zeigefinger das Os metacarpale I basisnah.
- Translation nach volar-radial.

Anwendung:
- Test der Adduktion

Artt. metacarpophalangeales I–V, Artt. interphalangeae proximales II–V, Artt. interphalangeae distales II–V, Art. interphalangealis I

Traktion und Kompression in der Art. metacarpophalangealis

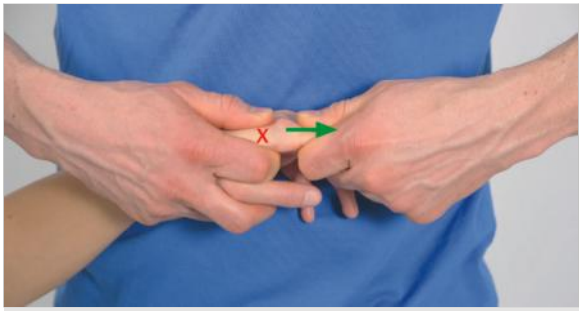


Abb. 18.46 Traktion und Kompression in der Art. metacarpophalangealis.

Ausführung (▶ Abb. 18.46):
- Patient sitzt.
- Proximale Hand fixiert mit Daumen und Zeigefinger das Caput des Os metacarpale.
- Distale Hand umgreift mit Daumen und Zeigefinger die Basis der Phalanx proximalis, Traktions- und Kompressionsimpuls erfolgt in Verlängerung der Phalanx proximalis.

Die proximalen und distalen Interphalangealgelenke werden mit entsprechender Griffänderung gleichfalls getestet.

Anwendung:
- Test der allgemeinen Mobilität

Gleiten nach dorsal und volar für Extension und Flexion in der Art. metacarpophalangealis

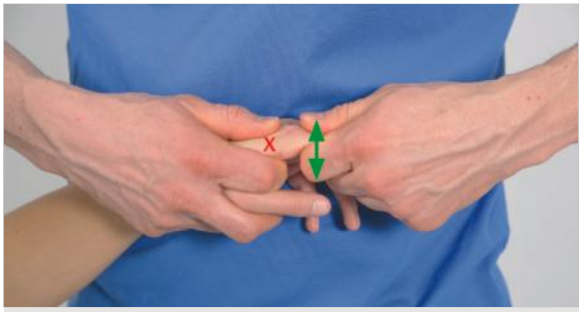


Abb. 18.47 Gleiten nach dorsal und volar in der Art. metacarpophalangealis.

Ausführung (▶ Abb. 18.47):
- Patient sitzt.
- Proximale Hand fixiert mit Daumen und Zeigefinger das Caput des Os metacarpale.
- Distale Hand umgreift mit Daumen und Zeigefinger die Basis der Phalanx proximalis.
- Gleitimpuls nach dorsal für die Extension.
- Gleitimpuls nach volar für die Flexion.

Die proximalen und distalen Interphalangealgelenke werden mit entsprechender Griffänderung gleichfalls getestet.

Anwendung:
- Test der Extension und Flexion

Gleiten nach radial und ulnar für die radiale und ulnare Abduktion in der Art. metacarpophalangealis



Abb. 18.48 Gleiten nach radial und ulnar in der Art. metacarpophalangealis.

Ausführung (▶ Abb. 18.48):
- Patient sitzt.
- Hand des Patienten liegt mit der volaren Seite am Körper des Therapeuten.
- Proximale Hand fixiert mit Daumen und Zeigefinger das Caput des Os metacarpale.
- Distale Hand umgreift mit Daumen und Zeigefinger die Basis der Phalanx proximalis. Translationsimpuls erfolgt nach radial zum Test der radialen Abduktion und nach ulnar zum Test der ulnaren Abduktion.

Die proximalen und distalen Interphalangealgelenke werden mit entsprechender Griffänderung gleichfalls getestet.

Anwendung:
- Test der radialen und ulnaren Abduktion

Safety-Tests

Alle Traktions- und Kompressionstests werden als Sicherheitstests herangezogen.

Ein Traktionstest als Safety-Test ist dann positiv, wenn bei einer gehaltenen Traktion von einigen Sekunden eine nicht adäquate Schmerzreaktion auftritt.

Ein Kompressionstest ist dann als Safety-Test positiv zu bewerten, wenn nach einer progressiven Kompressionssteigerung ein nicht adäquater Schmerz auftritt.

18.2.2 Behandlungen der Articulatio manus

Behandlungen Art. radiocarpalis und Art. mediocarpalis

Mobilisation der Dorsalextension

Traktion in der Art. radiocarpalis

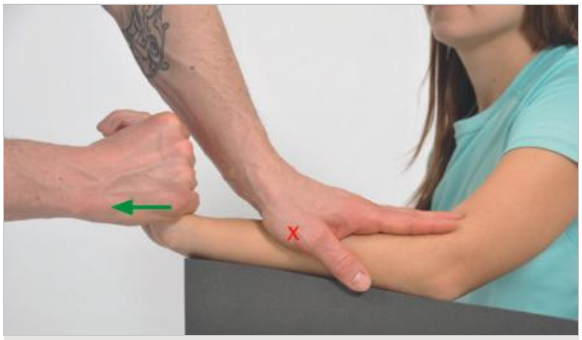


Abb. 18.49 Traktion Art. manus mit vorpositionierter Dorsalextension.

Ausführung (▶ Abb. 18.49):

- Patient sitzt.
- Unterarm lagert auf einer ansteigenden Unterlagerung (vertikalisiert die Behandlungsebene).
- Proximale Hand fixiert den Unterarm gegen die Unterlage.
- Distale Hand umgreift gelenknah den Carpus.
- Traktion 90° zur Behandlungsebene bei eingestellter Dorsalextension nach distal.

Gleiten nach volar in der Art. radiocarpalis



Abb. 18.50 Gleiten nach volar im Handgelenk.

Ausführung (▶ Abb. 18.50):

- Patient sitzt.
- Unterarm lagert auf einer ansteigenden Unterlagerung (vertikalisiert die Behandlungsebene).
- Proximale Hand fixiert den Unterarm gegen die Unterlage.
- Distale Hand umgreift gelenknah den Carpus.
- Translationsimpuls nach volar bei eingestellter Dorsalextension.

Mobilisation der Volarflexion

Traktion in der Art. radiocarpalis



Abb. 18.51 Traktion Art. manus mit vorpositionierter Volarflexion.

Ausführung (▶ Abb. 18.51):
- Patient sitzt.
- Unterarm lagert auf einer ansteigenden Unterlagerung (vertikalisiert die Behandlungsebene).
- Proximale Hand fixiert den Unterarm gegen die Unterlage.
- Distale Hand umgreift gelenknah den Carpus.
- Traktion 90° zur Behandlungsebene bei eingestellter Volarflexion nach distal.

Gleiten nach dorsal in der Art. radiocarpalis

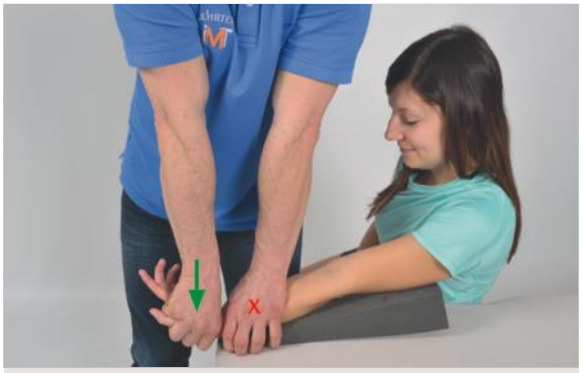


Abb. 18.52 Gleiten nach dorsal im Handgelenk.

Ausführung (▶ Abb. 18.52):
- Patient sitzt.
- Dorsalseite des Unterarms lagert auf einer absteigenden Unterlagerung (vertikalisiert die Behandlungsebene).
- Proximale Hand fixiert den Unterarm gegen die Unterlage.
- Distale Hand umgreift gelenknah den Carpus.
- Translationsimpuls nach dorsal bei eingestellter Volarflexion.

Mobilisation der ulnaren Abduktion

Gleiten nach radial in der Art. radiocarpalis



Abb. 18.53 Gleiten nach radial.

Ausführung (▶ Abb. 18.53):
- Patient sitzt.
- Radialseite des Unterarms lagert auf einer absteigenden Unterlagerung (vertikalisiert die Behandlungsebene).
- Arm ist im Glenohumeralgelenk stark innenrotiert.
- Proximale Hand fixiert den Unterarm gegen die Unterlage.
- Distale Hand umgreift gelenknah den Carpus.
- Translationsimpuls nach radial bei eingestellter ulnarer Abduktion.

Alternative: Gleiten nach radial in der Art. radiocarpalis



Abb. 18.54 Gleiten nach radial im Handgelenk.

Ausführung (▶ Abb. 18.54):
- Patient in Rückenlage.
- Arm ist anteversiert, Hand liegt frei über der Bank.
- Proximale Hand fixiert den Unterarm gegen die Unterlage.
- Distale Hand umgreift gelenknah den Carpus.
- Translationsimpuls nach radio-distal bei eingestellter ulnarer Abduktion.

Mobilisation der radialen Abduktion

Gleiten nach ulnar in der Art. radiocarpalis



Abb. 18.55 Gleiten nach ulnar im Handgelenk.

Ausführung (▶ Abb. 18.55):
- Patient sitzt.
- Ulnarseite des Unterarms lagert auf einer ansteigenden Unterlagerung (vertikalisiert die Behandlungsebene).
- Proximale Hand fixiert den Unterarm gegen die Unterlage.
- Distale Hand umgreift gelenknah den Carpus.
- Translationsimpuls nach ulnar bei eingestellter radialer Abduktion.

Mobilisation der Interkarpalgelenke

Unter Beachtung, dass die proximalen Gelenkpartner fixiert sind, erfolgt die Mobilisation wie in der Testreihe. Hierbei wird ein Handwurzelknochen isoliert mit dem Daumen mobilisiert, während der proximale unterlagert wird.

Um Wiederholungen ähnlicher Abbildungen zu vermeiden, werden die Behandlungen an 2 Beispielen dargestellt.

Mobilisation der Dorsalextension und radialen Abduktion in der Art. mediocarpalis

Gleiten des Os capitatum nach volar

Ausführung (▶ Abb. 18.56):



Abb. 18.56 Gleiten des Os capitatum nach volar.

- Patient sitzt.
- Proximale Handwurzelreihe lagert volarseitig auf einer Unterlagerung.
- Daumen der distalen Hand legt sich auf das Os capitatum.
- Proximale Hand führt über das Os pisiforme auf dem Daumen den Mobilisationsschub aus.

Mobilisation der Volarflexion und ulnaren Abduktion in der Art. mediocarpalis

Gleiten des Os capitatum nach dorsal

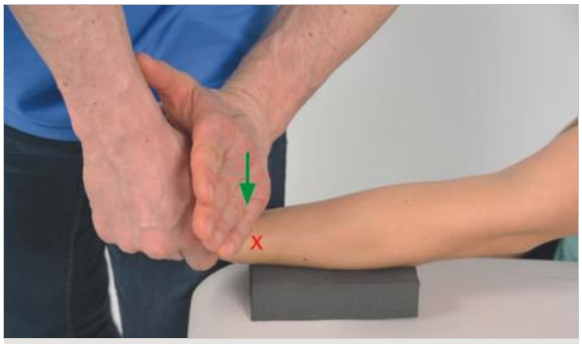


Abb. 18.57 Gleiten des Os capitatum nach dorsal.

Ausführung (▶ Abb. 18.57):

- Patient sitzt.
- Proximale Handwurzelreihe lagert dorsalseitig auf einer Unterlagerung.
- Daumen der distalen Hand legt sich auf das Os capitatum.
- Proximale Hand führt über das Os pisiforme auf dem Daumen den Mobilisationsschub aus.

Behandlungen der Artt. carpometacarpales II–V, Art. intermetacarpalis, Syndesmosis intermetacarpalis distalis

Traktion in der Art. carpometacarpalis



Abb. 18.58 Traktion in der Art. carpometacarpalis.

Ausführung (▶ Abb. 18.58):
- Patient sitzt.
- Proximale Hand fixiert den Carpus gegen den Keil.
- Distale Hand umgreift das Caput des Os metacarpale.
- Traktionsimpuls erfolgt in Längsrichtung des Os metacarpale.

Anwendung:
- Schmerzlinderung und Mobilitätsverbesserung

Gleiten nach dorsal für Dorsalextension und volar für Volarflexion in der Art. carpometacarpalis



Abb. 18.59 Gleiten nach dorsal und volar in der Art. carpometacarpalis.

Ausführung (▶ Abb. 18.59):
- Patient sitzt.
- Proximale Hand fixiert den distalen Handwurzelknochen mit Daumen und Zeigefinger.
- Distale Hand umgreift die Basis des Os metacarpale.
- Translation nach dorsal für Dorsalextension und volar für Volarflexion.

Anwendung:
- Mobilisation der Dorsalextension und Volarflexion

Gleiten nach dorso-volar für allgemeine Mobilität in der Art. intermetacarpalis proximalis und in der Syndesmosis intermetacarpalis distalis



Abb. 18.60 Gleiten nach dorso-volar.

Ausführung (▶ Abb. 18.60):
- Patient sitzt.
- Die Basen bzw. die Capita zweier benachbarter Metacarpalia werden gegeneinander nach dorsal und volar bewegt.

Anwendung:
- Verbesserung der allgemeinen Mobilität

Alternative – Gleiten nach dorso-volar für die allgemeine Mobilität in der Art. intermetacarpalis proximalis und der Syndesmosis intermetacarpalis distalis

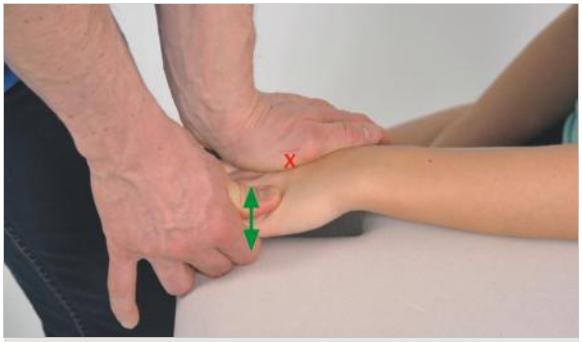


Abb. 18.61 Alternative – Gleiten nach dorso-volar.

Ausführung (▶ Abb. 18.61):
- Patient sitzt.
- Thenar der einen Hand legt sich flächig auf zu fixierendes Os metacarpale.
- Zweite Hand umgreift im Schnäuzgriff zu mobilisierendes Os metacarpale und gleitet nach dorso-volar.
- Zur Verstärkung dieser Technik kann ein Os metacarpale am Rand eines Keils gelagert werden.

Anwendung:
- Verbesserung der allgemeinen Mobilität

Behandlung Karpometakarpalgelenk I

Traktion in der Art. carpometacarpalis I

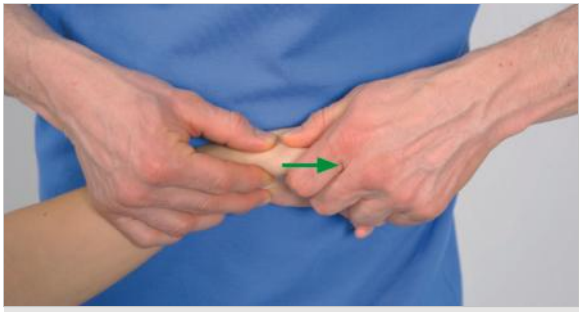


Abb. 18.62 Traktion in der Art. carpometacarpalis.

Ausführung (▶ Abb. 18.62):
- Patient sitzt.
- Proximale Hand fixiert das Os trapezium.
- Distale Hand umgreift die Basis des Os metacarpale I.
- Traktion in Längsrichtung des Os metacarpale I nach distal.
- Kompression in Längsrichtung des Os metacarpale I nach proximal.

Anwendung:
- Schmerzlinderung und Bewegungsverbesserung

Gleiten nach radio-dorsal für die Extension in der Art. carpometacarpalis I



Abb. 18.63 Gleiten nach radio-dorsal in der Art. CM I.

Ausführung (▶ Abb. 18.63):
- Patient steht oder sitzt.
- Hand des Patienten wird mit dem Handrücken am Körper des Therapeuten fixiert.
- Proximale Hand fixiert das Os trapezium mit Daumen und Zeigefinger.
- Distale Hand umgreift flächig den gesamten Daumen.
- Kleinfinger und Hypothenar liegen basisnah am Metacarpale I.
- Gleitimpuls erfolgt auf das Metacarpale I nach radio-dorsal.

Gleiten nach ulnar-volar für die Flexion in der Art. carpometacarpale I



Abb. 18.64 Gleiten nach ulnar-volar im CM I.

Ausführung (▶ Abb. 18.64):
- Patient steht oder sitzt.
- Hand des Patienten wird mit dem Handrücken am Körper des Therapeuten fixiert.
- Proximale Hand fixiert das Os trapezium mit Daumen und Zeigefinger.
- Distale Hand umgreift flächig den gesamten Daumen.
- Kleinfinger und Hypothenar liegen basisnah am Metacarpale I.
- Gleitimpuls erfolgt auf das Metcarpale I nach ulnar-volar.

Gleiten nach dorsal für die Abduktion in der Art. carpometacarpalis I



Abb. 18.65 Gleiten nach dorsal im CM I.

Ausführung (▶ Abb. 18.65):
- Patient steht oder sitzt.
- Hand des Patienten wird mit der Kleinfingerkante am Körper des Therapeuten fixiert.
- Proximale Hand fixiert das Os trapezium mit Daumen und Zeigefinger nach volar.
- Distale Hand umgreift flächig den gesamten Daumen.
- Kleinfinger und Hypothenar liegen basisnah am Metacarpale I.
- Gleitimpuls erfolgt auf das Metacarpale I nach dorsal.

Gleiten nach volar für die Adduktion in der Art. carpometacarpalis I

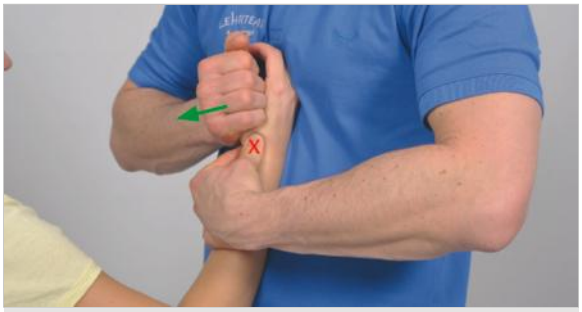


Abb. 18.66 Gleiten nach volar im CM I.

Ausführung (▶ Abb. 18.66):
- Patient steht oder sitzt.
- Hand des Patienten wird mit der Kleinfingerkante am Körper des Therapeuten fixiert.
- Proximale Hand fixiert das Os trapezium mit Daumen und Zeigefinger nach volar.
- Distale Hand umgreift flächig den gesamten Daumen.
- Kleinfinger und Hypothenar liegen basisnah am Metacarpale I.
- Gleitimpuls erfolgt auf das Metacarpale I nach volar.

Behandlungen der Artt. metacarpophalangeales I–V, der Artt. interphalangeae proximales II–V, der Artt. interphalangeae distales II–V, Art. interphalangealis I

Traktion in der Art. metacarpophalangealis



Abb. 18.67 Traktion in der Art. metacarpophalangealis.

Ausführung (▶ Abb. 18.67):
- Patient sitzt.
- Hand des Patienten liegt volarseitig auf einer Unterlagerung.
- Proximale Hand fixiert flächig den Metacarpus gegen die Unterlagerung.
- Distale Hand umgreift die Basis der Phalanx proximalis.
- Traktions- bzw. Kompressionsimpuls in Verlängerung der Phalanx.

Die proximalen und distalen Interphalangealgelenke werden mit entsprechender Griffänderung gleichfalls mobilisiert.

Anwendung:
- Schmerzlinderung
- allgemeine Mobilitätsverbesserung

Mobilisation der Extension

Gleiten aus submaximaler Extension in der Art. metacarpophalangealis



Abb. 18.68 Gleiten aus submaximaler Extension in der Art. metacarpophalangealis.

Ausführung (▶ Abb. 18.68):
- Patient sitzt.
- Hand des Patienten liegt dorsalseitig auf einer Unterlagerung.
- Proximale Hand fixiert flächig den Metacarpus gegen die Unterlagerung.
- Distale Hand umgreift die Basis der Phalanx proximalis.
- Gleitimpuls nach dorsal.

Die proximalen und distalen Interphalangealgelenke werden mit entsprechender Griffänderung gleichfalls mobilisiert.

Anwendung:
- Verbesserung der Extension

Mobilisation der Flexion

Gleiten aus submaximaler Flexion in der Art. metacarpophalangealis



Abb. 18.69 Gleiten aus submaximaler Flexion in der Art. metacarpophalangealis.

Ausführung (▶ Abb. 18.69):
- Patient sitzt.
- Hand des Patienten liegt volarseitig auf einer Unterlagerung.
- Proximale Hand fixiert flächig den Metacarpus gegen die Unterlagerung.
- Distale Hand umgreift die Basis der Phalanx proximalis.
- Gleitimpuls nach volar.

Die proximalen und distalen Interphalangealgelenke werden mit entsprechender Griffänderung gleichfalls mobilisiert.

Anwendung:
- Mobilisation der Flexion

Mobilisation der radialen/ulnaren Abduktion

Gleiten nach radial für die radiale Abduktion in der Art. metacarpophalangealis



Abb. 18.70 Gleiten nach radial in der Art. metacarpophalangealis.

Ausführung (▶ Abb. 18.70):
- Patient sitzt.
- Hand des Patienten liegt radialseitig auf einer Unterlagerung.
- Proximale Hand fixiert flächig den Metacarpus gegen die Unterlagerung.
- Distale Hand umgreift die Basis der Phalanx proximalis.
- Gleitimpuls nach radial.

Die proximalen und distalen Interphalangealgelenke werden mit entsprechender Griffänderung gleichfalls mobilisiert.

Anwendung:
- Mobilisation der radialen Abduktion

Gleiten nach ulnar für die ulnare Abduktion in der Art. metacarpophalangealis



Abb. 18.71 Gleiten nach ulnar in der Art. metacarpophalangealis.

Ausführung (▶ Abb. 18.71):
- Patient sitzt.
- Hand des Patienten liegt ulnarseitig auf einer Unterlagerung.
- Proximale Hand fixiert flächig den Metacarpus gegen die Unterlagerung.
- Distale Hand umgreift die Basis der Phalanx proximalis.
- Gleitimpuls nach ulnar.

Die proximalen und distalen Interphalangealgelenke werden mit entsprechender Griffänderung gleichfalls mobilisiert.

Anwendung:
- Mobilisation der ulnaren Abduktion

19 Ellenbogengelenk

Thomas Brucha

19.1 Theorie

Das Ellenbogengelenk ist eine Art. composita, welche verschiedene Gelenke in einer Gelenkkapsel vereint.

19.1.1 Allgemeine Anatomie der Knochen und Gelenke

Die Art. cubiti (▶ Abb. 19.1) setzt sich aus 3 Hauptgelenken:

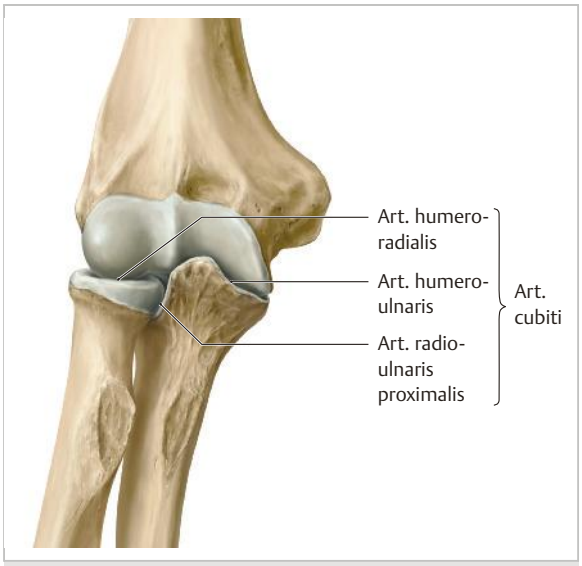


Abb. 19.1 Art. cubiti.

- Art. humeroulnaris
- Art. humeroradialis
- Art. radioulnaris proximalis

und 2 Nebengelenken zusammen:

- die Verbindung des Lig. anulare radii mit der Circumferentia articularis radii
- der Kontakt der Lunula obliqua mit dem Sulcus capitulotrochlearis

Art. humeroulnaris

Die Art. humeroulnaris (▶ Abb. 19.2) ist aufgrund ihrer Knochenform ein sehr stabiles Gelenk und die Hauptverbindung des Unterarms mit dem Humerus.

In ▶ Tab. 19.1 sind die wichtigsten Merkmale der Art. humeroulnaris zusammengefasst.

Die Fossa olecrani und die Fossa coronoidea am distalen Humerus ermöglichen eine erweiterte Extensions- und Flexionsbewegung. Beide Fossae besitzen ein Corpus adiposum.

Klinischer Bezug

Nach längerer Immobilisation steigt das Risiko für Verhärtungen dieser Fettkörper, was zu deutlichen Einschränkungen endgradiger Bewegungen führt.

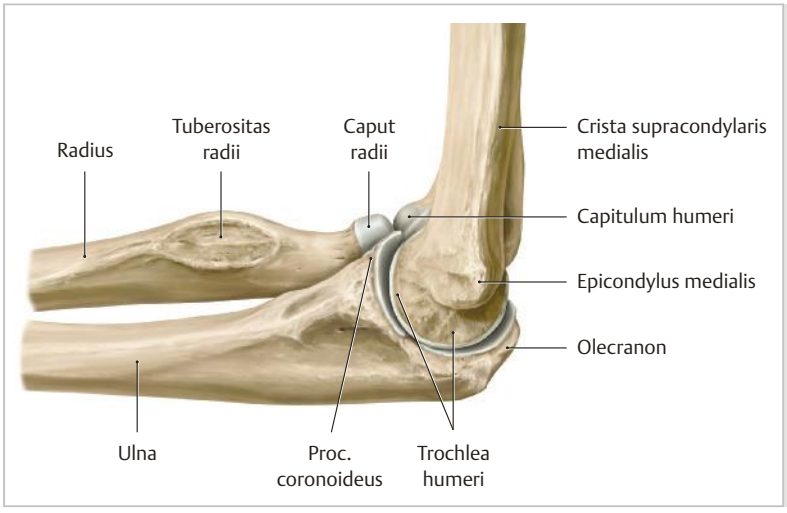


Abb. 19.2 Art. humeroulnaris.

Tab. 19.1 Merkmale der Art. humeroulnaris.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade/Behandlungsebene					Konvex-Konkav- Regel
konkave/ konvexe Trochlea humeri konkave/ konvexe Incisura trochlearis	unverändert sellar	sagittale Ebene: Extension/Flexion		Behandlungsebene	frontale Ebene: radiale/ulnare Abduktion		Behandlungsebene	Punctum mobile = Ulna Extension/ Flexion – Konkav-Regel ulnare/radiale Abduktion – Konvex-Regel
		um frontotransversale Achse	durch Trochlea humeri	liegt auf der Incisura trochlearis, ist ca. 45° zur Längsachse der Ulna nach anteroproximal abgewinkelt	um sagittotransversale Achse	durch Incisura trochlearis	liegt auf der Trochlea humeri	

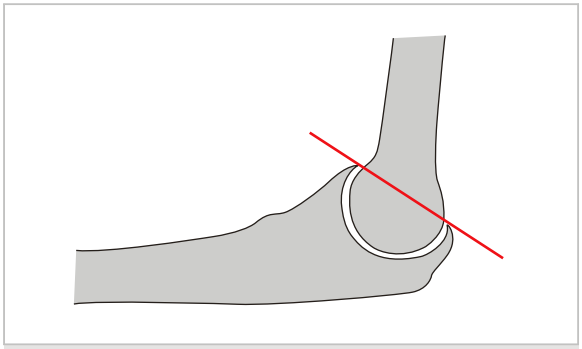


Abb. 19.3 Behandlungsebene der Art. humeroulnaris in der Sagittalebene.

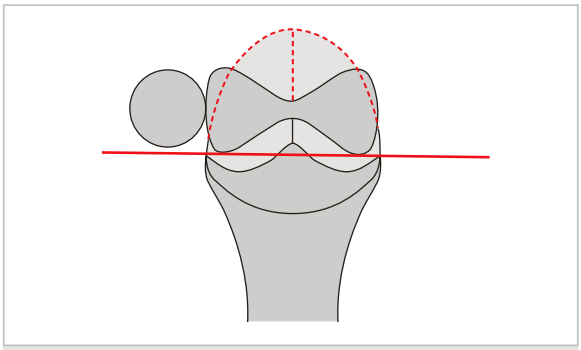


Abb. 19.4 Behandlungsebene der Art. humeroulnaris in der Frontalebene.

Behandlungsebenen der Art. humeroulnaris

In der Sagittalebene verläuft die Behandlungsebene auf der Konkavität der Incisura trochlearis. Sie ist aus der Längsachse der Ulna um 45° nach anterior angehoben (▶ Abb. 19.3).

In der Frontalebene verläuft die Behandlungsebene auf der Konkavität der Trochlea humeri (▶ Abb. 19.4).

Besonderheiten der Trochlea humeri

Die Trochlea humeri ist um den Winkel der Behandlungsebene von ca. 45° aus der Längsachse des Humerus nach anterior abgewinkelt (▶ Abb. 19.5).

Die Rinne der Trochlea humeri von anterior nach posterior ist grundsätzlich schräg ausgerichtet, wobei das Maß der schrägen Orientierung individuell schwankt. Am häufigsten steht die Rinne auf der Ventralseite vertikal und im weiteren Verlauf nach posterior zeigt sie nach proximal-medial (▶ Abb. 19.6).

Die Schrägheit dieses Abschnitts legt die Achsenrichtung des Unterarms fest. In Extension zeigt der Unterarm im Verhältnis zum Oberarm leicht nach radial. Dieser nach außen offene Winkel ist besonders bei Frauen ausgeprägt. Es handelt sich um die physiologische Valgität.

Die vertikale Ausrichtung auf der Ventralseite führt dazu, dass in der Flexion der Unterarm sich genau auf den Oberarm zubewegt.

Praxistipp

Bei der Bewegungsprüfung lässt sich im Seitenvergleich erkennen, wie der Unterarm zum Oberarm in den Gelenkbewegungen positioniert ist. Dies filtert die Auswahl der Behandlungstechniken für die zu therapierende Seite.

Art. humeroradialis

Das Humeroradialgelenk (▶ Abb. 19.7) ist besonders von distal kommenden axialen Druckbelastungen ausgesetzt. Die Radiusköpfchenfraktur ist die häufigste Fraktur am Ellenbogengelenk. Jedoch besitzt es eine gute intraossäre als auch intraartikuläre Blutversorgung, was es resistenter für Osteonekrosen nach solchen Verletzungen macht (Yamaguchi et al. 1997).

In ▶ Tab. 19.2 sind die wichtigsten Merkmale der Art. humeroradialis zusammengefasst.



Abb. 19.5 Trochlea humeri aus der Sagittalebene.

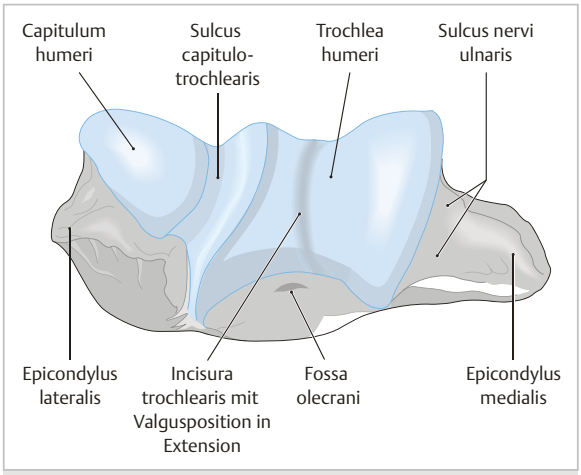


Abb. 19.6 Trochlea humeri aus der Transversalebene von distal.

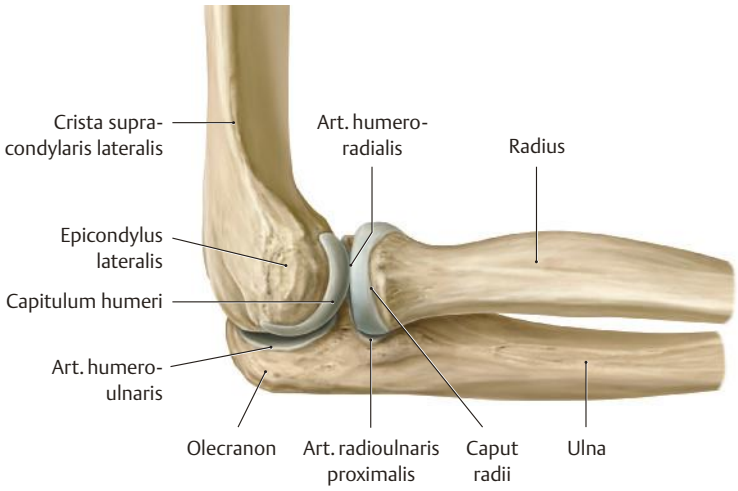


Abb. 19.7 Art. humeroradialis aus der Sagittalebene.

Tab. 19.2 Merkmale der Art. humeroradialis.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade/Behandlungsebene							Konvex-Konkav-Regel
konvexes Capitulum humeri, konkave Fovea articularis radii	unverändert ovoid	sagittale Ebene: Extension/Flexion		Frontale Ebene: radiale/ulnare Abduktion		Transversalebene: Pronation/Supination		Behandlungsebene	Punctum mobile = Radius Extension/Flexion – Konkav-Regel ulnare/radiale Abduktion – Konkav-Regel Pronation/Supination – Konkav-Regel
		um fronto-transversale Achse	durch Capitulum humeri	um sagitto-transversale Achse	durch Capitulum humeri	um fronto-sagittale Achse	durch Capitulum humeri	auf der Konkavität (bikonkav) der Fovea articularis radii	

Sowie die Fossa olecrani und die Fossa coronoidea für die Ulna größere Bewegungen ermöglichen, ermöglicht die Fossa radialis auf der anterioren Seite für den Radius eine größere Flexion (▶ Abb. 19.8).

Behandlungsebene der Art. humeroradialis

In der Sagittalebene verläuft die Behandlungsebene auf der Konkavität der Fovea articularis radii (▶ Abb. 19.9).

Art. radioulnaris proximalis

Die Funktionen der Pronation und Supination sind elementar für die Fertigkeiten der Hand. Die Art. radioulnaris proximalis (▶ Abb. 19.10) und distalis arbeiten dabei funktionell eng zusammen.

In ▶ Tab. 19.3 sind die wichtigsten Merkmale der Art. radioulnaris proximalis zusammengefasst.

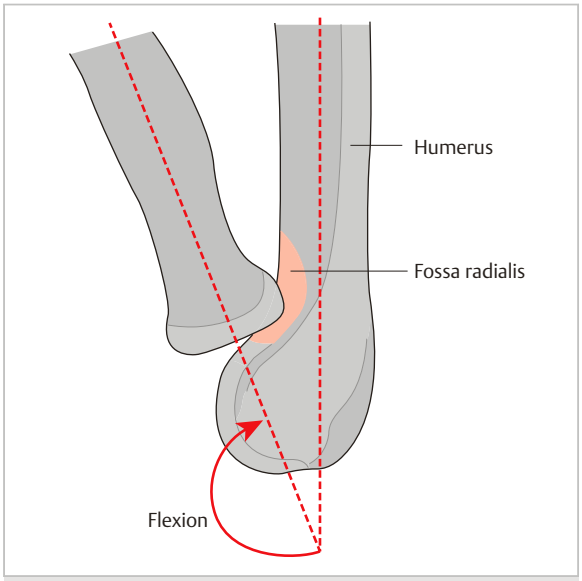


Abb. 19.8 Flexionsvergrößerung durch die Fossa radialis.

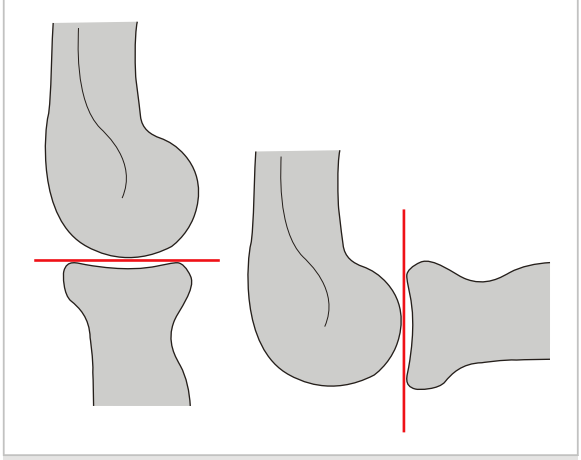


Abb. 19.9 Behandlungsebene des Humeroradialgelenks in Extension und Flexion.

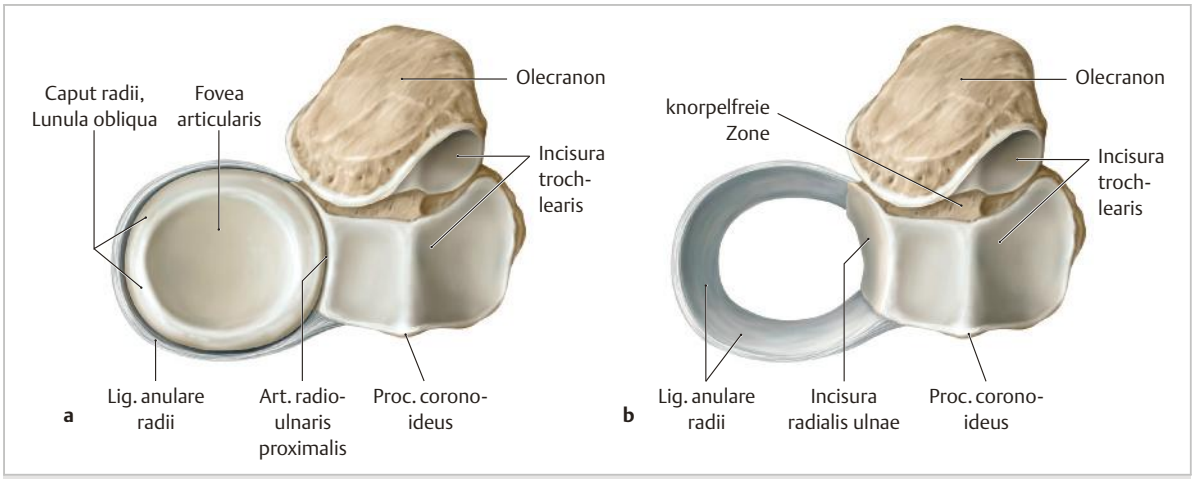


Abb. 19.10 Art. radioulnaris proximalis.
a Mit Radiusköpfchen.
b Ohne Radiusköpfchen.

Tab. 19.3 Merkmale der Art. radioulnaris proximalis.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade/Behandlungsebene			Konvex-Konkav-Regel	Bänder
konvexe Circumferentia articularis radii konkave Incisura radialis ulnae	verändert sellar	Transversalebene Pronation/Supination		Behandlungsebene	Punctum mobile = Radius Pronation/Supination – Konvexregel	Das Lig. anulare radii inseriert an der vorderen und hinteren Grenze der Incisura radialis ulnae und hat an der Innenseite eine knorpelähnliche Struktur.
		um frontosagittale Achse	durch Caput radii	liegt auf der Ulna (ist ca. 30° geneigt), kommt von antero-ulnar und verläuft nach postero-radial		

Behandlungsebene der Art. radioulnaris proximalis

Die Behandlungsebene verläuft von antero-ulnar nach postero-radial (▶ Abb. 19.11). Sie ist um etwa 30° nach anterior geneigt.

Der Radiuskopf ist oval, dadurch ergibt sich die Sicherung durch ein Band und nicht durch einen knöchernen Ring.

Art. radioulnaris distalis

Das distale Radioulnargelenk (▶ Abb. 19.12) gehört funktionell, jedoch nicht anatomisch, zum Ellenbogen. Außerdem ist es funktionelle Schaltstelle zwischen dem Handgelenkskomplex und dem Ellenbogengelenkskomplex.

Klinischer Bezug

Der Discus ulnocarpalis ist sowohl für bestimmte Pathomechanismen der Art. radiocarpalis als auch der proximalen und distalen Radioulnargelenke verantwortlich.

In ▶ Tab. 19.4 sind die wichtigsten Merkmale der Art. radioulnaris distalis zusammengefasst.

Behandlungsebene der Art. radioulnaris distalis

Die Behandlungsebene verläuft von anterior nach posterior (▶ Abb. 19.13).

Tab. 19.4 Merkmale der Art. radioulnaris distalis.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade/Behandlungsebene			Konvex-Konkav-Regel
konkave Incisura ulnaris radii konvexe Circumferentia articularis ulnae	verändert sellar	Transversalebene Pronation/Supination		Behandlungsebene	Punctum mobile = Radius Pronation/Supination – Konkavregel
		um frontosagittale Achse	durch Caput ulnae	liegt auf dem Radius verläuft in Supinationsstellung von anterior nach posterior	

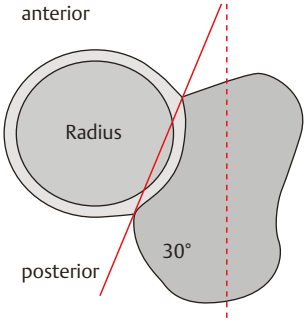


Abb. 19.11 Behandlungsebene der rechten Art. radioulnaris proximalis aus der Transversalebene von distal.

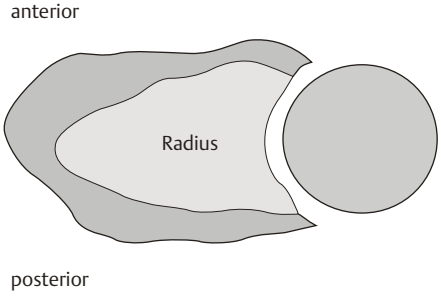


Abb. 19.12 Rechte Art. radioulnaris distalis aus der Transversalebene von distal.

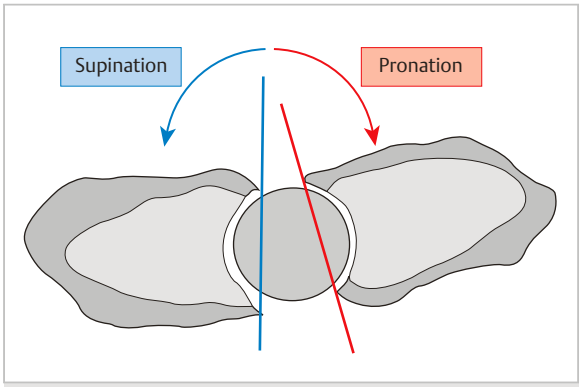


Abb. 19.13 Behandlungsebene der Art. radioulnaris distalis.

Bänder der Art. cubiti

Die Bänder des Ellenbogens (▶ Abb. 19.14) sind herausragend auf die Funktion des Ellenbogens spezialisiert.

Das Lig. collaterale radiale (▶ Abb. 19.14) verläuft vom Epicondylus lateralis humeri zum Lig. anulare radii. Es besitzt also nur eine knöcherne Insertion, womit die Drehung des Radius in Pronation und Supination gewährleistet ist. Es dient weiterhin der Stabilisierung der lateralen Seite gegen Varusstress und führt die Flexion und Extension.

Das Lig. anulare radii (▶ Abb. 19.14) umgibt die Circumferentia articularis radii und sichert den Radiuskopf in seinen Bewegungen in der Art. humeroradialis und Art. radioulnaris proximalis. Auf seiner Innenseite befinden sich Knorpelzellen, die mit der Circumferentia artikulieren.

Das Lig. collaterale ulnare (▶ Abb. 19.14) ist das stärkste Band am Ellenbogen und sichert die Valgisierung. Es verläuft vom Epicondylus medialis humeri zur gesamten Incisura trochlearis, vom Processus coronoideus bis zum Olecranon. Mit seiner fächerförmigen Ausrichtung dient es dem M. anconeus als Teilinsertion.

Die Chorda obliqua ist eine Bandstruktur, welche proximal-lateral von der Ulna nach distal-antero-medial an den Radius verläuft (▶ Abb. 19.15).

19.1.2 Funktionelle Anatomie der Articulatio cubiti

Flexion und Extension

Das Bewegungsausmaß der aktiven Flexion liegt bei ca. 145° und wird durch folgende Muskeln initiiert:

- M. biceps brachii: Hauptbeuger
- M. brachioradialis: größte Effektivität bei 100–110° Flexion
- M. brachialis: Flexion ist seine einzige Funktion

Bei der passiven Flexion erhöht sich das Ausmaß bis zu 160°.

Die Hemmung der Flexion erfolgt durch:

- Masse der Beugermuskulatur und der Unterarmmuskulatur
- Anschlagen des Radiuskopfs in der Fossa radialis (sehr gering)
- Anschlagen des Processus coronoideus am Corpus adiposum in der Fossa coronoidea
- Anspannung der hinteren Kapselwand
- passiver Widerstand des M. triceps brachii

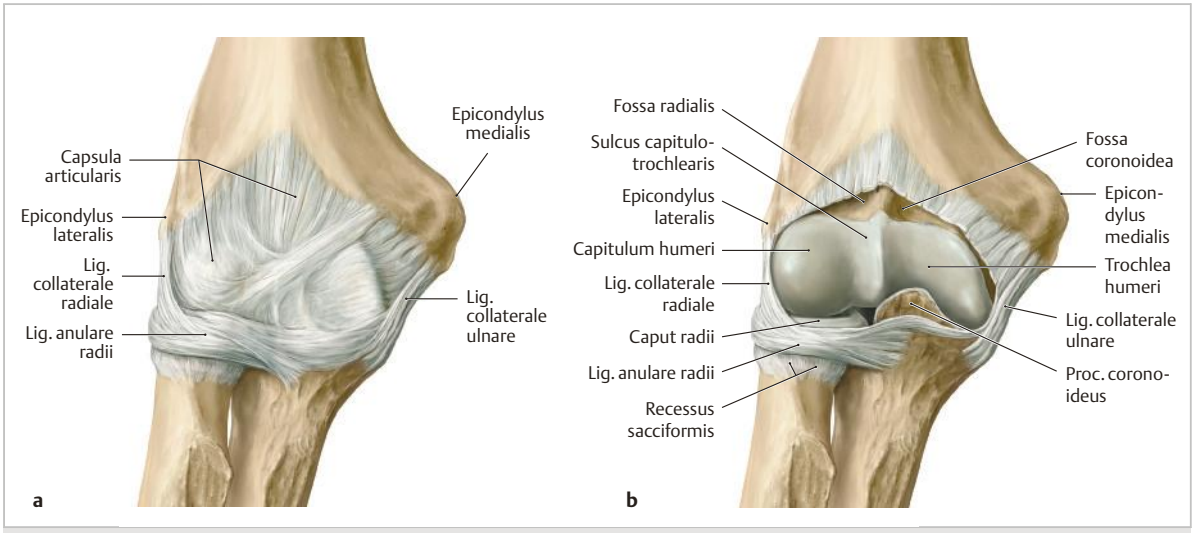


Abb. 19.14 Bänder des Ellenbogens.



Abb. 19.15 Chorda obliqua.

Das Ausmaß der Extension ist passiv wie aktiv nahezu gleich mit 0° bis 10° und erfolgt aktiv durch folgenden Muskel:

- M. triceps brachii
  - alleiniger Strecker
  - maximale Kraft bei gleichzeitiger Streckung in Schulter- und Ellenbogengelenk (aus jeweils 90° Anteversion bzw. Flexion, wie z. B. bei einem Beilschlag)
  - größte Effektivität bei leichter Beugung

Die Extension wird gehemmt durch:

- Anspannung der vorderen Kapselwand
- Anschlagen der Olekranonspitze am Corpus adiposum in der Fossa olecrani
- passiver Dehnungswiderstand der Beugemuskeln (M. biceps brachii, M. brachialis, M. brachioradialis)

Bei Kindern und Frauen gibt es eine besondere Nachgiebigkeit des anterioren Bandapparats. In solchen Fällen kann das Ellenbogengelenk um 5° bis 10° hyperextendiert werden.

Pronation und Supination

Pro- und Supination sind Bewegungen des Unterarms um eine Längsachse.

Proximales und distales Radioulnargelenk sind funktionell eine Einheit und nicht trennbar. Beide Bewegungsachsen sind identisch (▶ Abb. 19.16).

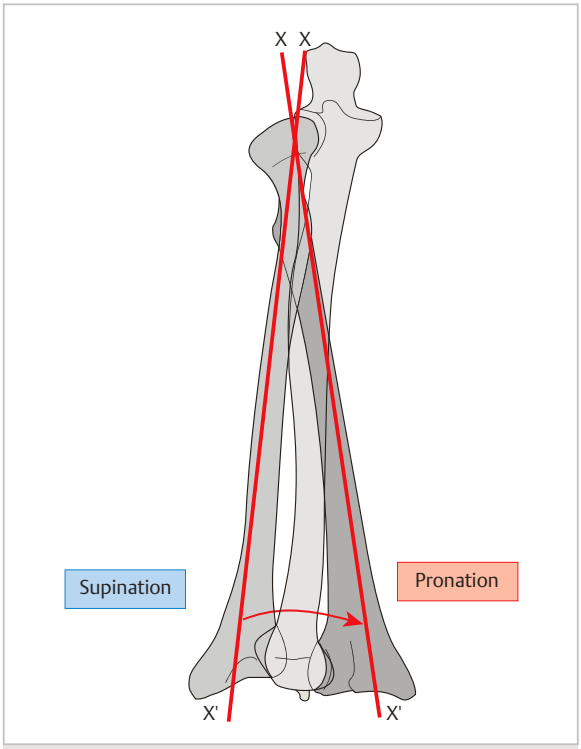


Abb. 19.16 Gemeinsame Bewegungsachse der Unterarmgelenke für Pronation und Supination.

Praxistipp

Pronation und Supination legen unterschiedliche Behandlungsebenen für die Art. radiocarpalis fest.

In ▶ Tab. 19.5 erfolgt die Beschreibung der Pro- und Supinationsbewegungen von Radius und Ulna.

Klinischer Bezug

Verletzungen und Verformungen des ovalen Radiusköpfchens und des nach anterior konkaven Radiuskorpus sind wesentliche Gründe für dauerhaft bestehende endgradige Bewegungseinschränkungen.

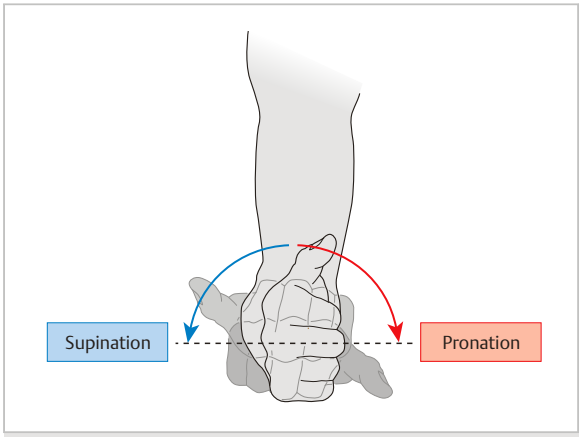


Abb. 19.17 Pronation und Supination.

An der Pronation und Supination sind insbesondere 4 Muskeln beteiligt.

Supination:

- M. supinator:
  - ist um den Hals des Radius gewunden, er supiniert durch Abrollung
- M. biceps brachii:
  - inseriert an der Knickstelle der Supinationskrümmung an der Tuberositas radii
  - wirkt durch Zug
  - Effektivität ist bei rechtwinklig gebeugtem Ellenbogen am größten
  - ist der kräftigste der Umwendmuskeln.

Pronation:

- M. pronator quadratus:
  - verläuft um den distalen Abschnitt der Ulna
  - proniert als gewundener Muskel durch Abrollen von der Ulna
- M. pronator teres:
  - hat seinen Ansatz an der Knickstelle der Pronationskrümmung
  - wirkt durch Zug
  - ist bei gestrecktem Ellenbogen schwach

Arthrokinematik der Extension, Flexion, Abduktion, Adduktion, Pronation und Supination

▶ Tab. 19.6 zeigt die Arthro- und Osteokinematik, wie sie in ▶ Abb. 19.18 bis ▶ Abb. 19.23 dargestellt wird.

Tab. 19.5 Pro- und Supinationsbewegungen von Radius und Ulna.

	Supination	Pronation
Radius und Ulna	• Radius liegt radial • Ulna liegt ulnar • Längsachsen von Radius und Ulna sind parallel	• proximaler Radius liegt radial der Ulna • distaler Radius liegt auf ulnarer Seite • konkave anteriore Krümmung des Radius erlaubt Schwenkung um die Ulna • diese Krümmung des Radius in der sagittalen Ebene erklärt, dass die Pronation fast 90° erreichen kann
Membrana interossea	• Fasern laufen von proximal-radial nach distal-ulnar und von proximal-ulnar nach distal-radial • Fasern sind gespannt	• legt sich um die Ulna • drängt Ulna hinter den Radius
Hemmung	• durch Chorda obliqua • durch Membrana interossea • durch Kapseln des proximalen und distalen Radioulnargelenks	durch Beugemuskulatur zwischen Radius und Ulna – bildet ein muskuläres Polster
Bewegungsausmaß	ca. 90°	ca. 85°

Tab. 19.6 Arthro- und Osteokinematik des Ellenbogengelenks.

Arthro- und Osteokinematik bei Flexion und Extension	Humeroradialgelenk	Humeroulnargelenk
	Humeroradialgelenk	Humeroulnargelenk
Sagittalebene	▶ Abb. 19.18	▶ Abb. 19.19
Frontalebene	▶ Abb. 19.20	
Arthro- und Osteokinematik bei Supination und Pronation		
	proximales Radioulnargelenk	distales Radioulnargelenk
Transversalebene	▶ Abb. 19.21	▶ Abb. 19.22
	Humeroradialgelenk	Humeroulnargelenk
Frontalebene	▶ Abb. 19.23	

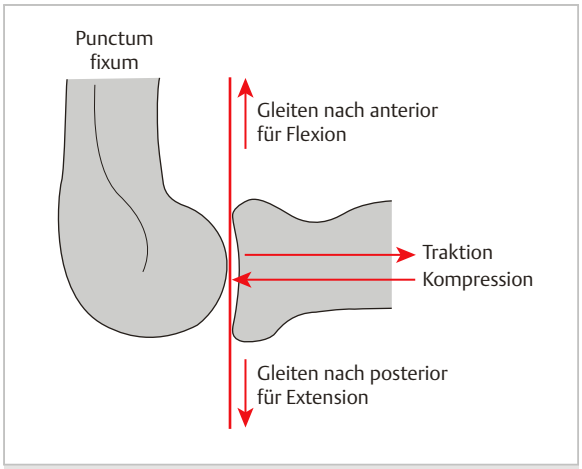


Abb. 19.18 Rechtes Humeroradialgelenk von lateral

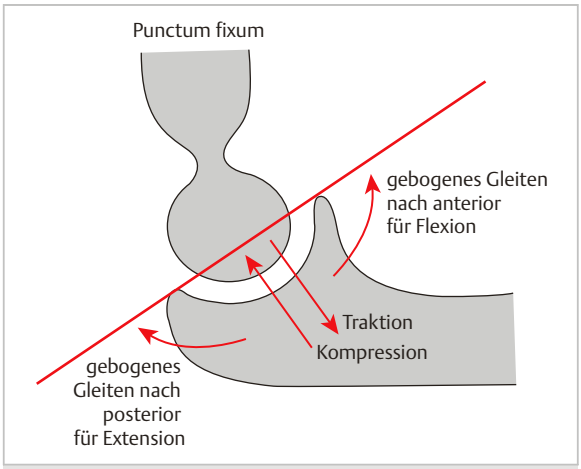


Abb. 19.19 Rechtes Humeroulnargelenk von lateral.

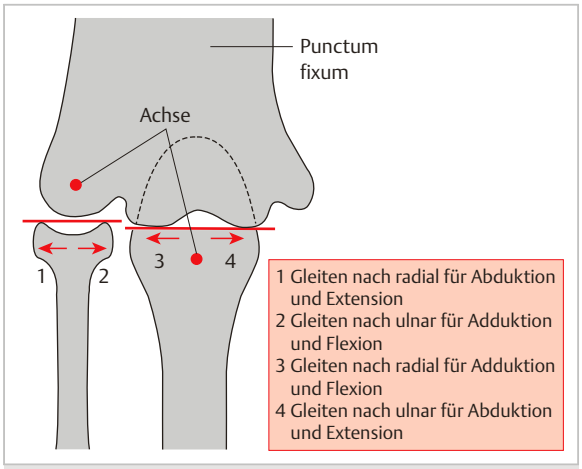


Abb. 19.20 Rechtes Ellenbogengelenk von anterior.

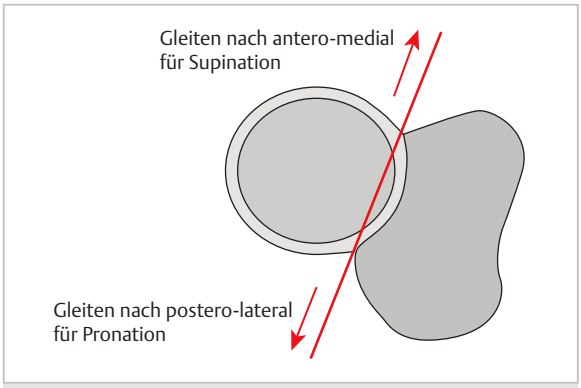


Abb. 19.21 Rechtes proximales Radioulnargelenk von distal.

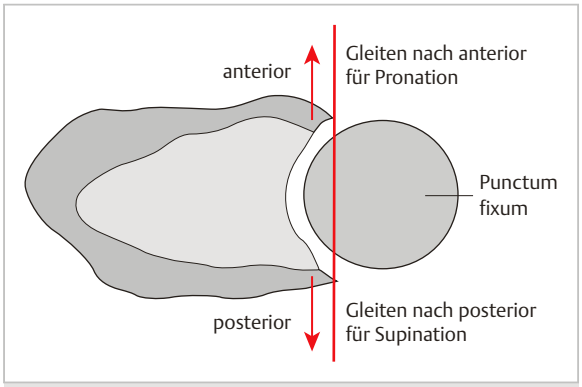


Abb. 19.22 Rechtes distales Radioulnargelenk von distal.

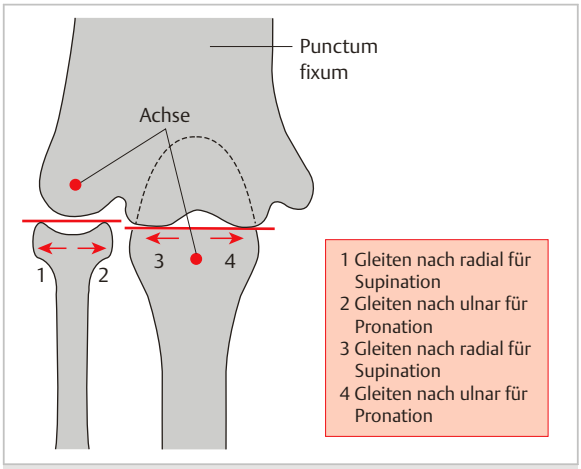


Abb. 19.23 Rechtes Ellenbogengelenk von anterior.

19.1.3 Stellungen des Ellenbogens

Der Ellenbogen besitzt verschiedene Ruhestellungen und verriegelte Positionen (▶ Tab. 19.7), so dass er bei sehr guter Mobilität auch eine ausreichende Gelenkstabilität besitzt.

Tab. 19.7 Stellungen der Art. cubiti.

Nullstellung	Ruhestellung				Verriegelte Stellung				Kapsuläres Zeichen
Ober- und Unterarm stehen parallel zum Oberkörper, der Ellenbogen ist gestreckt und der Daumen zeigt nach vorne.	Humero-ulnargelenk	Humero-radialgelenk	proximales Radioulnargelenk	distales Radioulnargelenk	Humero-ulnargelenk	Humero-radialgelenk	proximales Radio-ulnargelenk	distales Radio-ulnargelenk	Flexion – Extension. Das Verhältnis dieser Einschränkung ist so, dass bei einer Einschränkung der Flexion von 90°, die Extension nur um 10° eingeschränkt ist.
	ca. 70° Flexion und ca. 10° Supination	maximale Extension und Supination	70° Flexion und 35° Supination	10° Supination	maximale Extension und Supination	90° Flexion und 5° Supination	max. Pro- und Supination	max. Pro- und Supination	

19.2 Praxis

19.2.1 Befunderhebung des Ellenbogens

Die Epikondylitis der radialen und medialen Seite und knöcherne Verletzungen bestimmen sehr stark die Pathologie des Ellenbogens.

Klinischer Bezug

Während die radiale Epikondylitis häufig vom M. extensor carpi radialis brevis ausgeht, ist bei der medialen Epikondylitis die Ursache eher proximal zu suchen. In der Erfahrungsmedizin spielt der zervikothorakale Übergang oft eine bestimmende Rolle im pathologischen Prozess (Kap. 23).

Anamnese

Siehe Kap. 3.4.1

Inspektion

(s. a. Kap. 3.4.2)
Mögliche Gelenkformveränderungen sind:

- Valgus-, Varus- und Rekurvatuspositionen in Verbindung mit Hypermobilität
- Frakturen (Radius-, Olekranon-, suprakondyläre und epikondyläre Frakturen; hier kann man sich das Hüter-Dreieck zu Hilfe nehmen, um eventuelle Asymmetrien zu erkennen)
- Ergüsse (Synovitis, Arthritis, Bursitis)
- Luxationen
- Muskelatrophien
- Muskelrisse (M. biceps brachii)

Palpation

Siehe Kap. 3.4.3 und Kap. 4.3.

Aktive und passive Bewegungsprüfung/ Endgefühl

Extension/Flexion: 10°/0/150°

- Das Endgefühl der Extension ist hart-elastisch, das der Flexion weich-elastisch.

Pronation/Supination: 80°/0/90°

- Das Endgefühl der Pronation und Supination ist fest-elastisch.

Physiologischer Valgus bei Frauen bis zu 20°.

Neurologische Zusatztests

Reflexe:

- C5/C6 = M. biceps brachii Sehnenreflex
- C7 = M. triceps brachii Sehnenreflex

Sensibilität:

- in Längsrichtung im Verlauf des Dermatoms streichen
- als Kontrolle quer über verschiedene Dermatome

Widerstandstests

Die einzelnen Muskeln, entsprechend den Bewegungen geordnet, sind bei:

- Flexion:
  - M. biceps brachii (+ Supination), M. brachialis, M. brachioradialis
- Extension:
  - M. triceps brachii (+ Adduktion und Extension im Schultergelenk mit Caput longum), M. anconeus
- Pronation:
  - M. pronator teres (+ Flexion im Ellenbogengelenk), M. pronator quadratus, M. brachioradialis (+ Flexion im Ellenbogengelenk aus Supinationsstellung bis in die Mittelstellung)
- Supination:
  - M. supinator (+ Extension im Ellenbogengelenk), M. biceps brachii (+ Flexion im Ellenbogengelenk), M. brachioradialis (+ Flexion im Ellenbogengelenk aus Pronation bis Mittelstellung)

Translatorische Tests

Traktion in der Art. humeroulnaris



Abb. 19.24 Traktion in der Art. humeroulnaris.

Ausführung (▶ Abb. 19.24):
- Patient liegt in Rückenlage.
- Therapeut sitzt seitlich.
- Laterale Hand fixiert den Oberarm auf der Bank.
- Mediale Hand umgreift den Unterarm von ulnar.
- Unterarm des Patienten wird am Körper des Therapeuten fixiert.
- Traktionsimpuls im rechten Winkel zur Behandlungsebene.

Anwendung:
- Test des Gelenkspiels

Kompression in der Art. humeroulnaris



Abb. 19.25 Kompression in der Art. humeroulnaris.

Ausführung (▶ Abb. 19.25):
- Patient liegt in Rückenlage.
- Therapeut steht seitlich.
- Laterale Hand umgreift den Ellenbogen.
- Mediale Hand fixiert den Humerus.
- Gelenkflächen werden unter Beachtung der Behandlungsebene komprimiert.

Anwendung:
- Test auf Schmerz

Traktion aus submaximaler Extension in der Art. humeroulnaris

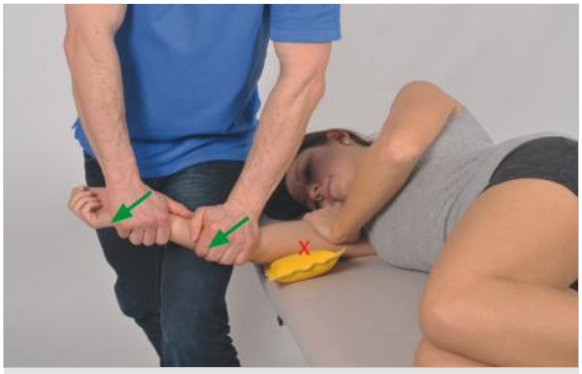


Abb. 19.26 Traktion in der Art. humeroulnaris.

Ausführung (▶ Abb. 19.26):
- Patient in Seitenlage.
- Der Oberarm wird unterlagert.
- Therapeut umgreift proximal und distal die Ulna.
- Traktionsimpuls erfolgt außerhalb der Ruhestellung in submaximaler Extensionsposition im rechten Winkel zur Behandlungsebene.

Anwendung:
- Test der Extension in der Art. humeroulnaris

Traktion aus mittlerer Flexion in der Art. humeroulnaris



Abb. 19.27 Traktion aus Flexion in der Art. humeroulnaris.

Ausführung (▶ Abb. 19.27):
- Patient liegt in Rückenlage.
- Therapeut sitzt seitlich.
- Proximale Hand fixiert den Oberarm.
- Distale Hand umgreift den Unterarm von ulnar.
- Unterarm wird am Körper des Therapeuten fixiert.
- Traktionsimpuls erfolgt in submaximaler Flexionsposition im rechten Winkel zur Behandlungsebene.

Anwendung:
- Test der Flexion in der Art. humeroulnaris

Traktion und Kompression der Art. humeroradialis

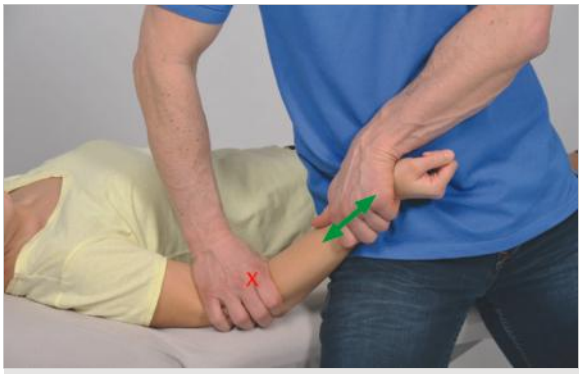


Abb. 19.28 Traktion und Kompression der Art. humeroradialis.

Ausführung (▶ Abb. 19.28):
- Patient liegt in Rückenlage.
- Therapeut steht.
- Proximale Hand des Therapeuten fixiert den distalen Humerus gegen die Bank.
- Distale Hand des Therapeuten umgreift den Radius von radial.
- Traktionsimpuls erfolgt in einer mittleren Flexionsstellung des Ellenbogens in Längsrichtung des Radius.
- Kompressionsimpuls erfolgt umgekehrt in das Gelenk hinein.

Anwendung:
- Test des Gelenkspiels
- Test auf Schmerz
- Stabilitätstest für das Lig. anulare radii

Gleiten nach anterior/posterior in der Art. radioulnaris proximalis und in der Art. humeroradialis

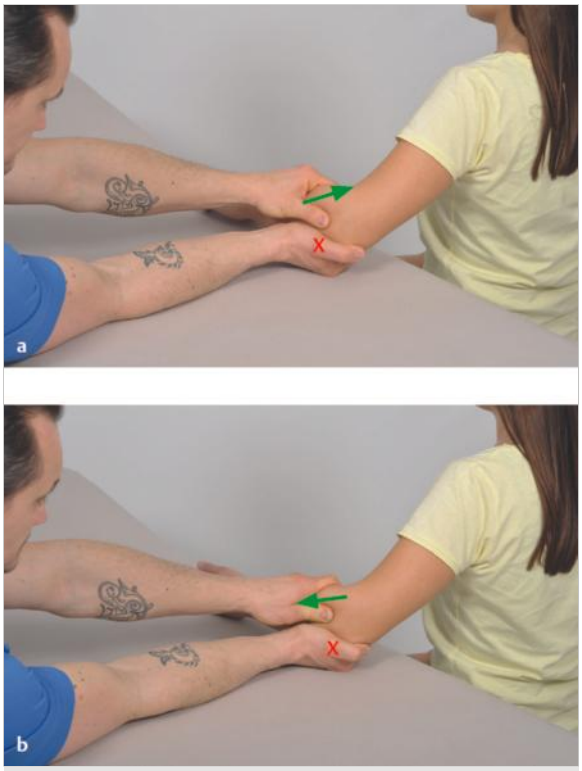


Abb. 19.29 Gleiten in der Art. radioulnaris und humeroradialis.
a Gleiten nach anterior.
b Gleiten nach posterior.

Ausführung ▸ Abb. 19.29a + ▸ Abb. 19.29b:
- Patient sitzt.
- Der Arm wird in 60° Abduktion im Glenohumeralgelenk auf der Bank gelagert.
- Ellenbogengelenk wird in ca. 70° Flexion, 35° Supination eingestellt.
- Therapeut fixiert die proximale Ulna.
- Die andere Hand umgreift das Radiusköpfchen.
- Translation nach anterior in der Art. radioulnaris prox. für das Gleiten in Supination und posterior für das Gleiten in Pronation.
- Bei der Testung von Flexion/Extension in der Art. humeroradialis fixiert die Hand den distalen Humerus.

Anwendung:
- Test für Supination und Pronation in der Art. radioulnaris proximalis und für Flexion/Extension in der Art. humeroradialis

Kompression in der Art. radioulnaris proximalis



Abb. 19.30 Kompression in der Art. radioulnaris proximalis.

Ausführung (▸ Abb. 19.30):
- Patient sitzt.
- Arm wird in 60° Abduktion im Glenohumeralgelenk auf der Bank gelagert.
- Therapeut unterlagert proximal den Unterarm mit seiner Hand.
- Die andere Hand komprimiert flächig das Caput radii gegen die Ulna im 90°-Winkel gegen die Bank.

Anwendung:
- Test auf Schmerz

Praxistipp

Die 60° Abduktion im Glenohumeralgelenk parallelisiert die Behandlungsebene zur Bankfläche. Das vereinfacht die Tests und die Behandlungen.

Gleiten nach radial in der Art. humeroulnaris und Art. humeroradialis

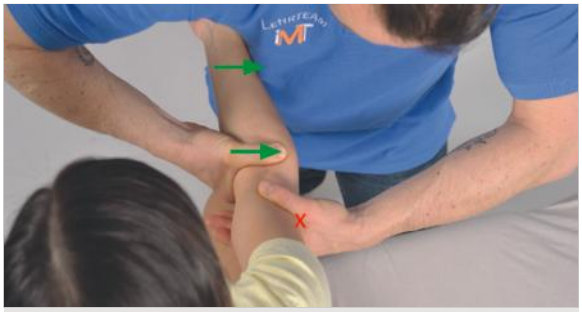


Abb. 19.31 Gleiten nach radial in der Art. humeroulnaris und Art. humeroradialis.

Ausführung (▶ Abb. 19.31):
- Patient sitzt.
- Therapeut umgreift mit einer Hand den distalen Humerus von lateral.
- Die andere Hand umgreift den proximalen Unterarm gelenknah von ulnar.
- Translationsschub nach radial.

Anwendung:
- Test für die Flexion und Supination in der Art. humeroulnaris und für die Extension und Supination der Art. humeroradialis

Gleiten nach ulnar in der Art. humeroulnaris und Art. humeroradialis

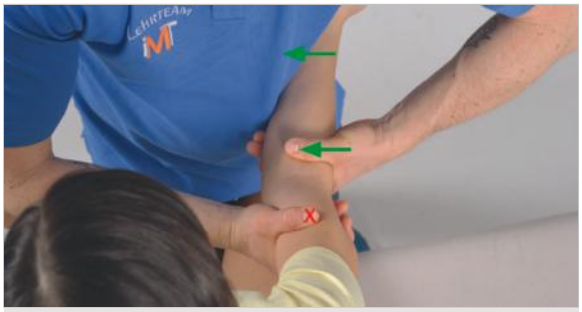


Abb. 19.32 Gleiten nach ulnar in der Art. humeroulnaris und Art. humeroradialis.

Ausführung (▶ Abb. 19.32):
- Patient sitzt oder steht.
- Therapeut umgreift mit einer Hand den distalen Humerus von medial.
- Die andere Hand umgreift den proximalen Unterarm gelenknah von radial.
- Translationsschub nach ulnar.

Anwendung:
- Test für Extension und Pronation in der Art. humeroulnaris und für Flexion und Pronation in der Art. humeroradialis

Gleiten nach anterior und posterior in der Art. humeroradialis



Abb. 19.33 Gleiten nach anterior und posterior in der Art. humeroradialis.

Ausführung (▶ Abb. 19.33):
- Patient sitzt oder steht.
- Therapeut steht davor.
- Hände umgreifen die proximalen Unterarme des Patienten.
- Die Zeigefinger des Therapeuten palpieren den Gelenkspalt der Art. humeroradialis.
- Therapeut beugt (Gleiten nach anterior) und streckt (Gleiten nach posterior) die Ellenbogen passiv und palpiert die Gelenköffnung und den Gelenkschluss.

Anwendung:
- Test für Flexion und Extension

Gleiten nach anterior in der Art. radioulnaris distalis

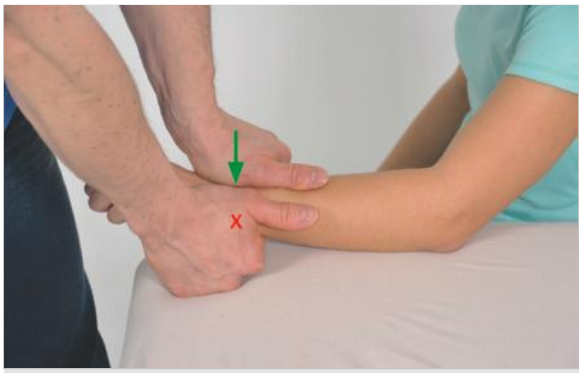


Abb. 19.34 Gleiten nach anterior in der Art. radioulnaris distalis.

Ausführung (▶ Abb. 19.34):
- Patient sitzt.
- Therapeut fixiert die distale Ulna und umgreift den distalen Radius.
- Test des Radius nach anterior.

Anwendung:
- Test für die Pronation

Gleiten nach posterior in der Art. radioulnaris distalis

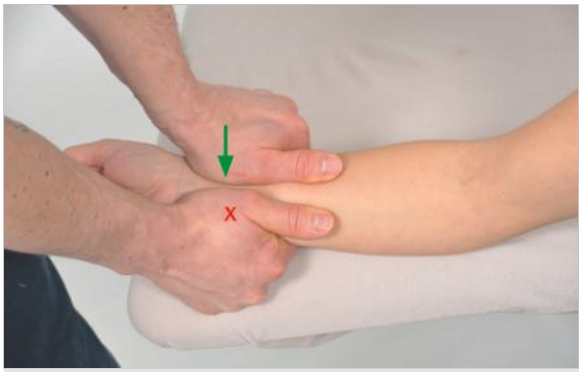


Abb. 19.35 Gleiten nach posterior in der Art. radioulnaris distalis.

Ausführung (▶ Abb. 19.35):
- Patient sitzt.
- Therapeut fixiert die distale Ulna und umgreift den distalen Radius.
- Translation des Radius nach posterior.

Anwendung:
- Test für die Supination

Safety-Tests

Alle Traktions- und Kompressionstests werden als Sicherheitstests herangezogen. Ein Traktionstest als Safety-Test ist dann positiv, wenn bei einer gehaltenen Traktion von einigen Sekunden eine nicht adäquate Schmerzreaktion auftritt.

Ein Kompressionstest ist dann als Safety-Test positiv zu bewerten, wenn nach einer progressiven Kompressionssteigerung ein nicht adäquater Schmerz auftritt.

Stabilitätstest für das Lig. collaterale ulnare



Abb. 19.36 Stabilitätstest für das rechte Lig. collaterale ulnare.

Ausführung (▶ Abb. 19.36):
- Patient sitzt oder steht.
- Unterarm ist leicht supiniert und flektiert.
- Therapeut umgreift von lateral den Ellenbogen und die andere Hand umgreift den distalen Unterarm von ulnar.
- Therapeut gibt mit der proximalen Hand Schub nach medial.

Anwendung:
- Gaping für das Ellenbogengelenk ulnar und Test für das Lig. collaterale ulnare

Stabilitätstest für das Lig. collaterale radiale



Abb. 19.37 Stabilitätstest für das rechte Lig. collaterale radiale.

Ausführung (▶ Abb. 19.37):
- Patient sitzt oder steht.
- Unterarm ist leicht supiniert und flektiert.
- Therapeut umgreift von medial den Ellenbogen und die andere Hand umgreift den distalen Unterarm von radial.
- Therapeut gibt mit der proximalen Hand Schub nach radial.

Anwendung:
- Gaping für das Ellenbogengelenk radial und Test für das Lig. collaterale radiale

19.2.2 Behandlungen

Behandlung der Art. cubiti

Traktionen wendet man aus der Ruhestellung zur Schmerzlinderung und submaximal am Bewegungsende zur Verbesserung der eingeschränkten Beweglichkeit an.

Traktion in der Art. humeroulnaris

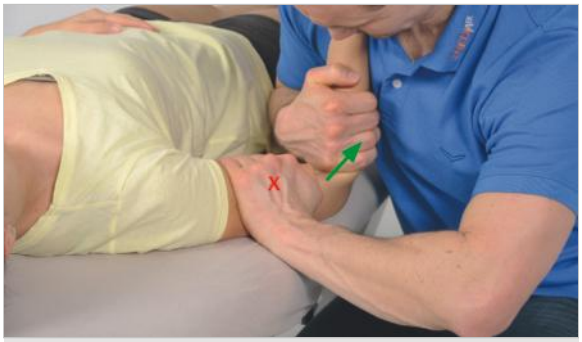


Abb. 19.38 Traktion in der Art. humeroulnaris.

Ausführung (▶ Abb. 19.38):
- Patient liegt in Rückenlage.
- Therapeut sitzt seitlich.
- Laterale Hand fixiert den Oberarm auf der Bank.
- Mediale Hand umgreift den Unterarm von ulnar, Unterarm des Patienten wird am Körper des Therapeuten fixiert.
- Traktionsimpuls im rechten Winkel zur Behandlungsebene.

Anwendung:
- Schmerzlinderung und Bewegungsverbesserung

Traktion in der Art. humeroradialis



Abb. 19.39 Traktion in der Art. humeroradialis.

Ausführung (▶ Abb. 19.39):
- Patient liegt.
- Therapeut steht seitlich und fixiert den distalen Humerus gegen die Bank.
- Die andere Hand umgreift den Radius von radial.
- Traktionsimpuls erfolgt in Ruhestellung oder submaximal am Ende der eingeschränkten Beweglichkeit.

Anwendung:
- Schmerzlinderung und Bewegungsverbesserung

Merke

Kinder sind vermehrt anfällig für eine Luxation des Caput radii aus dem Lig. anulare radii. In diesem Fall vorsichtig mit dieser Traktionsvariante umgehen.

Behandlungen zur Mobilisation der Extension

Traktion/gebogenes Gleiten in der Art. humeroulnaris



Abb. 19.40 Traktion/gebogenes Gleiten in der Art. humeroulnaris.

Ausführung (▶ Abb. 19.40):
- Patient in Seitenlage und fixiert mit seiner oben liegenden Hand seinen Oberarm gegen die Bank.
- Das Olecranon liegt frei.
- Therapeut steht seitlich und umgreift mit der proximalen Hand die Ulna gelenknah.
- Distale Hand des Therapeuten umgreift die distale Ulna.
- Traktionsimpuls erfolgt submaximal am Ende der eingeschränkten Extension in Stufe 3 im rechten Winkel zur Behandlungsebene.
- Zusätzlich kann der Therapeut einen Gleitimpuls (gebogenes Gleiten) nach posterior ausführen, um die Extension zu verbessern.

Gleiten nach ulnar in der Art. humeroulnaris



Abb. 19.41 Gleiten nach ulnar in der Art. humeroulnaris.

Ausführung (▶ Abb. 19.41, ▶ Abb. 19.42):
- Patient in Seitenlage.
- Oberarm und Unterarm des Patienten liegen in Außenrotation auf der Bank auf.
- Unterarm wird gelenknah mit einem Sandsack unterlagert.
- Distale Hand des Therapeuten fixiert gelenknah den Unterarm gegen die Bank.
- Die proximale Hand liegt gelenknah am distalen Oberarm auf und gibt Gleitimpuls nach lateral.

Alternative im Sitz:
Achtung: Weichteile im Sulcus bicipitalis medialis beachten!



Abb. 19.42 Gleiten nach ulnar in der Art. humeroulnaris.

Ausführung:
- Patient in Bauchlage.
- Oberarm des Patienten liegt in Innenrotation auf der Bank auf.
- Oberarm wird gelenknah mit einem Sandsack und der Therapeutenhand unterlagert.
- Distale Hand des Therapeuten liegt gelenknah am proximalen Unterarm auf und gibt Gleitimpuls nach medial.

Alternative im Sitz:
Achtung: Weichteile im Sulcus bicipitalis medialis beachten!

Gleiten nach radial in der Art. humeroradialis

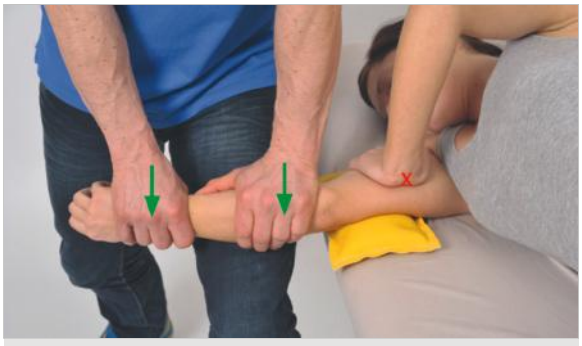


Abb. 19.43 Gleiten nach radial in der Art. humeroradialis.

Ausführung (▶ Abb. 19.43):
- Patient in Seitenlage.
- Der Oberarm des Patienten liegt auf (laterale Seite schaut bodenwärts), die freie Hand des Patienten fixiert den Oberarm gegen die Bank.
- Der Ellenbogen liegt frei.
- Die proximale Hand des Therapeuten umgreift nahe dem Gelenkspalt den Unterarm von ulnar.
- Die distale Hand liegt von ulnar am distalen Unterarm.
- Gleitimpuls erfolgt nach radial.

Gleiten nach posterior in der Art. humeroradialis

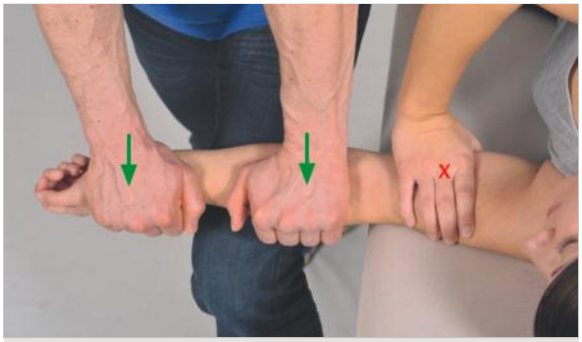


Abb. 19.44 Gleiten nach posterior in der Art. humeroradialis.

Ausführung (▶ Abb. 19.44):
- Patient in Seitenlage.
- Die freie Hand des Patienten fixiert den Unterarm gegen die Bank.
- Der Ellenbogen liegt frei.
- Die Extension des Armes wird submaximal vorpositioniert.
- Therapeut steht seitlich.
- Proximale Hand umgreift das Caput radii von anterior.
- Os pisiforme legt sich gegen das Caput radii.
- Die distale Hand fixiert den Unterarm des Patienten.
- Gleitimpuls nach posterior.

Behandlungen zur Mobilisation der Flexion

Gleiten nach anterior in der Art. humeroulnaris

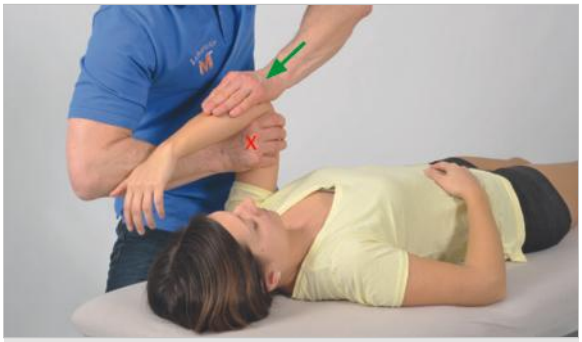


Abb. 19.45 Gleiten nach anterior in der Art. humeroulnaris.

Ausführung (▶ Abb. 19.45):
- Patient in Rückenlage.
- 90° flektierter Ellenbogen und 90° Anteversion der Schulter.
- Therapeut steht seitlich.
- Die proximale Hand umgreift den distalen Oberarm von anterior.
- Die distale Hand umgreift mit dem Handteller flächig das Olecranon und gibt Schub nach anterior, in Längsrichtung des Unterarmes nach distal.

Traktion mit Gurt über 90° Flexion in der Art. humeroulnaris

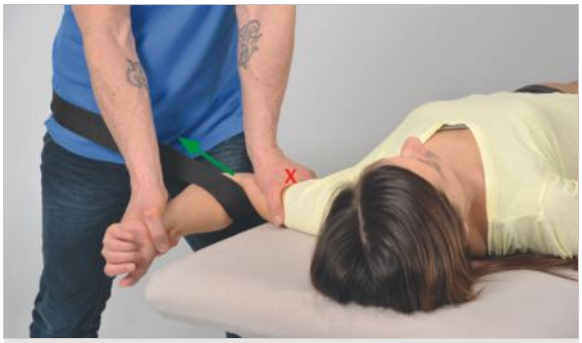


Abb. 19.46 Traktion mit Gurt in der Art. humeroulnaris.

Ausführung (▶ Abb. 19.46):
- Patient in Rückenlage.
- Der Arm wird in submaximaler Flexion vorpositioniert.
- Therapeut steht seitlich.
- Mobilisationsgurt liegt gelenknah am proximalen Unterarm.
- Humerus wird fixiert.
- Traktionsimpuls erfolgt über den Zug des Mobilisationsgurts.

Gleiten nach anterior in der Art. humeroulnaris



Abb. 19.47 Gleiten nach anterior in der Art. humeroulnaris.

Ausführung (▶ Abb. 19.47):
- Patient sitzt mit flektiertem Ellenbogen.
- Therapeut steht dahinter.
- Therapeut fixiert mit einer Hand den Unterarm.
- Die andere Hand zieht den Humerus nach posterior und proximal, 90° zur Behandlungsebene.

Gleiten nach radial in der Art. humeroulnaris



Abb. 19.48 Gleiten nach radial in der Art. humeroulnaris.

Ausführung (▶ Abb. 19.48):
- Patient in Seitenlage.
- Oberarm des Patienten ist submaximal in Flexion eingestellt.
- Die freie Hand des Patienten fixiert den Oberarm gegen die Bank.
- Die radiale Unterarmseite schaut bodenwärts.
- Eine Hand des Therapeuten umgreift nahe dem Gelenkspalt den Unterarm von ulnar.
- Die andere Hand liegt von ulnar am distalen Unterarm.
- Gleitimpuls nach radial.

Gleiten nach ulnar in der Art. humeroradialis



Abb. 19.49 Gleiten nach ulnar in der Art. humeroradialis.

Ausführung (▶ Abb. 19.49):
- Patient in Seitenlage.
- Oberarm des Patienten liegt auf und ist submaximal in Flexion eingestellt.
- Die radiale Unterarmseite schaut bodenwärts.
- Der Unterarm ist unterlagert.
- Eine Hand des Therapeuten umgreift nahe dem Gelenkspalt den Oberarm.
- Die andere Hand liegt von ulnar am proximalen Unterarm.
- Gleitimpuls mit dem Humerus nach lateral .

Gleiten nach anterior in der Art. humeroradialis

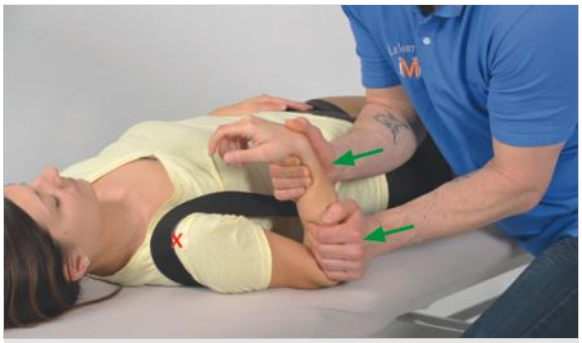


Abb. 19.50 Gleiten nach anterior in der Art. humeroradialis.

Ausführung (▶ Abb. 19.50):
- Patient in Rückenlage.
- Ellenbogen wird submaximal in Flexion eingestellt, eine Hand liegt posterior am Radiusköpfchen.
- Die andere Hand greift distal um Radius und Ulna und begleitet den Translationsschub am Caput radii nach anterior.

Behandlungen zur Mobilisation der Supination

Gleiten nach radial in der Art. humeroulnaris und Art. humeroradialis

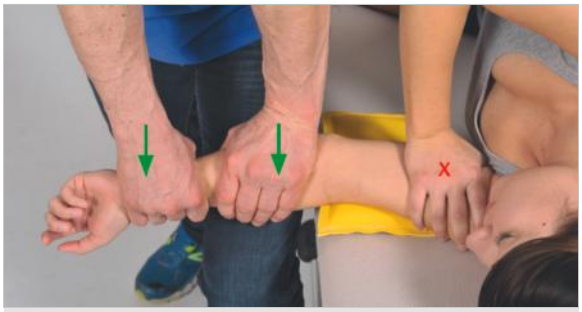


Abb. 19.51 Gleiten nach radial in der Art. humeroulnaris und Art. humeroradialis.

Ausführung (▶ Abb. 19.51):
- Patient in Seitenlage.
- Oberarm des Patienten ist unterlagert.
- Die freie Hand des Patienten fixiert den Oberarm gegen die Bank.
- Die radiale Unterarmseite schaut bodenwärts.
- Eine Hand des Therapeuten umgreift nahe dem Gelenkspalt den Unterarm von ulnar.
- Die andere Hand liegt von ulnar am distalen Unterarm.
- Gleitimpuls nach radial.

Gleiten nach anterior in der Art. radioulnaris proximalis



Abb. 19.52 Gleiten nach anterior in der Art. radioulnaris proximalis.

Ausführung (▶ Abb. 19.52):
- Patient sitzt.
- Arm wird in 60° Abduktion im Glenohumeralgelenk auf der Bank gelagert.
- Therapeut greift den distalen und proximalen Radius gelenknah.
- Translation nach anterior für das Gleiten in Supination.



Abb. 19.53 Gleiten nach anterior in der Art. radioulnaris proximalis.

Alternative Grifftechnik s. ▶ Abb. 19.53

Ausführung:
- Patient sitzt.
- Arm wird in 60° Abduktion im Glenohumeralgelenk auf der Bank gelagert.
- Therapeut fixiert die proximale Ulna.
- Andere Hand greift mit dem Daumen an das Radiusköpfchen.
- Translation nach anterior für das Gleiten in Supination.

Gleiten nach posterior in der Art. radioulnaris distalis



Abb. 19.54 Gleiten nach posterior in der Art. radioulnaris distalis.

Ausführung (▶ Abb. 19.54):
- Patient sitzt.
- Therapeut fixiert die distale Ulna und umgreift den distalen Radius.
- Translation des Radius nach posterior.

Behandlungen zur Mobilisation der Pronation

Gleiten nach ulnar in der Art. humeroulnaris und Art. humeroradialis



Abb. 19.55 Gleiten nach ulnar in der Art. humeroulnaris und Art. humeroradialis.

Ausführung (▶ Abb. 19.55):
- Patient in Bauchlage.
- Oberarm des Patienten liegt auf der Behandlungsbank auf und ist mit einem Sandsack und der Therapeutenhand unterlagert.
- Der Unterarm ist in Pronation eingestellt und der Epicondylus medialis zeigt bodenwärts.
- Die Hand des Therapeuten umgreift nahe dem Gelenkspalt den Unterarm.
- Der distale Unterarm wird vom Oberschenkel des Therapeuten gestützt.
- Gleitimpuls des Unterarms nach ulnar über die Mobilisationshand mit gleichzeitiger Knieflexion.



Abb. 19.56 Gleiten nach ulnar in der Art. humeroulnaris und Art. humeroradialis.

Alternative:
- Gleiten nach ulnar in der Art. humeroulnaris und Art. humeroradialis (▶ Abb. 19.56)

Ausführung:
- Patient sitzt.
- Oberarm liegt anteversiert in Innenrotation und unterlagert auf der Bank.
- Unterarm liegt frei, die ulnare Seite zeigt bodenwärts.
- Therapeut umgreift distal und proximal den Unterarm und transliert nach ulnar.
- Achtung! Weichteile im Sulcus bicipitalis medialis beachten!

Gleiten nach posterior in der Art. radioulnaris proximalis



Abb. 19.57 Gleiten nach posterior in der Art. radioulnaris proximalis.

Ausführung (▶ Abb. 19.57):
- Patient in Seitenlage.
- Humerus ist unterlagert und die freie Hand des Patienten fixiert den Oberarm gegen die Bank.
- Der Ellenbogen liegt frei.
- Die Pronation des Armes wird submaximal vorpositioniert.
- Therapeut steht seitlich.
- Eine Hand umgreift das Caput radii von anterior.
- Die distale Hand fixiert den Unterarm des Patienten.
- Gleitimpuls nach postero-lateral.

Gleiten nach anterior in der Art. radioulnaris distalis



Abb. 19.58 Gleiten nach anterior in der Art. radioulnaris distalis.

Ausführung (▶ Abb. 19.58):
- Patient sitzt.
- Therapeut fixiert die distale Ulna und umgreift den distalen Radius.
- Translation nach anterior.

20 Halswirbelsäule

Dirk Pechmann

Die Behandlung der Halswirbelsäule stellt eines der größten und anspruchsvollsten Tätigkeitsfelder in der Manuellen Therapie dar. Pathologische Veränderungen der Halswirbelsäule manifestieren sich meist nicht ausschließlich am Schädigungsort. Sie erstrecken sich auch auf angrenzende Gebiete bzw. durch sie versorgte Strukturen. Dazu zählen Kopf, Kiefer, Schultern, Arme, Brustorgane (Herz, Speise-, Luftröhre usw.), welche somit sekundär symptomatisch werden können (Streeck 2006b).

20.1 Theorie

20.1.1 Übersicht

Die Halswirbelsäule ist der beweglichste Wirbelsäulenabschnitt. Die beiden ersten Wirbelkörper werden als Atlas und Axis bezeichnet und unterscheiden sich in der Bauform und ihren Verbindungen deutlich von den 5 weiteren Wirbelkörpern (▶ Abb. 20.1).

Die ▶ Tab. 20.1 beschreibt die Gliederungsmöglichkeiten ja nach dem Betrachtungsfokus.

Tab. 20.1 Gliederung der HWS nach Fokus.

Anatomische Gliederung		Funktionelle Gliederung		Neurologische Gliederung
obere HWS	untere HWS	obere HWS	untere HWS	C1–C8
C0/C1 (= oberes Kopfgelenk) C1/C2 (= unteres Kopfgelenk)	C2–C7	C0–C1	C2–Th4	▶ Abb. 20.2
		gegensinnige Kopplung von Rotation und Seitneigung	**gleichsinnige** Kopplung von Rotation und Seitneigung	

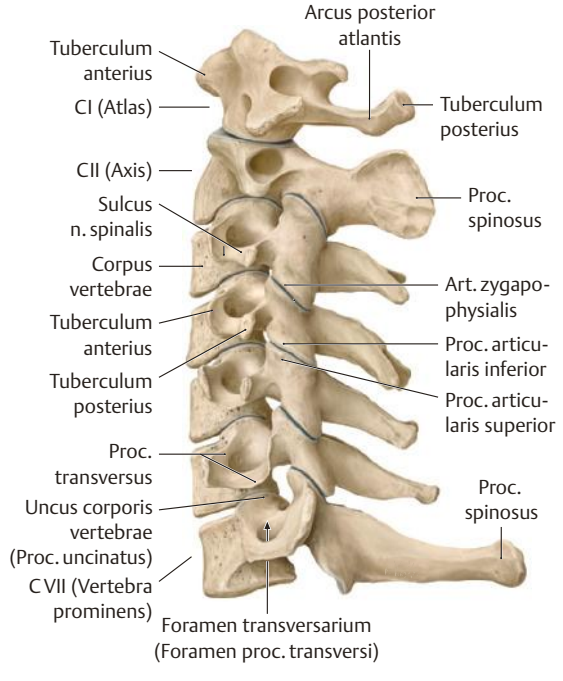


Abb. 20.1 Halswirbelsäule von lateral.

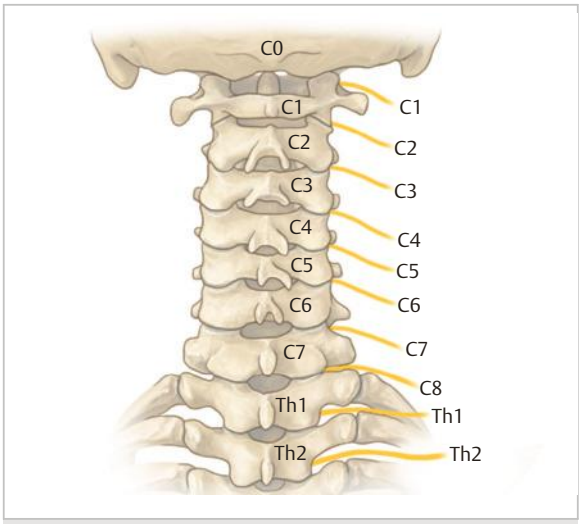


Abb. 20.2 HWS von dorsal.

Obere Halswirbelsäule

Unter der oberen HWS werden das Occiput, der Atlas, der Axis und deren Verbindungen zusammengefasst.

Knochen der oberen Halswirbelsäule (OAA)

Os occipitale (C0)

Das Os occipitale gehört zur Schädelbasis. An seiner Unterseite befindet sich das Foramen magnum, welches mit ca. 35 mm Länge und 30 mm Breite die größte Öffnung in der Schädelbasis darstellt. Diese neurovaskuläre Pforte wird lateral von den beiden Condyli occipitales, den kranialen Gelenkpartnern des oberen Kopfgelenks, begrenzt. Die Gelenkflächen sind bikonvex und nach kaudo-lateral-ventral ausgerichtet (▶ Abb. 20.3).

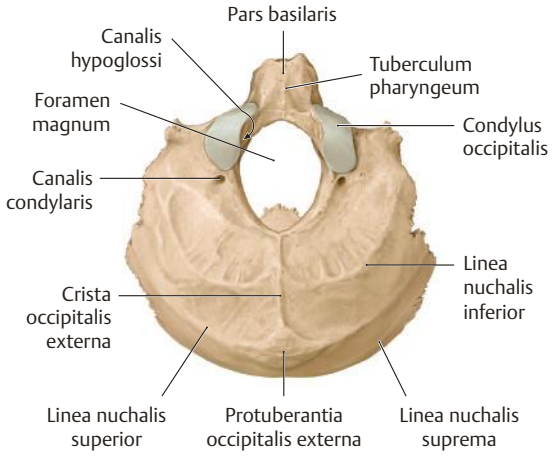


Abb. 20.3 Occiput von kaudal.

Atlas (C1)

Der Atlas trägt auf seinen Massae laterales die beiden nierenförmigen, bikonkaven Facies articulares superiores. Diese sind nach kranio-medial gerichtet und artikulieren mit dem Os occipitale. Auf den Innenseiten der Massae laterales befinden sich jeweils ein kleines Tuberculum, welches der Anheftung des Lig. transversum atlantis dient (▶ Abb. 20.4a). Die Unterseiten der Massae laterales tragen die beiden bikonvexen, nach kaudal und medial gerichteten, Facies articulares inferiores, welche mit den Axisgelenkflächen artikulieren (▶ Abb. 20.4b).

In den Processus transversi befindet sich ein Foramen transversarium, durch das die A. vertebralis zum Schädel zieht.

Das Foramen vertebrale ist relativ breit und wird vom Lig. transversum atlantis in 2 Bereiche geteilt. Der vordere Bereich wird vom Dens axis und der hintere Bereich von der Medulla oblongata ausgefüllt.

An der Rückseite des Arcus anterior befindet sich die Fovea dentis, welche mit dem Dens axis artikuliert.

Axis (C2)

Das Corpus des Axis trägt den Dens axis, welcher sich wiederum in den Apex, den Corpus, das Collum und die Basis gliedert (▶ Abb. 20.5).

Hierbei setzt am Apex das Lig. apicis dentis an. Der Corpus trägt 2 Gelenkflächen, jeweils zum vorderen Atlasbogen und zum Lig. transversum atlantis. Das sich verjüngende Collum stellt kurz vor der Basis eine besonders für Frakturen empfindliche Stelle dar.

Die Processus transversi sind mit einem Foramen transversarium versehen, durch welches die A. und V. vertebralis ziehen.

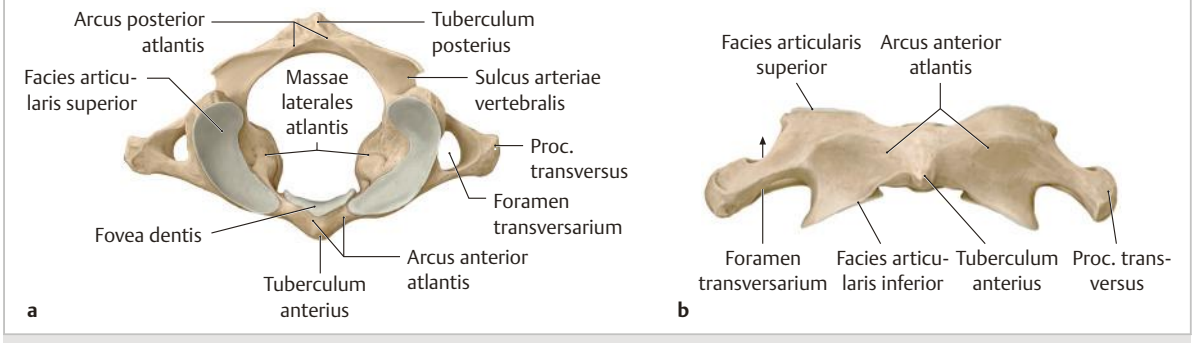


Abb. 20.4 Atlas von kranial und ventral.
a Atlas von kranial.
b Atlas von ventral.

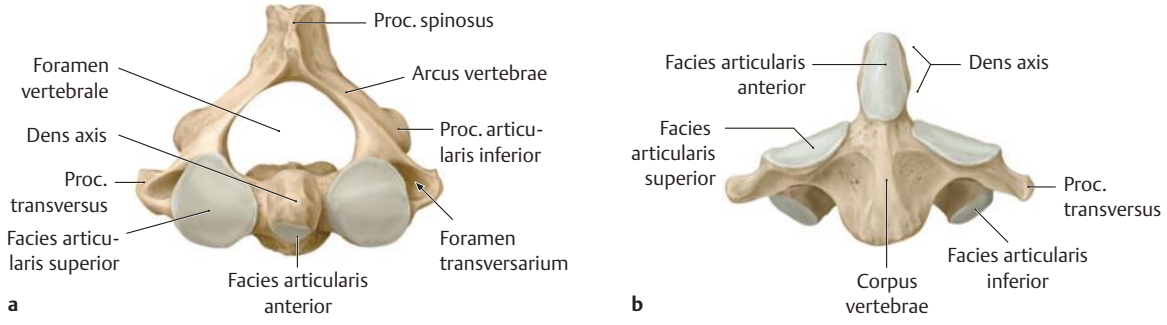


Abb. 20.5 Axis von kranial und ventral.
a Axis von kranial.
b Axis von ventral.

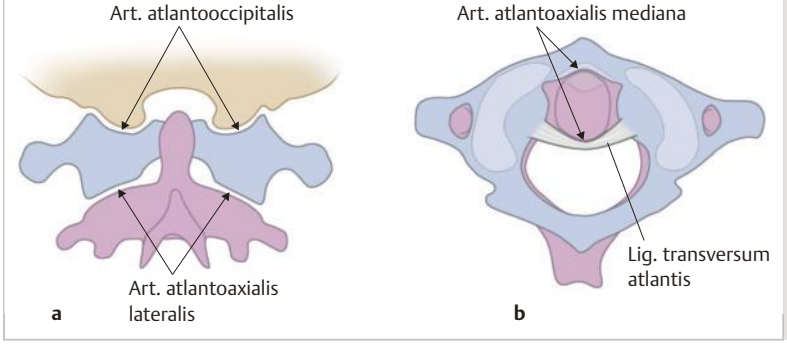


Abb. 20.6 Kopfgelenke von dorsal und kranial.
a Kopfgelenke von dorsal.
b Kopfgelenke von kranial.

Auf der Oberseite der Pars interarticularis sitzen die bikonvexen, nach kranio-lateral gerichteten Facies articulares superiores, auf der Unterseite die nach ventro-kaudal-lateral ausgerichteten Facies articulares inferiores.

Gelenke der oberen Halswirbelsäule (Kopfgelenke)

Die Kopfgelenke bewerkstelligen einen vielfältigen Aufgabenkomplex. Dazu gehören unter anderem die Bewegungskompensation der unteren Halswirbelsäule und die Einstellung des Kopfes im Raum, um die Augenlinie horizontal zu halten. Die Steuerung über die mit dem Gleichgewichtsorgan und den Augen verschaltete subokzipitale Muskulatur ermöglicht die flexible und exakte Justierung des Kopfes in allen Körperlagen.

Daraus erwächst bei Störungen ein mannigfaltiger Symptomenkomplex, welcher sich durch Bewegungseinschränkungen, Drehschwindel und Sehstörungen zeigen kann.

Klinischer Bezug

Da die Kopfgelenke die Bewegungskopplungen von Rotation und Seitneigung der unteren HWS kompensieren, kann man bei der aktiven Bewegungsuntersuchung durch auftretende Ausweichbewegungen schon erste Rückschlüsse auf den betroffenen Wirbelsäulenabschnitt ziehen.

Die ▶ Abb. 20.6 zeigt die Kopfgelenke der HWS, die sich in das obere Kopfgelenk (Art. atlantooccipitalis) und das untere Kopfgelenk (Art. atlantoaxialis) gliedern. Dabei unterteilt sich die Art. atlantoaxialis in die Art. atlantoaxialis lateralis und mediana.

Die Kopfgelenke bilden eine funktionelle Einheit bei den Bewegungsmöglichkeiten in der oberen HWS. Dieser Zusammenhang wird in ▶ Tab. 20.2 verdeutlicht.

Bänder der oberen Halswirbelsäule

Die ▶ Tab. 20.3 beschreibt die wichtigsten Bänder der oberen HWS, welche in den ▶ Abb. 20.7, ▶ Abb. 20.8, ▶ Abb. 20.9 dargestellt sind.

Tab. 20.2 Funktionelle Betrachtung der Kopfgelenke.

Gelenke		Gelenkpartner/Form	Bewegungen	Achsenlage	Merkmale
Art. atlanto-occipitalis		Occiput: 2 Condyli occipitales (bikonvex) Atlas: 2 Facies articulares superiores (bikonkav)	Extension: ca. 12°–15° Flexion: ca. 12°–15°	Gehörgang	• keine BS • besteht aus 2 Teilgelenken
			Seitneigung re/li: ca. 3°–5°	Nasenspitze	
			Rotation re/li: ca. 2°–4°	Medulla oblongata	
Art. atlantoaxialis	Art. atlanto-axialis lateralis	Atlas: 2 Facies articulares inferiores (bikonvex) Axis: 2 Facies articulares superiores (bikonvex)	Extension: ca. 12° Flexion: ca. 17°	Querfortsatz Atlas bzw. Höhe des Lig. transversum atlantis	• keine BS • besteht aus insgesamt 4 Einzelgelenken • fungieren als Zapfengelenk • 3–4 mm Knorpel mit meniskoiden Einlagerungen • kaum klassische Blockierungen, da kaum Reibung und kaum Adhäsionskomponenten • meist Störungen zwischen C2 / C3 • leicht bewegliche Gelenkmechanik
			Seitneigung re/li: Ø, nur mit gekoppelter Rotation		
	Art. atlanto-axialis mediana	vordere Kammer Atlas: Fovea dentis Axis: Facies articularis anterior hintere Kammer Axis: Facies articularis posterior Lig. transversum atlantis: überknorpelte Gelenkfläche	Rotation re/li: ca. 30°–40° Segment mit der größten Rotation in der HWS	Dens axis	

Tab. 20.3 Bänder der oberen Halswirbelsäule.

Band	Ursprung	Ansatz	Funktionen	Bemerkungen
Lig. apicis dentis	Apex dentis	vorderer Rand des Foramen magnum	Hemmung der Flexion des Kopfes	schwach ausgebildet
Ligg. alaria	oberer Teil des Dens axis (posterolateral)	medialer Rand der Hinterhauptkondylen und Foramen magnum	Begrenzung der Rotation – C1/C2 und der Seitneigung – C0/C1 Hemmung der Flexion des Kopfes	kräftig und paarig ausgebildet
Lig. transversum atlantis	zwischen den Massae laterales (Verlauf: quer hinter Dens)		Hemmung der Flexion des Kopfes, Fixation des Dens axis nach ventral	bildet mit der Fovea articularis posterior die hintere Kammer der Art. atlantoaxialis mediana und besitzt eine knorpelige Gleitfläche
Fasciculi longitudinales	Hinterfläche des Axiskörpers	Vorderrand des Foramen magnum (Verlauf: längs hinter Dens)	Hemmung der Ventralflexion des Kopfes	bilden zusammen mit dem Lig. transversum atlantis das Lig. cruciforme atlantis
Membrana tectoria	Hinterfläche des Axiskörpers	Clivus des Os occipitale	Hemmung der Ventralflexion des Kopfes	verbreiterte und verstärkte Fortsetzung des Lig. longitudinale posterius
Membrana atlantooccipitalis anterior	vorderer Atlasbogen	Os occipitale – pars basilaris	Hemmung der Dorsalextension des Kopfes	entspricht dem Lig. longitudinale anterius
Membrana atlantooccipitalis posterior	hinterer Atlasbogen	dorsaler Rand des Foramen magnum	Hemmung der Ventralflexion des Kopfes	kranialer Ausläufer des Lig. flavum

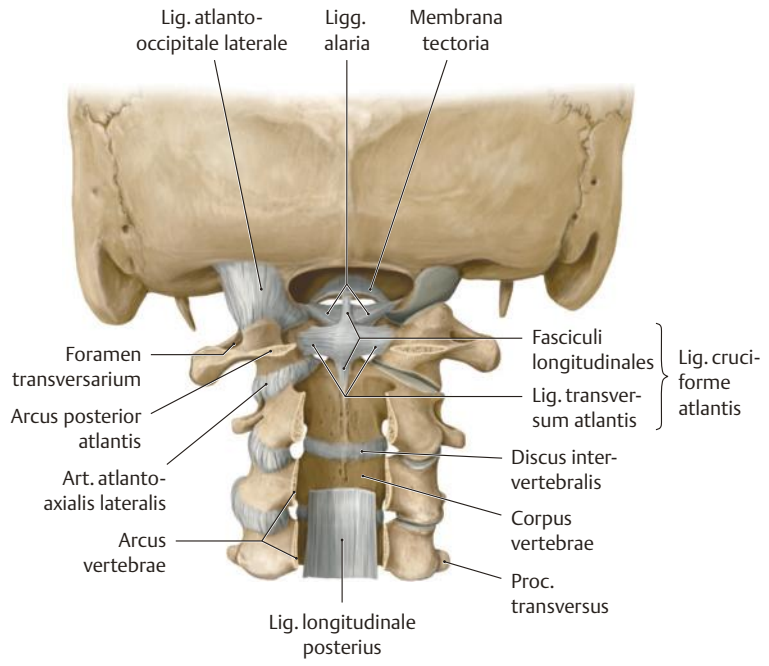


Abb. 20.7 Bänder von dorsal.

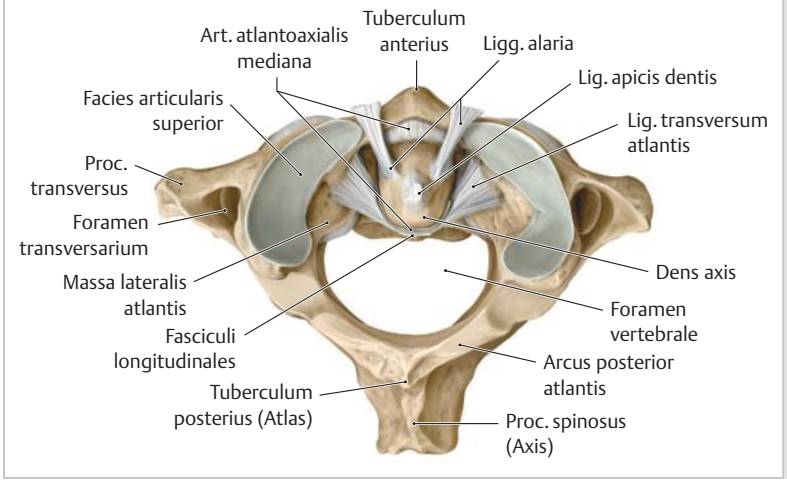


Abb. 20.8 Bänder von kranial.

Subokzipitale Muskulatur

Unter der subokzipitalen Muskulatur fasst man den M. rectus capitis posterior minor und major sowie den M. obliquus capitis superior und inferior zusammen (▶ Abb. 20.10).

Die große Dichte an Muskelspindeln in diesen Muskeln sorgt für eine sehr hohe propriozeptive Versorgung und ist wichtig für die Feinsteuerung der hochzervikalen Bewegungen. Muskelspindeln dieser Muskeln bilden mit den Mechanorezeptoren von C0 bis C1 das 3. Gleichgewichtsorgan.

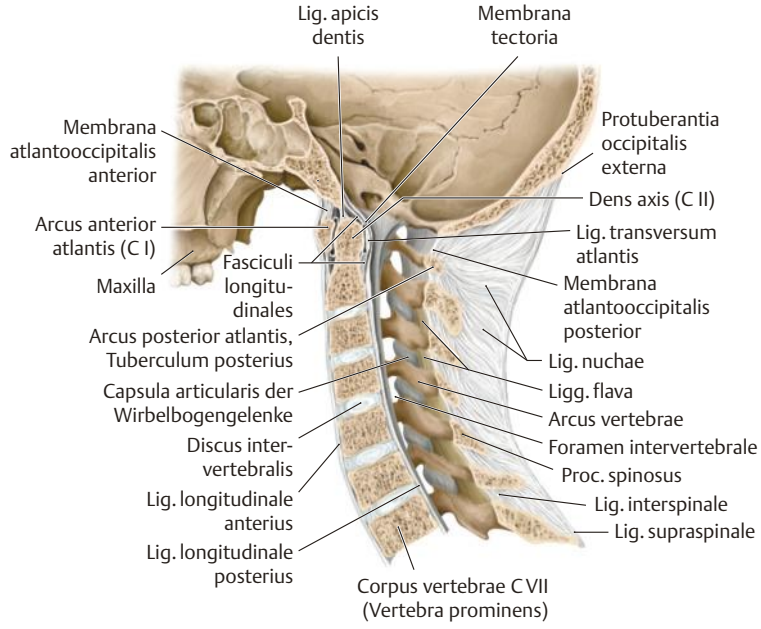


Abb. 20.9 Bänder im sagittalen Schnitt.

Untere Halswirbelsäule

Knochen der unteren Halswirbelsäule (C2 – C7)

Die Halswirbel der unteren HWS (▶ Abb. 20.11) unterscheiden sich durch zahlreiche Baumerkmale von den Wirbelkörpern der Kopfgelenke.

Corpus vertebrae

Das Corpus ist eher breit, aber nicht sehr hoch. Seine Deckplatte wird bilateral von den Procc. uncinati seitlich begrenzt, was zu einer Konkavität des Corpus in der Frontalebene nach kranial führt. Die Grundplatte ist bilateral seitlich abgeschrägt, was eine Konvexität nach kaudal zur Folge hat. Eine ventro-kaudale Ausziehung an der vorderen Grundplatte verhindert die Translation des Wirbelkörpers nach dorsal.

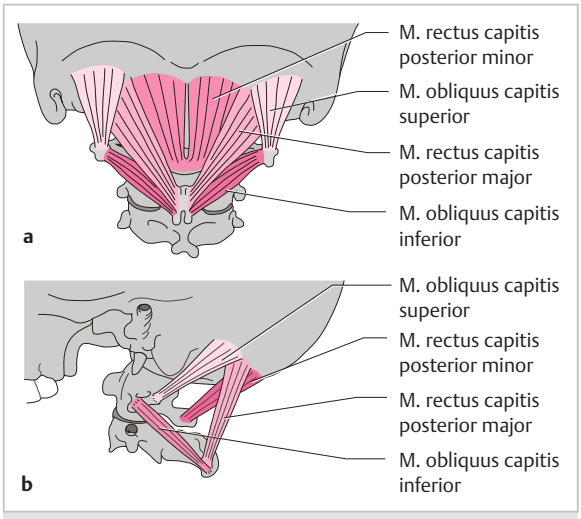


Abb. 20.10 Subokzipitale Muskulatur von dorsal und lateral.
a Subokzipitale Muskulatur von dorsal.
b Subokzipitale Muskulatur von lateral.

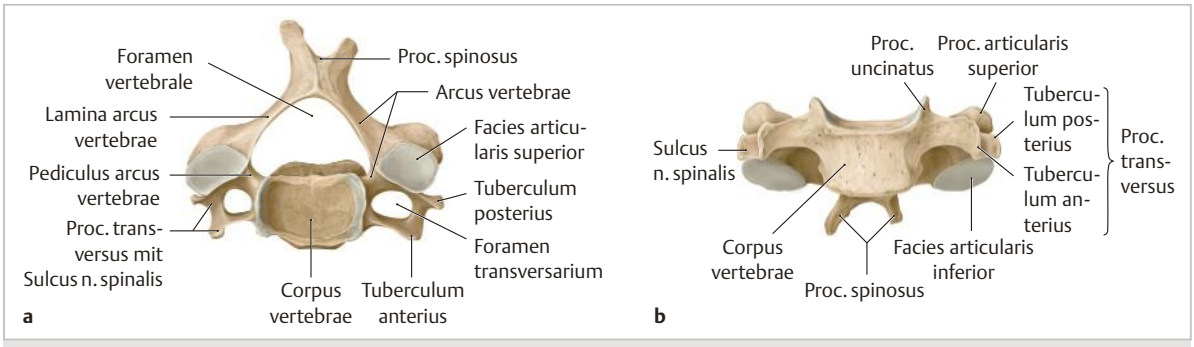


Abb. 20.11 Halswirbel von kranial und ventral.
a 4. Halswirbel von kranial.
b 4. Halswirbel von ventral.

Pediculus arcus vertebrae

Jeweils bilateral an der dorso-lateralen Seite des Wirbelkörpers befindet sich der Pediculus arcus vertebrae. Sie bilden die Verbindung zwischen dem Wirbelkörper und den Procc. articulares vertebrae sowie der Lamina arcus vertebrae.

Auf ihrem Oberrand befindet sich die Incisura vertebralis superior am Unterrand die Incisura vertebralis inferior. Die Incisurae bilden mit dem darüber und darunter liegenden benachbarten Pediculus das Foramen intervertebrale.

Processus transversi

Sie entspringen an der Außenseite des Corpus und enden ventral als Tuberculum anterius (Insertion für die Skalenusmuskulatur) und dorsal als Tuberculum posterius (Insertion für die Skalenusmuskulatur und den M. levator scapulae).

Seitlich betrachtet erinnern die Procc. transversi an eine Dachrinne, in welcher die Spinalnerven die HWS verlassen. Durch die Foramina transversaria des 6. Halswirbelkörpers gelangt die A. vertebralis auf ihren Weg zum Kopf (▶ Abb. 20.12). Durch die Foramina transversaria des 7. Halswirbelkörpers verlässt die V. vertebralis die HWS. Beide Gefäße sind am Periost der Foramina transversaria fixiert.

Klinischer Bezug

Bewegungskombinationen zwischen Atlas/Axis beeinflussen unilateral die Durchlässigkeit der A. vertebralis und damit die Durchblutung des Gehirns!

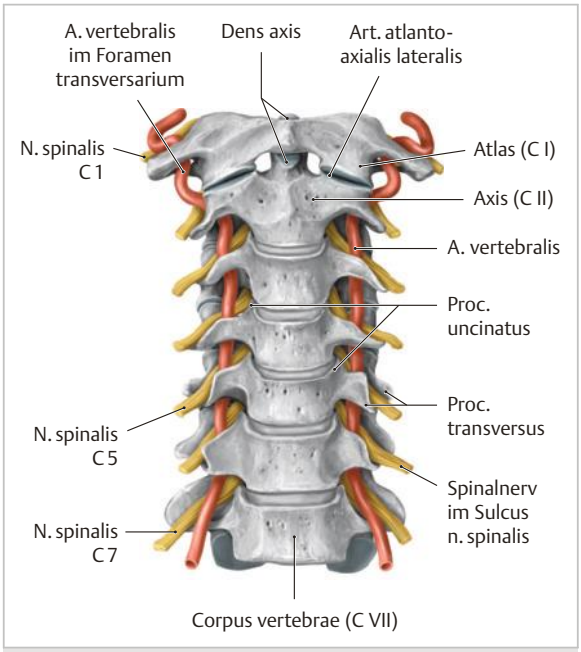


Abb. 20.12 Verlauf der A. vertebralis.

Ventro-lateral zum Proc. transversus von C4 liegt die Teilung der A. carotis communis in die A. carotis interna und externa (▶ Abb. 20.13). Dieser Bereich wird als Sinus caroticus bezeichnet und beherbergt Barorezeptoren zur Messung des Blutdrucks. Änderungen werden afferent über einen Ast des N. glossopharyngeus in die Medulla oblongata und den Thalamus gesendet. Eine Blutdrucksteigerung wird demzufolge mit 2 Reaktionen beantwortet:

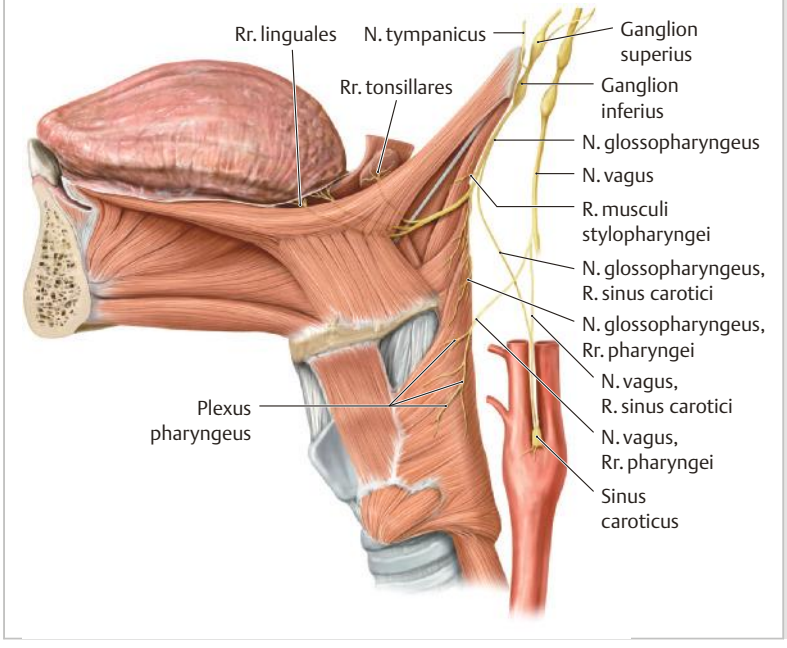


Abb. 20.13 A. carotis mit Sinus caroticum.

- Parasympathikuserregung mit Herzschlagverlangsamung
- Sympathikushemmung mit Gefäßdilatation

Klinischer Bezug

Druck von außen in diesem Bereich simuliert ebenfalls eine Spannungszunahme der Gefäße. Dadurch können ungewollte vegetative Reaktionen ausgelöst werden, welche über Ausgleichsstriche auf dem M. pectoralis regulierbar sind.

Konsequenz: Vermeidung von bilateralen Techniken auf Höhe C4.

Facies articularis superior und inferior

Die Facies articularis superior ist nach dorso-kranial ausgerichtet. Auf Höhe C2 / C3 ist sie um ca. 45° aus der Transversalen in die Frontale angehoben (▶ Abb. 20.14). Die Facies articularis inferior ist nach ventro-kaudal gerichtet und folgt mit ihrer Neigung der Facies articularis superior.

Processus spinosi

Die Procc. spinosi sind schräg nach dorso-kaudal ausgerichtet und haben eine trianguläre Form. Die Unterseiten sind ausgehöhlt in Form einer Furche und die Spitzen sind mit Ausnahme von C7 gespalten.

Praxistipp

Um den CTÜ zu finden, palpiert man während der geführten Extension der HWS den interspinalen Raum zwischen C6 und C7. Dabei legen sich die Spitzen der Procc. spinosi übereinander, C6 „verschwindet“ dabei scheinbar, während C7 stehen bleibt und nur seinen Abstand zu Th1 verkleinert. Dieses Phänomen kommt durch die trianguläre Form der Procc. spinosi zustande.

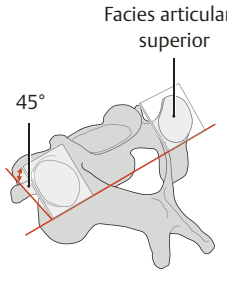


Abb. 20.14 Ausrichtung der Facies art. superior.

Wirbelverbindungen der unteren Halswirbelsäule

Die Verbindungen der Halswirbelkörper werden von Synarthrosen und Diarthrosen gebildet. Die einzelnen Verbindungen benennen sich wie folgt:

- Diskovertebralgelenke
- Unkovertebralgelenke
- Zygapophysialgelenke
- Ligamenta

Diskovertebralgelenke

Die Disci intervertebralia (Zwischenwirbel- oder Bandscheiben) verbinden je 2 Wirbel. Sie befinden sich ab dem Segment C2 / C3 in den Intervertebralräumen. Ihre Höhe beträgt ca. 5–6 mm. Das Höhenverhältnis zwischen Wirbelkörper und Bandscheibe beträgt etwa 5 zu 2.

Die Disci intervertebralia sind in der unteren HWS häufig in den Transversalen gespalten (▶ Abb. 20.15). Dieser Prozess beginnt mit der Ausbildung der Unkovertebralgelenke im Alter von ca. 10 Jahren und endet zwischen dem 45. und 50. Lebensjahr. Aus ihrer Form resultiert der große Bewegungsausschlag der HWS.

Unkovertebralgelenke

Die Unkovertebralgelenke (▶ Abb. 20.16) verdanken ihren Namen den Procc. uncinati. Das sind 2 kleine, hakenförmige Ausstülpungen auf jedem Niveau der unteren HWS. Ihr Name leitet sich aus dem Lateinischen ab (uncinatus = hakenförmig).

Sie bilden sich unter dem Einfluss der Belastung und der Kopfbewegungen ab etwa dem 2. Lebensjahr aus und schließen ab dem ca. 9. Lebensjahr die lateralen Anteile

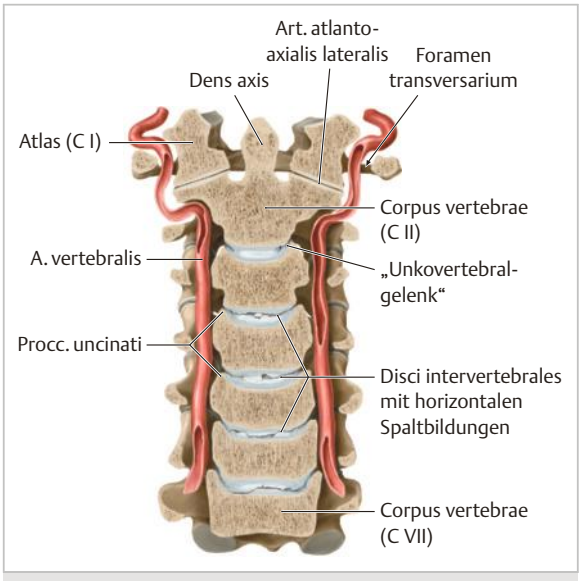


Abb. 20.15 Bandscheiben der HWS.

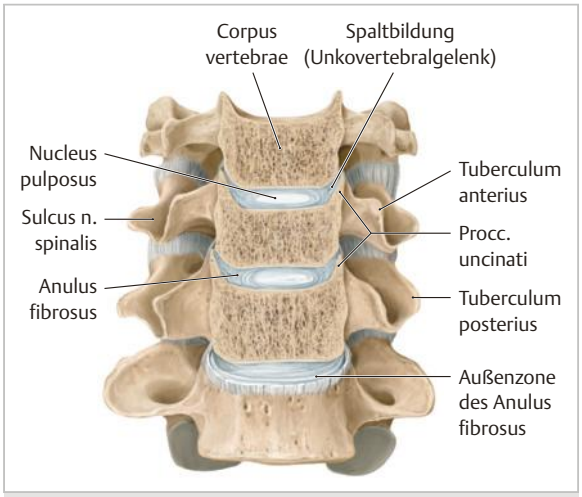


Abb. 20.16 Unkovertebralgelenke der HWS.

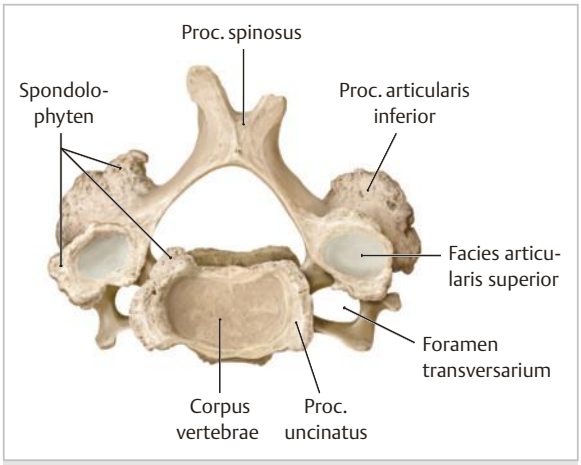


Abb. 20.17 Unkovertebralarthrose.

der Bandscheiben ein, die damit randständig unter Druck kommen. In der Folge entstehen lateral Einrisse.

Es entwickelt sich eine laterale, kapsuläre Begrenzung mit synovialen Falten aus dem ehemaligen Anulus fibrosus der Bandscheibe. Mit dem ca. 16. Lebensjahr sind durch diesen Prozess die Unkovertebralgelenke entstanden. Mit dem 24. Lebensjahr ist der Prozess beendet. Die Procc. uncinati sind auf ihrer Oberseite überknorpelt und haben eine kleine Gelenkkapsel, die mit dem Discus verbunden ist.

Sie artikulieren mit ihrer halbmondförmigen Schrägkante an der ebenfalls überknorpelten Unterfläche des oberen Wirbelkörpers lateral und dorsal. Sie führen die Bewegung des Wirbelkörpers in der sagittalen Ebene und hemmen das Rückwärtsgleiten des kranialen Wirbelkörpers.

Klinischer Bezug

Degenerative Veränderungen in Form einer Unkovertebralarthrose (▶ Abb. 20.17) führen zur Ausbildung knöcherner Randzacken, sog. Spondylophyten. Typische Folgen der Spondylophyten:

- Nervenwurzelreizung
- Einengung der A. vertebralis
- Krepitationen

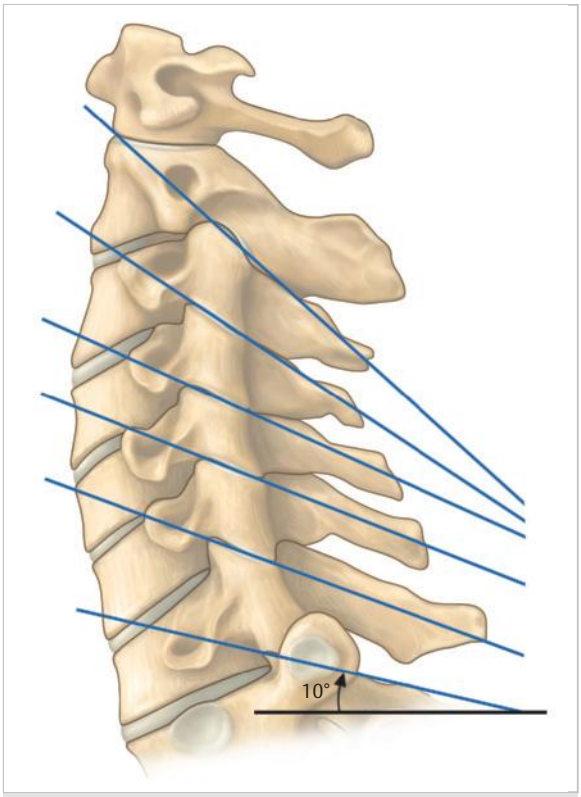


Abb. 20.18 Neigung der Gelenkflächen in der HWS.

Artt. zygapophysiales

Die Zygapophysialgelenke oder Facettengelenke werden von einer nach anterior, kaudal und medial ausgerichteten Facies art. inferior sowie einer nach posterior, kranial und lateral ausgerichteten Facies art. superior gebildet.

Die Gelenkflächen von C2/C3 stehen ca. 40°–45° zur Horizontalen. Dieser Neigungswinkel flacht nach unten zunehmend ab. Bei C7/Th1 beträgt die Neigung der Facetten nur noch etwa 10° zur Horizontalen (▶ Abb. 20.18). Die geringere Neigung ermöglicht den unteren Segmenten der HWS mehr Rotation als Seitneigung.

Praxistipp

Da die Ausrichtung der Gelenkflächen variiert, ist insbesondere bei Gleitmobilisationen auf die Höhe des Segments zu achten, um parallel zu den Facies articulares zu arbeiten.

Alle Facettengelenke weisen meniskoide Strukturen (▶ Abb. 20.19) auf. Das sind halbmondförmige Ausstülpungen der Membrana synovialis, die in das Gelenk hineinragen, ähnlich der Plica patellaris am Kniegelenk.

Klinischer Bezug

Mangelnde Gelenkführung kann zur Einklemmung der Synovialzotten führen, was eine Entzündungsreaktion zur Folge hat. Der Patient schildert dann eine Bewegungseinschränkung bzw. eine „Blockierung".

Eine Ausnahme bildet das Segment C2 / C3. Die Facies articularis inferior des 2. Halswirbelkörpers ist nach anterior-kaudal-lateral ausgerichtet, die Facies articularis superior des 3. Halswirbelkörpers nach postero-kranial-medial.

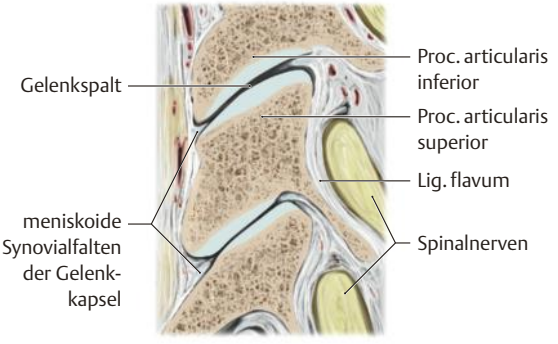


Abb. 20.19 Facettengelenke mit synovialen Zotten.

Der Winkel von C2 aus der frontalen Ebene nach posterior beträgt jeweils ca. 15°, was einen posterioren Abweichungswinkel von ca. 150° zur Folge hat. Diese Tendenz setzt sich bis C3/C4 fort (Klein und Sommerfeld 2004).

Ligamenta

In ▶ Tab. 20.4 sind die ligamentären Verbindungen der HWS zusammengefasst.

Tab. 20.4 Bänder der HWS.

Band	Ursprung	Ansatz	Funktionen	Bemerkungen
Lig. longitudinale anterius	Tuberculum anterius atlantis/Os occipitale – pars basilaris	ventrale Seite von S1 (endet als Lig. sacrococcygeum ant.)	hemmt Extension bzw. Lordose in der HWS	• Verbindung zu den WK (Mitte), lässt die BS frei • wird nach kaudal breiter (Lordose nimmt zu – muss sichern)
Lig. longitudinale posterius (oberflächliche und tiefe Schicht)	**oberflächliche Schicht** Fortsetzung der Membrana tectoria, welche am Clivus (Pars basilaris des Os occipitale) beginnt **tiefe Schicht** beginnt als Fortsetzung des Lig. cruciforme atlantis (Verschmelzung des Lig. transversum atlantis und der Fasciculi longitudinales), welches über die Fasciculi longitudinales am Vorderrand des Foramen magnum inseriert	**oberflächliche Schicht** bis Discus L3/L4 (verschmilzt dann mit tiefer Schicht) **tiefe Schicht** über Canalis sacralis zum Os coccygis	hemmt Flexion in der HWS	• hat Verbindung zu den Deck- und Tragplatten und BS, lässt Mitte der WK frei (für Venenplexi) • verschmälert sich von kranial nach kaudal (Lordose nach unten – damit weniger Druck) • reich an nozizeptiven und mechanorezeptiven Fasern
Ligg. flava	Fortsetzung der Membrana atlantooccipitalis posterior verbinden die Laminae miteinander		unterstützen die Extension aus der Flexion	• schließen die Rückseite des Wirbelkanals ab
Lig. interspinale Lig. supraspinale	zwischen den Procc. spinosi spannt sich zwischen der Protuberantia occipitalis externa und dem Dornfortsatz von C7 als Lig. nuchae aus		hemmen Flexion in der HWS	
Ligg. intertransversaria	verbinden die Procc. transversi miteinander		hemmen Seitneigung + Rotation in der HWS	

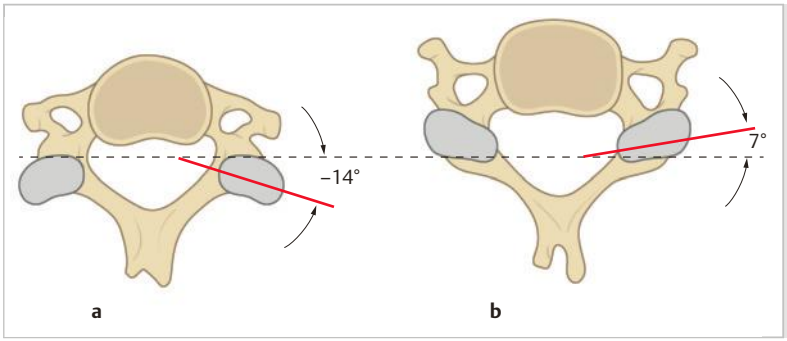


Abb. 20.20 Abweichung der Gelenkflächen.
a Abweichung der superioren Gelenkflächen von C3.
b Abweichung der Gelenkflächen unterhalb von C4.

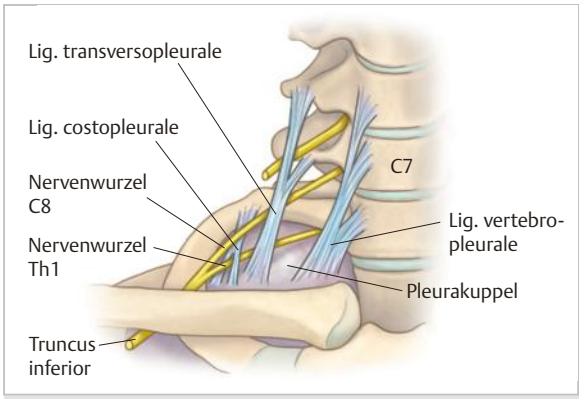


Abb. 20.21 Lig. cervicopleurale.

Neben den klassischen Halswirbelsäulenbändern kommt dem Lig. cervicopleurale (▶ Abb. 20.21) eine funktionelle Bedeutung zu. Dieses Band besteht aus 3 Teilzügen, dem Lig. costopleurale von der 1. Rippe, dem Lig. transversopleurale von den Procc. transversi C6/C7 und dem Lig. vertebropleurale von den Wirbelkörpern C6–Th1 kommend. Alle Anteile finden ihren Ansatz in der Cupula pleurae.

Klinischer Bezug

Die Bänder haben durch ihre Insertion an der oberen Thoraxapertur Verbindung zu den intrathorakalen Faszien. Akute oder chronisch entzündliche Erkrankungen der Atmungsorgane (z. B. Pneumonie, Pleuritis, COPD) können zu Retraktionen der thorakalen Faszien führen. Damit verbundene Spannungsasymmetrien des Lig. cervicopleurale nehmen Einfluss auf die Beweglichkeit der unteren HWS.

Halsfaszien

Die Halsfaszie (lat. Fascia cervicalis) besteht aus 3 Blättern, einem oberflächlichen, mittleren und tiefen (▶ Abb. 20.22). Die jeweiligen Blätter umfassen verschiedene Teile des Halses.

Fascia cervicalis superficialis (Lamina superficialis fasciae cervicalis)

Sie bildet die Fortsetzung der Schädelfaszien nach kaudal und endet an der oberen Thoraxapertur. Ihre Fortsetzung bilden die Faszien des Thorax (Fascia endothoracica) und der oberen Extremität. Sie liegt hinter dem Platysma und umhüllt ventral die oberflächlichen Halsmuskeln, dorsal den M. trapezius sowie die oberflächlichen Venen und Nerven. Im Nacken geht sie in die Fascia nuchae über (Paoletti, 2001).

Fascia cervicalis media (Lamina pretrachealis fasciae cervicalis)

Sie befindet sich als mediales Blatt im vorderen, seitlichen Halsabschnitt. Ihr Beginn ist am Os hyoideum. Dann umfasst sie die infrahyoidale Muskulatur, befestigt sich am Sternum sowie der Klavikula und setzt sich in der Fascia endothoracica fort. Sie ist an der Schilddrüsenfaszie beteiligt und steht mit der oberflächlichen und tiefen Halsfaszie sowie mit der Faszie im Pharynxbereich (Fascia pharyngobasilaris) in Verbindung. Die Faszie bildet die Vagina carotica. Diese enthält die V. jugularis interna, die A. carotis communis und den N. vagus. Der M. sternocleidomastoideus und der M. omohyoideus spannen die Fascia cervicalis media und halten somit die Vagina carotica offen (Paoletti, 2001).

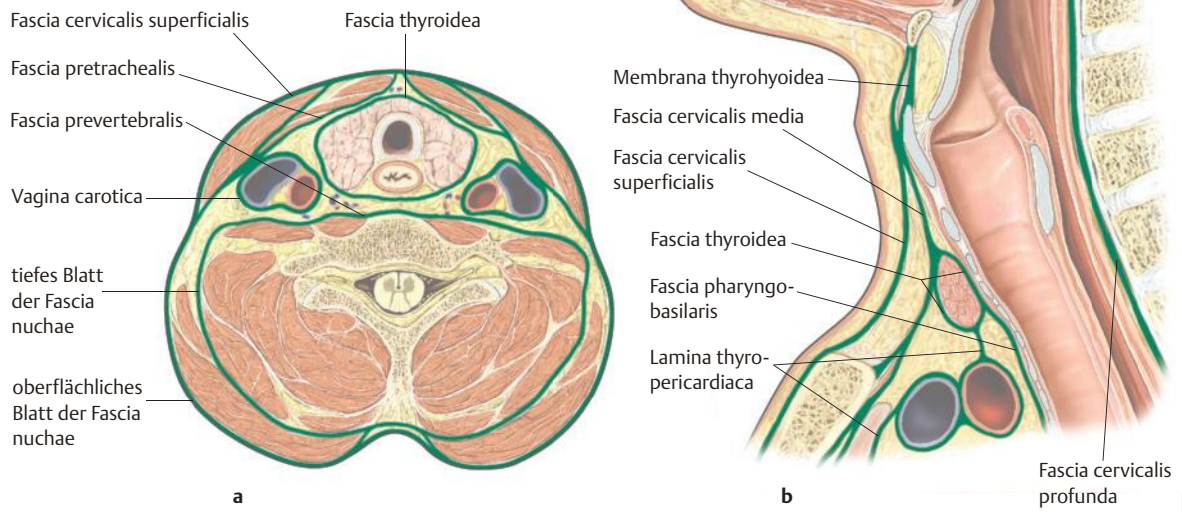


Abb. 20.22 Halsfaszien im transversalen und sagittalen Schnitt.
a Halsfaszien im transversalen Schnitt.
b Halsfaszien im sagittalen Schnitt.

Fascia cervicalis profunda (Lamina prevertebralis fasciae cervicalis)

Sie hat ihren Ursprung an der Pars basilaris des Os occipitale und setzt sich nach ihrem Ansatz am 1. Brustwirbel nach unten in der Fascia endothoracica fort. Dorsal befestigt sie sich an den Querfortsätzen der Halswirbel und bildet die Faszie der Mm. scaleni. Darüber steht sie mit der oberflächlichen und mittleren Halsfaszie in Verbindung. Sie umhüllt die prävertebralen Muskeln. Des Weiteren hat sie eine Stützfunktion für den Plexus cervicalis und die Zervikalganglien, welche sich in einer Umschlagfalte der Faszie befinden. Antero-posterior verlaufende Septen verbinden diese Faszie mit der Fascia pharyngobasilaris (Paoletti, 2001).

20.1.2 Funktionelle Anatomie der HWS

Die biomechanischen Zusammenhänge bilden die Grundlage für die klinische Untersuchung der oberen und unteren HWS. Diese Kenntnisse helfen dem Untersucher erste Hypothesen aufzustellen und klinische Muster zu erkennen.

Die unterschiedlichen Teilbewegungen in den einzelnen Gelenken der HWS laufen mit bestimmten regionalen Schwerpunktsetzungen gemeinsam und teilweise auch gleichzeitig ab. Dieses Zusammenspiel führt dann zu einer Komplexbewegung im Raum. Um Funktionsstörungen zu erkennen, ist es jedoch unabdingbar, diese Teilbewegungen zu betrachten, damit bei der Einschränkung einer Komplexbewegung spezifisch untersucht und behandelt werden kann.

Spezielle Biomechanik der oberen HWS

Am Anfang gilt es zu klären, was in den Facetten bei bestimmten Bewegungen der Kopfgelenke geschieht, wie die Bezeichnungen dafür sind und welche Kopplungen dabei entstehen.

Flexion

Occiput – Atlas (C0/C1):

- Die konvex geformten Kondylen des Os occipitale gleiten auf den konkaven Facies articularis superiores des Atlas nach dorsal (1).
- Der dorsale Anteil des Os occipitale entfernt sich dabei vom Arcus posterior des Atlas, so dass sich der Abstand zwischen diesen beiden Referenzen vergrößert (2).
- Das Lig. transversum atlantis bremst nach ca. 2–3 mm ventraler Translation den Atlas (3).
  (Brokmeier 2001)

Atlas – Axis (C1/C2):
- Der Atlas rotiert um eine transversale Achse ca. 15° nach ventral (4).
- Der vordere Atlasbogen gleitet dabei auf dem Dens ca. 2–4 mm nach kaudal, wodurch sich der hintere Atlasbogen dem Hinterhaupt wieder annähert (5).
- Der Abstand zwischen dem hinteren Atlasbogen und dem Proc. spinosus von C2 vergrößert sich, was zu einer Anspannung der dorsalen Bänder führt und damit zu einer Fortsetzung der Flexion auf C3 (6) (▶ Abb. 20.23, Brokmeier, 2001).

Extension

Occiput – Atlas (C0/C1):
- Die konvexen Okziputkondylen gleiten auf dem konkaven Atlas nach ventral (1).
- Das Hinterhaupt nähert sich dem hinteren Atlasbogen an (2).
- Der Atlas gleitet um ca. 2–3 mm nach dorsal, bis er durch den Kontakt des vorderen Atlasbogens am Dens gebremst wird (3).
(Brokmeier, 2001)

Atlas – Axis (C1/C2):
- Der Atlas dreht sich um eine transversale Achse ca. 12°–15° nach dorsal (4).
- Der vordere Wirbelbogen des Atlas gleitet um ca. 2–4 mm auf dem Dens nach kranial, wobei sich der hintere Atlasbogen dem Dorn von C2 annähert (5).
- Die ventral liegenden Bänder spannen sich an, womit es zu einer fortlaufenden Bewegung vom Axis auf C3 kommt (6) (▶ Abb. 20.24, Brokmeier, 2001).

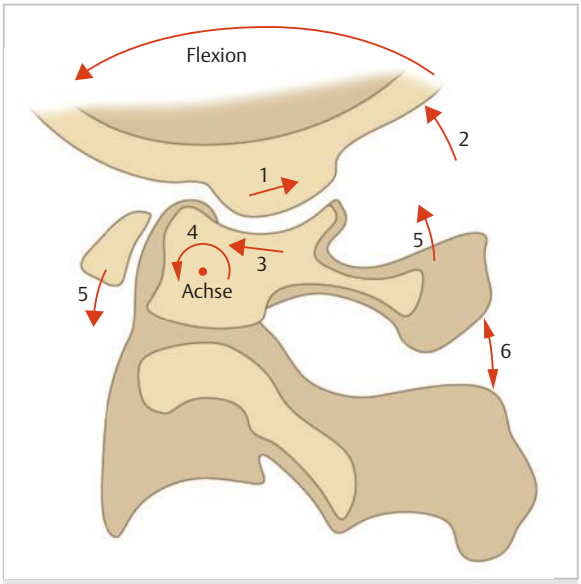


Abb. 20.23 Kopfgelenke von lateral im Schnitt bei der Flexion.

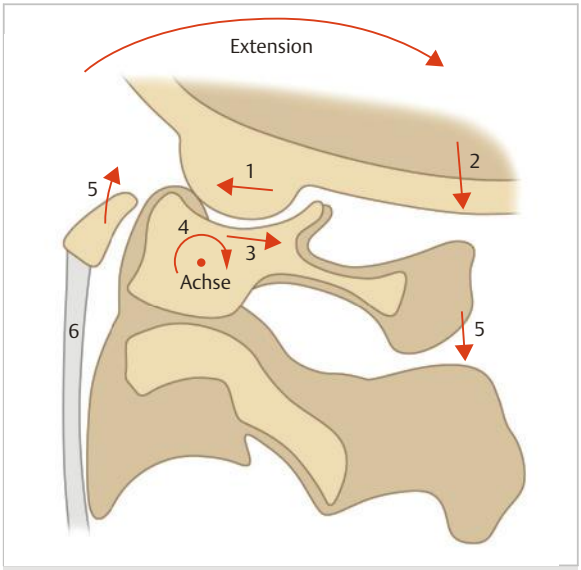


Abb. 20.24 Kopfgelenke von lateral im Schnitt bei der Extension.

Lateralflexion am Beispiel rechts

Occiput – Atlas (C0/C1):

- Die konvex geformten Kondylen des Os occipitale gleiten auf den konkav geformten superioren Facetten des Atlas nach links, was eine Lateralflexion von ca. 3–5° zur Folge hat (1).
- Durch den vermehrten Druck der rechten Okziputkondyle gleitet der Atlas nach rechts, bis er vom Dens axis gebremst wird (2).
  (Brokmeier, 2001)

Atlas – Axis (C1/C2):

- Da der Atlas keine Lateralflexion ausführen kann, überträgt die Axis die Seitneigung unmittelbar auf C3, womit die Lateralflexion C2 / C3 bei ca. 5° liegt (3).
- Durch die Translation des Atlas nach rechts und die Keilform der Massae lateralis links wird die linke Okziputkondyle nach kranial gezwungen (4).
- Diese Bewegung führt zu einer Spannungszunahme des linken Lig. alare, welches die Axis nach kranial und über den Dens axis in eine Rotation nach rechts zieht. Der Proc. spinosus von C2 geht dabei nach links (5)
  (▶ Abb. 20.25, Brokmeier, 2001)
- Die Rotation rechts der Axis leitet ein Ineinanderschrauben („screw down") zwischen Atlas und Axis ein (▶ Abb. 20.26), was eine Entspannung der Ligg. und der A. vertebralis zur Folge hat und damit eine größere Rotationsamplitude ermöglicht (6).
  (Brokmeier, 2001)

Rotation am Beispiel links

Atlas – Axis (C1/C2):

- Am Anfang der Rotation nach links steht der Dens axis still, während der vom vorderen Atlasbogen und dem Lig. transversum atlantis gebildete Ring rotiert. Dabei geht die linke Massa lateralis des Atlas und das linke Occiput nach dorsal und rechts nach ventral (1).
- Die Rotationsamplitude beträgt ca. 30°–40°. Der Atlas sinkt bei dieser gebogenen Bewegung um ca. 2–3 mm nach unten („screw down") (2).
- Das rechte Lig. alare spannt sich an (3).
- Die Axis wird dadurch in eine Rotation nach links gezogen und die Bewegung läuft weiter in die untere HWS (▶ Abb. 20.27) (4).

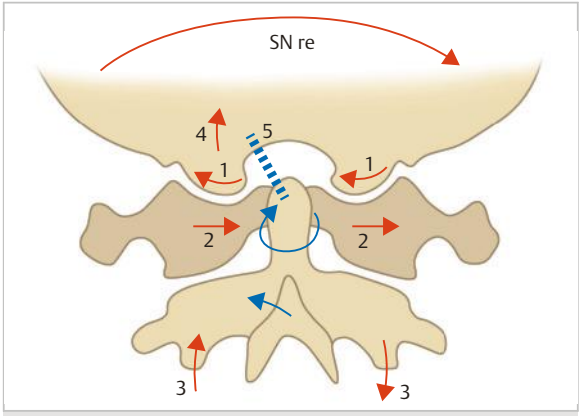


Abb. 20.25 Kopfgelenke von dorsal im Schnitt bei Lateralflexion nach rechts.

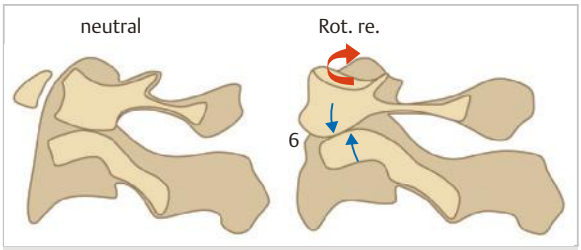


Abb. 20.26 Atlas/Axis von lateral im Schnitt.
a Atlas/Axis von lateral im Schnitt in Neutralstellung.
b Atlas/Axis von lateral im Schnitt bei Rotation nach rechts („screw down").

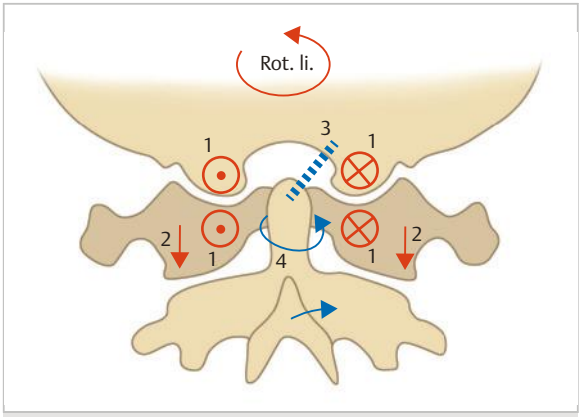


Abb. 20.27 Kopfgelenke von dorsal im Schnitt bei Rotation nach links.

C2–C7:

- Die Rotation nach links wird in der unteren HWS von einer gekoppelten Lateralflexion nach links begleitet. Dies hat ein dorso-kaudales Gleiten der linken Gelenkfacette und ein ventro-kraniales Gleiten der rechten Facette zur Folge (▶ Abb. 20.28) (5). (Brokmeier, 2001)

Occiput – Atlas (C0/C1):

- Am Ende der Rotation dreht der rechte Okziputkondylus auf dem Atlas nach ventral, der linke nach dorsal (6).
- Das rechte Lig. alare wird um den Dens axis gewickelt und zieht somit durch die zunehmende Anspannung am Bewegungsende die rechte Okziputkondyle nach links, was einer Lateralflexion des Okziput nach rechts gegenüber dem Atlas gleichkommt (7) (▶ Abb. 20.29, Brokmeier, 2001).

Spezielle Biomechanik der unteren HWS

An der HWS unterscheiden sich das Kopplungsmuster der oberen HWS von dem Kopplungsmuster der unteren HWS.

Die obere HWS (C0–C1) hat ein Kopplungsmuster, was unabhängig von der Flexions- oder Extensionsstellung der Wirbelsäule immer gegensinnig abläuft. Die untere HWS (C2–Th4) zeigt ein Muster, bei dem Seitneigung und Rotation immer gleichsinnig ablaufen (▶ Abb. 20.30).

Das bedeutet beispielsweise, dass in der oberen HWS Seitneigung nach rechts mit einer Rotation nach links gekoppelt ist. In der unteren HWS bedeutet dies, dass eine Seitneigung nach rechts mit einer Rotation nach rechts (▶ Abb. 20.30) gekoppelt ist und umgekehrt.

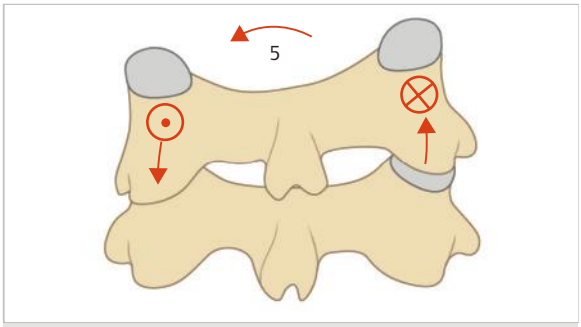


Abb. 20.28 Bewegungssegment der unteren HWS bei Lateralflexion links von dorsal.

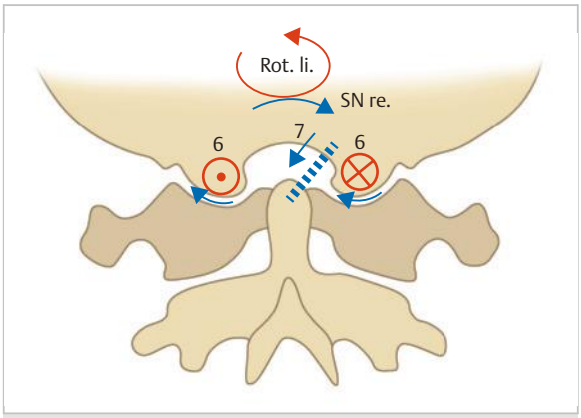


Abb. 20.29 Occiput/Atlas von dorsal im Schnitt bei Rotation nach links.

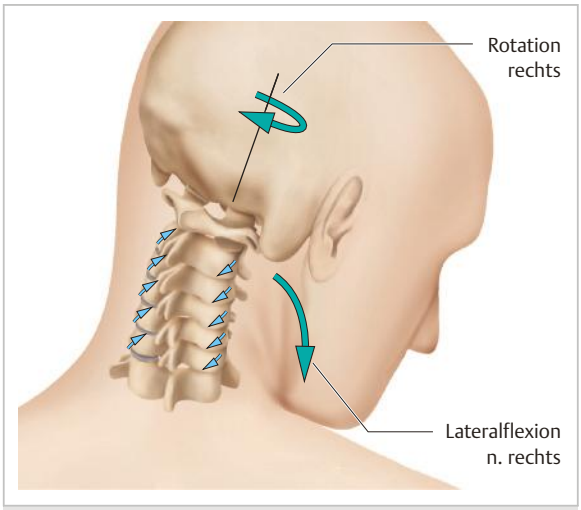


Abb. 20.30 Lateralflexion und gleichsinnige Rotation in der unteren HWS.

Symmetrische Bewegungen

Als symmetrische Bewegungen bezeichnet man die Flexion und die Extension, da sich dabei beide Facettengelenkspaare in die gleiche Richtung bewegen. Bei der Flexion entsteht eine bilaterale Divergenz (▶ Abb. 20.31a), bei der Extension entsteht eine bilaterale Konvergenz (▶ Abb. 20.31b) der Facetten.

Betrachtet man den Wirbelkörper bei der Extension und Flexion, so bewegt sich der kraniale Gelenkpartner nach der Konkavregel, während die Bewegungsachse im kaudalen Wirbelkörper zu finden ist (▶ Abb. 20.35).

Das größte Bewegungsausmaß der Flexions-, Extensionsbewegung liegt auf Höhe C5/C6 mit ca. 17°. Die Mobilität nimmt dann nach kranial und kaudal hin ab, bis ca. 8°–9° je Segment und Richtung.

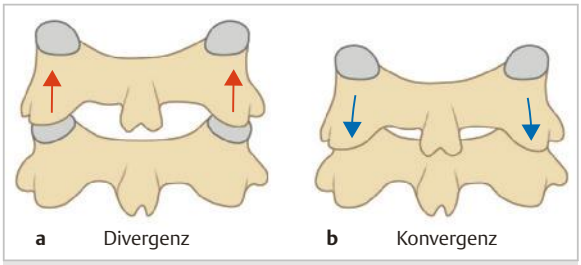


Abb. 20.31 Facettendivergenz und -konvergenz.
a Facettendivergenz.
b Facettenkonvergenz.

Flexion

C2–C7:

- Die Facies articulares inferiores gleiten auf den Facetten des unteren Wirbels um ca. 2–3 mm nach kranio-ventral (Öffnungs- bzw. Divergenzbewegung) (7).
- Am Ende des Gleitens kommt es zu einer Kippbewegung nach ventral, um eine frontale, im kaudalen Wirbelkörper liegende Achse (8).
- Die Wirbelkörper nähern sich im ventralen Bereich an (9).
- Es erfolgt eine Separation im kaudalen Teil des Gelenkspalts (10).
- Das Lig. nuchae, die Ligg. flava, die Ligg. interspinalia und das Lig. longitudinale posterius (▶ Abb. 20.32) bremsen die Bewegung (11) (Brokmeier 2001).

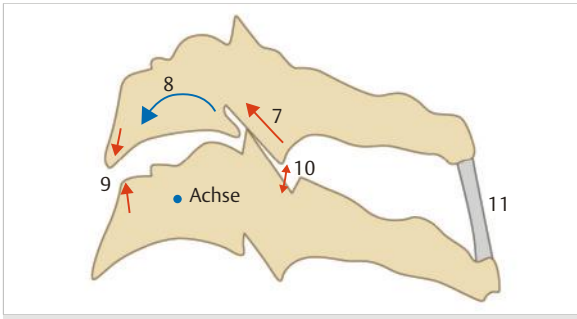


Abb. 20.32 Bewegungssegment der unteren HWS bei Flexion von lateral.

Extension

C2–C7:

- Die Facies articulares inferiores gleiten nach dorso-kaudal (7).
- Am Ende des Gleitens kommt es zu einer Kippbewegung nach dorsal um eine frontale, im kaudalen Wirbelkörper liegende Achse (8).
- Die Procc. spinosi nähern sich dorsal an (9).
- Der ventro-kraniale Anteil der Wirbelgelenke klafft etwas auseinander (10) (▶ Abb. 20.33).
- Das Lig. longitudinale anterius und die Kontakte der Dornfortsätze bzw. die Weichteile, welche dazwischen liegen, bremsen die Bewegung (11) (Brokmeier 2001).

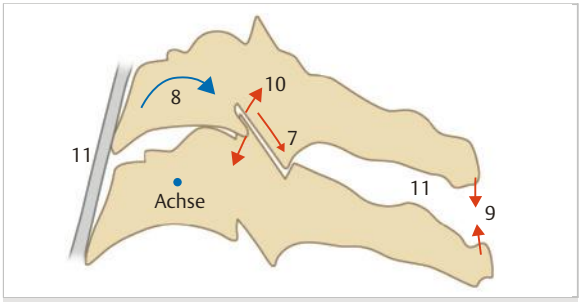


Abb. 20.33 Bewegungssegment der unteren HWS bei Extension von lateral.

Asymmetrische Bewegungen

Von asymmetrischen Bewegungen spricht man während der Rotation und der Lateralflexion. Bei der Lateralflexion entsteht auf der seitgeneigten Seite eine Konvergenz, auf der Gegenseite eine Divergenz in den Facettengelenken (▶ Abb. 20.34). Da die Lateralflexion und die Rotation nie allein in der HWS auftreten können, ergeben sich sog. synkinetische oder gekoppelte Bewegungen. Das bedeutet, dass eine Lateralflexion immer von einer Rotation, und eine Rotation immer von einer Lateralflexion begleitet wird.

Die Achse für Seitneigung und Rotation (▶ Abb. 20.35) in der unteren HWS liegt im kranialen Wirbelkörper und verläuft schräg von dorso-kranial nach ventro-kaudal.

Fazit

Kombinierte Bewegungen sind mehrachsige und damit mehrdimensionale Bewegungen. Sie können in gekoppelte und ungekoppelte Bewegungen eingeteilt werden.

Gekoppelte Bewegungen: Wird eine asymmetrische Bewegung (Rotation oder Seitneigung) primär ausgeführt, so entsteht automatisch eine, in der Richtung festgelegte, Bewegungskopplung, mit der initial nicht ausgeführten Bewegung.

Ungekoppelte Bewegungen: Wird bewusst ein anderer Bewegungszusammenhang hergestellt als die festgelegte Kopplung von Rotation und Seitneigung, entsteht eine ungekoppelte Bewegung.

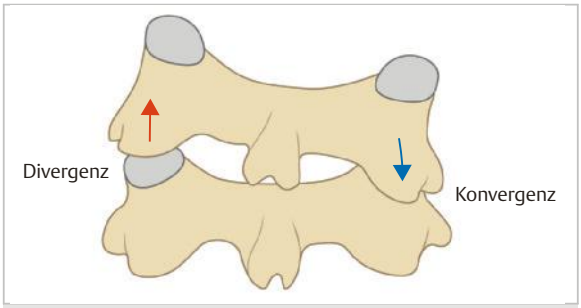


Abb. 20.34 Facettenkonvergenz und -divergenz bei Seitneigung rechts.

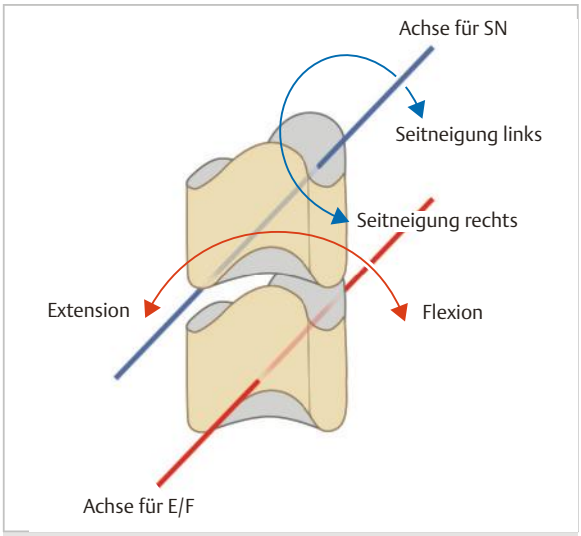


Abb. 20.35 Achsen für Extension/Flexion und Seitneigung.

Lateralflexion

C2–C7:

- Die von der Axis auf C3 übertragene Lateralflexion rechts verursacht ein ventro-kraniales Gleiten der linken und ein dorso-kaudales Gleiten der rechten Gelenkfacetten in der unteren HWS (7).
- Die gleichsinnige Bewegungskopplung in der unteren HWS hat eine Rotation nach rechts zur Folge (8) (▶ Abb. 20.36).
- Durch die Konvexität des jeweils kranialen Wirbelkörpers kommt es parallel zur Lateralflexion rechts zu einem Shiften nach links (9) (▶ Abb. 20.37). Dieser Vorgang sowie die Bewegungskopplungen werden durch die Procc. uncinati unterstützt (Brokmeier 2001).

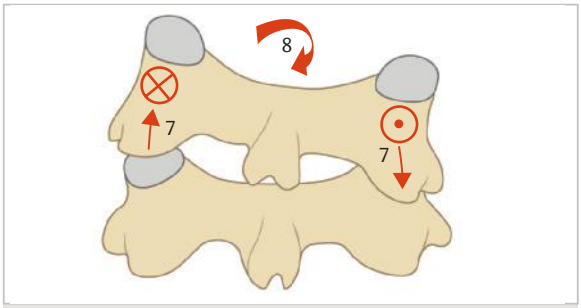


Abb. 20.36 Bewegungssegment der unteren HWS bei Lateralflexion rechts von dorsal.

Rotation

C2–C7:

- Die Rotation der unteren HWS beginnt nicht in der unteren HWS, sondern wird immer im Bewegungssegment C1/C2 starten.
- Anschließend überträgt sich die Bewegung in die untere HWS und den Abschluss findet das Segment C0/C1 (S. 389).
- Die Rotation nach links wird in der unteren HWS von einer gekoppelten Lateralflexion nach links begleitet (5).
- Dies hat ein dorso-kaudales Gleiten der linken Gelenkfacette und ein ventro-kraniales Gleiten der rechten Facette zur Folge (6) (▶ Abb. 20.38).

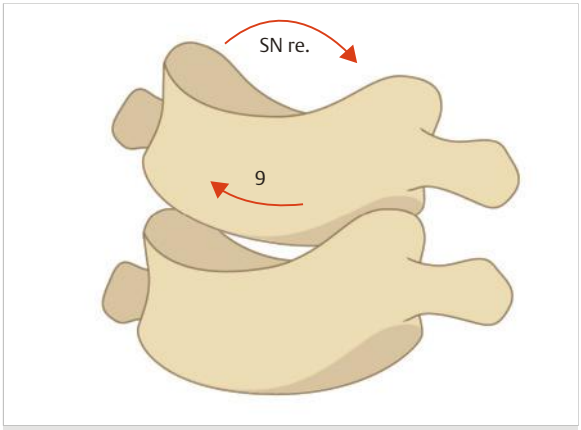


Abb. 20.37 Shiftbewegung der Wirbelkörper bei Lateralflexion rechts.

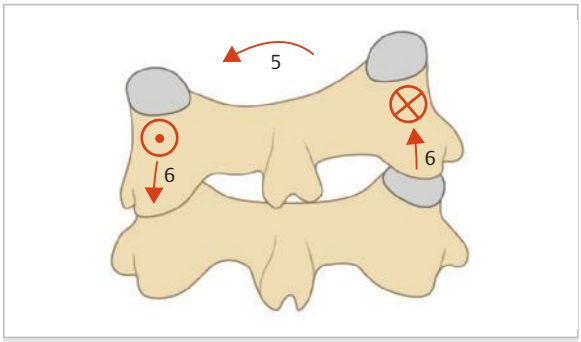


Abb. 20.38 Bewegungssegment der unteren HWS bei Lateralflexion links von dorsal.

Funktionelle Bedeutung des Segments C2 / C3

Das Segment C2 / C3 ist ein Schaltsegment, das zwischen der oberen HWS und der unteren HWS vermittelt.

Es hat durch die Facettenausrichtung nach dorsal und medial einen kleineren Öffnungswinkel (ca. 160°–142°) als die untere HWS (ca. 200°). Damit wird es stabiler für Rotation und kompensiert bzw. stabilisiert somit die Rotation von C1/C2.

Sollte C2 nicht frei auf C3 bewegen können, so kann durch die Verbindung über die Ligg. alaria auch C0 nicht frei auf C1 bewegen.

Klinischer Bezug

Erst wenn C2 / C3 frei bewegen kann, dann können die darüber liegenden Segmente gut bewegen. Findet man hier Einschränkungen, dann sollten diese erst behandelt werden, bevor man weiter nach oben geht.

Ausmaße der Bewegungskopplungen an der unteren HWS

Lateralflexion und Rotation im Zervikalbereich sind abhängig von der Stellung der Artikulationsflächen der Wirbelbogengelenke.

Die oberen Wirbelgelenke (C2–C4) haben eine etwas steilere Stellung der Artikulationsflächen von ca. 45°, dadurch ist das Verhältnis von Lateralflexion zu Rotation fast 1:1. Beispiel:

- bei 10° Rotation in C2 / C3 entstehen ca. 9° gekoppelte Seitneigung
- bei 10° Seitneigung in C2 / C3 entstehen ca. 7° gekoppelte Rotation

Die unteren Wirbelgelenke (C5–C7) haben eine etwas flachere Stellung der Artikulationsflächen von ca. 10°–30°, dadurch kommt es im oberen Zervikalbereich zu einer vermehrten Lateralflexion, im unteren Zervikalbereich zu vermehrter Rotationsbewegung. Beispiel:

- bei 10° Rotation in C6/C7 entstehen ca. 5° gekoppelte Seitneigung
- bei 10° Seitneigung in C6/C7 entstehen ca. 4° gekoppelte Rotation

Verriegelungen an der HWS nutzt man, um weiterlaufende Bewegungen der nicht zu mobilisierenden Wirbelsäulensegmente zu verhindern oder spezifisch ein Segment zu behandeln. Dabei finden insbesondere im Bereich der Kopfgelenke die Ligamentverriegelung und im Bereich der unteren HWS die Facettenverriegelung ihre Anwendung (Kap. 2).

20.2 Praxis

20.2.1 Untersuchung HWS

Der Befund der HWS gliedert sich in die klassischen Untersuchungsaspekte der Manuellen Therapie, welche im Nachgang erläutert werden.

Anamnese

Das Ziel der Anamnese ist es, erste Informationen über die Art der Pathologie zu erhalten. Vor allem kann uns eine genaue Befragung Aufschluss über das Vorliegen von Kontraindikationen für die Therapie geben. Dazu zählen insbesondere Hinweise zu Traumen oder vorliegenden System- bzw. entzündlichen Erkrankungen, die eine Destruktion der passiven Strukturen der HWS zur Folge haben können.

Für die Anamnese folgen wir dem „W"-Frageschema, um anhand eines „roten Fadens" alle möglichen Facetten zu beleuchten.

Welche Vorerkrankungen sind bekannt (ggf. Traumen, Medikamente)?

Rheumatische Arthritis:

- Da von der rheumatischen Arthritis auch Weichteile befallen werden, gilt es hier, besondere Vorsicht walten zu lassen. Insbesondere die Bänder der oberen Halswirbelsäule können betroffen sein, was eine Instabilität zwischen Okziput, Atlas und Axis zur Folge haben kann.

Os odontoideum:

- Ist die fehlende Verknöcherung der Wachstumsfuge zwischen Dens axis zum Corpus vertebrae, was eine Instabilitat zur Folge haben kann.

HNO-Erkrankungen:

- Können ein Grisel-Syndrom durch Destruktion des Lig. transversum atlantis auslösen, was im Nachgang zu einem Torticollis atlantoepistrophealis (Luxation des Atlas im Atlantoaxialgelenk) führen kann.

Morbus Down (Trisomie 21):

- Hier gilt es zu beachten, dass Patienten mit Trisomie 21 generell unter einer Bindegewebsschwäche leiden, was somit auch die stabilisierenden Bänder der Halswirbelsäule betrifft.

Schleuder- oder Polytraumen:

- Durch Rasanztraumen kann es zu einer Verletzung der Bandstrukturen der Halswirbelsäule kommen. Die Folge wären eine Instabilität im Kopfgelenksbereich oder teilweise lang anhaltende Beschwerden der unteren Halswirbelsäule.
- Bei Traumen in der Anamnese sollten den Stabilitätstests besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

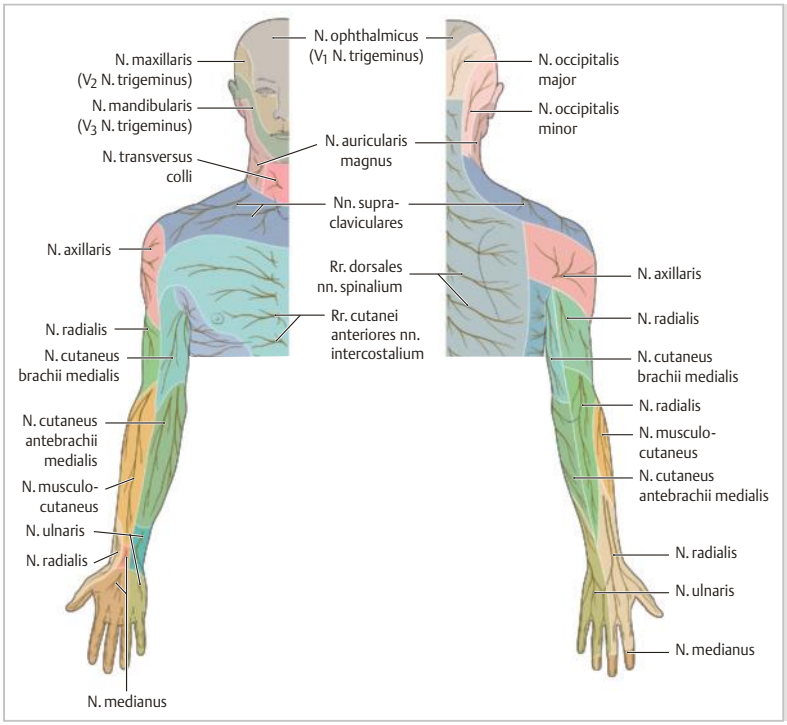


Abb. 20.39 Area nervina der peripheren Nerven.

Medikamente:
- Analgetika, Antiphlogistika, Antihypertensiva, Antikoagulanzien, Zytostatika, Antidepressiva, Kortikosteroide

Wo und was sind ihre Beschwerden (Lokalisation)?

Die Angaben der Pat. können vielfältig sein:
- Parästhesie (Stromgefühl, verminderte Sensibilität, Kribbelerscheinungen)
- Schmerzentäußerungen (Kopfschmerz, Nackenschmerz, obere BWS, Schmerzen in den Armen oder Händen)
- Funktionseinschränkungen der HWS
- Kraftverlust
- Schwindel (Ohrensausen)

Wichtig ist in diesem Zusammenhang die genaue Lokalisation zu erfragen, um mögliche Zusammenhänge zu den betroffenen Strukturen herstellen zu können.

Es ist nötig, eine Differenzierung des Beschwerdeursprungs nach zervikaler oder mehr distaler Lokalisation vorzunehmen. Dabei können uns einige Anhaltspunkte der Beschwerdelokalisation und der Beschwerdequalität helfen.

Sensibilitätsstörungen:
- Scharfe Grenzen sprechen für einen peripheren Nerv (▶ Abb. 20.39), was sich in einer positiven Area nervina zeigt
- Verschwommene Grenzen sprechen für einen Dermatomschmerz (▶ Abb. 20.40)

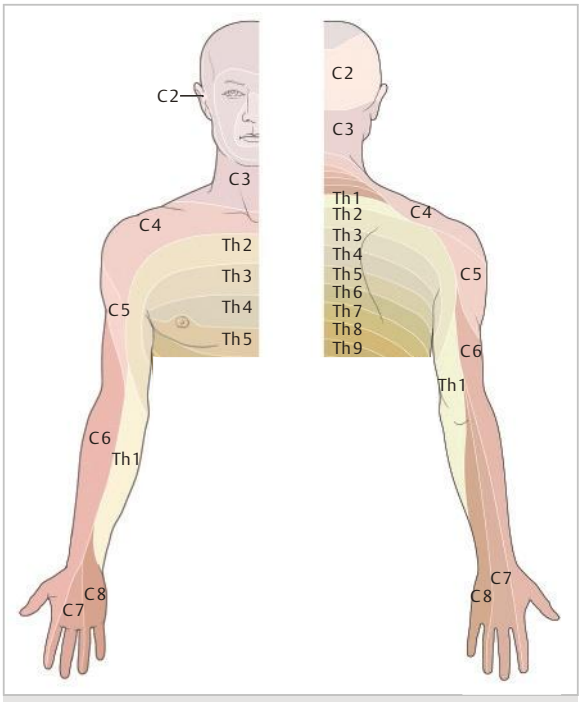


Abb. 20.40 Dermatome.

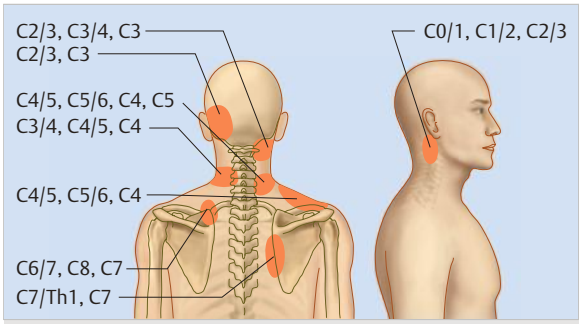


Abb. 20.41 Beispiele der Schmerzlokalisation mit Ursprungsort Facettengelenk.

Schmerzen:

Schmerzen als Ursprungsort – ZAG (▶ Abb. 20.41):

- der Referred Pain kreuzt nicht, rechts bleibt rechts, links bleibt links
- werden eher dorsal, paravertebral gespürt
- ZAGs verursachen primär keine Armschmerzen, sondern Schmerzen im Versorgungsgebiet des betroffenen Bewegungssegments

(Dölken, 2005)

Schmerzen als Ursprungsort – Disci intervertebrales:

- kann Schulter-Arm-Schmerz auch ohne Nervenwurzelirritation verursachen

Wodurch werden die Beschwerden ausgelöst (Provokation)?

An diesem Punkt interessieren uns nicht nur die Beschwerdeauslösung, sondern auch Bewegungen, die den Schmerz verstärken, oder Bewegungen, Haltungen, Aktionen, die den Schmerz lindern. Aus diesen Angaben lassen sich erste Hinweise auf die auslösende Struktur und auf die Therapie ziehen.

Bewegungsabhängiger Schmerz bei Kopfbewegungen:

- Flexion u./o. Extension = V. a. BS-bedingter Schmerz
- Rotation = V. a. ZAG-bedingter Schmerz
- Seitneigung = V. a. Unkovertebralgelenke-bedingter Schmerz

Wie fühlen sich die Beschwerden an?

Quantität:

- s. Befund Schmerzen (S. 39) – VAS

Qualität:

- s. Befund Schmerzen (S. 39)

Wann bestehen die Beschwerden (Zeitpunkt)?

Ein primär durch die Bandscheibe verursachter Schmerz ist häufig:

- morgens stark vorhanden,
- lässt tagsüber nach,
- nimmt abends wieder zu.

Ein sekundär durch die Bandscheibe (Degeneration der BS und der Facettengelenke) verursachter Schmerz ist häufig:

- morgens eher geringer,
- nimmt tagsüber zu,
- wird abends durch den Höhenverlust der BS am stärksten spürbar sein.

Merke

Patienten, die vorwiegend über Nachtschmerz klagen, und Schmerzen, die durch Bewegung kaum zu beeinflussen sind, bedürfen der unbedingten Abklärung durch den Facharzt (Vorsicht Tumoren, hochakute Entzündungen)!

Seit wann bestehen die Beschwerden?

Neben dem Zeitpunkt des ersten Auftretens der Schmerzen gilt es auch zu klären, wie sich das Auftreten der Beschwerden gestaltet hat. Ist seit dem eine Besserung aufgetreten? Sind die Schmerzen schlimmer geworden oder gleich geblieben? Gibt es schmerzfreie Intervalle?

Sind die Schmerzen akut nach einem Trauma aufgetreten, dann gilt es, die Weichteile, insbesondere die ligamentären Strukturen, zu testen.

Sind die Schmerzen akut ohne ein Trauma, ggf. über Nacht aufgetreten, besteht der Verdacht auf einen Bandscheibenvorfall oder eine Protrusion.

Treten die Schmerzen ohne eine erkennbare Ursache auf, können Systemerkrankungen, HNO-Erkrankungen (z. B. Tonsillitis) oder degenerative Veränderungen der Halswirbelsäule ursächlich sein.

Allgemein kann man sagen, dass die Aussicht auf therapeutischen Erfolg größer ist, je kürzer die Beschwerden andauern.

Bei zahlreichen Erkrankungen ist eine Spontanheilung zu erwarten, insofern entscheidet die Beschwerdedauer auch maßgeblich über die Prognose.

Ein Beispiel hierfür wäre der akute Tortikollis im Kindesalter, der ca. 7–10 Tage andauert, während ein Wurzelkompressionssyndrom beim Erwachsenen, mit konservativen Verlauf, bis zu einem Jahr Beschwerden bereiten kann.

Womit sind die Beschwerden verbunden (Begleiterscheinungen)?

Die Entäußerungen des Pat. zu diesem Punkt geben uns Hinweise auf eine mögliche Mitbeteiligung angrenzender Strukturen, wie z. B. des peripheren oder zentralen NS und bilden somit eine der Grundlagen für das Erkennen von Kontraindikationen und die weitere Differenzialdiagnostik.

Mögliche Angaben:

Kribbelparästhesien in beiden Beinen, die sich bei Flexion der Halswirbelsäule verstärken, über die Wirbelsäule und die Extremitäten ausstrahlen:

- Lhermitte-Zeichen, welches auf eine Myelopathie durch spinale Raumforderung hinweisen kann.

Motorische Schwäche:

- mögliche radikuläre Problematik durch Stenose des Foramen intervertebrale

Benommenheit bei Halswirbelsäulenextension:

- mögliche Einengung der A. vertebralis durch den Zugreiz über den vorderen Atlasbogen bei Funktionsstörungen von C0/C1
- mögliche Verengung des Foramen magnum (Sreeck, 2006b)

Schwindel:

- bei Extension: V. a. Stress für den sympathischen Grenzstrang, Facettenschwindel durch Konvergenz
- bei Flexion: V. a. Elongation und damit Instabilität des Lig. transversum atlantis, verbunden mit vermehrter Beweglichkeit zwischen Atlas und Axis
- bei schnellen Positionswechseln: V. a. Schwindel durch hochzervikale Fehlinformationen
- bei Bewegung sofort auftretend und dann allmählich weggehend: V. a. bewegungsabhängiger Schwindel (Facettenschwindel)
- nach Einnehmen einer bestimmten Position langsam auftretend: V. a. verringerte A. vertebralis Durchblutung
- bewegungs- und haltungsunabhängig auftretend: V. a. M. Menière oder ähnliche Probleme
- durch Lagewechsel des Kopfes auftretend: V. a. benigner paroxysmaler Lagerungsschwindel, mit Drehschwindelattacken, von ca. 1 Min Dauer.

Inspektion

Bei der Inspektion achten wir vor allem auf die Kopfhaltung und bewerten Abweichungen vom Lot in der frontalen und sagittalen Ebene sowie Rotationsfehlstellungen in der transversalen Ebene.

Bei Haltungsabweichungen stellt sich die Frage, ob es sich um eine Gewohnheitshaltung oder Schonhaltung handelt.

Weiterhin wird auf die Stellung des SGÜ und auf den Verlauf der gesamten WS geachtet. Ein weiterer Schwerpunkt der Inspektion liegt auf dem Erkennen von Schwellungen und Verfärbungen der Hände, die auch auf eine TOS- oder TIS-Problematik hindeuten.

Desweiteren umfasst die Inspektion die Beurteilung des Muskelreliefs, da Atrophien der Schultergürtel-Arm- oder Handmuskeln vorliegen könnten.

Haltungsabweichungen

Gewohnheitshaltung oder „schlechte Haltung“:

- hochzervikal steht die HWS in Inklination, die untere HWS in Lordose
- auftretende Beschwerden werden unter dem Begriff „Haltungssyndrom“ zusammengefasst

Klinischer Bezug

Augen- oder Gehörprobleme können zu schlechter Haltung führen.

Starre Schonhaltung:

- jede Bewegung ist mit massiven Schmerzen verbunden
- Patient hält bei Bewegungsübergängen den Kopf mit beiden Händen und kann ihn teilweise nicht aktiv aus der Rückenlage abheben
- V. a. hochakute Arthritiden im Bereich der unteren oder oberen Halswirbelsäule, wobei es sich auch um aktive Prozesse, wie Tumoren, handeln kann

Sternokleidohaltung (Cock-Robin-Haltung oder Rotkehlchenstellung):

- Kopf ist auf die eine Seite gekippt und auf die andere rotiert
- Atlas steht in einer Rotationsfehlstellung, der Patient muss, um geradeaus zu schauen, eine Gegenrotation in der unteren HWS durchführen
- Entzündung im Nasen-Rachen-Raum mit Destruktion des Lig. transversum atlantis, ein Tumor im Bereich der Medulla oblongata sind ursächlich
- wird als Atlanto-axiale-rotatorische-Dislokation (AARD) bezeichnet und ist abzugrenzen vom erworbenen akuten Schiefhals des älteren Kindes, der relativ häufig (ca. 99 %) auftritt und meistens auf eine schmerzhafte Verspannung der Nackenmuskulatur zurückzuführen ist (verschwindet innerhalb von Tagen)

Merke

Bei der AARD besteht eine absolute Kontraindikation für die MT!

Bandscheibenschonhaltung:

- Flexion und Seitneigung mit Rotation weg von der betroffenen Seite
- Kompression verursacht Schmerzen (s. Zusatztests)

Klippel-Feil-Syndrom:

- sehr kurzer Hals durch frühembryonale Verschmelzung mehrerer Halswirbel (Bildung von Blockwirbeln) mit Bewegungseinschränkung bzw. ossärem Schiefhals und ggf. zervikalem Wurzelirritationssyndrom

Atrophien:
- mehrere Muskeln betroffen – V. a. Wurzelproblematik
- einzelner Muskel betroffen – V. a. periphere Läsion

Beispiele:
- M. supra- oder M. infraspinatus – V. a. C5- oder C6-Problematik
- M. serratus ant. mit Scapula alata – V. a. C6- bis C7-Problematik
- M. biceps brachii – V. a. C6-Problematik
- M. triceps brachii – V. a. C7-Problematik
- Thenar – V. a. C8-Problematik
- Mm. interossei dorsales – V. a. Th1-Problematik

Palpation

Die strukturspezifische Palpation im Bereich der HWS gibt uns im Wesentlichen Aufschluss über den Tonus der Muskulatur und durch Provokation über das Auftreten von schmerzhaften Reaktionen. Dabei sollte ein schmerzhaftes Gebiet vor den Funktionstests nicht palpiert werden, da die Schmerzlokalisation nur in den seltensten Fällen mit dem Ort der Erkrankung übereinstimmt. Damit steigt das Risiko, die Untersuchung mit irreführenden Informationen zu beginnen.

Die **Palpation der Gewebekonsistenz** (Muskulatur) erlaubt Rückschlüsse auf das Vorliegen von Neoplasmen, die sich in die Physiologie des Gewebes nicht einordnen. Die Palpation der Muskulatur erlaubt eine Bewertung des Tonus. Dabei kann ein massiver Hypertonus der kurzen Nackenextensoren auch als Abwehrspannung interpretiert werden, was auf eine ernsthafte Pathologie (Instabilität) hinweisen kann.

Die **Bewegungspalpation** gibt uns über den Kontakt an verschiedenen Referenzpunkten eine Information über das Ausmaß der Bewegungen und den Ablauf der erwarteten Biomechanik. Sie wird, wenn möglich, immer im Seitenvergleich durchgeführt und dient der Bewertung der Quantität und Qualität der Bewegung.

Palpation – Facettengelenke

▶ Abb. 20.42

Durch die Palpation der Facettengelenke von dorso-lateral und das gleichzeitige Einführen der gekoppelten Bewegung in der unteren HWS, erhält man Auskunft über die segmentale Beweglichkeit der einzelnen Wirbelsäulensegmente. Dabei kann man auf der rotationsabgewandten Seite die Divergenz und auf der rotationszugewandten Seite die Konvergenz bewerten.

Durchführung:
- Die Facettengelenke werden mit dem Zeigefinger, beginnend bei C2 / C3, von dorso-lateral, neben dem M. semispinalis capitis, in die Tiefe palpierend aufgesucht.
- Durch eine alternierend ausgeführte, leichte Seitneigung nach rechts und links wird die Bewegung untersucht und das Endgefühl getestet.
- Für die Testung der anderen Seite wechselt man die Handanlage adäquat.

(Böhni 2011)

Interpretation:
- Sind Konvergenz und Divergenz im Seitenvergleich identisch?
- Gibt es Richtungen mit einem pathologischen Endgefühl?
- Gibt es schmerzhaft eingeschränkte Richtungen?

Die **Schmerzprovokation** gibt Zusatzinformationen über die schmerzauslösende Struktur, grenzt die Lokalisation des Problems weiter ein und gibt Aufschluss über den Grad der Irritierbarkeit der betroffenen Struktur.

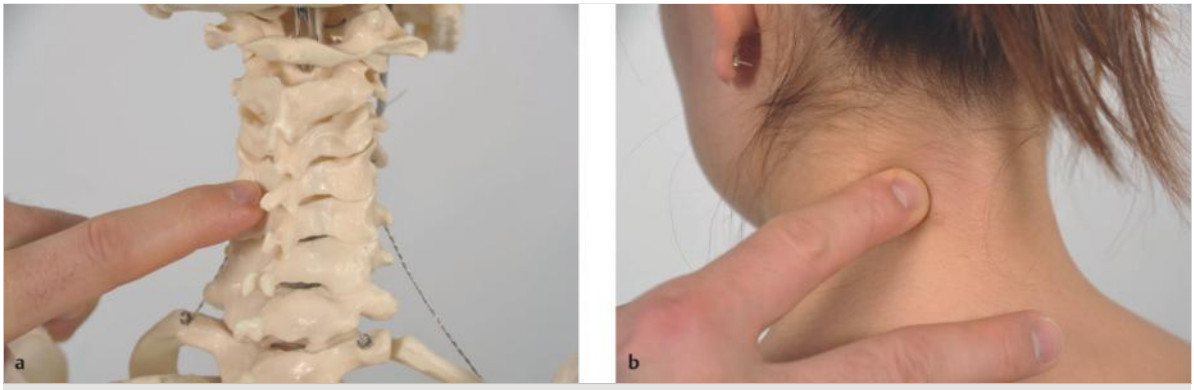


Abb. 20.42 Palpation ZAG.
a Palpation – ZAG am Modell.
b Palpation – ZAG in vivo.

Palpation – Irritationszonen

(IZ, ▶ Abb. 20.43)

Nahe der Facettengelenke kann der Therapeut schmerzhafte Gewebeverdickungen palpieren. Handelt es sich um eine Irritationszone so ist dies ein reflektorischer Hypertonus der segmental tief gelegenen paraspinalen Muskulatur.

Durchführung:

- Der Therapeut palpiert, bei C2 / C3 beginnend, mit dem Zeigefinger von dorso-lateral nach kaudal fortfahrend die Facettengelenke.
- Leichte Seitneigungsbewegungen der HWS erleichtern das Auffinden der Facettengelenke.

Interpretation:

- Bei einer kleinen segmentalen Bewegung in die eingeschränkte Richtung kann es zu einer Verstärkung der Irritation kommen, wobei eine Bewegung in die freie Richtung zur Abnahme des Schmerzes führt. (Böhni 2011)

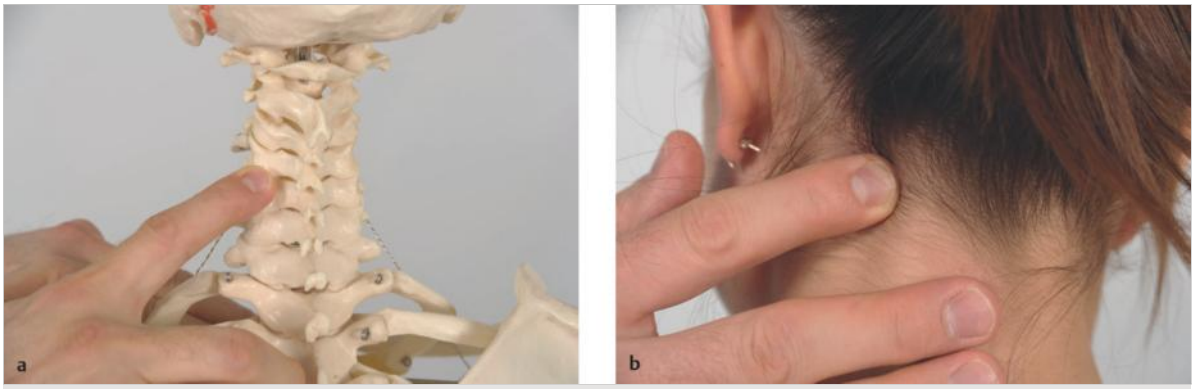


Abb. 20.43 Palpation IZ.
a Palpation – IZ am Modell.
b Palpation – IZ in vivo.

Palpation – Sulcus nervi spinalis

▶ Abb. 20.44

Besteht der Verdacht auf Reizung einer Nervenwurzel, kann sie am Ende des zugehörigen Processus transversus palpiert werden. Der Spinalnerv zieht durch das Foramen intervertebrale ventro-lateral am Querfortsatz des Wirbelkörpers in die Peripherie. Der Sulcus nervi spinalis kann zwischen Tuberculum anterior und posterior palpiert werden (Böhni, 2011).

Durchführung:

Der Therapeut sucht ventro-lateral am Hals palpierend den Querfortsatz des entsprechenden Segments und komprimiert vorsichtig die irritierte Nervenwurzel, die auf Druck empfindlicher reagiert als gewöhnlich und als die benachbarten Wurzeln.

Interpretation:

Extreme hyperalgetische Druckdolenz spricht für eine Wurzelirritation mit Ausstrahlung evtl. in das zugehörige Dermatom (weitere Untersuchung ggf. über neurale Spannungstests).

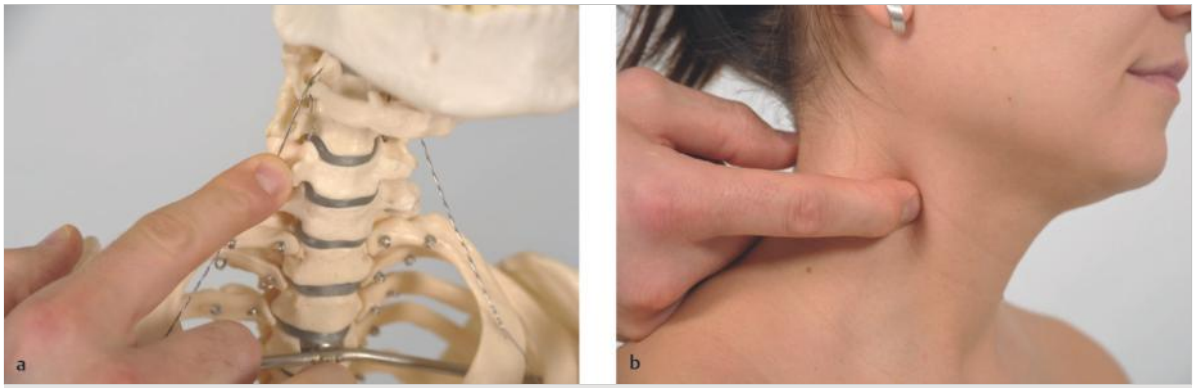


Abb. 20.44 Palpation Nevenaustritt.
a Palpation – Nervenaustritt am Modell.
b Palpation – Nervenaustritt in vivo.

Palpation N. occipitalis major und minor

▸ Abb. 20.45

Die beiden auf der Rückseite des Os occipitale austretenden Nerven können in ihrem Verlauf oder an ihrem Austritt irritiert werden. Spannungskopfschmerz oder eine Okzipitalneuralgie kann durch diese Nerven hervorgerufen werden.

Durchführung:

- Der Patient sitzt mit kyphotischer Haltung.
- Der Therapeut positioniert den Kopf des Patienten in Flexion, Seitneigung und Rotation ipsilateral, abgewandt zur Palpationsseite.
- Der Therapeut gibt mit seinem Zeigefinger 2 Querfinger kaudo-lateral der Protuberantia occipitalis externa (N. occipitalis major) oder mittig zwischen Protuberantia occipitalis und der Mitte des Ohres (N. occipitalis minor) Druck.
- Getestet wird immer im Seitenvergleich. (Streek, 2006)

Interpretation:

- Eine Auslösung oder Verstärkung des Schmerzes oder der Missempfindungen sprechen für diese Nerven als auslösende Strukturen (Streek, 2006).

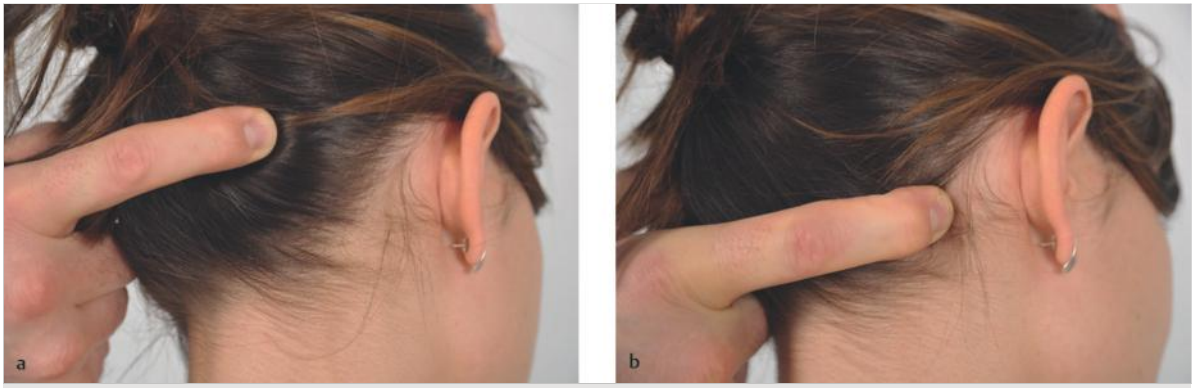


Abb. 20.45 Palpation N. occipitalis.
a Palpation – N. occipitalis major.
b Palpation – N. occipitalis minor.

Aktive und passive Bewegungsprüfung/ Endgefühl

Bei der aktiven Bewegungsuntersung testen wir das Bewegungsausmaß und die Abweichungen von der Bewegungsebene. Zudem achten wir auf das Auftreten von Schmerz.

Die Bewegungen in der oberen HWS werden dabei bezeichnet als:

- **Inklination:** dorsale Translation (Kyphosierung C1–C4). In der Folge entsteht nach kaudal eine Lordorsierung von C5–C7.
- **Reklination:** ventrale Translation (Lordorsierung C1–C4). In der Folge entsteht nach kaudal eine Kyphosierung von C5–C7.

Die Ansagen für den Patienten sollten immer mit einer Zielorientierung verbunden sein, damit er die geforderten Bewegungen möglichst genau umsetzen kann. Sollte dies nicht möglich sein, so kann die Testung auch assistiv durch Führungsimpulse unterstützt werden.

Die Untersuchung gliedert sich in 3 Phasen:

Phase 1: Der Therapeut testet Flexion, Extension, Rotation und Lateralflexion der HWS im Seitenvergleich. Dabei beurteilt er das Bewegungsausmaß und achtet auf eine eventuelle Reproduktion der Symptome des Patienten.

Phase 2: Der Therapeut nutzt das Wissen um die biomechanischen Kopplungen der Bewegungen in der oberen und unteren HWS, um durch Zusatzbewegungen den symptomauslösenden Wirbelsäulenabschnitt (obere oder untere HWS) weiter einzugrenzen (Streek, 2006b).

Aktive Bewegungsuntersuchung

Flexion ca. 50° = Kinn-Sternum-Kontakt (ca. 2 cm Abstand)

Ausführung:

- Patient sitzt mit neutraler Kopfstellung auf dem Bankrand und führt sein Kinn Richtung Sternum.

Interpretation möglicher Befunde:

- Schmerz oder Bewegungseinschränkungen könnten auf eine Divergenzstörung in der unteren Halswirbelsäule hinweisen.
- Kopfschmerz kann durch eine Spannungszunahme des Nervensystems entstehen.

Arthrokinematisch verursachter Schmerz kann durch Differenzierung der unteren HWS oder der oberen HWS zugeordnet werden. Dazu werden folgende Bewegungskombinationen durchgeführt.

- Patient flektiert die HWS so weit, bis er Schmerzen bekommt, Stellung wird beibehalten.
- Kopf wird nach vorn geschoben, so dass in der oberen HWS Extension entsteht und in der unteren HWS Flexion beibehalten wird (▶ Abb. 20.46).
- Schmerzverringerung oder Bewegungssteigerung in Flexion spricht für Probleme der oberen HWS.
- Unveränderter Schmerz und gleichbleibendes Bewegungsausmaß deuten auf die untere HWS.

Gegenkontrolle

- Patient extendiert die ganze HWS und inkliniert OAA („kleines Nicken“) (▶ Abb. 20.47).
- Auftretender Schmerz spricht für OAA, kein Schmerz für die untere HWS.

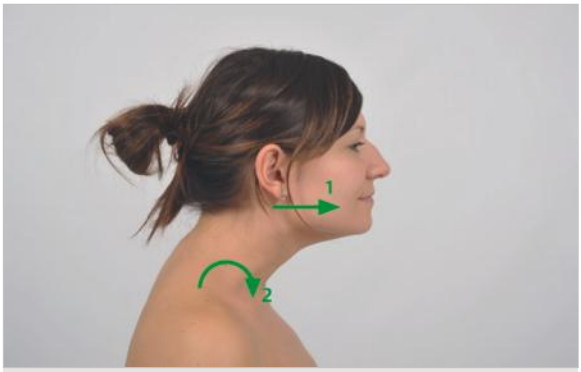


Abb. 20.46 Reklination OAA und Flexion untere HWS.



Abb. 20.47 Inklination OAA und Extension untere HWS.

Extension ca. 70° = Kinn-Stirn-Linie parallel zum Boden

Ausführung:

- Patient sitzt mit neutraler Kopfstellung am Rand der Behandlungsbank.
- Er öffnet den Mund um die supra- und infrahyoidale Muskulatur zu entspannen und legt seinen Kopf in den Nacken.

Interpretation möglicher Befunde:

- Konvergenzprobleme bei Schmerz und Bewegungseinschränkung
- ausstrahlender Schmerz durch Forameneinengung bei Bandscheibenläsionen

Arthrokinematisch verursachter Schmerz kann durch Differenzierung der unteren HWS oder der oberen HWS zugeordnet werden:

- Patient extendiert die HWS so weit, bis er Schmerzen bekommt, Stellung wird beibehalten.
- Kopf wird nach dorsal geschoben („kleines Nicken"), so dass in der oberen HWS Flexion entsteht und in der unteren HWS Extension beibehalten wird (▶ Abb. 20.48).
- Schmerzverringerung oder Bewegungssteigerung in Extension spricht für Probleme der oberen HWS
- unveränderter Schmerz und gleichbleibendes Bewegungsausmaß deuten auf die untere HWS hin

Gegenkontrolle :

- Patient flektiert die ganze HWS und rekliniert (Extension) die obere HWS (▶ Abb. 20.49).
- Auftretender Schmerz spricht für die obere HWS, kein Schmerz für die untere HWS.



Abb. 20.48 Inklination OAA und Extension untere HWS.

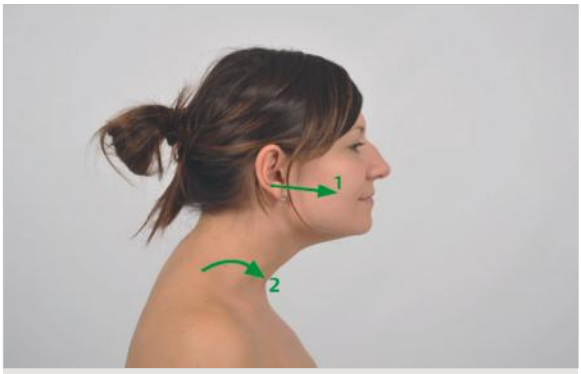


Abb. 20.49 Reklination OAA und Flexion untere HWS.

Lateralflexion ca. 45°

Ausführung:
- Patient sitzt im Tubersitz mit neutraler Kopfstellung.
- Er neigt seinen Kopf nach rechts, indem er sein rechtes Ohr Richtung Schulter führt. Im Anschluss das Selbe zur linken Seite. Der Kopf sollte während der Bewegung nicht rotiert werden.

Möglicher Befund:
- Nase kann nicht mittig gehalten werden, sondern rotiert zur seitgeneigten Seite nach unten (▶ Abb. 20.50).

Interpretation:
- Segment C1/C2 ist hypomobil zur Gegenseite.
- Die obere HWS kompensiert durch eine gegenläufige Rotation die Seitneigung der unteren HWS. Damit wäre die Norm eine hochzervikale Rotation zur Gegenseite.
- Das Absinken der Nase zur seitgeneigten Seite geschieht durch fehlende Kompensation und die gleichsinnige Kopplung in der unteren HWS.
(Streek, 2006b)

Möglicher Befund:
- Nase kann nicht mittig gehalten werden, sondern rotiert entgegen der seitgeneigten Seite nach oben (▶ Abb. 20.51).

Interpretation:
- Hypomobilität in der unteren HWS in Richtung der Seitneigung.
- Die Seitneigung der oberen HWS ist gegensinnig zur unteren HWS gekoppelt. Damit kann der Patient bei einer Einschränkung der Seitneigung in der unteren HWS durch die gegensinnige Rotation der oberen HWS die Seitneigung geringfügig weiterführen.

Möglicher Befund:
- Seitneigung oder Schmerz der HWS verbessert sich bei passiver Elevation des Schultergürtels durch den Therapeuten auf der der Seitneigung abgewandten Seite (▶ Abb. 20.52).

Interpretation:
- neurale Entlastung verringert den Schmerz
- muskuläre Hemmung des M. levator scapulae oder des M. trapezius werden aufgehoben (Streeck, 2006b)

Möglicher Befund:
- Seitneigung oder Schmerz der HWS verbessert sich nicht bei passiver Elevation des SGÜ durch den Therapeuten auf der der Seitneigung abgewandten Seite

Interpretation:
- Arthrokinematische Problematik mit Konvergenz- und Divergenzstörung
- Unkovertebralarthrose auf der seitgeneigten Seite (Streeck 2006b)



Abb. 20.50 Seitneigung rechts mit Rotation nach rechts.



Abb. 20.51 Seitneigung rechts mit Rotation nach links.



Abb. 20.52 Passive Elevation bei Seitneigung links.

Rotation aus NNS70°–90° (bis Th4–Th5)

Ausführung:
- Der Patient befindet sich im Tubersitz mit Nullstellung der HWS.
- Die Rotation erfolgt aus der Nullstellung (Kinn bewegt sich in der horizontalen Ebene) im Seitenvergleich und ohne dass eine Seitneigung entsteht.
- Bewertet werden das Bewegungsausmaß (Abstand vom Kinn zur Schulter kann gemessen werden) und eventuelle Schmerzentäußerungen des Patienten.

Möglicher Befund:
- schmerzhafte Einschränkungen (▶ Abb. 20.53)

Interpretation:
- Limitierungen können auftreten durch neurale Spannungszunahme mit begleitenden muskulären Reaktionen (Hartspann) oder durch eine Bandscheibenproblematik mit nozizeptiven Reaktionen (Streeck, 2006b)

Möglicher Befund:
- schmerzfreie/-arme Einschränkungen

Interpretation:
- Sollte die Bewegungseinschränkung und nicht der Schmerz im Vordergrund stehen, besteht der Verdacht auf eine arthrokinematische Problematik durch eine veränderte Synoviakonsistenz (Besserung bei Wiederholung) oder eine geschrumpfte und damit bewegungslimitierende Kapsel des ZAG (keine Änderung bei Wiederholung) (Streeck 2006b).

Eine weitere Untersuchung zur Differenzierung einer Divergenz oder Konvergenzstörung erfolgt durch:

Rotation aus Flexion beidseits (▶ Abb. 20.54)
Möglicher Befund:
- Rotation ist signifikant schlechter als in der Nullstellung.

Interpretation:
- Die Facettendivergenz ist auf der kontralateralen Seite eingeschränkt.

Praxistipp

Flexion nicht maximal einstellen, da dann nur noch C1/C2 rotiert und die untere HWS verriegelt wird (Streeck 2006b).

Rotation aus Extension beidseits (▶ Abb. 20.55)
Möglicher Befund:
- Rotation ist signifikant schlechter als in der Nullstellung.

Interpretation:
- Die Facettenkonvergenz ist auf der ipsilateralen Seite eingeschränkt.

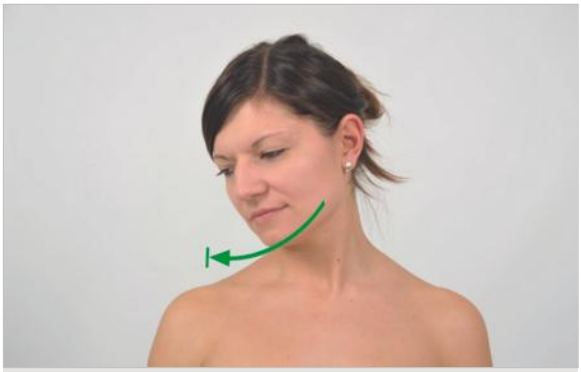


Abb. 20.53 Schmerzhafte Einschränkung der endgradigen Rotation.

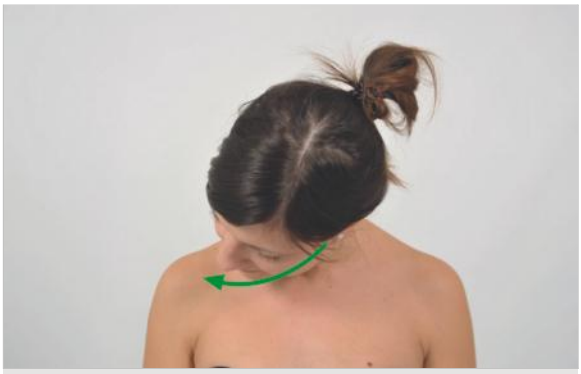


Abb. 20.54 Rotation aus Flexion der HWS.

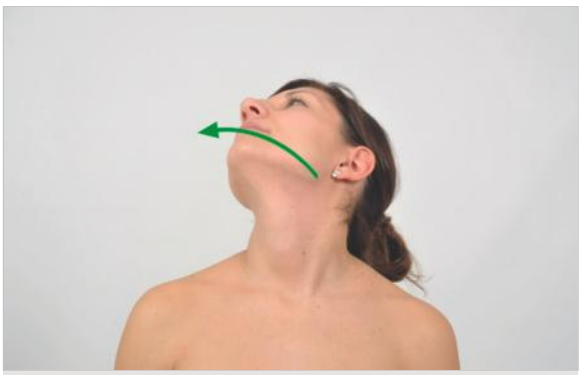


Abb. 20.55 Rotation rechts aus Extension.

Praxistipp

Sollte weder die Testung der Rotation unter der Vorpositionierung in Flexion noch in Extension das Rotationsdefizit verändern, so handelt es sich wahrscheinlich um eine Bewegungseinschränkung des Segmentes C1/C2 zur rotationseingeschränkten Seite (Streeck 2006b).

Rotation aus der Nullstellung (▶ Abb. 20.56)

Möglicher Befund:

- Patient kann bei Rotation aus NNS seine Augen nicht horizontal halten, sondern neigt die HWS zur gleichen Seite.

Interpretation:

- Segment C0/C1 ist in Lateralflexion entgegen der seitgeneigten Seite hypomobil.

Bei Rotation der gesamten HWS, muss der Körper, um die Augen horizontal zu halten und die gleichsinnige Kopplung der unteren HWS zu kompensieren, den OAA-Komplex gegensinnig seitneigen. Das heißt, dass beispielsweise bei einer Rotation der HWS nach rechts, eine hochzervikale Lateralflexion nach links erfolgen muss. Kann der Patient bei der Rotation seine Augen nicht horizontal halten, kann die Urache eine Bewegunseinschränkung des Segments C0/C1 sein, da es die 5° gegensinnige Lateralflexion erlaubt.

Die Augen des Patienten sinken zur Seite der Rotation ab, da in der unteren HWS die Rotation mit einer gleichsinnigen Lateralflexion gekoppelt ist.

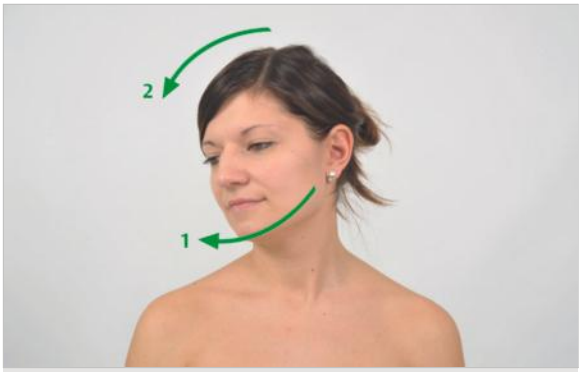


Abb. 20.56 Abweichungen bei Rotation aus der Nullstellung.

Die Rotation erzwingt somit, bei einer Funktionsstörung der oberen HWS, die gleichsinnige Seitneigung, da nur die gegensinnige Kopplung der oberen HWS eine rein horizontale Bewegung ermöglichen würde (Streeck 2006b).

Safety-Tests

Am Anfang einer passiven Untersuchung stehen die Safety-Tests der HWS! Diese Tests untersuchen die Stabilität der passiven Strukturen und die Integrität des neurovaskulären Systems. Sie werden als Beweglichkeits- und Provokationstests ausgeführt. Dabei stellen positive Testergebnisse eine Kontraindikation für mobilisierende oder forcierte Maßnahmen an der HWS dar und sollten durch den entsprechenden Facharzt abgeklärt werden.

Negative Sicherheitstests wiederum bergen ebenfalls keinen absoluten Ausschluss von Komplikationen und entbinden somit den Therapeuten nicht von der nötigen Sorgfalt bei der Behandlung der HWS.

Als positiv zu bewertende Reaktionen können auftreten:

- inadäquater Schmerz
- abnormale Beweglichkeit
- Angst
- Schwindel
- Sensibilitätsstörungen
- Sehstörungen, Nystagmus
- vegetative Reaktionen, wie Übelkeit, Hautrötung, Schweißbildung, Blässe

Traktion obere HWS

▶ Abb. 20.57

Da die Kopfgelenke echte Gelenke ohne Bandscheiben sind, gibt die Traktion hier Auskunft über das translatorische Bewegungsausmaß. Ist dieses ungewöhnlich groß, kann es ein Hinweis auf eine Instabilität sein.

Ausführung:

- Der Therapeut steht seitlich des sitzenden Patienten.
- Die dorsale Hand tastet mit dem Zeigefinger auf der gegenüberliegenden Seite die Distanz zwischen dem Processus mastoideus und der Spitze des Processus transversus atlantis.
- Die ventrale Hand fasst um die gegenüberliegende Kopfseite, so dass die ulnare Handkante unterhalb des Ohrs liegt.
- Der Kopf des Patienten wird nun gegen den Rumpf des Therapeuten fixiert, Hand und Rumpf/Schulter heben nun den Kopf leicht nach oben an.



Abb. 20.57 Traktion OAA.

Interpretation:
- Ist die Translation ungewöhnlich groß oder werden zentralnervöse Reaktionen ausgelöst oder gelindert, muss eine Hypermobilität vermutet und die Stabilität der oberen HWS in Frage gestellt werden.

Test der A. vertebralis (nach de Kleyn Nieuwenhuysen)

▶ Abb. 20.58

Der Test wird in 5 verschiedenen Positionen durchgeführt:
- bilaterale Extension
- 2 × in Extension gekoppelt für die untere HWS
- 2 × in Flexion kombiniert für die untere HWS

Er soll eine Insuffizienz des Vertebrobasilarsystems ausschließen. Der Test muss sofort unterbrochen werden, wenn Beschwerden auftreten, die nicht nach kürzester Zeit wieder verschwinden.

Ausführung:
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, Kopf wird bis ca. Th3 frei über dem Rand der Liege gehalten.
- Die Augen sind geöffnet, der Therapeut befindet sich am Kopfende der Untersuchungsliege.
- Der Kopf des Patienten wird mit beiden Händen umfasst und passiv in Extension (Kopfgelenke in Inklination) bewegt und für ca. 40 Sek. gehalten.
- Anschließend wird der Kopf passiv in Extension, Rotation und Seitneigung ipsilateral bewegt und dort für ca. 40–60 Sek. gehalten.
- Der Test wird beidseits ausgeführt und ebenfalls in Flexion mit Rotation und Seitneigung kontralateral wiederholt.
- Der Therapeut achtet auf die Reproduktion der vom Patienten angegebenen Beschwerden; dabei treten vegetative Reaktionen vor motorischen, wie z. B.: Nystagmus, auf.

Merke

Die Durchblutung wird immer auf der rotationsabgewandten Seite gedrosselt. Damit wird immer die Arterie der rotationszugewandten Seite auf Durchlässigkeit getestet.

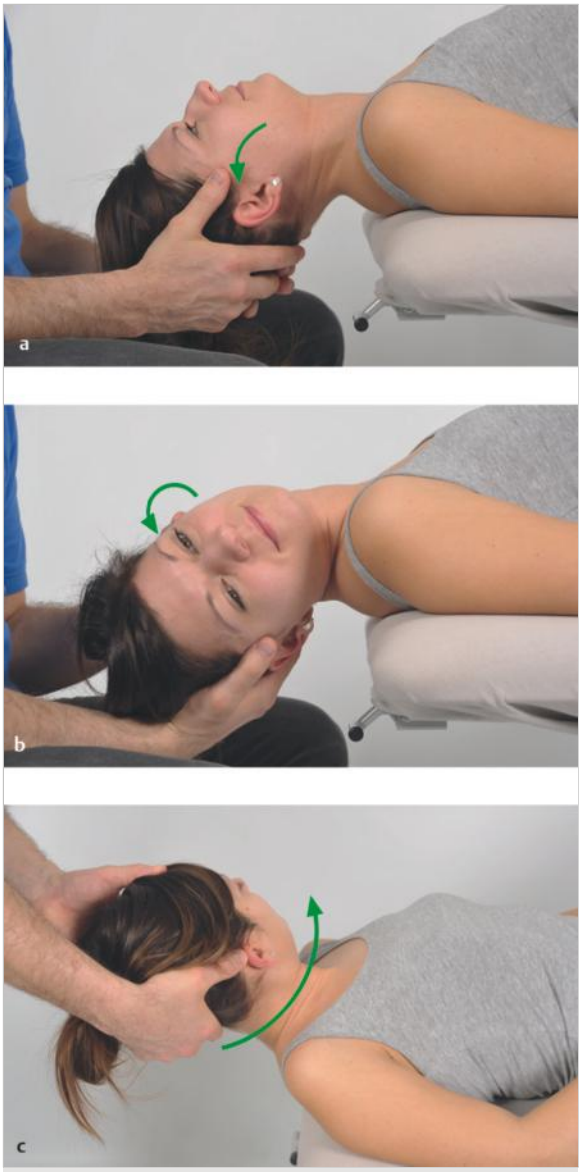


Abb. 20.58 Test der A. vertebralis nach de Kleyn Nieuwenhuysen.
a Bilaterale Extension (Test des sympathischen Grenzstrangs).
b Extension mit Rotation und Seitneigung rechts (Test der rechten A. vertebralis).
c Flexion mit Rotation links und Seitneigung rechts (Test der linken A. vertebralis).

Interpretation:
- Treten während der Untersuchung die beschriebenen Beschwerden auf, nehmen sie zu oder bleiben diese nach dem Test bestehen, gilt der Test als positiv.
- Falsch positive Testergebnisse können durch eine Hypomobilität der HWS (häufig C2–C3) und eine damit veränderte Arthrokinematik entstehen.
- Nehmen die Beschwerden während der Untersuchung ab, so kann angenommen werden, dass es sich nicht um eine Vertebrobasilarinsuffizienz handelt.
- Da die beschriebenen Testmanöver eine Durchblutung der A. vertebralis nicht relevant drosseln können, besteht bei einem positiven Testergebnis z. B. der Verdacht auf eine durch Gefäßwandfibrose oder Arteriosklerose unelastische A. vertebralis, pathomorphologische Veränderungen des Knochens (unkarthrotische Randwülste, Spondylophyten) oder Bandscheibenvorfälle, wodurch es zur Reizung des Gefäßnervengeflechts kommt.
- Steht eine Schwindelproblematik im Vordergrund, erfolgt eine Differenzialdiagnostik mittels der Drehstuhlprobe.

Drehstuhlprobe

▸ Abb. 20.59

Die Drehstuhlprobe kommt u. a. dann zum Einsatz, wenn der Patient Schwindel bei der Testung der A. vertebralis äußert.

Ausführung:

- Der Patient sitzt auf einem Drehstuhl oder Hocker mit Kissen.
- Der Therapeut fixiert den Kopf des Patienten, während dieser seinen Rumpf langsam nach links und rechts dreht.

Interpretation:

- erneut auftretender Schwindel könnte eine vertebrobasiläre Insuffizienz bestätigen
- sollte kein Schwindel auftreten, liegt die Vermutung nahe, dass es sich um eine Störung des Gleichgewichtsorgan handelt

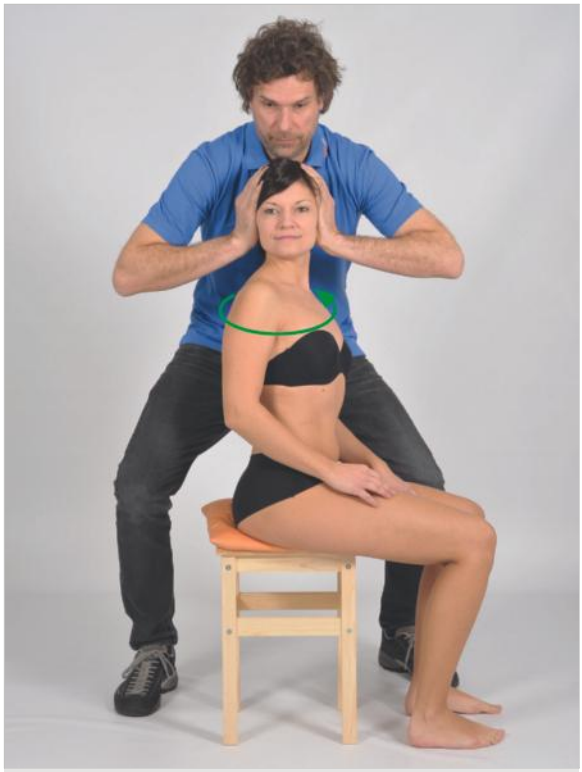


Abb. 20.59 Drehstuhlprobe.

Hautant-Test

▸ Abb. 20.60

Der Hautant-Test vervollständigt den „Drehstuhltest". Auch bei diesem Test handelt es sich nicht um einen Sicherheitstest für die HWS, sondern um eine weitere Differenzialdiagnostik.

Ausführung:

- Der Patient sitzt, Füße stehen nicht auf dem Boden auf.
- Die Arme sind in 90° Anteversion, gestreckt und die Unterarme maximal supiniert, die Augen sind geschlossen.
- Der Patient führt eine Kopfrotation nach rechts und links aus und verharrt ca. 30–60 Sek. in den Endstellungen.

Interpretation:

- Sinkt ein Arm bei geschlossenen Augen ab, besteht V. a. eine Störung des Vestibularsystems. Sinkt ein Arm nach der Kopfdrehung ab, besteht V. a. eine Störung des vertebrobasilären Systems.
- Auch kann ein Absinken des Armes auf der rotationsabgewandten Seite auf eine Hypomobilität der HWS hindeuten (Lewit 1997).

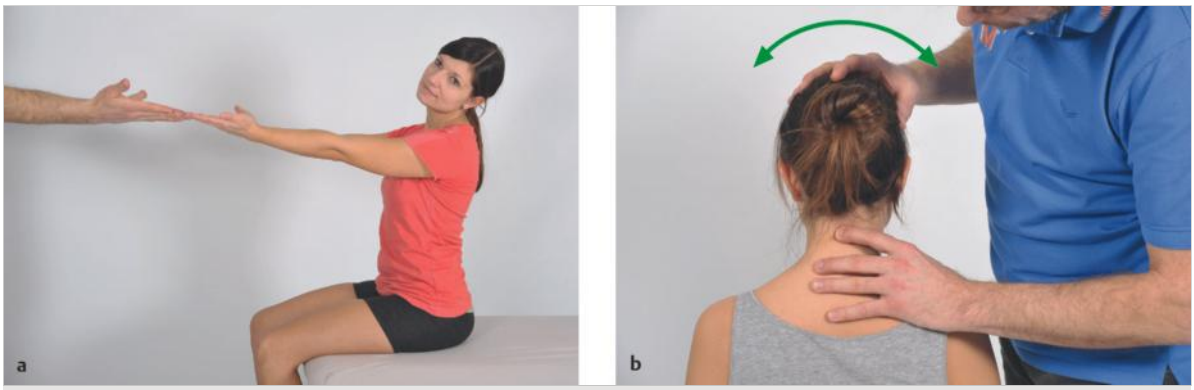


Abb. 20.60 Hautant-Test als Sicherheitstest für die HWS.
a Hautant-Test.
b Test Ligg. alaria.

Stabilitätstest – Ligg. alaria

Die Biomechanik der Kopfgelenke wird maßgeblich durch die Ligg. alaria gesteuert und die Bewegungen durch sie limitiert. Durch die vom Therapeuten passiv ausgeführte Seitneigung spannt sich das kontralaterale Lig. alare an. Dadurch wird der Dens axis, und somit auch der gesamte WK C2, gleichsinnig rotiert, was eine Auslenkung des Proc. spinosus von C2 zur Seitneigung abgewandten Seite zur Folge hat.

Ausführung:

- Der Patient sitzt im Tubersitz, der Kopf befindet sich in NNS.
- Der Therapeut umgreift den Dornfortsatz von C2 im Pinzettengriff oder palpiert isoliert nacheinander auf der rechten und linken Seite.
- Die freie Hand des Therapeuten führt den Kopf des Patienten in eine Seitneigung nach rechts und links, mit Betonung hochzervikal.
- Der Proc. spinosus von C2 muss unmittelbar, ohne große Zeitverzögerung, zur entgegengesetzten Seite der Seitneigung auslenken.

Interpretation:

- Ein Fehlen dieser Bewegung deutet auf eine Läsion des der Seitneigung abgewandten Lig. alare hin.
- Des Weiteren kann bei intaktem Band der Kopf bei fixierten Procc. spinosi nicht seitgeneigt bzw. bei fixierten Kopf der Procc. spinosi nicht bewegt werden.

Stabilitätstest – Lig. transversum atlantis

▶ Abb. 20.61

Das Lig. transversum atlantis fixiert den Dens axis am vorderen Atlasbogen. Der Test untersucht die Integrität des Bandes, was die Voraussetzung ist, dass keine Translation des Dens nach dorsal und somit eine Irritation der Medulla oblongata stattfindet.

Praxistipp

Sollten in Rückenlage oder im Sitz (bei Flexion der HWS) Beschwerden auftreten, die ein Ventralschub des Axis lindert, gilt der Test ebenfalls als positiv!

Ausführung:

- Der Patient ist in Rückenlage, der Therapeut sitzt kopfwärts, eine Hand des Therapeuten ist mit 2–3 Fingerkuppen am Arcus post. des Atlas, die andere Hand palpiert den Proc. spinosus des Axis.
- Der Therapeut gibt einen Druck auf den Arcus post. des Atlas nach ventral und palpiert mit der anderen Hand, ob der Proc. spinosus des Axis unmittelbar der Ventralbewegung folgt.
- Der Test wird ca. 30 Sek. gehalten.

Interpretation:

- Der Test ist positiv, wenn eine verzögerte Bewegung, eine Stufenbildung, vegetative Reaktionen, Schwindel oder Übelkeit auftreten.

Praxistipp

Es kann eine Hypertonie der Nackenmuskulatur als Abwehrspannung auftreten.

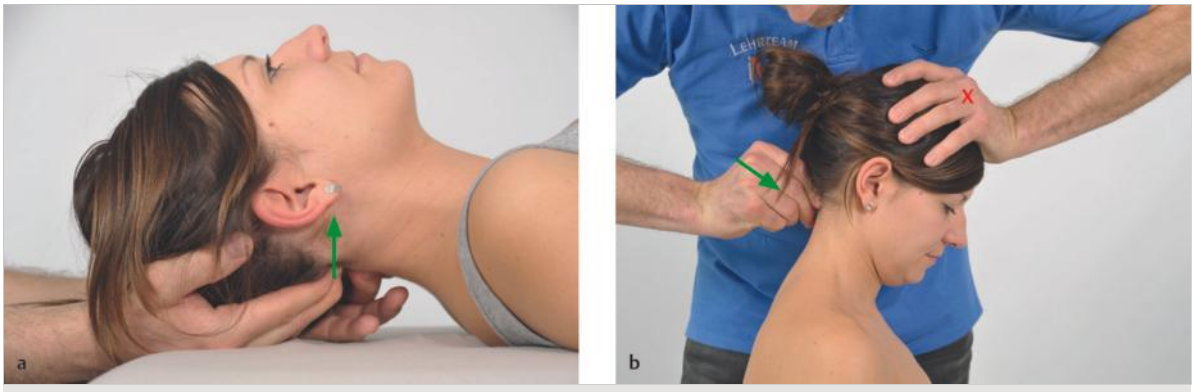


Abb. 20.61 Stabilitätstest.
a Stabilitätstest in Rückenlage.
b Stabilitätstest im Sitz.

Stabilitätstest – Dens axis/Lig. transversum atlantis

▶ Abb. 20.62

Der Dens axis verhindert u. a. eine laterale Translation von C1 gegenüber C2. Der Test untersucht die knöcherne Verbindung des Dens zu seinem Wirbelkörper und die Fixation durch das Lig. transversum atlantis.

Ausführung:

- Der Patient ist in Rückenlage, der Therapeut steht am Kopfende der Bank und palpiert die Querfortsätze von C1 und C2 einseitig mit Dig. II (C1) und Dig. III oder IV (C2), der Handballen liegt seitlich am Os temporale.
- Auf der gegenüberliegenden Seite schiebt der Therapeut flächig mit der radialen Seite der Phalanx prox. des Zeigefingers, welche sich dem Querfortsatz des Atlas anmodelliert, C1 zur gegenüberliegenden Seite.
- Im Anschluss wird die Seite gewechselt.

Interpretation:

- Bei intaktem Dens axis und Lig. transversum atlantis sollte der Therapeut auf der Palpationsseite ein fast zeitgleiches, kaum wahrnehmbares Entgegenkommen des Querfortsatzes des Atlas und des Axis spüren.



Abb. 20.62 Stabilitätstest – Dens axis/Lig. transversum atlantis.

- Kommt der Querfortsatz des Axis dem Finger auf der Palpationsseite nicht entgegen oder treten bekannte Beschwerden auf, so besteht der Verdacht einer Instabilität (Dens-axis-Fraktur, Os odontoideum, Elongation oder Ruptur des Lig. transversum atlantis).

Assistive/passive Testung der Beweglichkeit

Flexion

Ausführung:

- Der Patient sitzt im Tubersitz, der Therapeut steht seitlich zum Patienten.
- Der Therapeut umfasst das Os occipitale des Patienten führt den Kopf in Flexion.
- Am Ende der Bewegung wird der Druck leicht erhöht.

Interpretation:

- Ein härteres Endgefühl als erwartet kann auf eine Hypomobilität bei der Facettendivergenz hindeuten.
- Ein schmerzhaft eingeschränktes Bewegungsausmaß kann für eine Bandscheibenproblematik sprechen oder auf eine Restriktion der Dura mater (siehe Slump-Test) hinweisen.

Lateralflexion

Ausführung:

- Patient sitzt im Tubersitz, der Therapeut steht hinter dem Patienten.
- Die eine Hand des Therapeuten fixiert die Schulter des Patienten nach unten.
- Die andere Hand umfasst das Os temporale des Patienten und führt eine Seitneigung aus. Am Ende der Bewegung erfolgt eine vorsichtige Druckerhöhung.
- Bei Dehnschmerz wird der Schultergürtel eleviert, um den M. trapezius auszuschalten.

Interpretation:

- Am Ende der Bewegung wird ein fest-elastisches Endgefühl erwartet.
- Ein pathologisches, früher auftretendes oder von der Qualität verändertes Endgefühl, kann für eine Divergenz- oder Konvergenzhypomobilität sprechen, je nachdem auf welcher Seite ein Facettenschluss bzw. eine Öffnung erwartet wird.
- Bei lokal auftretendem Schmerz kann eine Unkovertebralarthrose ursächlich sein.
- Bei ausstrahlendem Schmerz sollte eine Untersuchung des Nervensystems erfolgen.

Rotation

Ausführung:

- Der Patient sitzt im Tubersitz, der Therapeut steht hinter dem Patienten.
- Je nachdem, in welche Richtung die Rotation erfolgen soll, legt der Therapeut eine Hand seitlich gegen das Os temporale und die andere Hand diagonal auf der anderen Seite gegen das Okziput. Die Druckverstärkung unter den Händen des Therapeuten sorgt für die Rotation.
- Eine Druckerhöhung am Ende der Bewegung gilt der Bestimmung des Endgefühls.

- Während der Rotation widerlagert der Therapeut mit seinem Rumpf den Thorax des Patienten entgegen einer weiterlaufenden Bewegung.

Interpretation:
- Das physiologische Endgefühl in Rotation ist fest-elastisch.
- Bei verändertem Endgefühl und eingeschränkter Beweglichkeit besteht der Verdacht auf eine Divergenzhypomobilität auf der rotationsabgewandten Seite. Auf der rotationszugewandten Seite könnte eine Konvergenzhypomobilität bestehen.

Extension

Ausführung:
- Der Patient sitzt im Tubersitz, der Therapeut steht seitlich zum Patienten.
- Der Patient öffnet den Mund, um die supra- und infrahyoidalen Muskeln zu entspannen.
- Der Therapeut umfasst das Os frontale des Patienten und führt den Kopf in Extension. Am Ende der Bewegung erhöht der Therapeut den Druck leicht.

Interpretation:
- Eine schmerzhaft eingeschränkte Extension könnte auf eine Bandscheibenproblematik hindeuten.
- Eine deutlich verringerte Beweglichkeit spricht eher für eine Konvergenzhypomobilität.

Zusatztests

Kompression der HWS

▶ Abb. 20.63

Die Kompression wird zur BS-Ebene ausgeführt, wobei der Patient kurz vor seinen Schmerzen positioniert wird.

Ausführung:
- Der Patient sitzt, der Therapeut steht hinter dem Patienten und stabilisiert mit seinem Körper dessen Oberkörper.
- Die Hände des Therapeuten liegen auf dem Kopf, die Unterarme des Therapeuten liegen vor den Schultern des Patienten und drücken diese zurück (zur Stabilisation des SGÜ).
- Der Therapeut gibt im Sinne der Kompression einen sanften Druck auf den Kopf des Patienten.

Interpretation:
- Verschlimmern sich die Beschwerden des Patienten?
- Zeigt sich eine Beteiligung des NS?

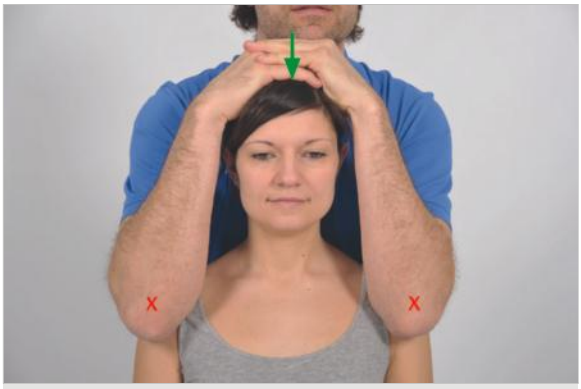


Abb. 20.63 Kompression der HWS.

Praxistipp

Eine inadäquate Schmerzreaktion ist als ein positiver Sicherheitstest zu bewerten!

Spurling-Test

▶ Abb. 20.64

Der Test verengt das Foramen intervertebrale und kann damit den Hinweis auf eine Raumforderung durch Spondylophyten oder Bandscheibenläsionen geben. Ein positives Testergebnis kann auch auf eine Unkovertebralarthrose hindeuten, wobei hier der Schmerz eher lokal empfunden wird.

Ausführung:

- Der Therapeut steht hinter dem Patienten und vorpositioniert dessen Kopf in Extension mit gleichsinniger Rotation und Seitneigung (reicht oft schon für die Provokation einer Foramenenge) zur Testseite hin.
- Der Therapeut verstärkt vorsichtig in der Ausatmung die axiale Kompression.

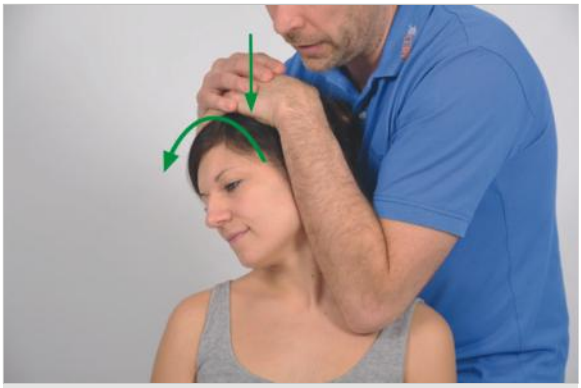


Abb. 20.64 Testung der rechten Seite.

Interpretation:

- Ein (ausstrahlender) Schmerz deutet auf eine Foramenstenose durch Unkovertebralarthrose oder eine andere Raumforderung hin, welche eine Nervenirritation mit pseudoradikulärer Schmerzausstrahlung hervorruft.

Neurologische Tests/Differenzialdiagnostik

Segment C5

Kennmuskeltestung (M. deltoideus)

Ausführung:

- Der Patient befindet sich in Rückenlage mit submaximal abduziertem Arm.
- Der Patient kontrahiert die Muskulatur maximal gegen den Widerstand des Therapeuten in Richtung Abduktion im Schultergelenk.
- Der Therapeut versucht den Widerstand in Richtung Adduktion zu brechen.

Interpretation:

- Ein unilateraler Kraftverlust der Abduktoren des Schultergelenks (M. deltoideus, M. supraspinatus) kann auf eine radikuläre Schädigung hindeuten.
- Differentialdiagnostisch ist eine periphere Schädigung des N. axillaris und des N. suprascapularis auszuschließen.

Kennreflex: Bizepssehnenreflex

Ausführung:

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, das Ellenbogengelenk ist leicht flektiert. Der Unterarm des Patienten liegt auf dem Unterarm des Therapeuten auf.
- Der Daumen des Untersuchers wird auf die Sehne des M. biceps brachii gelegt.
- Die freie Hand des Therapeuten führt mit dem Reflexhammer einen leichten Schlag auf seinen Daumen aus um den Reflex auszulösen.

Interpretation:

- Im Seitenvergleich identisch, zuckende Bewegung in Flexion und Supination im Art. cubiti sprechen für einen intakten Reflexbogen.

Sklerotom

- Tuberculum majus, Spina scapulae, proximo-medialer Bereich der Fossa infraspinata, Epicondylus lateralis humeri, mittlerer äußerer Humerusbereich, Fossa subscapularis

Arthrotom

- Artt. intervertebrales C4–C7, Art. sternoclavicularis, Art. acromioclavicularis, Art. glenohumeralis, Art. cubiti (postero-lateral und antero-lateral), Art. manus (volar-radial)

Segment C6

Kennmuskeltestung (M. biceps brachii)

Ausführung:

- Der Patient befindet sich in Rückenlage und das Ellenbogengelenk ist ca. 90° gebeugt.
- Der Patient kontrahiert die Muskulatur maximal gegen den Widerstand des Therapeuten in Richtung Flexion im Ellenbogengelenk.
- Der Therapeut versucht den Widerstand in Richtung Extension zu brechen.

Interpretation:
- Kraftverlust der Flexoren des Ellenbogens (M. biceps brachii, M. brachialis) spricht für eine Irritation des Spinalnervs oder eine Läsion des N. musculocutaneus.

Kennreflex: Radiusperiostreflex

Ausführung:
- Der Patient befindet sich in Rückenlage und das Ellenbogengelenk ist leicht flektiert.
- Der Therapeut fixiert den Unterarm des Patienten von ulnar und schlägt mit dem Reflexhammer auf den distalen Radius (proximal des Proc. styloideus radii).

Interpretation:
- Seitengleiche Ellenbogenflexion spricht für einen intakten Reflexbogen.

Sklerotom

- Mitte Fossa infraspinata, postero-lateraler Humerusbereich (obere ⅔), medialer Humerusbereich oberhalb des Epicondylus medialis humeri

Arthrotom

- Artt. intervertebrales C4–C7, Art. sternoclavicularis, Art. acromioclavicularis, Art. glenohumeralis, Art. cubiti (postero-lateral und antero-lateral), Art. manus (volar-radial)

Segment C7

Kennmuskeltestung (M. triceps brachii)

Ausführung:
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, der Arm ist antevertiert und ca. 90° gebeugt.
- Der Patient kontrahiert die Muskulatur maximal gegen den Widerstand des Therapeuten in Richtung Extension im Ellenbogengelenk.
- Der Therapeut versucht den Widerstand in Richtung Flexion zu brechen.

Interpretation:
- Ein Kraftverlust der Extensoren des Ellenbogengelenks (M. triceps brachii, M. anconeus) spricht für eine Irritation des Spinalnervs oder eine Läsion des N. radialis.

Kennreflex: Trizepssehnenreflex

Ausführung:
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, der Arm ist antevertiert und ca. 90° gebeugt.
- Der Therapeut fixiert den Unterarm des Patienten von radial und schlägt mit dem Reflexhammer bei flektiertem Ellenbogen und Schultergelenk direkt proximal des Olecranon auf die Trizepssehne.

Interpretation:
- Seitengleiche Ellenbogenextension spricht für einen intakten Reflexbogen.

Sklerotom

- Margo lateralis scapulae, medialer Humerusbereich (obere ⅔), Epicondylus medialis humeri, posteriore Ulna (obere ½), Ulnarseite des Radius (untere ½), 3. Fingerstrahl

Arthrotom

- Artt. intervertebrales C6–Th1, Artt. costovertebrales Th1–Th2, Art. cubiti (postero-medial), Art. manus (volar-radial), Hand- und Fingergelenke

Segment C8

Kennmuskeltestung (M. extensor pollicis longus)

Ausführung:
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, der Arm liegt ulnarseitig der Bank auf.
- Der Patient kontrahiert die Muskulatur maximal gegen den Widerstand des Therapeuten in Richtung Extension in den Daumengelenken.
- Der Therapeut versucht den Widerstand in Richtung Flexion zu brechen.

Interpretation:
- Ein Kraftverlust der Extensoren des Daumens (M. extensor pollicis longus et brevis) spricht für eine Läsion des Spinalnervs oder eine periphere Läsion der Nn. medianus u. radialis.

Kennreflex: Trizepssehnenreflex

Ausführung:
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, sein Arm ist antevertiert und ca. 90° gebeugt.
- Der Therapeut fixiert den Unterarm des Patienten von radial und schlägt mit dem Reflexhammer bei flektiertem Ellenbogen und Schultergelenk direkt proximal des Olecranon auf die Trizepssehne.

Interpretation:
- Seitengleiche Ellenbogenextension spricht für einen intakten Reflexbogen.

Sklerotom

- Posteriorer distaler Humerusbereich, posteriorer Ulnabereich (untere ½), dorso-radialer Handwurzelbereich, Kleinfingerstrahl, Daumenendphalanx

Arthrotom

- Artt. intervertebrales C6–Th1, Artt. costovertebrales Th1–Th2, Art. cubiti (postero-medial), Art. manus (volar-radial), Hand- und Fingergelenke

Translatorische Untersuchungen der oberen HWS

Spezifische Traktion – CO/C1



Abb. 20.65 Spezifische Traktion – CO/C1 rechts.

Ausführung (▶ Abb. 20.65):
- Der Therapeut greift, mit der Kleinfingerseite seiner von ventral kommenden Hand, um das Os occipitale des Patienten und fixiert somit den Kopf gegen seine Schulter.
- Anschließend übt er eine Traktion nach kranial aus.
- Der Zeigefinger der von dorsal kommenden Hand palpiert dabei die Bewegung zwischen dem Proc. transversus atlantis und dem Proc. mastoideus

Interpretation:
- Die im Seitenvergleich ausgeführte Testung sollte ein homogenes GS zeigen.
- Keine Bewegung spricht für ein eingeschränktes GS.
- Zu viel Bewegung spricht für eine Hypermobilität.

Spezifische Traktion – C1/C2



Abb. 20.66 Spezifische Traktion – C1/C2 rechts.

Ausführung (▶ Abb. 20.66):
- Der Therapeut greift entsprechend der vorhergehenden Testung.
- Jedoch liegt jetzt die Kleinfingerseite unter dem hinteren Atlasbogen und das Hinterhaupt in der Hohlhand des Therapeuten.
- Während der Traktion palpiert der Therapeut die Bewegung zwischen dem Atlasbogen und dem hinteren Bogen des Axis.

Interpretation:
- Die im Seitenvergleich ausgeführte Testung sollte ein homogenes GS zeigen.
- Keine Bewegung spricht für ein eingeschränktes GS.
- Zu viel Bewegung spricht für eine Hypermobilität.

Rotatorische Untersuchungen der oberen HWS

Flexion und Extension – CO/C1



Abb. 20.67 Flexion und Extension CO/C1.
a Flexion – CO/C1.
b Extension – CO/C1.

Ausführung (▶ Abb. 20.67):
- Der Therapeut steht hinter dem sitzenden Patienten und palpiert mit seinem Zeige- oder Mittelfinger rechts und links zwischen den Procc. transversi des Atlas und dem Proc. mastoideus.
- Die übrige Hand liegt schienend temporal und bewegt den Kopf des Patienten um eine gedachte Achse durch den Meatus acusticus, mit einer kleinen Amplitude in Flexion und Extension.
- Der Palpationsfinger prüft die sich verändernden Abstände der Referenzpunkte.

Interpretation:
- Bei Flexion werden der rechte und der linke Abstand größer.
- Bei Extension werden der rechte und der linke Abstand kleiner.

Praxistipp

Die Bewegungsausschläge sollten rechts und links gleich groß sein. Asymmetrien sprechen für eine Hypomobilität.

Lateralflexion rechts/links – CO/C1

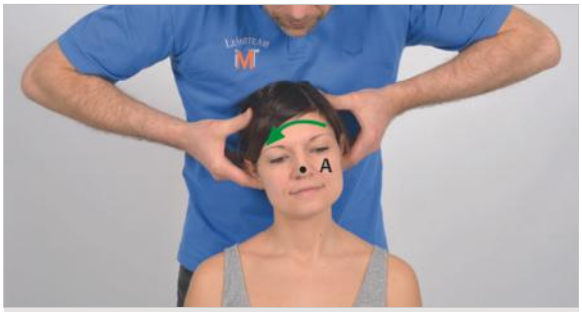


Abb. 20.68 Lateralflexion rechts – CO/C1.

Ausführung (▶ Abb. 20.68):
- Der Therapeut steht hinter dem sitzenden Patienten und palpiert mit seinem Zeige- oder Mittelfinger rechts und links die Procc. transversi des Atlas.
- Die übrige Hand liegt schienend temporal und bewegt den Kopf des Patienten um eine gedachte Achse durch die Nasenspitze, mit einer kleinen Amplitude in Seitneigung rechts und links.
- Die Zeigefinger registrieren im Seitenvergleich den zunehmenden Druck des Proc. transversus atlantis auf der seitgeneigten Seite.

Interpretation:
- Bei Seitneigung rechts transliert das Occiput nach links, der Druck steigt rechts an.
- Bei Seitneigung links transliert das Occiput nach rechts, der Druck steigt links an.

Praxistipp

Die Translation des Os occipitale und die damit verbundenen Palpationsqualitäten sollten rechts und links gleich groß sein. Asymmetrien sprechen für eine Hypomobilität.

Rotation rechts/links – CO/C1



Abb. 20.69 Rotation rechts – CO/C1.

Ausführung (▶ Abb. 20.69):

- Der Therapeut steht hinter dem sitzenden Patienten und palpiert mit seinem Zeige- oder Mittelfinger rechts und links zwischen dem Proc. transversus des Atlas und dem Proc. mastoideus.
- Die übrige Hand liegt schienend temporal und bewegt den Kopf des Patienten um eine gedachte Achse durch die Medulla oblongata in eine endgradige Rotation nach rechts und links.
- Die Palpationsfinger prüfen die sich verändernden Abstände der Referenzpunkte.

Interpretation:

- Bei der Rotation nach **rechts** wird der Abstand links kleiner, der Abstand rechts wird größer.
- Bei der Rotation nach **links** wird der Abstand rechts kleiner, der Abstand links wird größer.

Praxistipp

Die Bewegungsausschläge sollten rechts und links gleich groß sein. Asymmetrien sprechen für eine Hypomobilität.

„Endrotation" – CO/C1



Abb. 20.70 Endrotation – CO/C1 links.

Ausführung (▶ Abb. 20.70):

- Der Therapeut steht hinter dem sitzenden Patienten und palpiert mit seinem Zeigefinger der von dorsal kommenden Hand auf der zu testenden Seite zwischen dem Proc. transversus des Atlas und dem Proc. mastoideus.
- Die von ventral kommende Hand führt den Kopf in eine endgradige Rotation.
- Durch den Kontakt des Therapeuten auf der rotationszugewandten Seite von dorsal gegen den Schultergürtel des Patienten, wird eine Mitrotation des Rumpfes verhindert.
- Im Anschluss erfolgt die Testung zum Seitenvergleich auf der Gegenseite.

Interpretation:

- Am Ende der Rotation von C1/C2 bewegt sich das Okziput gegen den jetzt fixierten Atlas weiter in Richtung der getesteten Rotation.
- Das physiologische Endgefühl wird zwischen Atlasquerfortsatz und Proc. mastoideus palpiert und sollte jetzt federnd-elastische sein.
- Bei einer Hypomobilität von C0/C1 bleibt die geringgradige Rotationsbewegung des Okziput gegenüber dem Atlas aus und beide Gelenkpartner bewegen sich gleichzeitig.
- Auf eventuelle Schmerz- oder Symptomprovokation ist zu achten.

(Böhni, 2012)

Alternative Techniken

Alternative 1 für ▸ Abb. 20.71:
- Flexion und Extension – C0/C1
- Lateralflexion rechts/links – C0/C1
- Rotation rechts/links – C0/C1

Ausführung:
- Der Patient befindet sich in Rückenlage, der Therapeut steht auf der Kopfseite des Patienten.
- Die Bank befindet sich auf Hüfthöhe des Therapeuten und die Zeigefinger liegen palpierend rechts und links zwischen dem Proc. transversus des Atlas und dem Proc. mastoideus.
- Der Kopf ragt über die Bank hinaus und lagert in den Fingern III–V sowie der Hohlhand auf beiden Händen des Therapeuten.
- Gleichzeitig gibt der Therapeut einen leichten Fixationsdruck mit seinem Bauch von kranial gegen den Kopf des Patienten und führt unter dieser Fixation die Bewegungen um die vorher beschriebenen Achsen. Alternativ kann der Kopf auch auf der Bank liegen.

Interpretation:
- Siehe vorhergehende Testungen.

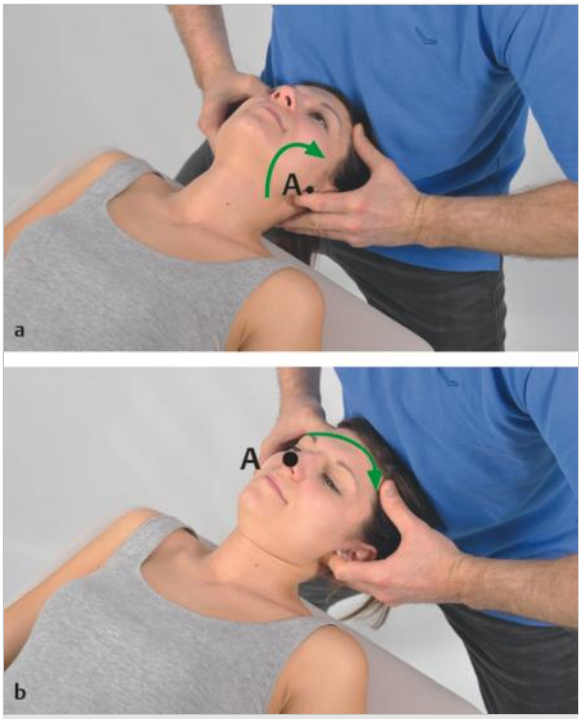


Abb. 20.71 Extension und Lateralflexion C0/C1.
a Extension – C0/C1.
b Lateralflexion links – C0/C1.

Alternative 2 für ▸ Abb. 20.72:
- Lateralflexion rechts/links – CO/C1

Durch die translatorische Seitverschiebung des Kopfes in der Frontalebene wird eine Seitneigung im Segment C0/C1 ausgelöst. Voraussetzung für ein verwertbares Untersuchungsergebnis ist die freie Beweglichkeit der unteren HWS. Der Test endet, sobald keine geradlinige Bewegung des Kopfes mehr möglich ist und eine Lateralflexion der HWS einsetzt. Damit ist in der Regel die aktuelle Bewegungsgrenze von CO/C1 erreicht. Die normale Beweglichkeit des Segmentes CO/C1 liegt bei ca. 3°. Eine Translation des Kopfes um ca. 2,5 cm entspricht einer Seitneigung von ca. 1°. Zu erwarten wären damit, bei einer normalen Beweglichkeit im Segment C0/C1 von ca. 3°, eine Lateralverschiebung von ca. 6 cm in der Frontalebene (Böhni 2012).

Ausführung:
- Der Therapeut fixiert den Kopf mit beiden Händen und führt diesen geradlinig in eine maximale Translation nach rechts (Test der Seitneigung links) und links (Test der Seitneigung rechts).
- Mit dem Beginn einer Abweichung in der Frontalebene (Lateralflexion des Kopfes) endet die Testung. Das Ausmaß der reinen Lateralverschiebung sowie das Endgefühl werden bewertet (Böhni 2012).

Interpretation:
- Vorzeitiges Bewegungsende im Vergleich rechts/links?

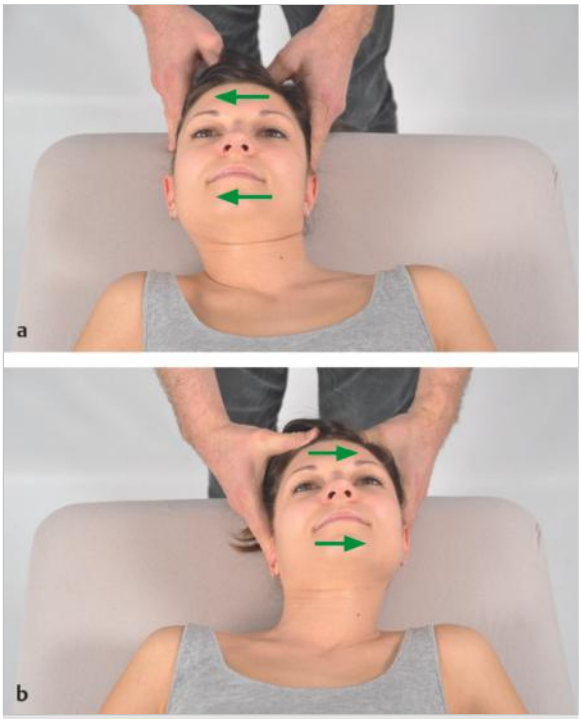


Abb. 20.72 Translation nach rechts und links.
a Translation nach rechts.
b Translation nach links.

Rotation rechts/links – C1/C2

Ausführung (▶ Abb. 20.73):

- Der Patient sitzt mit maximal flektierter HWS (Anspannung der interspinösen Ligg. und damit Verriegelung der unteren HWS).
- Der Therapeut steht seitlich und führt den Kopf des Patienten aus rotationsneutraler Stellung in eine Rotation nach rechts und links.
- Dabei liegt die von dorsal kommende Hand (fixiert die Flexion) am Hinterhaupt und die von ventral kommende Hand am Kinn (führt die Bewegung).
- Die Bewegung ist beendet, sobald die maximale Flexion verlassen wird (Bewegung erfolgt nun in der unteren HWS).

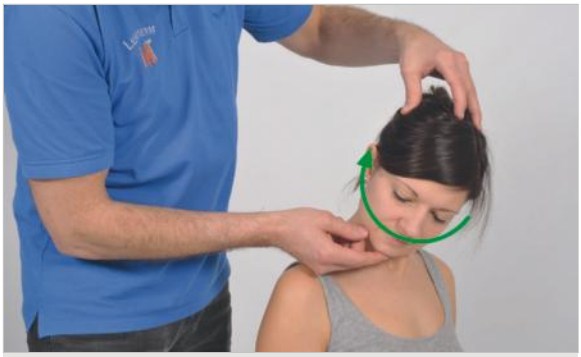


Abb. 20.73 Rotation rechts – C1/C2.

Interpretation:

- Vorzeitiges Bewegungsende im Vergleich rechts/links?

Alternative

Ausführung (▶ Abb. 20.74):

- Der Therapeut steht seitlich des sitzenden Patienten und fixiert mit seiner von dorsal kommenden Hand im Gabelgriff C2.
- Die von ventral kommende Hand nimmt subokzipital, unmittelbar kranial der fixierenden Hand, mit Hypothenar und Dig. V Kontakt auf zum Arcus posterior von C1.
- Unter Fixation des Kopfes gegen den Thorax testet der Therapeut die Rotation, indem er den Kopf auf sich zu rotiert.
- Die dorsale Hand fixiert den Axis und registriert dessen ggf. vorzeitige Mitbewegung. Seitenvergleich!

Interpretation:

(Rotation physiologisch je 30–40°)

- vorzeitiger weicher Stopp = V. a. myofaszialen Befund OAA
- harter Stopp (ggf. Bewegungsschmerz) = V. a. atlantoaxiale Arthrose
- ungerichteter Bewegungsschmerz = V. a. aktivierte Arthrose
- schmerzhafte neben schmerzfreier Richtung = V. a. reine Dysfunktion

(Böhni, 2012)

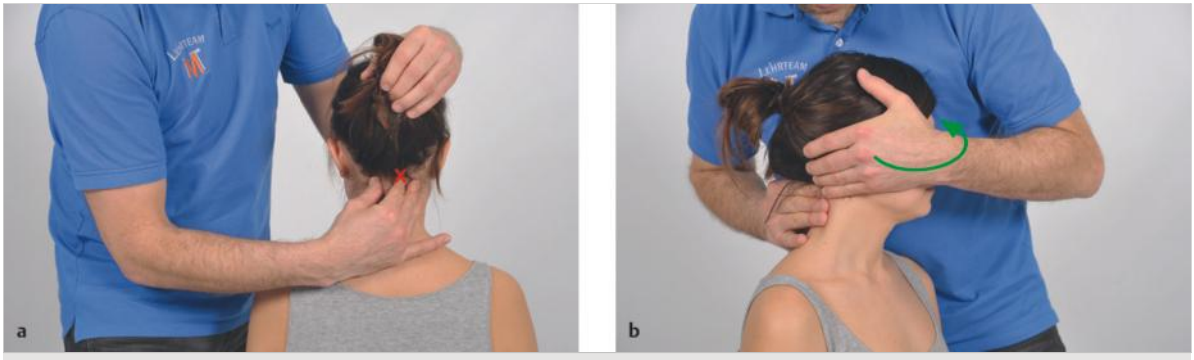


Abb. 20.74 Alternative Testmethode.
a Fixationsgriff an C2.
b Testung der Rotation links.

Translatorische Untersuchungen der unteren HWS

Traktionstest – C2–C7

▶ Abb. 20.75

Der Test zielt auf die anschließend anzuwendende Behandlung, wenn Traktion indiziert ist.

Ausführung:

- Der Therapeut steht hinter dem Patienten und hält dessen Kopf mit beiden Händen, wobei darauf zu achten ist, dass kein Druck auf die Ohren entsteht.
- In der schmerzauslösenden Stellung wird nun jeweils einige Sekunden lang Traktion ausgeübt.

Interpretation:

- Diejenige Haltung, unter der die Traktion beschwerdelindernd wirkt, wird später in der Therapie eingenommen.

Merke

In Flexionsstellung niemals zu lange oder zu kräftig ziehen.

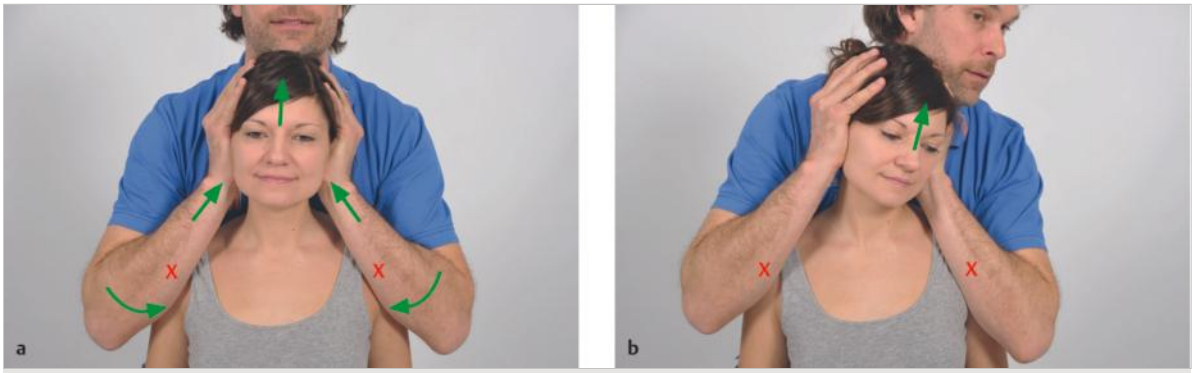


Abb. 20.75 Traktionstest C2-C7.
a Traktion in Neutralstellung.
b Traktion aus der Schonhaltung.

Gelenkspieltest – C2–C7



Abb. 20.76 Gelenkspieltest C2-C7.
a Griff und Fixation.
b Ausführung von ventral.

Ausführung (▶ Abb. 20.76):
- Der Patient befindet sich in Seitenlage, so nah wie möglich am Rand der Liege.
- Der Therapeut steht von ventral in Höhe des Sternums.
- Der Kopf ruht auf der Unterarmvorderseite des Therapeuten.
- Die Hand umfasst den Kopf so, dass ihre Ulnarseite (Dig. V) der dorsalen Partie des kranialen Anteils des zu untersuchenden Bewegungssegments anliegt.
- Die von kaudal kommende Hand stabilisiert mit dem Unterarm den Rumpf in Neutralstellung, dabei umfassen Dig. I u. III stabilisierend den Proc. spinosus des kaudalen Wirbelkörpers.
- Dig. II liegt palpierend zwischen den Procc. spinosi des zu testenden Segments.
- Die oberhalb des zu testenden Segments liegenden Anteile der HWS werden über die kraniale Hand in einer Flexion verriegelt.
- Kopf und kranialer Anteil des zu untersuchenden Segments werden somit als ein Ganzes parallel zur Facettengelenksebene von dorso-kaudal nach ventro-kranial und zurück bewegt.

Interpretation:
- Artt. intervertebrales (C2–C7) = Translation parallel zur Bandscheibenebene
- Artt. zygapophysiales (C2–C7) = Gleiten in Extension/Flexion
- Artt. uncovertebrales (C2–C7) = ventrale und dorsale Translation

Latero-laterale Translation (C2–C7)

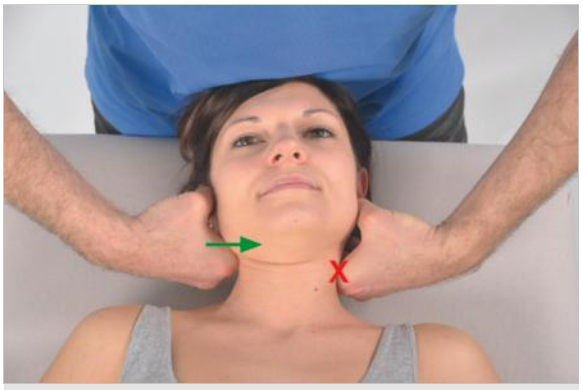


Abb. 20.77 Test der Translation nach links für Seitneigung rechts.

Ausführung (▶ Abb. 20.77):
- Der Therapeut sitzt hinter dem in Rückenlage befindlichen Patienten.
- Die radiale Zeigefingerkante der einen Hand stabilisiert den kaudalen Wirbelkörper des zu testenden Segments von lateral.
- Die gegenüberliegende Hand des Therapeuten schiebt den kranialen Wirbelkörper mit der radialen Zeigefingerkante zur gegenüberliegenden Seite und testet die Translation im Seitenvergleich.

Praxistipp

Schub nach rechts testet die Seitneigung links, Schub nach links testet Seitneigung rechts.

Interpretation:
- laterale Translation entspricht der Seitneigung und Rotation der Artt. uncovertebrales (C2–C7)

Rotatorische Untersuchungen der unteren HWS

Extension – C2–C4



Abb. 20.78 Test der Extension – C2–C4.

Ausführung (▶ Abb. 20.78):
- Der Therapeut steht seitlich des sitzenden Patienten und palpiert mit dem Zeigefinger seiner von dorsal kommenden Hand zwischen dem kranialen und kaudalen Proc. spinosus des zu untersuchenden Segments.
- Die von ventral kommende Hand führt den Kopf des Patienten in eine Extension, während die dorsale Hand die Konvergenz bzw. die sich verändernde Bandspannung palpiert.

Extension – C4–C6



Abb. 20.79 Test der Extension – C4–C6.

Ausführung (▶ Abb. 20.79):
- Der Therapeut fixiert den Kopf des Patienten im Kinn-Hang-Griff und mit seiner ulnaren Handkante die kranialen Segmente in Flexion (Verriegelung).
- Der Zeigefinger der dorsalen Hand testet in beschriebener Weise die von kranial durch die Verriegelung „en bloc“ eingebrachte Extension.

Extension – C6–Th4



Abb. 20.80 Test der Extension – C6–Th4.

Ausführung (▶ Abb. 20.80):
- Der sitzende Patient verschränkt die Hände im Nacken (Verriegelung der unteren HWS).
- Der neben dem Patienten stehende Therapeut palpiert in beschriebener Art und Weise zwischen den Processus spinosi des zu untersuchenden Segments.
- Der von ventral kommende Arm des Therapeuten untergreift die verschränkten Arme des Patienten und führt seinen Kopf und die HWS in eine Extension.

Interpretation:
- Konvergenz der Procc. spinosi mit abnehmender Bandspannung bei Extension spricht für eine normale Beweglichkeit.
- Ausbleibende Konvergenz bzw. Bandspannungsänderung spricht für eine eingeschränkte Beweglichkeit.

Flexion – C2–Th4

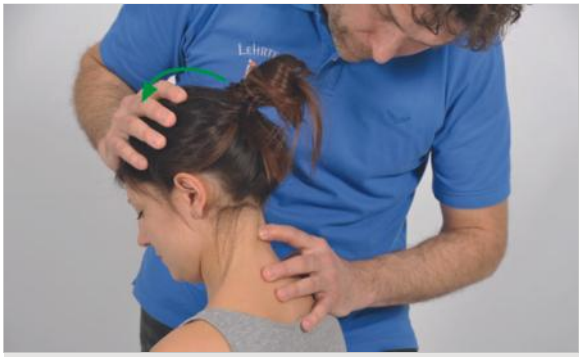


Abb. 20.81 Test der Flexion – C2–Th4.

Ausführung (▶ Abb. 20.81):

- Der Therapeut steht seitlich des sitzenden Patienten und palpiert mit dem Zeigefinger seiner von dorsal kommenden Hand zwischen dem kranialen und kaudalen Procc. spinosi des zu untersuchenden Segments.
- Die von ventral kommende Hand führt den Kopf des Patienten in eine Flexion, während die dorsale Hand die Divergenz bzw. die sich verändernde Bandspannung palpiert.

Interpretation:

- Divergenz der Procc. spinosi mit zunehmender Bandspannung bei Flexion spricht für eine normale Beweglichkeit.
- Ausbleibende Divergenz/Bandspannung spricht für eine eingeschränkte Beweglichkeit.

Praxistipp

Zur besseren Stabilisation stellt der Therapeut seinen Fuß hinter dem Patienten auf dessen Stuhl und stützt ihn mit seinem an den Patientenrücken angelehnten Knie.

Seitneigung und gekoppelte Rotation – Konvergenztestung – C2–C7

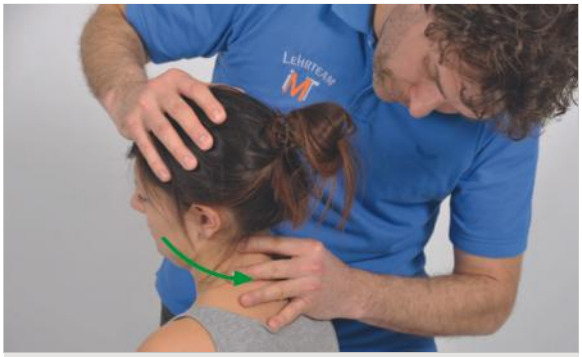


Abb. 20.82 Testung der Konvergenz links.

Ausführung (▶ Abb. 20.82):

- Der Therapeut steht seitlich zum sitzenden Patienten und legt seinen Zeigefinger der von dorsal kommenden Hand auf die Facettengelenke des zu untersuchenden Segments auf der gegenüberliegenden Seite.
- Der Daumen der Palpationshand liegt auf der Therapeutenseite von dorso-lateral am zugehörigen Proc. spinosus des Segments.
- Der Therapeut führt mit der von ventral kommenden Hand den Kopf des Patienten in eine Seitneigung und Rotation gleichsinnig vom Therapeuten weg.
- Bei C2–C3 beginnend, werden segmental erst die eine und dann die andere Seite der ganzen HWS untersucht.

Interpretation:

- Seitneigung und Rotation gekoppelt verursachen eine Facettenkonvergenz auf der seitgeneigten Seite und eine gleichsinnige Rotation des Wirbelkörpers.
- Der Therapeut palpiert und bewertet mit Dig. II die Konvergenz und mit Dig. I die Auslenkung des Proc. spinosus zur gegenüberliegenden Seite.

Seitneigung und gekoppelte Rotation – Divergenztestung – C2–C7

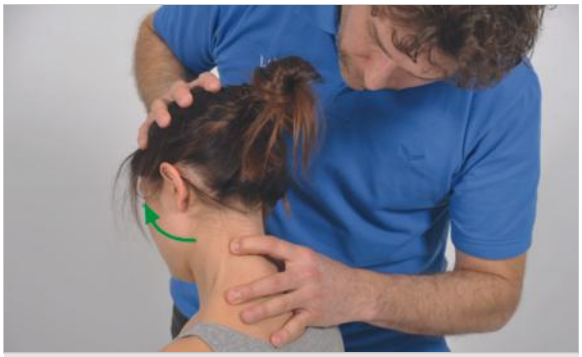


Abb. 20.83 Testung der Divergenz links.

Ausführung (▶ Abb. 20.83):
- Der Therapeut steht seitlich zum sitzenden Patienten und legt seinen Zeigefinger der von dorsal kommenden Hand auf die Facettengelenke des zu untersuchenden Segments auf der gegenüberliegenden Seite.
- Der Daumen der Palpationshand liegt auf der Therapeutenseite von dorso-lateral am zugehörigen Proc. spinosus des Segments.
- Der Therapeut führt mit der von lateral kommenden Hand den Kopf des Patienten in eine Seitneigung und Rotation gleichsinnig zum Therapeuten hin.
- Bei C2–C3 beginnend, werden segmental erst die eine und dann die andere Seite der ganzen HWS untersucht.

Interpretation:
- Seitneigung und Rotation gekoppelt, verursachen eine Facettendivergenz auf der seitneigungsabgewandten Seite und eine gleichsinnige Rotation des Wirbelkörpers.
- Der Therapeut palpiert und bewertet mit Dig. II die Divergenz und mit Dig. I die Auslenkung des Proc. spinosus zur gegenüberliegenden Seite.

Seitneigung – C2–C7



Abb. 20.84 Testung der Seitneigung – C2–C7.

Ausführung (▶ Abb. 20.84):
- Der Therapeut steht hinter dem liegenden Patienten, die Liege ist auf Hüfthöhe des Therapeuten eingestellt.
- Der Therapeut legt rechts und links palpierend, bei C2 beginnend, seine Zeigefinger auf die Facettengelenke des jeweils zu untersuchenden Segments.
- Der Kopf des Patienten ist frei (über Bankrand oder Kopfteil abgesenkt) und wird über die Hohlhand des Therapeuten abgestützt.
- Nun testet der Therapeut wechselnd Seitneigung rechts und links über die als Hypomochlion liegenden Palpationsfinger und registriert die Unterschiede segmental.

Interpretation:
- Eine Einschränkung der Seitneigung rechts oder links kann für eine Divergenz- oder Konvergenzstörung auf Facettengelenksebene sprechen.
- Dabei stellt sich die Frage, ob die eine Seite nicht öffnet oder die andere nicht schließt?

Seitneigung – C2–C7 (Differenzialdiagnostik – Konvergenz- oder Divergenzstörung)

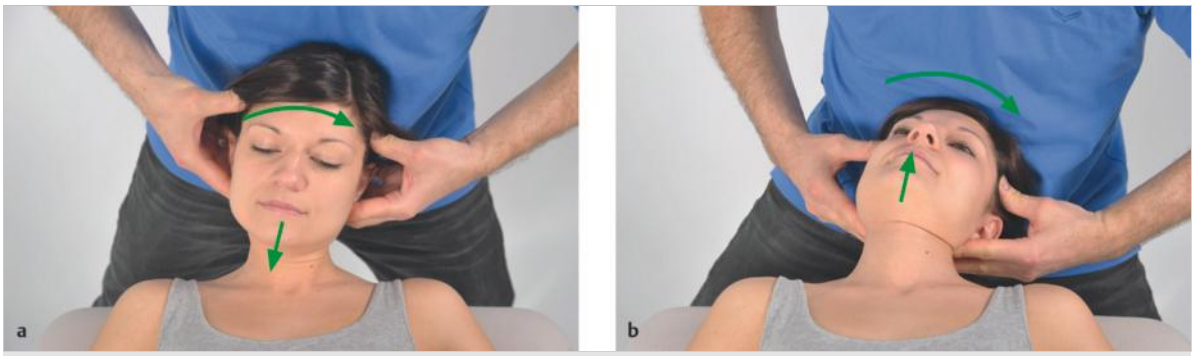


Abb. 20.85 Seitneigung links in Flexion und Extension.
a Seitneigung links in Flexion.
b Seitneigung links in Extension.

Ausführung (▶ Abb. 20.85):
- Die Grifftechnik entspricht der vorhergehenden Testung der Seitneigung.
- Der Therapeut führt die Testung jetzt einmal in vorpositionierter Flexion und anschließend in vorpositionierter Extension der HWS aus.

Interpretation:
- Verstärkung der Einschränkung in Vorpositionierung Flexion: V. a. gegenüberliegende Divergenzproblematik
- Verstärkung der Einschränkung in Vorpositionierung Extension: V. a. gleichseitige Konvergenzproblematik

Rotation – CTÜ (bis ca. Th4)



Abb. 20.86 Rotationstestung.
a Griffanlage bei Rotationstestung.
b Test der Rotation nach links.

Ausführung (▶ Abb. 20.86):
- Der Therapeut steht hinter dem sitzenden Patienten und legt seine Daumen, jeweils von lateral kommend, seitlich gegen den kranialen und kaudalen Proc. spinosus des zu testenden Segments.
- Der Patient rotiert seinen Kopf aktiv maximal nach rechts und links, wobei die Daumenanlagen jeweils wechseln.
- Dabei testet der kraniale Daumen der rechten Seite die Rotation nach links und der kraniale Daumen der linken Seite die Rotation nach rechts.

Interpretation:
- Bewertet werden die Abstandsvergrößerungen zwischen den beiden Daumen im Seitenvergleich, wobei der kleinere Abstand für eine Hypomobilität spricht.

20.2.2 Behandlungen der oberen und unteren HWS

Axiale Traktionen

Die Traktion wird vorwiegend in Stufe I bis II zur Schmerzlinderung an der HWS eingesetzt. Bei spezifischer Vorpositionierung dient Sie ebenfalls der Verbesserung der Beweglichkeit, insbesondere in der oberen HWS.

Traktion der oberen HWS

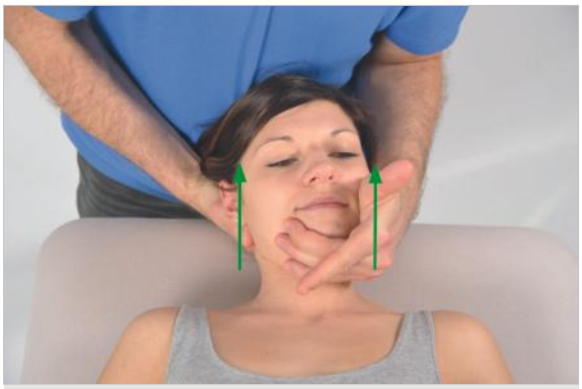


Abb. 20.87 Traktion der oberen HWS.

Ausführung (▶ Abb. 20.87):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage, die Arme sind entspannt neben dem Körper.
- Der Therapeut steht am Kopfende, leicht auf der Seite, zu der die Seitneigung vorpositioniert wird.
- Er umfasst den Kopf des Patienten mit der seitengleichen Hand, so dass die Radialseite seines zweiten Mittelhandknochens am Hinterrand des Proc. mastoideus liegt.
- Der Daumen liegt dabei vor dem Ohr.
- Die andere Hand umfasst den Kopf und das Kinn von der gegenüberliegenden Seite.
- Gleichzeitig wird der Kopf etwas gegen den Rumpf des Therapeuten abgestützt.
- Nun führt der Therapeut eine auf die obere HWS begrenzte Seitneigung und gegensinnige Rotation aus und vollzieht eine Traktion in Verlängerung der HWS nach kranial.

Traktion – obere (untere) HWS

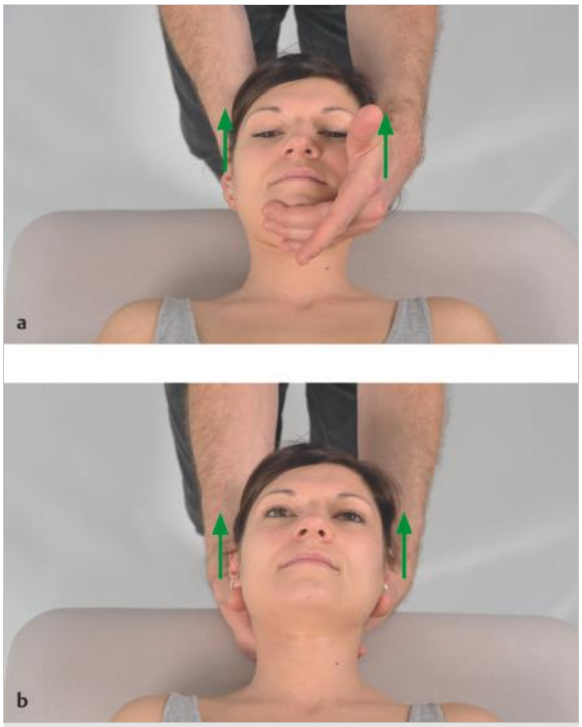


Abb. 20.88 Traktion über Griff am Occiput.
a Traktion über Griff am Occiput und Kinn.
b Traktion über Griff am Occiput.

Ausführung (▶ Abb. 20.88):

- Patient ist in Rückenlage mit dem Kopf bündig am Ende der Behandlungsliege.
- Therapeut steht oder sitzt am Kopfende.
- Seine rechte oder linke Hand greift flächig subokzipital.
- Das Occiput des Patienten liegt unter dem Hypothenar und Kleinfinger, die obere HWS wird durch die übrige Hand und die Finger geschient.
- Die zweite Hand führt die Bewegung und umfasst dafür das Kinn, der Unterarm legt sich seitlich an den Kopf des Patienten.
- Alternativ können die Hände des Therapeuten auch aufeinander liegen, so kann die Traktion mit beiden Händen ausgeführt und verstärkt werden.

Vorpositionierungen und Wirkungen:

- Die Seitneigung öffnet auf der abgewandten Seite die Neuroforamina (Facettendivergenz).
- Die Flexion, besonders der oberen HWS, betont die Wirkung auf die untere HWS.
- Die Extension, besonders der oberen HWS, betont die Wirkung auf die obere HWS.
- Die Rotation führt zu einer unspezifischen Bewegungsverbesserung.

Translatorisch-anguläre Behandlungen für die Flexion

Mobilisation der Flexion im Segment CO/C1

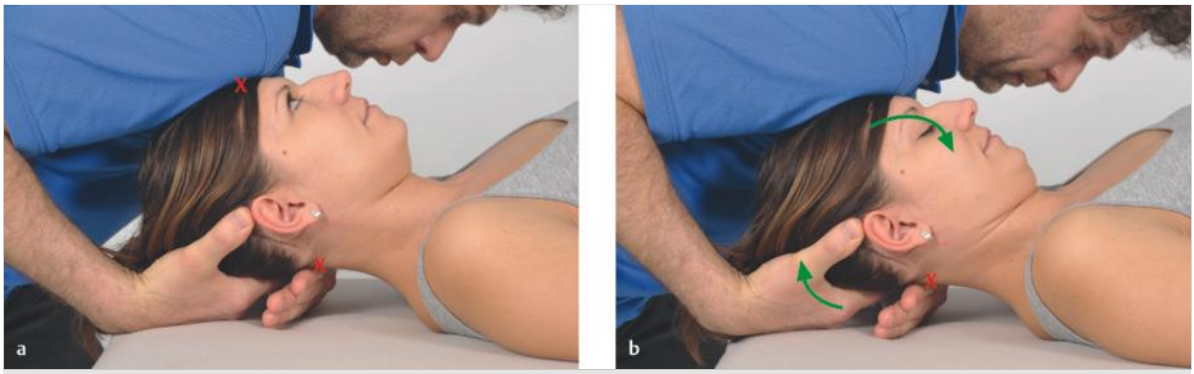


Abb. 20.89 Flexionsmobilisation OAA.
a Flexionsmobilisation OAA-AGST.
b Flexionsmobilisation OAA-Endstellung.

Ausführung (▶ Abb. 20.89):
- Patient ist in Rückenlage, die Arme entspannt neben dem Körper.
- Therapeut steht am Kopfende und umfasst den Kopf des Patienten mit der rechten oder linken Hand.
- Dabei liegt die Radialseite seines zweiten Mittelhandknochens am inferioren Ende des Os occipitale.
- Die andere, von lateral kommende Hand wird ulnarseitig aufgestellt und der Arcus posterior des Atlas mit der radialen Zeigefingerkante unterlagert.
- Das stabilisiert den Atlas nach ventral.
- Mit der Schulter, die sich sanft auf die Stirn des Patienten legt, fixiert der Therapeut den Kopf.
- Die Mobilisation erfolgt über eine kreisförmige Bewegung in Richtung Inklination durch einen Zug am Occiput nach kranio-ventral und einen Druck auf die Stirn nach kaudo-dorsal.
- Die Detonisierung der kurzen Nackenextensoren erfolgt über eine Blickinhibition.
- Patient schaut nach oben – halten, Patient schaut nach unten – mobilisieren.

Mobilisation Flexion in den Segmenten C2–C6



Abb. 20.90 Flexionsmobilisation C2–C6.

Ausführung (▶ Abb. 20.90):
- Der Therapeut steht seitlich zum sitzenden Patienten.
- Die von dorsal kommende Hand fixiert mit Daumen-Zeigefinger-Spann den Arcus posterior des kaudalen Wirbels im Segment gegen eine Mitbewegung in die Flexion.
- Die von ventral kommende Hand umgreift den Kopf im Kinn-Hang-Griff, so dass die Kleinfingerkante flächig um die Lamina des kranialen Gelenkpartners liegt.
- Der Therapeut stellt die submaximale Flexion im Segment ein und bewegt den oberen Wirbel nach kranio-ventral, während er den unteren Wirbel nach kaudal fixiert.

Mobilisation der Flexion des CTÜ



Abb. 20.91 Flexionsmobilisation im CTÜ.

Ausführung (▶ Abb. 20.91):

- Der Patient befindet sich in Seitenlage und unterlagert seinen Kopf/HWS mit der Hand des unteren Armes.
- Der Therapeut steht vor dem Patienten und unterfasst mit seiner kranialen Hand die Hand des Patienten, so dass die Kleinfingerseite den kranialen Wirbelkörper des zu mobilisierenden Segments umfasst.
- Die von kaudal kommende Hand des Therapeuten fixiert den kaudalen Wirbel im Segment, um die Mitnahme in Flexion zu verhindern.
- Die Mobilisation erfolgt durch eine segmentale Flexion durch den Therapeuten über eine Komplexbewegung der fixierten, oberhalb liegenden HWS und des Kopfes.
- Die kaudale Fixation verhindert ein Weiterlaufen der Bewegung.

Alternative Flexionsmobilisation des CTÜ

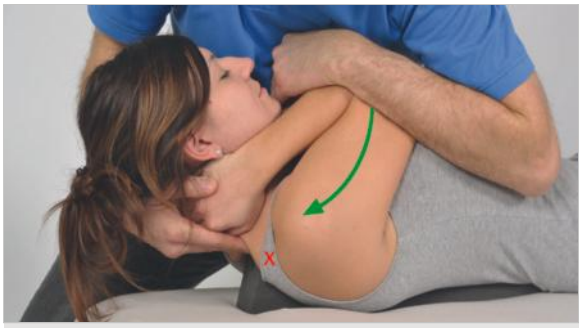


Abb. 20.92 Flexionsmobilisation im CTÜ mit Keil.

Ausführung (▶ Abb. 20.92):

- Der Patient liegt auf einem Keil, welcher den unten liegenden Wirbel im Segment fixiert.
- Mit der kaudalen Hand fasst der Therapeut von ventral gegen die Unterarme des Patienten, die kraniale Hand stellt die Wirbelsäule in Richtung Flexion ein.
- Danach gibt der Therapeut über die Unterarme des Patienten einen Impuls nach dorsal und kranial für eine Facettentraktion im Segment.
- Alternativ kann die Mobilisation rotatorisch durchgeführt werden, indem gegen den fixierten kaudalen WK der obere Wirbelsäulenabschnitt in Flexion geführt wird.

Translatorisch-anguläre Behandlungen für die Extension

Mobilisation der Extension im Segment CO/C1

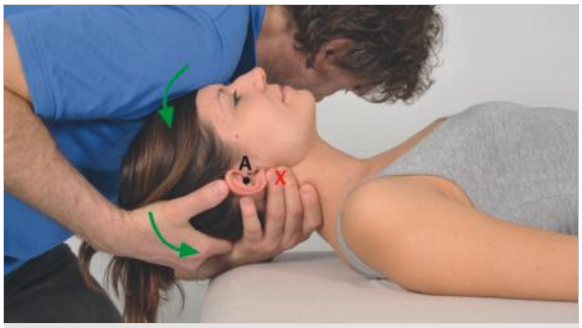


Abb. 20.93 Mobilisation der Extension im Segment CO/C1.

Ausführung (▶ Abb. 20.93):

- Der Patient befindet sich in Rückenlage.
- Der Therapeut steht kranial und umfasst mit seiner kaudalen Hand von dorsal mit Dig. I und Dig. III die Querfortsätze des Atlas von ventral.
- Die kraniale Hand liegt von dorsal mit dem Daumen-Zeigefinger-Spann am inferioren Ende des Os occipitale.
- Die Schulter der am Occiput stabilisierenden Hand lagert sich sanft auf die Stirn des Patienten und fixiert somit den Kopf.
- Die Mobilisation erfolgt über eine kreisförmige Bewegung in Richtung Reklination, durch einen Schub am Occiput nach kaudo-ventral und einen Druck auf die Stirn nach kranio-dorsal.

Mobilisation der Extension in den Segmenten C2–C6

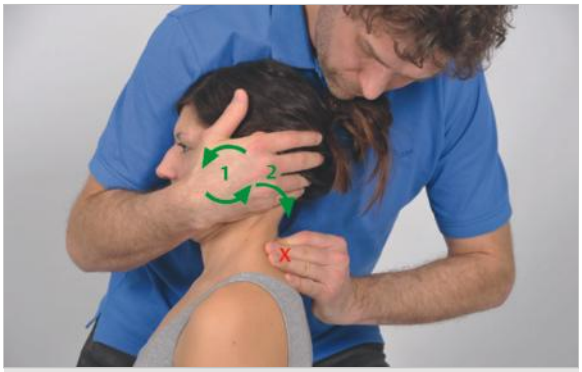


Abb. 20.94 Mobilisation der Extension im Segment C6.

Ausführung (▶ Abb. 20.94):

- Der Therapeut steht seitlich zum sitzenden Patienten und umfasst mit der von ventral kommenden Hand im Kinn-Hang-Griff den gesamten Bereich der über dem zu mobilisierenden Segment liegenden HWS.
- Die Kleinfingerkante liegt über dem kranialen Wirbelkörper im Segment.
- Die von dorsal kommende Hand fixiert mit Daumen und Zeigefinger über die Lamina den kaudalen Wirbelkörper mit einem Druck nach ventro-kranial gegen die Extension im Segment.
- Der Therapeut stellt die gesamte oberhalb des Segments liegende HWS in eine Flexion ein (Verriegelung gegen Extension).
- Die Mobilisation erfolgt, indem die verriegelte obere HWS „en bloc" in Extension bis zum zu mobilisierenden Segment bewegt wird.

Mobilisation der Extension des CTÜ

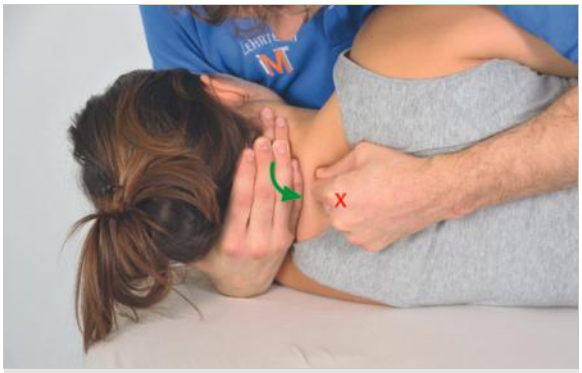


Abb. 20.95 Extensionsmobilisation im CTÜ.

Ausführung (▶ Abb. 20.95):

- Der Patient befindet sich in Seitenlage und unterlagert seinen Kopf/HWS mit der Hand des unteren Armes.
- Der Therapeut steht vor dem Patienten und unterfasst mit seiner kranialen Hand die Hand des Patienten, so dass die Kleinfingerseite den kranialen WK des zu mobilisierenden Segments umfasst.
- Die von kaudal kommende Hand des Therapeuten fixiert den kaudalen Wirbel im Segment, um die Mitnahme in Extension zu verhindern.
- Die Mobilisation erfolgt durch eine segmentale Extension durch den Therapeuten über eine Komplexbewegung der fixierten, oberhalb liegenden HWS und des Kopfes.
- Die kaudale Fixation verhindert ein Weiterlaufen der Bewegung.

Alternative Extensionsmobilisation des CTÜ

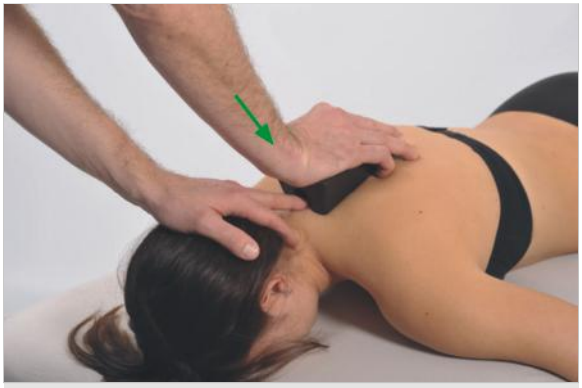


Abb. 20.96 Extensionsmobilisation CTÜ mit Keil.

Ausführung (▶ Abb. 20.96):

- Der Patient befindet sich in Bauchlage, die HWS wird über das Kopfteil in submaximale Extension im zu mobilisierenden Segment vorpositioniert.
- Der Therapeut steht am Kopfende und positioniert den Keil bilateral auf die Procc. transversi des kaudalen Wirbelkörpers des zu mobilisierenden Segments.
- Die Mobilisationshand legt sich auf den Keil und schiebt den kaudalen Segmentpartner nach ventro-kaudal rechtwinklig zur Facettengelenksebene im Sinne einer Traktion.
- Die freie Hand palpiert die Translation im Segment.

Translatorisch-anguläre Behandlungen für die Seitneigung

Mobilisation der Seitneigung im Segment C0/C1



Abb. 20.97 Mobilisation der Seitneigung rechts.

Ausführung (▶ Abb. 20.97):

- Der Therapeut steht am Kopfende der Bank.
- Die eingeschränkte Seitneigung und die dazu gehörende gegensinnige Rotation sind vorpositioniert.
- Der Therapeut legt seine Mobilisationshand mit der radialen Zeigefingerseite auf den Querfortsatz des Atlas auf der der Seitneigung abgewandten Seite.
- Die gegenüberliegende Hand stabilisiert mit dem Handballen das Occiput in Seitneigung und Rotation.
- Der Zeigefinger palpiert zwischen C0 und C1 die Translation.
- Die Mobilisation erfolgt über den Schub des Atlas zur gegenüberliegenden Seite (z. B. Schub nach rechts – zur Mobilisation der Seitneigung nach rechts).

Mobilisation der Seitneigung in den Segmenten C2–C7

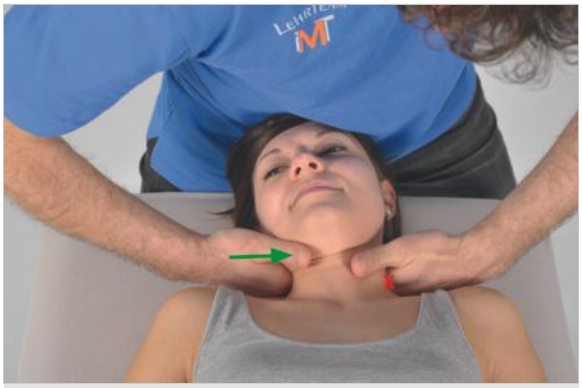


Abb. 20.98 Mobilisation der Seitneigung rechts C3.

Ausführung (▶ Abb. 20.98):

- Der Therapeut sitzt oder steht kopfwärts zum liegenden Patienten.
- Die eingeschränkte Seitneigung ist vorpositioniert.
- Der Therapeut legt seine Fixationshand mit der Daumen-Zeigefinger-Gabel von dorso-lateral kommend gegen die Lamina und den Proc. transversus des kaudalen Wirbelkörpers.
- Die Mobilisationshand legt sich von der gegenüberliegenden Seite kommend gleichartig gegen den kranialen Wirbelkörper des Segments und schiebt diesen in Richtung der Fixationshand.
- Diese Mobilisation betont die Unkovertebralgelenke und es gilt die Konvexregel (z. B. Schub nach links für Seitneigung rechts).

Alternative Seitneigungsmobilisation der Segmente C2–C7

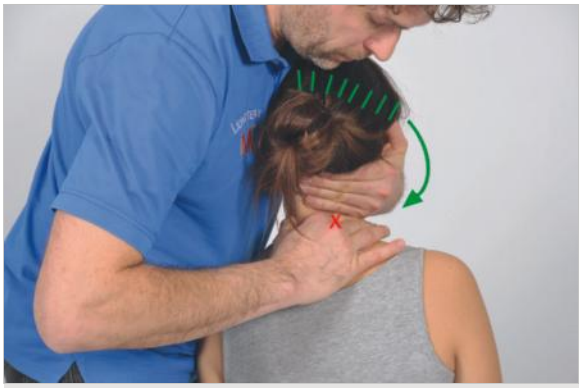


Abb. 20.99 Mobilisation Seitneigung rechts C4.

Ausführung (▶ Abb. 20.99):

- Der Therapeut steht seitlich zum sitzenden Patienten auf der der Seitneigung abgewandten Seite. Die HWS ist in der aktuellen BS eingestellt.
- Der Therapeut fixiert mit der von dorsal kommenden Hand mit Daumen und Zeigefinger den kaudalen Segmentpartner.
- Die von ventral kommende Hand nimmt mit der Kleinfingerseite Kontakt am Gelenkfortsatz des kranialen Segmentpartners auf und fixiert gleichzeitig den Kopf des Patienten am Thorax.
- Die Mobilisation erfolgt über eine „baggernde" Bewegung des Therapeuten, wobei durch leichtes Vorneigen des Oberkörpers der kraniale Wirbelkörper und der Kopf in Richtung der eingeschränkten Seitneigung unter Beibehaltung der Fixation des kaudalen Segmentpartners mobilisiert wird.

Translatorisch-anguläre Behandlungen für die Rotation

Mobilisation der Rotation im Segment CO/C1

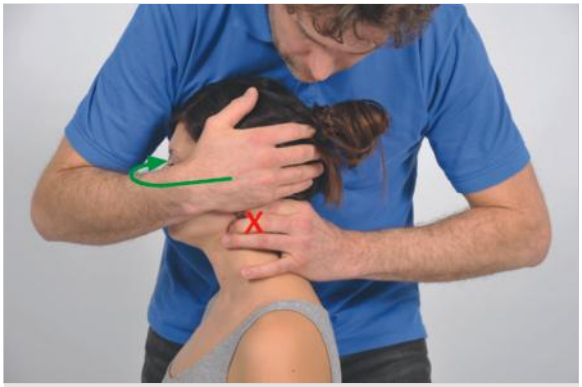


Abb. 20.100 Mobilisation der Rotation rechts CO/C1.

Ausführung (▶ Abb. 20.100):

- Der Therapeut steht seitlich des sitzenden Patienten auf der rotationszugewandten Seite.
- Die von dorsal kommende Hand umgreift mit dem Zeigefinger auf der gegenüberliegenden Seite den Proc. transversus atlantis von ventral, der Daumen liegt auf der gleichen Seite von dorsal auf dem hinteren Atlasbogen und stabilisiert den Atlas gegen die Rotation.
- Die von ventral kommende Hand legt sich mit ihrer Kleinfingerkante über den Proc. mastoideus und das Occiput.
- Die restlichen Finger führen den Kopf.
- Die Mobilisation erfolgt durch einen Rotationsimpuls über das Occiput in die eingeschränkte Richtung.
- Die dorsale Hand hält den Atlas entgegen.

Mobilisation der Rotation im Segment C1/C2



Abb. 20.101 Mobilisation der Rotation links C1/C2.

Ausführung (▶ Abb. 20.101):

- Der Therapeut steht seitlich des sitzenden Patienten auf der rotationszugewandten Seite.
- Der Patientenkopf befindet sich auf Höhe des Sternums.
- Die HWS ist in der aktuellen Behandlungsstellung eingestellt.
- Die von dorsal kommende Therapeutenhand fixiert mit dem Daumen den kaudalen Segmentpartner C2 auf der gegenüberliegenden Seite am Proc. spinosus gegen die Rotation. Gleichzeitig verhindern die, auf Schulterhöhe liegenden Finger die weiterlaufende Bewegung des Schultergürtels.
- Die mobilisierende Hand kommt von ventral und nimmt mit der Kleinfingerseite direkt subokzipital Kontakt mit C1, unmittelbar kranial der fixierenden Hand auf.
- Die kranial stabilisierende Hand an C1, welche gleichzeitig den Kopf des Patienten am Thorax fixiert, führt den kranialen Segmentpartner und den Kopf an die pathologische Bewegungsgrenze.
- Die Mobilisation kann durch eine isometrische Anspannung, gegen Widerstand in die Gegenrichtung der eingeschränkten Rotation, unterstützt werden (Blickfazilitation). Die Spannung sollte für ca. 2–3 Sek gehalten werden.
- Die passiv geführte, vorsichtige Mobilisation erfolgt in der Entspannungsphase, indem der kraniale Segmentpartner in Richtung der eingeschränkten Rotation, unter Beibehaltung der Stabilisation des kaudalen Segmentpartners, bewegt wird.
  (Böhni, 2011)

Mobilisation der Rotation in den Segmenten C2–C7

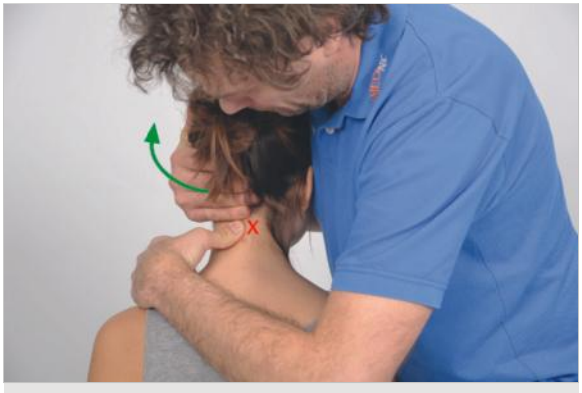


Abb. 20.102 Mobilisation der Rotation rechts C3.

Ausführung (▶ Abb. 20.102):

- Der Therapeut steht seitlich, auf der rotationszugewandten Seite zum sitzenden Patienten und fixiert mit dem Daumen seiner von dorsal kommenden Hand den Proc. spinosus des kaudalen Segmentpartners des zu mobilisierenden Segments von der gegenüberliegenden Seite.
- Die von ventral kommende Hand umgreift den Kopf des Patienten, so dass die Kleinfingerkante den Querfortsatz/die Lamina des kranialen Wirbels auf der gegenüberliegenden Seite umfasst.
- Der Therapeut mobilisiert den kranialen Wirbelkörper in eine Rotation und Seitneigung (gleichsinnige Kopplung) zu sich hin, während der kaudale Wirbelkörper durch die Fixation an der gleichsinnigen Rotation gehindert wird.

Mobilisation der Rotation im CTÜ

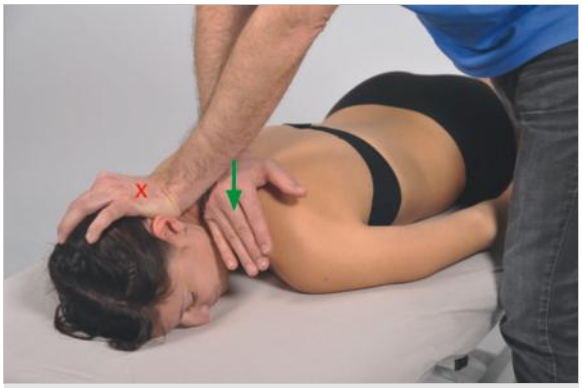


Abb. 20.103 Mobilisation der Rotation links im CTÜ.

Ausführung (▶ Abb. 20.103):
- Der Therapeut steht am seitlichen Liegenrand auf Höhe des Thorax des sich in Bauchlage befindenden Patienten.
- Die Liege ist flach gestellt, auf ca. Kniehöhe des Therapeuten.
- Die Gesichtsaussparung der Liege wird benutzt, um die HWS vorzupositionieren und somit maximale Rotation und zu starke Extension zu vermeiden.
- Der Kopf und die HWS-Segmente werden kranial des zu mobilisierenden Segmentpartners durch die Lagerung des Kopfes/der HWS in kontralaterale Seitneigung und ipsilaterale Rotation teilweise verriegelt.
- Unmittelbar nach Positionierung des Kopfes kontaktiert die linke Hand zur Stabilisierung der Verriegelung mit dem Daumen das Okziput von inferior her im Bereich der Mittellinie, die Finger umschließen das linke Okziput.
- Thenar und Hypothenar üben durch einen leichten Druck auf das Okziput nach kranial eine minimale Traktion auf die Halswirbelsäule aus.
- Die mobilisierende Hand legt sich von medial kommend mit dem Pisiforme von dorsal über den linken Gelenkfortsatz von Th1.
- Während der Kopf und die HWS mit der linken Hand in teilweiser Verriegelung unter zusätzlicher leichter Traktion fixiert werden, erfolgt die Mobilisation durch das Absenken des Oberkörpers des Therapeuten mit gestrecktem Arm und den dadurch entstehenden Schub in p.-a. Richtung über dem Gelenkfortsatz des kaudalen Segmentpartners (Böhni 2012).

Divergenz-, Konvergenz-, Traktionsmobilisationen mit Verriegelungen

Bei Instabilitäten und/oder Bandscheibenproblemen im Bereich der unteren HWS sollte an Stelle einer Verriegelung eine manuelle Fixation vorgenommen werden!

Divergenzmobilisation der Segmente C2–C7 links

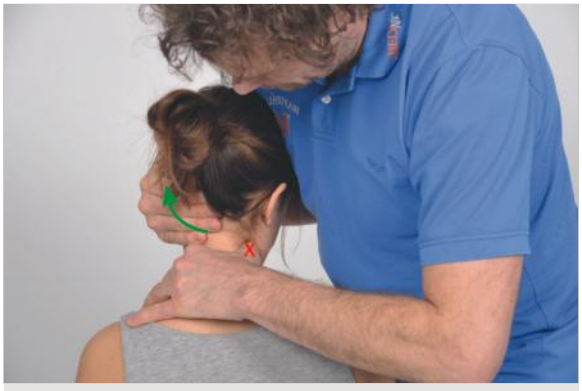


Abb. 20.104 Divergenzmobilisation des Segments C4 links.

Ausführung (▶ Abb. 20.104):
- Der Patient sitzt, während der Therapeut seitlich auf der rotationszugewandten Seite steht.
- Er umfasst den Kopf des Patienten mit seiner von ventral kommenden Hand.
- Die von dorsal kommende Hand liegt mit dem Zeigefinger zwischen den Procc. spinosi des zu behandelnden Segments.
- Der Therapeut bewegt nun die HWS in Flexion bis in das zu behandelnde Segment.
- Diese Position wird fixiert und durch den Therapeuten eine Seitneigung des Kopfes/der gesamten HWS nach links ausgeführt.
- Die dorsal am kaudalen WK liegende Hand fixiert im flächigen Gabelgriff den Wirbelkörper und die Seitneigung links der unterhalb des Segments liegenden HWS (Verriegelung von unten).
- Unter Aufnahme der Weichteilspannung legt der Therapeut nun die Kleinfingerseite seiner von ventral kommenden Hand über die linke Lamina posterior des kranialen Segmentpartners. Nun führt er gegen die fixierte untere HWS eine Seitneigung und Rotation rechts im zu behandelnden Segment aus.
- Die Bewegungsgrenzen sind jeweils erreicht, wenn der kaudale Wirbelkörper anfängt mitzubewegen.
- Zur Mobilisation führt der Therapeut einen nach ventro-kranial gerichteten Translationszug aus, der der Neigung der Gelenkfläche entspricht (von C2 ca. 45° bis C7 ca. 10°).

Konvergenzmobilisation der Segmente C2–C7 links

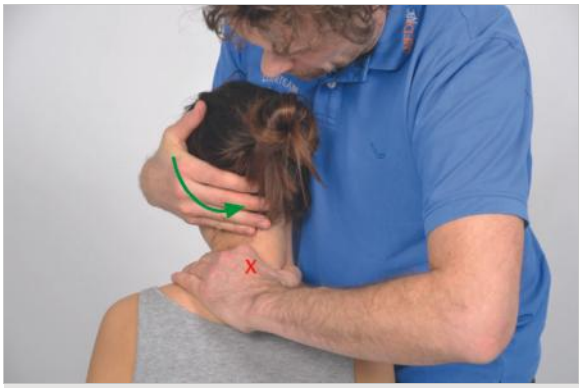


Abb. 20.105 Konvergenzmobilisation des Segments C4 links.

Ausführung (▶ Abb. 20.105):

- Der Patient sitzt, während der Therapeut seitlich auf der rotationszugewandten Seite steht.
- Er umfasst den Kopf des Patienten mit seiner von ventral kommenden Hand.
- Die von dorsal kommende Hand liegt mit dem Zeigefinger zwischen den Procc. spinosi des zu behandelnden Segments.
- Der Therapeut bewegt nun die HWS in Extension bis in das zu behandelnde Segment und fixiert diese Position.
- Aus der fixierten Extensionseinstellung führt der Therapeut eine Seitneigung des Kopfes/der gesamten HWS nach rechts aus.
- Die dorsal am kaudalen Wirbelkörper liegende Hand fixiert im flächigen Gabelgriff den Wirbelkörper und die Seitneigung rechts der unterhalb des Segments liegenden HWS (Verriegelung von unten).
- Unter Aufnahme der Weichteilspannung legt der Therapeut die Kleinfingerseite seiner von ventral kommenden Hand über die linke Lamina posterior des kranialen Segmentpartners und führt gegen die fixierte untere HWS eine Seitneigung und Rotation links im zu behandelnden Segment aus.
- Die Bewegungsgrenzen sind jeweils erreicht, wenn der kaudale Wirbelkörper anfängt mitzubewegen.
- Zur Mobilisation führt der Therapeut einen nach dorsokaudal gerichteten Translationsschub aus, der der Neigung der Gelenkfläche entspricht (von C2 ca. 45° bis C7 ca. 10°).

Facettengelenkstraktion monosegmental des Segments C2 / C3 links

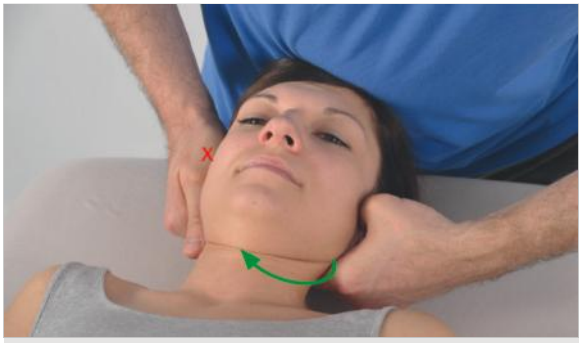


Abb. 20.106 Facettengelenkstraktion Segment C2 / C3 links.

Ausführung (▶ Abb. 20.106):

- Das Segment C0/C1 wird durch Inklination ligamentär arretiert.
- Das Segment C1/C2 wird in eine Seitneigung links eingestellt, damit rotiert die Axis nach links.
- Der Therapeut fixiert diese Stellung und schiebt mit der Radialkante seines linken Zeigefingers C3 über die linke Lamina in eine Rotation rechts.
- Diese Vorpositionierungen führen während der Behandlung zu einer Verriegelung der oberen HWS und damit zu einer Verhinderung von weiterlaufenden Bewegungen.

Facettengelenkstraktion monosegmental der Segmente C3–C7 links

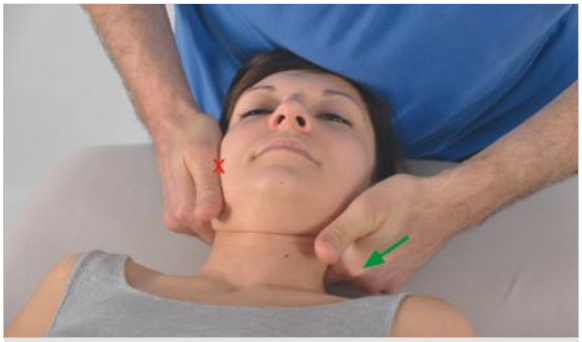


Abb. 20.107 Facettengelenkstraktion Segment C3 links.

Ausführung (▶ Abb. 20.107):

- Der Therapeut sitzt oder steht fußwärts am Kopfende zum in Rückenlage befindlichen Patienten und stellt mit seiner linken Hand die HWS in eine Seitneigung rechts und Rotation links bis in das zu behandelnde Segment ein.
- Im Anschluss nimmt der Therapeut mit der Radialkante des Zeigefingergrundgelenks seiner linken Hand Kontakt mit der Lamina des unten liegenden Wirbels im Segment auf.
- Der Therapeut gibt einen Traktionsschub nach ventrokaudal, Richtung Fossa jugularis, ca. 90° zur Facettengelenksebene, auf den linken Bogen des unten liegenden Wirbels im Segment.
- Dadurch entfernt sich der Proc. articularis superior des kaudalen Wirbelkörpers vom Proc. articularis inferior des kranialen Wirbelkörpers, während eine Verriegelung oberhalb entsteht.

Weichteiltechniken für die umgebende Muskulatur der HWS

Die Weichteiltechniken der HWS sind begleitende Techniken, um den Tonus der Muskulatur und die Länge des Kollagens vor oder nach einer manualtherapeutischen Behandlung zu optimieren. Die Ausführung erfolgt rhythmisch mit bis zu 40 Wiederholungen oder statisch 30 Sek. bis 2 Min. zur Dehnung des Muskelkollagens (Streek, 2006).

M. trapezius pars descendens

Ausführung:

- Der Patient befindet sich in Bauchlage, der Therapeut steht auf der gegenüberliegenden Seite des zu behandelnden Muskels.
- In der 1. Phase fasst der Therapeut mit den Dig. II–V seiner beiden Hände oberhalb der Fossa supraclavicularis den Pars descendens des M. trapezius von ventral und zieht noch dorsal in eine Dehnung quer zum Faserverlauf.
- In der 2. Phase drückt der Therapeut den Muskelanteil mit seinen von dorsal aufliegenden Daumen nach ventral in eine Dehnung quer zum Faserverlauf.
- Diese beiden Phasen lösen sich alternierend ab und dehnen den Muskel somit quer.

Subokzipitale Muskulatur

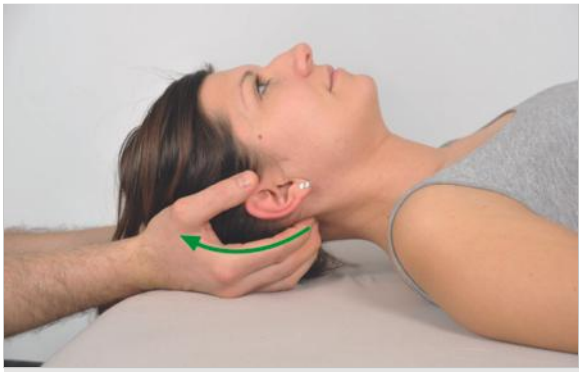


Abb. 20.108 Weichteiltechnik für die subokzipitale Muskulatur.

Ausführung (▶ Abb. 20.108):

- Der Therapeut sitzt fußwärts am Kopfende hinter dem in Rückenlage befindlichen Patienten und lagert das Hinterhaupt in seinen beiden Handflächen.
- Dig. II–IV liegen jeweils rechts und links subokzipital mit den Fingerspitzen im Weichteilgewebe.
- Die Behandlung erfolgt durch leichte Druckerhöhung in Richtung der Weichteile, verbunden mit einem Zug nach kranial, indem der Therapeut die Finger flektiert.
- Während der Bewegung sollte eine leichte Inklination der oberen HWS sichtbar sein.

Rhythmische Divergenzmobilisation

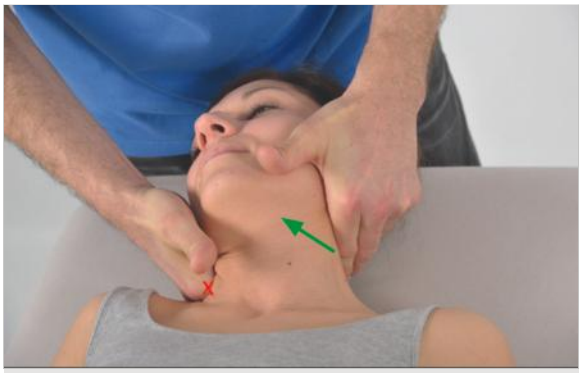


Abb. 20.109 Weichteiltechnik für die Divergenzmobilisation links.

Ausführung (▶ Abb. 20.109):

- Der Therapeut steht fußwärts am Kopfende des in Rückenlage befindlichen Patienten und stellt dessen Kopf in die gewünschte Seitneigung ein.
- Die Fixationshand kommt von der Seite der Seitneigung und stabilisiert den kaudalen Wirbelkörper im Segment mit der radialen Zeigefingerseite am Proc. transversus gegen die Rotation, in die der kraniale Wirbelkörper gezogen wird.
- Die Mobilisationshand kommt von der der Seitneigung abgewandten Seite und legt sich mit der radialen Zeigefingerseite gegen den kranialen Wirbelkörper und die paravertebrale Muskulatur des zu behandelnden Wirbelsäulenabschnitts.
- Die restliche Hand führt den darüber liegenden Wirbelsäulenabschnitt und den Kopf mit in die Rotation gegen den fixierten kaudalen Wirbelkörper im Sinne einer Divergenz nach ventro-kranial.

Rhythmische Konvergenzmobilisation

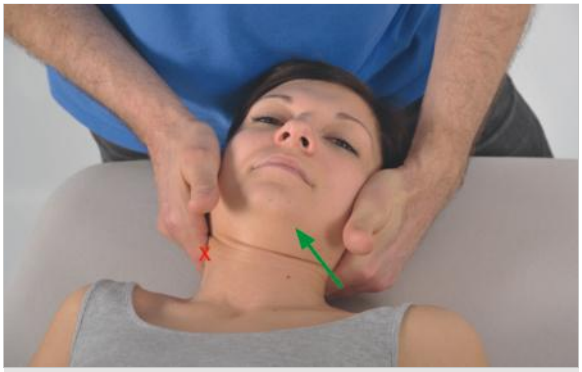


Abb. 20.110 Weichteiltechnik für die Konvergenzmobilisation links.

Ausführung (▶ Abb. 20.110):

- Der Therapeut steht fußwärts am Kopfende des in Rückenlage befindlichen Patienten und stellt dessen Kopf in die gewünschte Seitneigung ein.
- Die Fixationshand kommt von der der Seitneigung abgewandten Seite und stabilisiert den kranialen Wirbelkörper im Segment mit der radialen Zeigefingerseite am Proc. transversus gegen die Rotation und mit der restlichen Hand den Kopf in die Seitneigung.
- Die Mobilisationshand kommt von der der Seitneigung zugewandten Seite und legt sich mit dem Zeigefinger gegen den kaudalen Wirbelkörper und die paravertebrale Muskulatur des zu behandelnden Wirbelsäulenabschnitts.
- Die Behandlung erfolgt durch einen Zug des kaudalen Wirbelkörpers nach ventro-kranial im Sinne einer Konvergenz.

Rhythmische Rotationsmobilisation des CTÜ

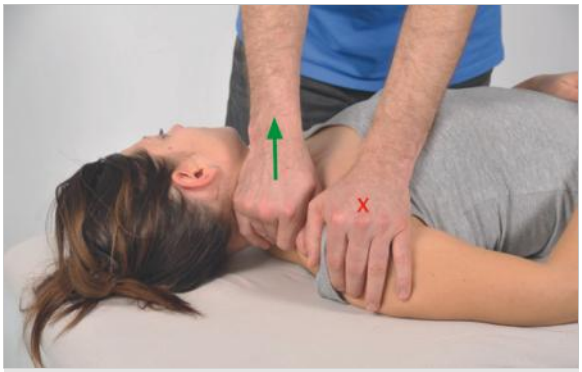


Abb. 20.111 Weichteiltechnik für den CTÜ.

Ausführung (▶ Abb. 20.111):

- Der Therapeut stellt sich seitlich auf die rotationszugewandte Seite zum Patienten und fixiert mit seiner kaudalen Hand die gegenüberliegende Schulter gegen die Bank.
- Die kraniale Hand umfasst mit dem Zeigefinger C7 und mit den restlichen Fingern die darüber liegenden Segmente.
- Bei der Behandlung zieht der Therapeut den Wirbelkörper und die paravertebrale Muskulatur im Sinne einer Rotation auf sich zu.

Faszientechniken für die HWS

Fascia cervicalis superficialis

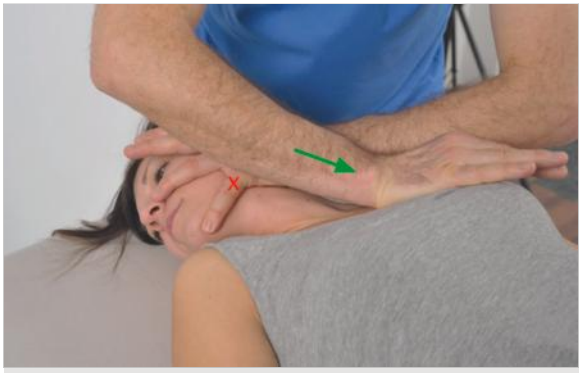


Abb. 20.112 Mobilisation der Fascia cervicalis superficialis.

Ausführung (▶ Abb. 20.112):

- Der Therapeut steht bei der Dehnung der linken Faszie am linken oberen Eck der Behandlungsbank.
- Der Daumen der linken Hand liegt flächig am subokzipitalen Rand des Kopfes, die Kleinfingerkante/der Hypothenar liegt unterhalb des Corpus mandibulae und fixiert den Mundschluss.
- Die Finger II, III und IV stabilisieren den Kopf in Rotation.
- Der Unterarm liegt in Richtung der linken Schulter des Patienten.
- Die rechte Hand liegt mit Thenar und Hypothenar unterhalb der Klavikula.
- Der rechte Unterarm liegt parallel zum linken Unterarm in entgegengesetzter Richtung.
- Bei der Ausatmung geht der Therapeut mit den Rippen nach kaudo-lateral und bei der Einatmung hält der Therapeut dagegen.

Fascia cervicalis media



Abb. 20.113 Mobilisation der Fascia cervicalis media.

Ausführung (▶ Abb. 20.113):

- Der Therapeut steht am Kopfende der Behandlungsbank.
- Der Kopf des Patienten ist maximal nach rechts rotiert.
- Die Finger IV und V der linken Hand stabilisieren das Hyoid nach kranial und der Unterarm fixiert den Kopf in Rotation rechts.
- Die rechte Hand geht zur linken Schulter des Patienten und fixiert mit dem Hypothenar das Acromion.
- Der rechte Unterarm des Therapeuten bildet dabei im Verlauf einen ca. 90°-Winkel zu seinem linken Unterarm.
- Bei der Ausatmung geht der Therapeut nach latero-kaudal und bei der Einatmung hält er dagegen.

Klinischer Bezug

Eine Restriktion der Faszia cervicalis media äußert sich klinisch durch Übelkeit (Irritation des N. vagus) und Staungskopfschmerz (V. jugularis interna). Des Weiteren können beide Halsfaszien ggf. die Haltung der HWS-Extension C1–C4 und Flexion C5–C7 (Gibbus) beeinflussen.

Lig. transversopleurale

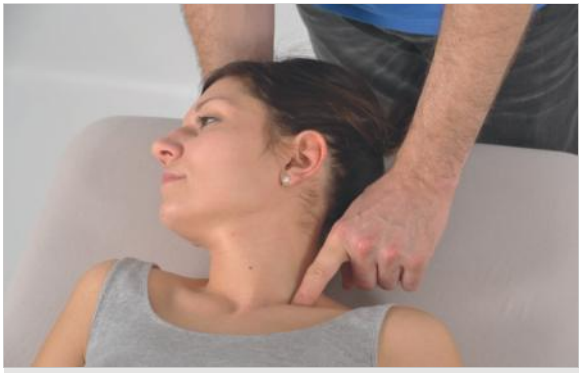


Abb. 20.114 Mobilisation des Lig. transversopleurale.

Ausführung (▶ Abb. 20.114):

- Der Therapeut steht fußwärts am Kopfende zum in Rückenlage befindlichen Patienten und neigt dessen HWS mit der Seitneigung abgewandten Führungshand zur zu testenden Seite.
- Die Hand des Therapeuten auf der seitgeneigten Seite palpiert von lateral mit dem Finger oder Daumen gegen den M. sternocleidomastoideus liegend, in der Fossa supraclavicularis das Lig. transversopleurale.
- Das durch gleichsinnige Seitneigung und Rotation ipsilateral in Annäherung gebrachte Ligament wird nun durch Seitneigung und Rotation zur Gegenseite unter Spannung gebracht, während der Therapeut die Veränderungen palpiert.
- Mit diesen Bewegungen „spielt“ der Therapeut und entscheidet anhand des Bewegungsausmaßes der HWS und der Spannungsveränderungen, ob eine Retraktion vorliegt oder nicht.
- Zur Mobilisation werden die Testbewegungen unter intermittierenden Daumendruck verwendet.

Lig. vertebropleurale

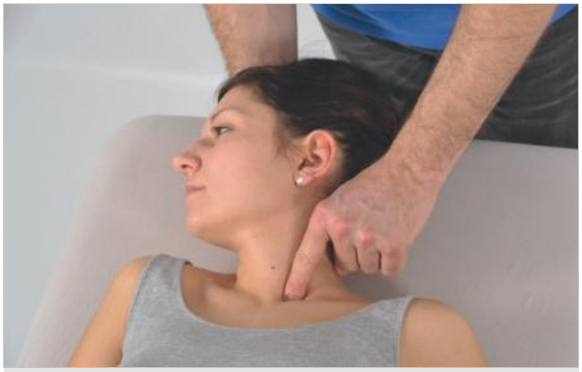


Abb. 20.115 Mobilisation des Lig. vertebropleurale.

Ausführung (▶ Abb. 20.115):

- Der Therapeut palpiert mit seinem Finger in der Fossa supraclavicularis minor (eine kleine Grube oberhalb der Klavikula und zwischen den Ursprungsköpfen des M. sternocleidomastoideus) oder in der Fossa supraclavicularis major.
- Der Test und die Behandlung werden identisch dem Lig. transversopleurale durchgeführt.

Praxistipp

Bei unterschiedlicher Spannung links und rechts wird die rigidere Seite behandelt. Indikationen für eine isolierte Behandlung können Probleme des Thoracic Outlet, rezidivierende Blockaden des CTÜ oder neurovegetative Symptome des Ganglion cervicale inferior sein. Eine positive Faszie findet man häufig bei COPD oder bei einer festen Halsrippe.

21 Kiefergelenk

Matthias Schulte

Das folgende Kapitel über das Kiefergelenk erhebt keinesfalls den Anspruch auf Vollständigkeit. Es beinhaltet lediglich einen kleinen Einblick in Theorie und Praxis, der Ihnen zumindest einen ersten Eindruck in dieses hochkomplexe Thema vermitteln soll.

Die Art. temporomandibularis steht in enger funktioneller Beziehung mit dem Occiput, der Halswirbelsäule, insbesondere der Occiput-Atlas-Axis-Region, der Schulter, dem Schultergürtel bis hin zum Becken.

21.1 Theorie

Kiefergelenksdysfunktionen können die Beweglichkeit beeinflussen:

- der Schädelknochen
- der oberen und unteren Halswirbelsäule
- des zervikothorakalen Übergangs
- der 1. Rippe und des Schultergürtels
- des Os sacrum und somit des Beckens

In ▶ Abb. 21.1 sind die funktionellen Zusammenhänge verdeutlicht, während in ▶ Abb. 21.2 unphysiologische Zugrichtungen der Muskulatur bei ventraler Kopfhaltung ersichtlich sind.

21.1.1 Allgemeine Anatomie

Das Caput mandibulae des Processus condylaris und die Fossa mandibularis mit dem Tuberculum articulare (Eminentia articularis) des Os temporale bilden die artikulierenden Flächen. Dabei geht die Vorderfläche der konkav ausgeformten Fossa mandibularis in die konvexe, schräg nach vorne und unten geneigte Rückfläche des Tuberculum articulare über. Die Konvexität des Tuberculum articulare wird durch den Discus articularis ausgeglichen, was dessen Wichtigkeit unterstreicht.

Discus articularis und die Kammern des TMG

Der bikonkave Discus articularis ist eine transportable Pfanne für das Caput mandibulae und teilt das Gelenk in 2 intraartikuläre Räume (▶ Abb. 21.3). Der vordere Teil des Discus ist mit der Gelenkkapsel, dem M. pterygoideus lateralis (pars superior) und dem M. masseter (pars profundus) verbunden. Der mittlere Discusanteil ist der am meisten gewichttragende, dünnste und avaskuläre Abschnitt des Discus articularis.

Der hintere Abschnitt wird in einen oberen und einen unteren Teil gegliedert. Der obere Anteil ist an der hinteren Wand der Fossa mandibularis durch elastische Fasern

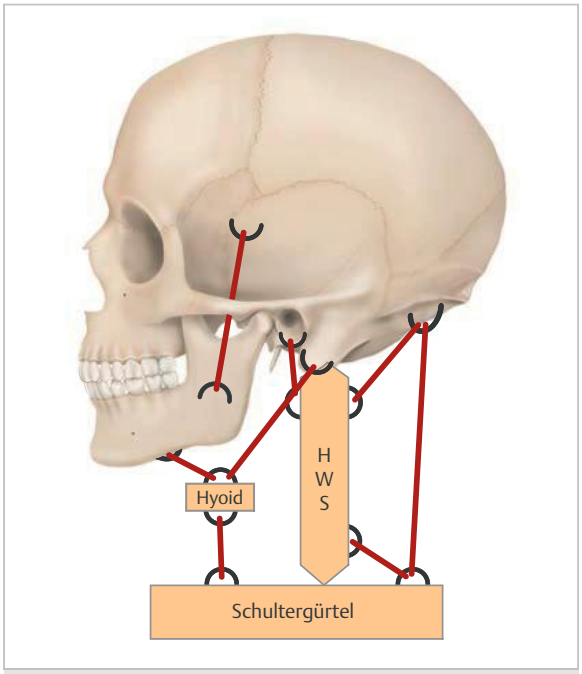


Abb. 21.1 Funktionelle Zusammenhänge des Kiefergelenks.

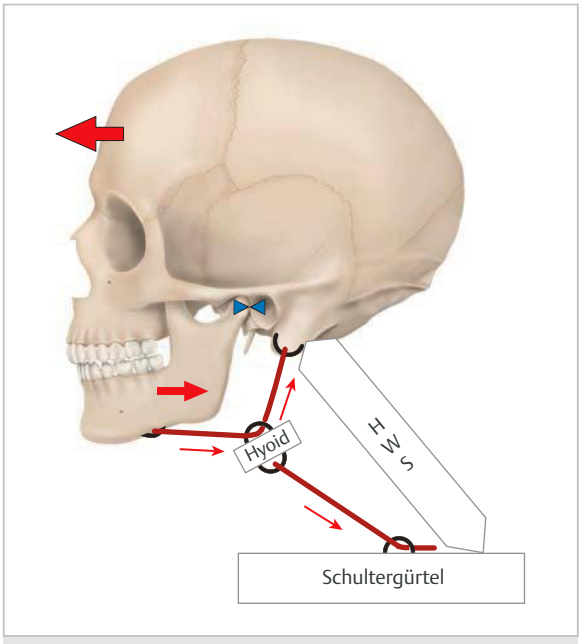


Abb. 21.2 Unphysiologische Zugrichtungen der Muskulatur bei ventraler Kopfhaltung.

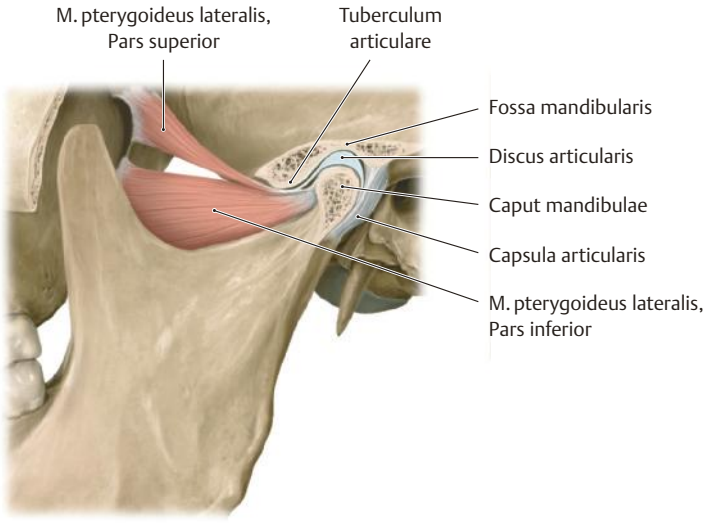


Abb. 21.3 Linkes Kiefergelenk von lateral.

(Stratum superius) befestigt, der untere Anteil ist mit dem Caput mandibulae durch kollagene Fasern (Stratum inferius) verwachsen. Zwischen Stratum superius und inferius befindet sich ein Venengeflecht, das Genu vasculosum, das auch sehr gut sensibel versorgt ist und somit häufig für Kiefergelenkschmerzen verantwortlich sein kann.

Der Kapsel- und Bandapparat des TMG

Kapsel (▶ Abb. 21.4):

- ist weit, schlaff und dünn
- wird lateral vom Lig. laterale verstärkt
- besitzt eine hohe nervale Innervationsrate, d. h., sie ist schmerzempfindlich

In ▶ Tab. 21.1 sind die wichtigen Bänder des Kiefergelenks mit Ursprung, Ansatz und Funktionen aufgelistet.

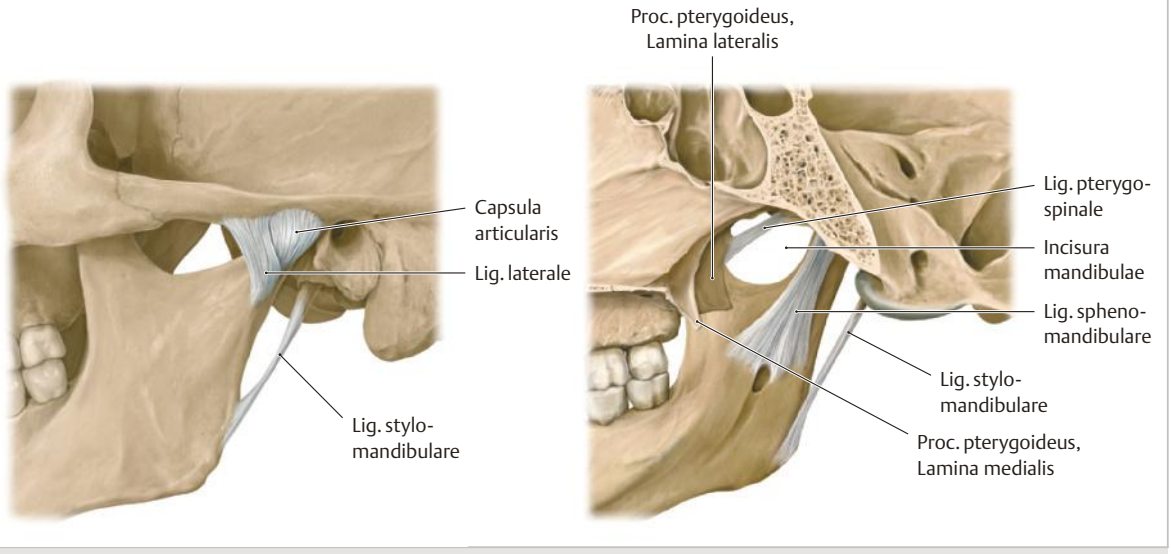


Abb. 21.4 Kapsel des linken Kiefergelenks von lateral und medial.

Tab. 21.1 Ligamente des Kiefergelenks.

Bänder	Ursprung	Ansatz	Funktionen
Lig. temporomandibulare (= Lig. laterale)	Arcus zygomaticus	Processus condylaris	hemmt Retrusion, Laterotrusion, Mundöffnung
Lig. collaterale laterale	Discus	lateraler Kondylus	Kontrolle der Kieferbewegung
Lig. (collaterale) mediale	Discus	medialer Kondylus	Stütze und Hemmung der Kondylusbewegung
Lig. stylomandibulare	Processus styloideus	Angulus mandibulae	hemmt Protrusion, Mediotrusion
Lig. sphenomandibulare	Os sphenoidale	Lingula mandibulae	hemmt Protrusion, Mediotrusion, passive Mundöffnung
Tanaka-Ligament	Lig. mediale	medialer Discus	Haltefunktion bei ant. und post. Bewegung des Diskus

Muskeln des TMG

In ▶ Abb. 21.5 findet sich ein Überblick über die Kaumuskulatur.

Die Kaumuskulatur besteht aus:

- M. temporalis
- M. masseter
- M. pterygoideus medialis
- M. pterygoideus lateralis
- suprahyoidale Muskulatur

Merke

Die intrahyoidale Muskulatur zählt nur indirekt zur Kaumuskulatur indem sie dem Os hyoideum ein Widerlager bietet und zusätzlich den Schluckakt unterstützt.

In ▶ Tab. 21.2 findet sich eine Übersicht über diese Muskeln samt Ursprung, Ansatz und Funktion.

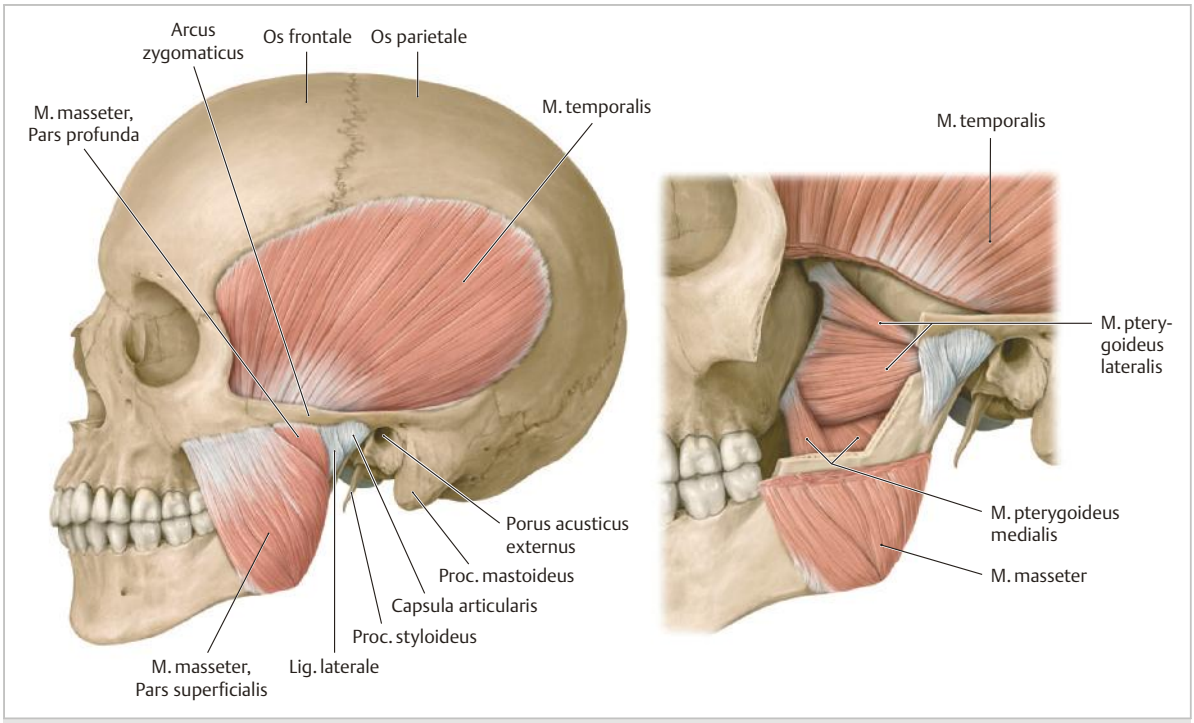


Abb. 21.5 Muskeln des TMG von lateral.

Tab. 21.2 Übersicht über die Mundschließer und -öffner.

	Mundschließer			Mundöffner	
	M. temporalis	M. masseter	M. pterygoideus medialis	M. pterygoideus lateralis	suprahyoidale Muskulatur
U:	Fossa temporalis	Arcus zygomaticus	Fossa pterygoidea	Pars superior: Crista infratemporalis Pars inferior: lateral, Proc. pterygoideus	M. digastricus, Venter ant. M. digastricus, Venter post.: • Mundöffnung • Retrusion bei fix. Hyoid M. mylohyoideus M. geniohyoideus: • Mundöffnung • Mundbodenhebung • Ventralzug Hyoid M. stylohyoideus „Stabilisator“ des Zungenbeins
A:	Proc. coronoideus mandibulae	Angulus mandibulae	medial am Angulus mandibulae	Pars superior: Discus articularis, ventrale Kapsel, Kondylus Pars inferior: Proc. condylaris	
F:	Adduktion und Retrusion des Unterkiefers einseitige Kontraktion: Mahlbewegung	Pars superficialis: Mundschluss Pars profunda: Verbindung zu Kapsel und Diskus	Mundschluss, Mediotrusion bildet Muskelschlinge mit M. masseter und M. temporalis (Mundschließer)	Pars superior: • exzentrische Kontrolle bei Mundschluss Pars inferior: • Mundöffnung • Protrusion • Mediotrusion	

21.1.2 Bewegungen und Biomechanik des TMG

Aus ▶ Abb. 21.6 sind die Bewegungen des Kiefergelenks ersichtlich.

Die Begriffe Abduktion (oder auch Depression) und Adduktion (oder auch Elevation) werden teilweise in der anatomischen Literatur verwendet. In der Praxis sind die Bezeichnungen „Mundöffnung“ („exkursive Bewegung“) bzw. „Mundschluss“ („inkursive Bewegung“) absolut gebräuchlich.

In ▶ Tab. 21.3 sind die Bewegungen des Kiefergelenks detaillierter aufgeführt.

Die Öffnungs- und Schließbewegungen des Kiefergelenks werden in jeweils 3 Phasen unterteilt.

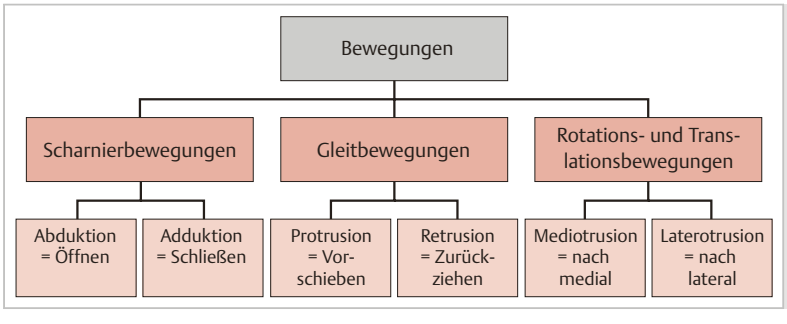


Abb. 21.6 Bewegungen des Kiefergelenks.

Tab. 21.3 Bewegungen des Kiefergelenks.

Bewegung	Ausmaß	Muskeln	Bemerkungen
Abduktion	40–50 mm	• M. digastricus M. mylohyoideus und das Platysma (alle bei fixiertem Os hyoideum) • M. geniohyoideus, M. pterygoideus lat. pars inf.	
Adduktion		• M. masseter, M. temporalis, M. pterygoideus medialis • M. pterygoideus lat. pars sup. (ist als Führungsmuskel für das TMG an allen Bewegungen beteiligt)	
Protrusion	7–10 mm	• M. pterygoideus lat. pars inf.	• Caput mand. und Discus translieren nach ventral mit gegenläufiger Translation untereinander • Flexion des Kopfes und OAA fördern die Protrusion der Mandibula
Retrusion	0–3 mm	• M. temporalis pars posterior • M. digastricus	• Bewegungsablauf ist umgekehrt der Protrusion • Extension des Kopfes und der oberen HWS fördern die Retrusion des Unterkiefers
Mediotrusion	ca. 10 mm		• erfolgt automatisch kontralateral bei einer Laterotrusion • Caput und Discus rotieren und translieren nach medio-kaudal-ventral • Discus bleibt relativ stehen, wodurch die Translation in beiden Gelenkteilen wieder gegenläufig ist • Laterotrusion ist immer mit einer Mediotrusion des anderen Gelenks kombiniert
Laterotrusion	ca. 10 mm	• M. masseter, M. temporalis, M. digastricus • M. pterygoideus lateralis pars superior	• Caput und Discus rotieren und translieren nach latero-dorsal-kranial • Translation der Gelenkpartner ist wieder gegenläufig • Latero- und Mediotrusion sind vorrangig für die Kaubewegungen zuständig • das Verhältnis von Laterotrusion zu Mundöffnung sollte ca. 1 zu 4 betragen

Mundöffnung

Initiale Phase (▶ Abb. 21.7):

- Rotation der Mandibula nach posterior (= Translation des Condylus nach anterior/Discus nach dorsal)
- Bewegung in unterer Gelenkkammer
- Spannung im Stratum superius und in ventro-kaudalen Kapselanteilen steigt nur geringfügig an
- M. pterygoideus lateralis pars inferior ist aktiv

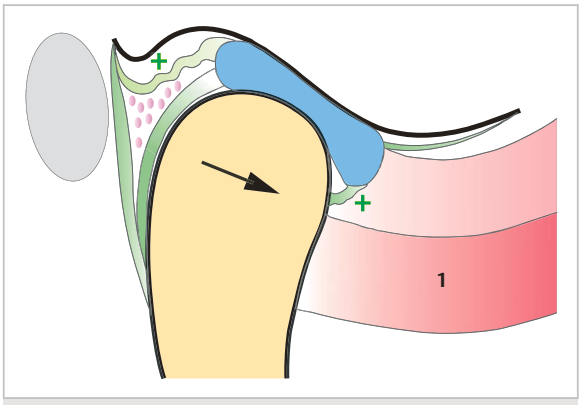


Abb. 21.7 Initiale Phase der Mundöffnung.

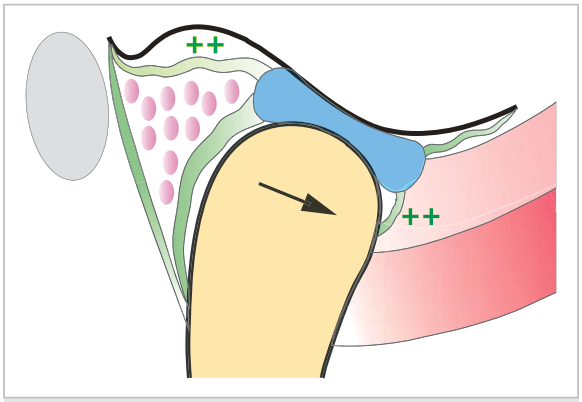


Abb. 21.8 Intermediäre Phase der Mundöffnung.

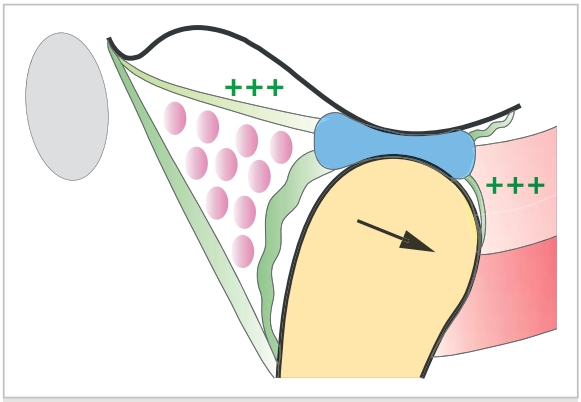


Abb. 21.9 Terminale Phase der Mundöffnung.

Intermediäre Phase (▶ Abb. 21.8):
- Translation des Caput mandibulae nach ventro-kaudal
- Discus transliert nach ventral zum Tuberculum articulare, aber zum Caput mandibulae relativ nach dorsal
- Bewegung in oberer Gelenkkammer
- Spannung im Stratum superius und in ventro-kaudaler Kapsel steigt
- Genu vasculosum füllt sich durch Unterdruck mit Blut

Terminale Phase (▶ Abb. 21.9):
- Caput mandibulae rotiert weiter, fixierter Discus transliert relativ nach dorsal
- Bewegung hauptsächlich in oberer Gelenkkammer
- max. Spannung im Stratum superius und in ventro-kaudalen Kapselanteilen
- Stratum inferius und ventro-kraniale Kapselanteile maximal entspannt

Mundschluss

Initiale Phase (▶ Abb. 21.10):
- Caput mandibulae rotiert nach anterior (= Translation nach posterior)
- elastisches Stratum superius holt Discus nach dorsal
- M. pterygoideus lateralis pars superior kontrolliert Dorsalbewegung des Condylus/Discus exzentrisch

Intermediäre Phase (▶ Abb. 21.11):
- Translation des Caput nach postero-kranial
- hintere, obere elastische und untere kollagene Fasern ziehen den Discus articularis gleichfalls nach posterior
- Spannung im Stratum superius und ventro-kaudaler Kapsel nimmt ab, während sie im Stratum inferius und ventro-kranialer Kaspel wieder zunimmt
- Genu vasculosum: bei langfristiger Mundöffnung kann hier ein Schmerz entstehen

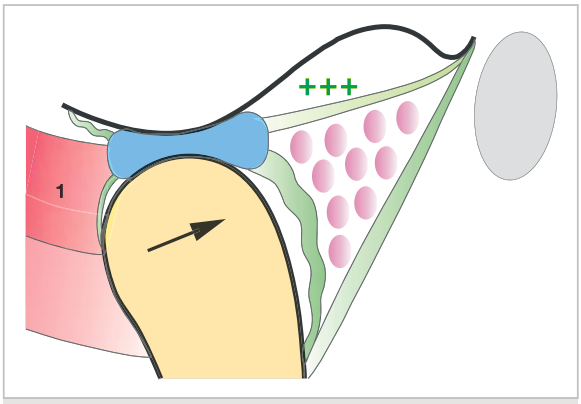


Abb. 21.10 Initiale Phase der Mundschließung.

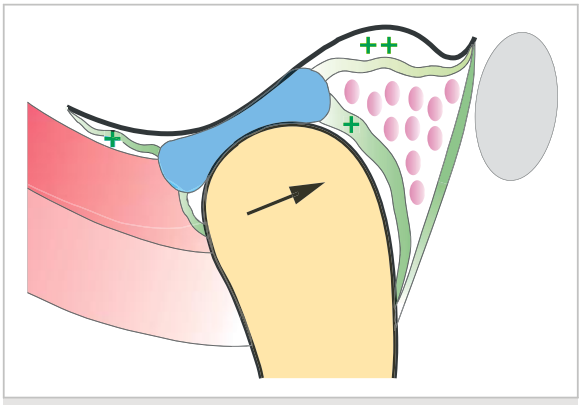


Abb. 21.11 Intermediäre Phase der Mundschließung.

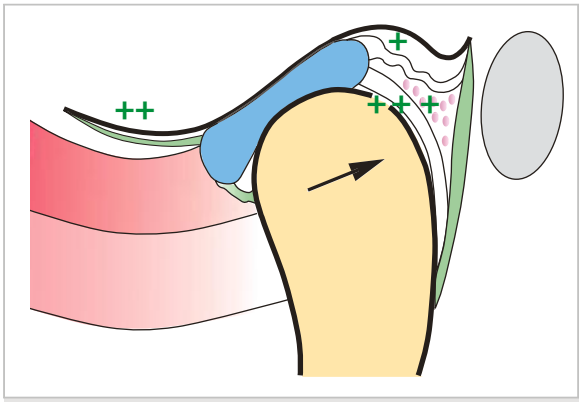


Abb. 21.12 Terminale Phase der Mundschließung.

Terminale Phase (▶ Abb. 21.12):
- Caput mandibulae rotiert in seine Endposition
- Stratum inferius stabilisiert Discus auf dem Condylus
- Spannung in den anderen Strukturen nimmt wieder ab

Stellungen des TMG

Okklusion:
- jeder Zahnkontakt zwischen Zähnen des Ober- und Unterkiefers:
  - statische Okklusion: Zahnkontakte ohne Bewegung des Unterkiefers
  - dynamische Okklusion: alle bei Bewegungen des Unterkiefers auftretenden Zahnkontakte
- Kondylenpositionen:
  - zentrische Kondylenposition:
    - kranio-ventrale, nicht seitenverschobene Position beider Kondylen bei physiologischer Condylus-Discus-Relation und physiologischer Belastung der beteiligten Gewebe
    - okklusionsunabhängig in Ruheschwebelage
  - habituelle Kondylenposition:
    - gewohnheitsmäßig eingenommene Position
  - therapeutische Kondylenposition:
    - vom Therapeuten festgelegt für therapeutische Zwecke (z. B. Entlastung Discus-Condylus-Komplex, bilaminäre Zone)
- Ruhestellung entspricht der Ruheschwebelage:
  - Lippen geschlossen, jedoch kein Zahnkontakt (ohne Okklusion)
- Kapselmuster: wird nicht beschrieben

Klinischer Bezug

Eine langfristige Dysfunktion des OAA-Komplexes kann Gesichtsasymmetrien verursachen.

21.1.3 Ursachen und Symptome von Kiefergelenksdysfunktionen

Ursachen:
- Fehlhaltungen der HWS (z. B. Antero-Position des Kopfes)
- mechanische Traumen (Gewalt, Zahnarzt, Schleudertrauma) mit Diskusschäden
- kapsuläre Entzündungen
- ligamentäre Läsionen
- Insertionstendopathien
- Muskelungleichgewichte
- Rheumatoidarthritis
- Arthrosen

Symptome:
- Gelenkknacken (Discus articularis, Lig. laterale, Adhäsionen, ▶ Abb. 21.13)
- Reibegeräusche
- Knirschen (Bruxismus)
- Pressen
- Hypermobilität
- Retrusionsposition der Mandibula
- Wirbelsäulenschmerz
- Schulter-/Schultergürtelschmerz
- Ohraffektionen, wie Tinnitus und Gleichgewichtsprobleme, Ohrenschmerzen
- subjektives Empfinden im Mundinnen- und Rachenraum
- Zahnschmerzen, Impressionen auf der Zunge, Schluckbeschwerden, Globusgefühl
- Kopf-, Gesichts- und Nackenschmerzen
- Abrasionen, Zahnlockerung, Pulpitis, schmerzhafte Mundschließer/(kurze) Nackenextensoren

Einflüsse aus entfernteren Körperabschnitten:
- wissenschaftlich schwer nachweisbar, klinisch aber durchaus relevant:
  - positiver Flexionstest im Stand
  - mit/ohne Okklusion testen
  - Ilium behandeln – bei Besserung handelt es sich um eine aufsteigende Kette
  - mastikatorisches System behandeln – bei Besserung handelt es sich um eine absteigende Kette

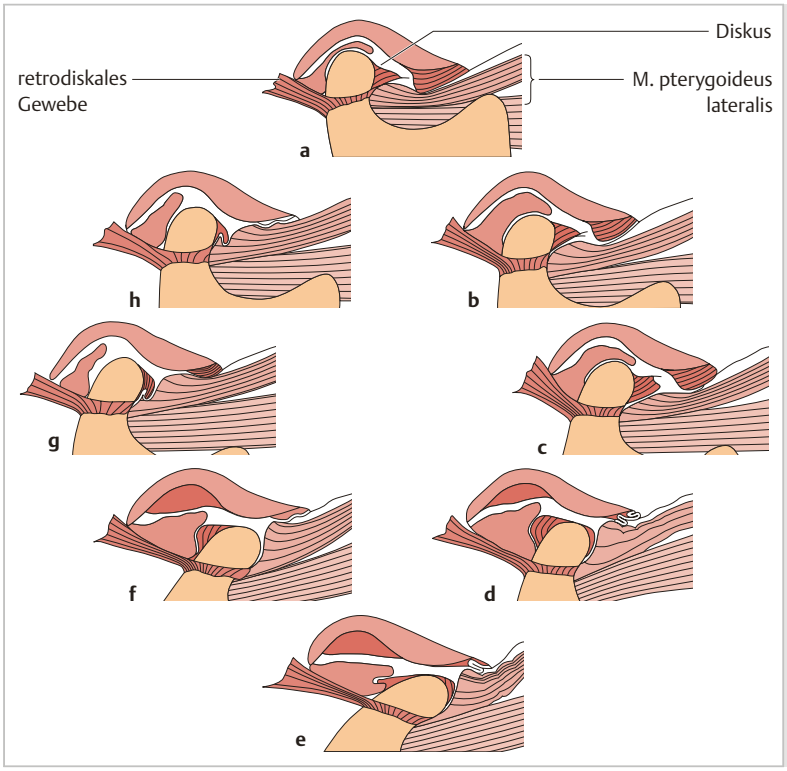


Abb. 21.13 Häufige Ursache für Knackgeräusche, hier exkursives intermediäres und inkursives terminales Knacken aufgrund einer Diskusvorverlagerung mit Reposition.

21.2 Praxis

21.2.1 Untersuchung

Anamnese

Der Patient schildert seine Problematik. Der Therapeut beobachtet ihn und stellt ergänzende Fragen, die sich wieder an dem Grundfrageschema orientieren (seit wann, wo und wie zeigen sich die Beschwerden?) und somit Informationen bringen über:

- Zeitraum
- Ort
- Art der Beschwerden

Bestehen weitere Beschwerden, die auf mögliche Verkettungen anhand einer entsprechenden Vorgeschichte hinweisen?

- Herz und Lungen (internistisch)
- HWS (orthopädisch)
- HNO-Bereich
- vor kurzem zahnärztliche Behandlung

Darüber hinaus können folgende Fragen das Problem eingrenzen:

- Gab es außergewöhnliche Belastungen (z. B. Nüsse gegessen)?
- Gab es einen Unfall (z. B. Schleudertrauma)?
- Welche Therapien wurden bisher durchgeführt?
- Welche Medikamente nimmt der Patient ein?
- Gibt es Röntgenbilder?
- Hatte der Patient in der Vergangenheit Kieferprobleme (Gebiss, Zahnverlust)?
- Spielt der Patient ein Musikinstrument?
- Gibt es psychischen Stress?

Inspektion

Der Therapeut achtet schon während des Gesprächs auf Abweichungen, wie:

- Bewegungsamplituden (mit evtl. Deviationen bzw. Deflexionen)
- Hyper- oder Hypomobilität

Aufgrund des funktionellen Zusammenhangs der HWS, des Schultergürtels und des Kiefergelenks achtet der Therapeut auf evtl. Fehlstellungen.

Weitere Beobachtungspunkte können sein:

- Kieferasymmetrie (Läsion posterior oder anterior)
- Gesichtsskoliose
- Muskeltonus, evtl. emotional bedingt (z. B. Hypertrophie des M. masseter)
- Narben (sie können asymmetrischen Zug auf den Kiefer ausüben)
- Zahnprothesen

- Zunge (Schwellung, Spiegelbild von Organerkrankungen)
- Abrasionen an den Zähnen
- Schwellungen

Palpation

Bei der Palpation achtet der Therapeut auf:
- Hauttemperatur
- Konsistenzunterschiede bei Schwellungen
- Tonus der Muskulatur im Seitenvergleich
- Prominenz der Kieferknochen
- abnormale ossäre Strukturen
- mandibuläre und klavikuläre Lymphknoten
- Lipome

Palpation folgender Punkte:
- Condylus
- orientiert am Gelenk: anterior des Condylus, auf Höhe des Condylus, retrokondylär
- Muskulatur: M. masseter, M. temporalis, M. pterygoideus medialis, suprahyoidale Muskulatur (Mundboden, M. digastricus)

Funktionsprüfung

Aktive Bewegungsprüfung

Aktive Mundöffnung, Mundschluss, Protrusion, Retrusion, Laterotrusion

Beurteilt werden die aktiv ausgeführten Bewegungen des Patienten (▶ Abb. 21.14):
- Symmetrie
- gleichmäßige Bewegung
- Bewegungsamplitude
- ist die Bewegung mit Reibe- oder Knackgeräuschen verbunden
- bei gleichzeitiger Palpation kann Reiben und Knacken auch taktil erfasst werden

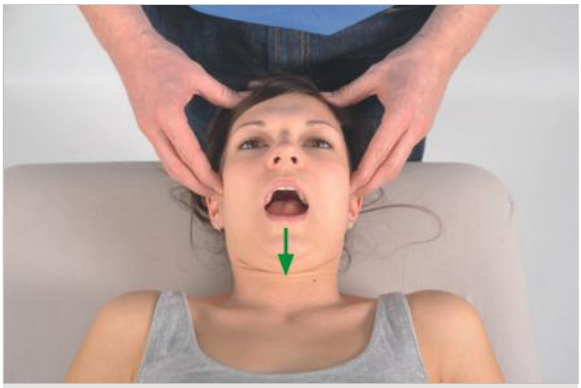


Abb. 21.14 Palpation während Mundöffnung.

Passive Bewegungsprüfung

- Die Mandibula wird erst aktiv endgradig geöffnet
- dann erweitert der Therapeut das Bewegungsausmaß passiv (▶ Abb. 21.15)

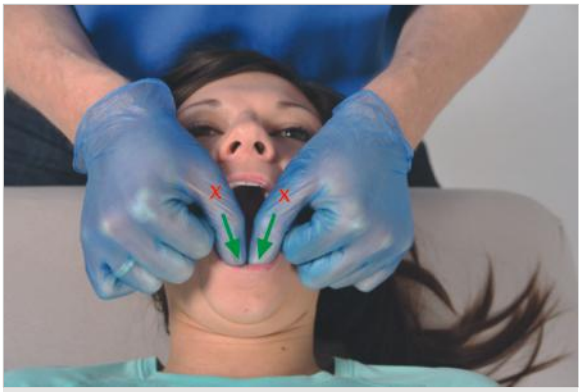


Abb. 21.15 Passive Mundöffnung.

Widerstandstest

Mundschließer

- Patient beißt auf einen Mundspatel, Watterollen oder auch Korkenscheiben
- gleichzeitig können die Mundschließer palpiert werden (▶ Abb. 21.16)



Abb. 21.16 Testung der Mundschließer.

Mundöffner, Laterotrusion, Protrusion

- Patient wird in der jeweiligen Stellung vorpositioniert und spannt dann aktiv gegen den Widerstand des Therapeuten an
- beurteilt werden gleichmäßige Kontraktion und Schmerz

Mundöffner

- Mundöffnung kann in verschiedenen Stellungen (weniger, mehr Mundöffnung, mit Protrusion) vorpositioniert werden
- dann Mundöffner gegen Widerstand des Therapeuten isometrisch aktivieren (▶ Abb. 21.17)
- beurteilt werden Kraft, gleichmäßige Kontraktion und Schmerz.

Bilaminäre Zone

Beurteilt wird jeweils Schmerz und Endgefühl.

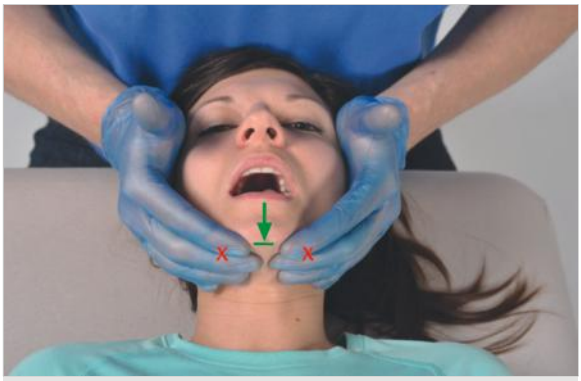


Abb. 21.17 Isometrischer Test der Mundöffner.

Dorsale Kompression

▶ Abb. 21.18

- linke Hand schiebt Richtung rechtes TMG
- rechte Hand stabilisiert Kopf und palpiert ankommende Bewegung im Gelenk
- bei gesundem Gelenk nicht schmerzhaft

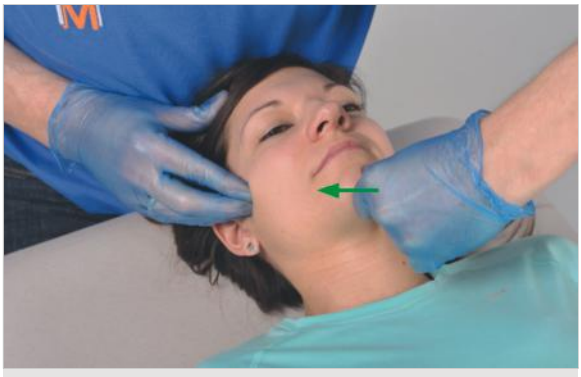


Abb. 21.18 Dorsale Kompression der bilaminären Zone.

Dorso-kraniale Kompression

▶ Abb. 21.19
- linke Hand schiebt in Richtung rechtes TMG
- rechte Hand stabilisiert den Kopf und appliziert zusätzlich mit den Fingern eine Kompression nach kranial

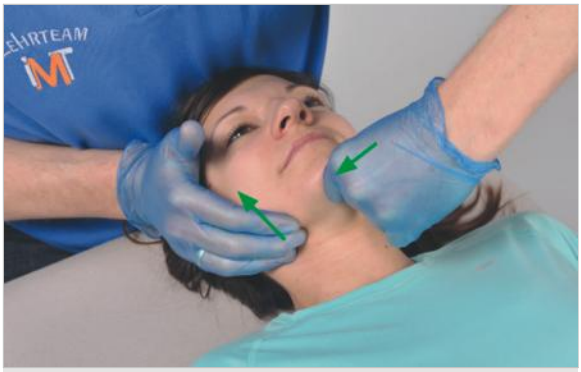


Abb. 21.19 Dorso-kraniale Kompression.

Dorso-laterale Kompression

▶ Abb. 21.20
- erst aktive Laterotrusion, dann siehe „dorsale Kompression“
- dorso-laterale Gelenkanteile werden belastet

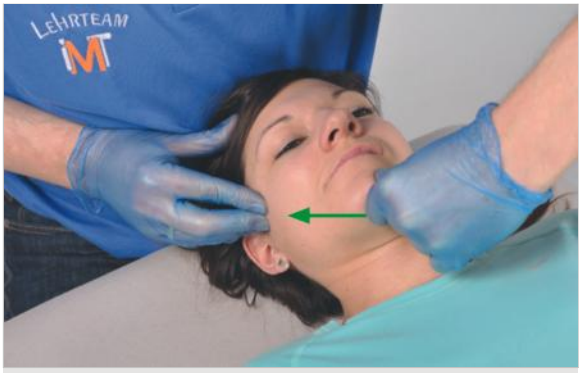


Abb. 21.20 Dorso-laterale Kompression rechts.

Translatorische Tests

Beurteilt werden hier jeweils Beweglichkeit, Endgefühl und Schmerz

Translation nach lateral

▶ Abb. 21.21
- Griff intraoral von medial unterer Molarbereich rechts
- Schub nach lateral
- rechte Hand palpiert Bewegung am Condylus

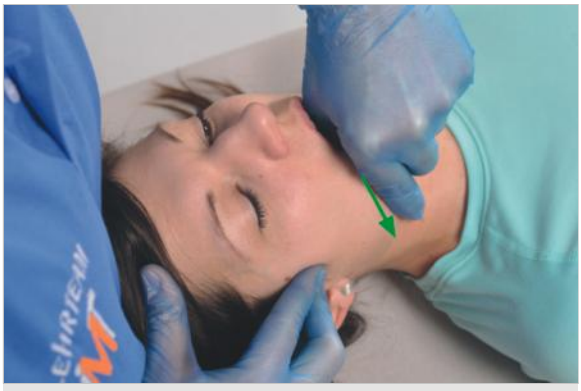


Abb. 21.21 Translation nach lateral.

Translation nach medial

▶ Abb. 21.22
- linke Hand stabilisiert den Kopf
- Schub nach medial über rechten Daumen

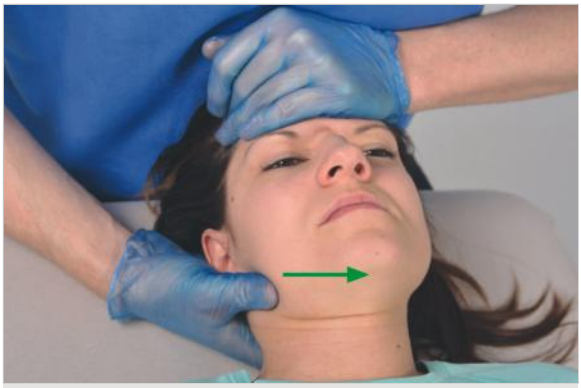


Abb. 21.22 Translation nach medial.

Traktion nach ventral

▶ Abb. 21.23
- nach aktiver Protrusion Zug nach ventral durch linke Hand
- rechte Hand palpiert im Gelenkspalt
- Kopf ist durch Bauch fixiert



Abb. 21.23 Traktion nach ventral.

Traktion nach kaudal

▶ Abb. 21.24
- kranial stehender Therapeut positioniert beide Daumenendglieder im mandibulären Molarbereich
- Endgelenke der Daumen bilden mit den maxillären Zähnen ein Hypomochlion
- Therapeut lehnt sich nach hinten und appliziert so bilaterale Traktion

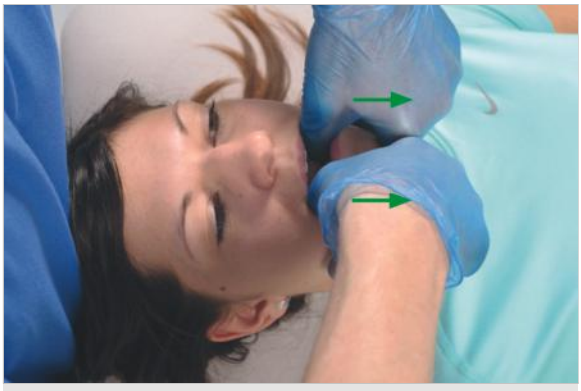


Abb. 21.24 Traktion nach kaudal.

Untersuchung der Gelenkflächen

Aktive Protrusion

(▶ Abb. 21.25)
- Patient führt maximale Bewegung aus
- Beurteilung: Kondylenbewegung, Reibegeräusche, Schmerz



Abb. 21.25 Aktive Protrusion.

Anschließend Mundöffnung aus maximaler Protrusionsstellung (▶ Abb. 21.26)

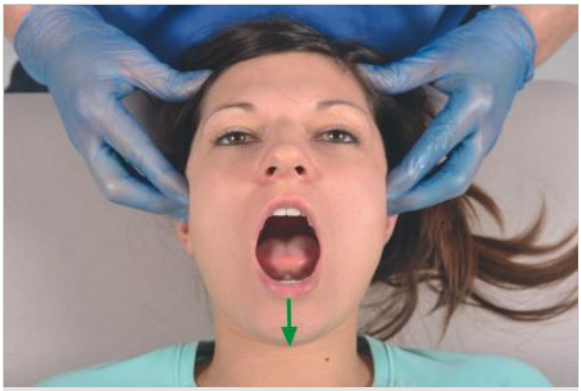


Abb. 21.26 Mundöffnung aus maximaler Protrusion.

Dynamische Kompression während Protrusion und Mundöffnung

▶ Abb. 21.27
- Protrusion: Translation obere Gelenkkammer
- Öffnung: Rotation untere Gelenkkammer

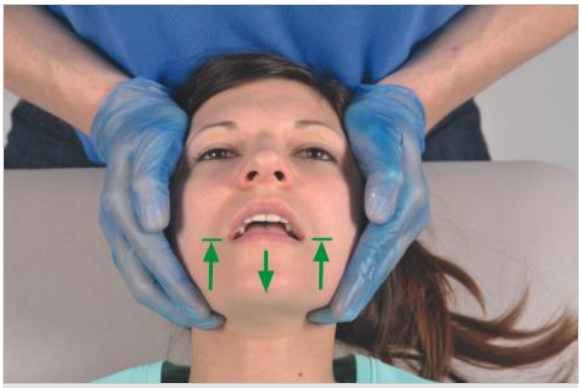


Abb. 21.27 Dynamische Kompression während Protrusion und Mundöffnung.

21.2.2 Behandlung

Hier können die Testgriffe als Behandlungsgriffe eingesetzt werden:
- Bei schmerzhafter Palpation der Muskulatur kann diese zur Durchblutungsverbesserung und Schmerzlinderung mit denselben Griffen friktioniert werden.
- Bei Schmerzen in der bilaminären Zone kann entlastende Traktion entgegen dem entsprechenden Belastungsvektor appliziert werden.
- Bei Einschränkungen der Translationen werden diese mit den Testgriffen mobilisiert.

22 Schulter- und Schultergürtelkomplex

Thomas Brucha

Im nachfolgenden Kapitel werden einige erforderliche Aspekte der Gelenkanatomie, der Bewegungslehre und der Bewegungsuntersuchung erörtert. Diese Inhalte sollen dem Verständnis der verschiedensten Befund- und Behandlungstechniken dienen.

22.1 Theorie

22.1.1 Übersicht

Die Schulter und der Schultergürtel (▶ Abb. 22.1) sind mit die wichtigsten Signalgeber in der Manuellen Therapie. Fast jede Läsion im Körpersystem zeigt sich mit dem Faktor Zeit durch Beschwerden in dieser Region. Vor allem der Thorax, die Halswirbelsäule, der subdiaphragmale Bereich oder Traumen sind kausale Ausgangspunkte.

Klinischer Bezug

Die Untersuchung einer Schulterproblematik sollte nicht nur an der Schulter oder dem Schultergürtel stattfinden, sondern auch die benachbarten funktionell verbundenen Gelenkregionen mit einbeziehen.

Im Schulter- und Schultergürtelkomplex nimmt die Skapula eine herausragende Stellung ein. Die Skapula ist, bedingt durch die Spina scapulae, eine T-Träger-Konstruktion, mit der sie ihre Stabilität gegenüber ansetzenden Muskelkräften erhöht (Habermeyer 2002). Ihre positionelle Verschieblichkeit auf dem Thorax führt zur Ausrichtung der Cavitas glenoidales und ist somit die Basis einer jeden Armbewegung. Mit einer komplizierten muskulären Fixierung an der Thoraxwand bietet die Skapula eine mobile und stabile Plattform für die Führungsmuskulatur des Glenohumeralgelenks, um die volle biomechanische Funktion der Schulterregion zu gewährleisten. Dies wiederum zeigt die starke funktionelle und pathofunktionelle Verkettung mit der gesamten Wirbelsäule und der Thorakalregion. Viele Autoren (Meurer et al. 2004, Kibler 1998, Wang et al. 1999, Voight u. Thomson 2000) sehen hier die kausalen Zusammenhänge für Beschwerden des Schulter- und Schultergürtelkomplexes.

Merke

Fokussiere Schulter-/Schultergürtelpathologien im Zusammenhang mit der Funktionalität der Wirbelsäule.

Bei entspannt hängendem Arm bildet die Skapula von kranial betrachtet mit der Frontalebene einen nach latero-ventral offenen Winkel von etwa 30° (Hauser-Bischof 2002, Kapandji 1992). Des Weiteren ist in dieser Ebene ein Winkel von 60° zu erkennen, den die Skapula zusammen mit der Clavicula einnimmt (▶ Abb. 22.2).

Die Margo medialis liegt weitgehend parallel zur Dornfortsatzreihe in einem Abstand von 5–6 cm. Sie liegt in kranio-kaudaler Richtung zwischen der 2. und 7. Rippe, was dem Dornfortsatz des 1. Brustwirbels und des 7. bzw. 8. Brustwirbels entspricht (▶ Abb. 22.3).

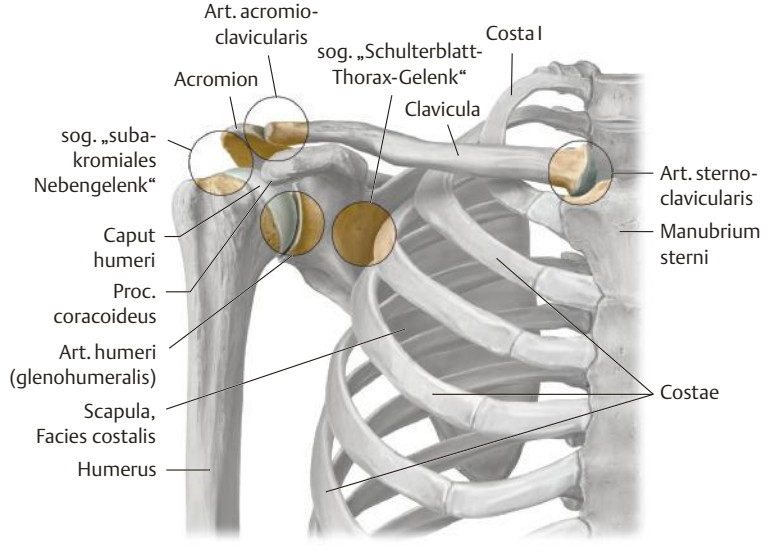


Abb. 22.1 Schulter- und Schultergürtelkomplex von ventral.

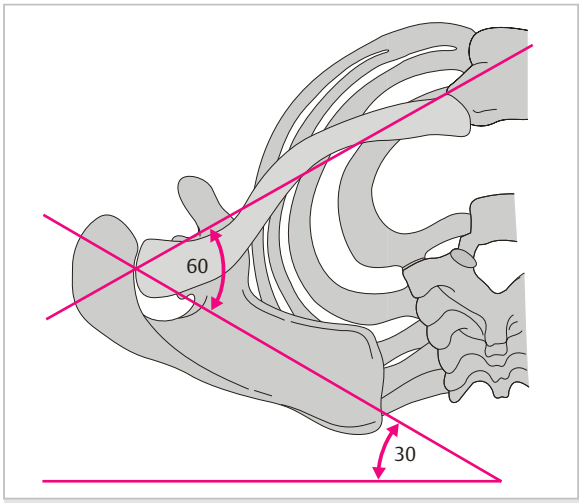


Abb. 22.2 Skapulaposition von kranial.

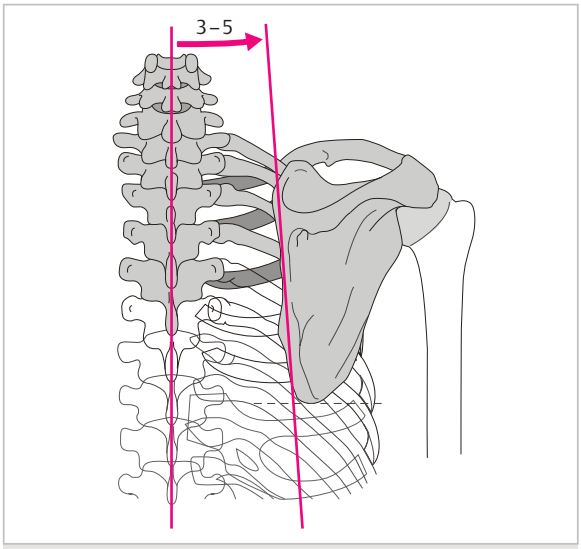


Abb. 22.3 Skapulaposition zur Wirbelsäule von dorsal.

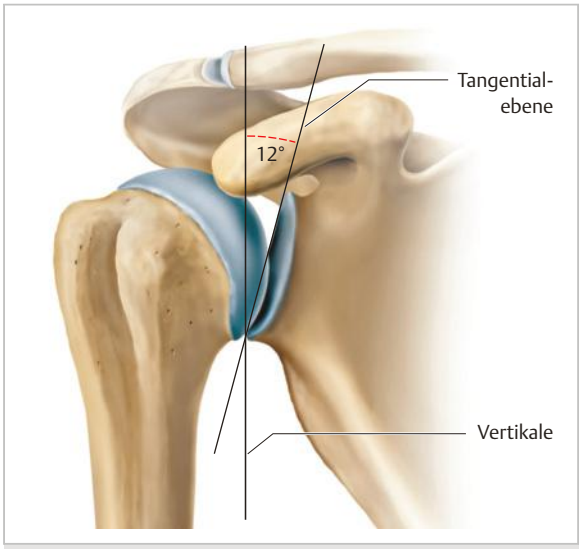


Abb. 22.4 Ausrichtung der Cavitas glenoidalis in der Frontalebene.

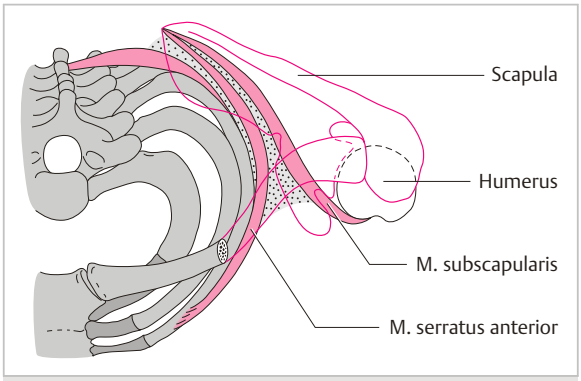


Abb. 22.5 Skapulothorakales Gleitlager von kranial.

Um sich gegen die Schwerkraft verteidigen zu können und um den Humeruskopf ohne zusätzliche Muskelkraft im Gelenk zentriert zu halten, sollte die Cavitas leicht nach kranial gekippt sein (Gohlke u. Hedtmann 2002) (▶ Abb. 22.4).

Einige Autoren vertreten unterschiedliche Meinungen bezüglich der Ausrichtung der Cavitas glenoidalis in der Ruheposition. Diese reichen von einem nach kaudal offenen Winkel von 22° bis zu einem nach kranial offenen Winkel von 12° (Gohlke u. Hedtmann 2002). In der Sagittalperspektive ist das Schulterblatt - gegenüber einer gedachten Lotlinie - im Schnitt 12° nach ventral gekippt. Diese Neigung entspricht in etwa der physiologischen Thoraxkyphose.

22.1.2 Skapulothorakales Gleitlager

Das skapulothorakale Gleitlager wird in 2 Gleitspalten eingeteilt (▶ Abb. 22.5):

- Gleitraum zwischen M. subscapularis und M. serratus anterior (Spalte ist lateral offen)
- Gleitraum zwischen M. serratus anterior und der Thoraxfaszie (Spalte ist medial offen)

Klinischer Bezug

Der N. thoracicus longus, nervaler Versorger des M. serratus anterior, kann durch schwere Schulterlasten oder im Zuge axillärer Lymphknotenentnahme geschädigt werden. Dies führt zur Scapula alata.

Bewegungen der Skapula auf dem Thorax

Folgende Bewegungen der Skapula sind zu unterscheiden (▶ Tab. 22.1 u. ▶ Abb. 22.6):

In der Sagittalperspektive ist eine weitere Bewegung der Skapula zu sehen. Es sind die Kippbewegungen um eine frontotransversale Achse. Sie werden als anterior tilt und posterior tilt bezeichnet (▶ Abb. 22.7). Eine Anterior-tilt-Bewegung entsteht bei einer Retroversion des Armes. Eine Posterior-tilt-Bewegung entsteht bei einer Anteversion und/oder Abduktion des Armes. 150° Abduktion in der Skapulaebene führen zu 9° Posterior-tilt-Bewegung (Fung et al. 2001).

Tab. 22.1 Bewegungen der Skapula.

Bewegungsrichtungen	Bewegungsrichtungen	Merkmale
Außenrotation (Angulus inferior schwenkt nach lateral)	Innenrotation (Angulus inferior schwenkt nach medial)	• Bewegungen erfolgen um eine sagittale Achse, welche etwas unterhalb der Spina scapulae liegt • Schwenkvermögen der Außenrotation liegt bei ca. 60° (Sahrmann 2001) • Angulus inferior legt einen Weg von ca. 10 cm nach lateral zurück, Angulus superior nur ein Viertel davon nach mediokaudal • Außenrotation ist die wichtigste Bewegung der Skapula, sie findet sowohl bei Abduktion als auch bei Flexion des Armes statt
▶ Abb. 22.6a		
Abduktion (Margo medialis entfernt sich von der Wirbelsäule)	Adduktion (Margo medialis nähert sich der Wirbelsäule an)	• darunter versteht man das Gleiten nach ventro-lateral bzw. nach dorso-medial • Bewegungsausschlag der Abduktion liegt bei ca. 15 cm • ventro-laterales Gleiten verkleinert den Winkel zwischen Klavikula und Skapula um ca. 10° • dorso-mediales Gleiten vergrößert den Winkel zw. Skapula u. Klavikula um ca. 10° • Bewegungen werden durch das Lig. coracoclaviculare gebremst
▶ Abb. 22.6b		
Elevation (Skapula transliert nach kranial)	Depression (Skapula transliert nach kaudal)	• Kranialverschiebung beträgt ca. 10 cm • Kaudalverschiebung ist nur ca. 3 cm möglich
▶ Abb. 22.6c		

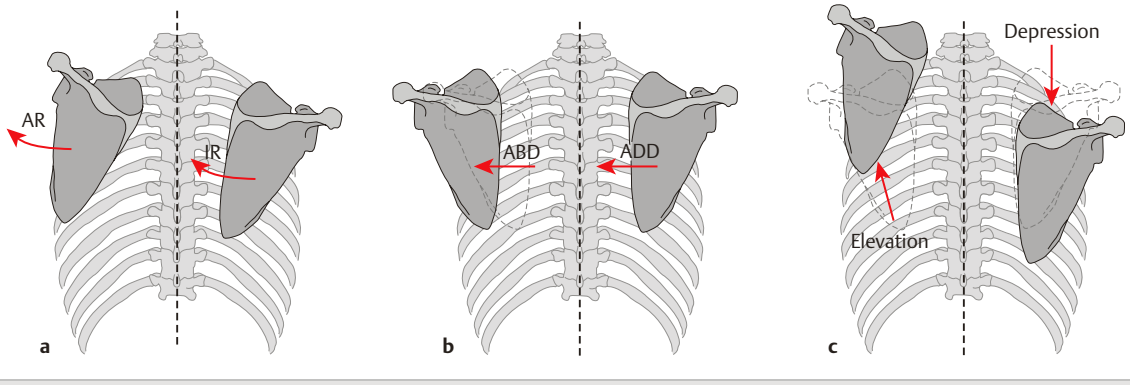


Abb. 22.6 Skapulabewegungen.
a Außenrotation und Innenrotation der Skapula
b Abduktion und Adduktion der Skapula.
c Elevation und Depression der Skapula.

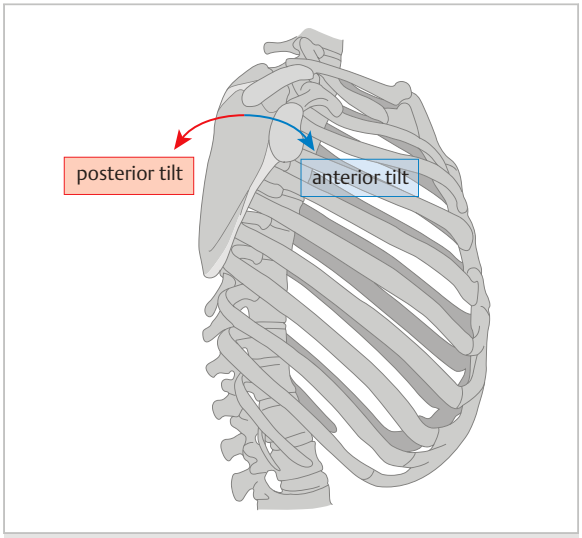


Abb. 22.7 Anterior-tilt- und Posterior-tilt-Bewegung.

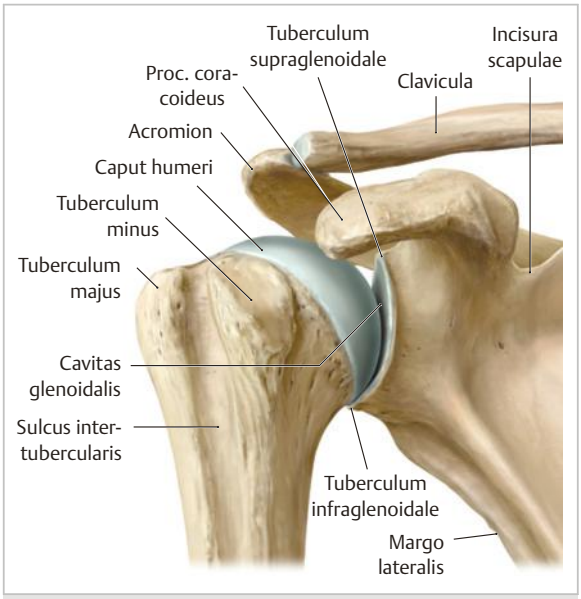


Abb. 22.8 Art. humeri von ventral.

Klinischer Bezug

Die häufig eingeschränkten Bewegungen der Anteversion und Abduktion lassen einen deutlichen Zusammenhang zwischen der eingeschränkten Posterior-tilt-Bewegung und der verstärkten Kyphose der Brustwirbelsäule herstellen.

22.1.3 Articulatio humeri

Der Humeruskopf stellt ⅓ einer Kugeloberfläche (▶ Abb. 22.8) dar und ist längsoval. Er weist im Verhältnis zur Epicondylenachse eine Torsion von etwa 60° bei Neugeborenen und von etwa 16° am Wachstumsende nach posterior auf.

Die Gelenkfläche des Caput humeri, dessen räumliche Ausrichtung nach medio-kranial und dorsal ist, ist ca. 4-mal so groß wie die Gelenkfläche der Cavitas glenoidalis. Der Knorpel des Humeruskopfs hat seine dickste Stelle im Bereich seiner distalen Kontaktfläche in der 0-Stellung mit ca. 2 mm (Putz 1986).

Die ebenfalls längsovale Cavitas glenoidalis, deren räumliche Ausrichtung nach latero-kranial und ventral ist, besitzt einen Faserknorpelring. Dieser ist nicht nur als Vergrößerung der Gelenkfläche zu betrachten, sondern er funktioniert auch als Widerlager bei erhöhtem Gelenkdruck, um die beträchtlichen Querdehnungen des Gelenkknorpels aufzufangen (Putz 1986). Die Knorpeldicke der Gelenkpfanne wird vom Zentrum zu den Rändern hin deutlich stärker.

Fazit

Eine Bankart-Läsion, eine Traumatisierung des Faserknorpelrings, beeinträchtigt in erheblichem Maße die Schulterfunktionalität und Schulterstabilität.

In ▶ Tab. 22.2 sind die wichtigsten Merkmale der Art. humeri zusammengefasst.

Tab. 22.2 Merkmale der Art. humeri.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade/Behandlungsebene							Konvex-Konkav-Regel
Skapula: konkave Facies glenoidalis Humerus: konvexes Caput humeri	Kugelgelenk (unverändert ovoid)	sagittale Ebene Extension/Flexion		frontale Ebene Abduktion/Adduktion		transversale Ebene Innenrotation/Außenrotation		Behandlungsebene	• Punctum mobile = Humerus • Extension/Flexion = Konvexregel • Abduktion/Adduktion = Konvexregel • Innenrotation/Außenrotation = Konvexregel
		um frontotransversale Achse	durch Caput humeri	um sagittotransversale Achse	durch Caput humeri	um frontosagittale Achse	durch Caput humeri	liegt auf der Cavitas glenoidalis und ist nach latero-ventral-kranial ausgerichtet	

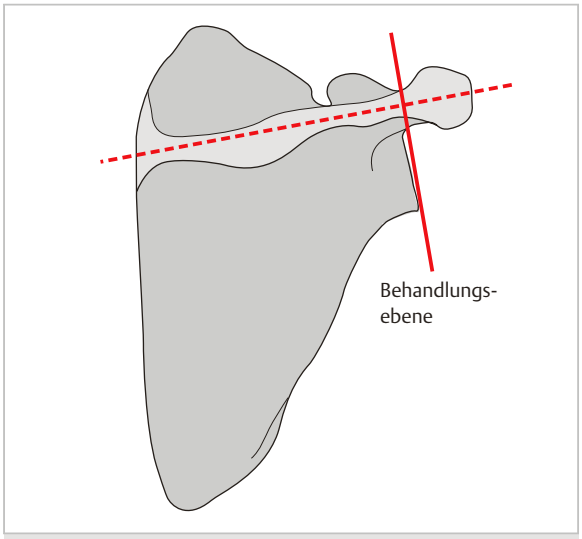


Abb. 22.9 Ausrichtung der Spina scapulae und Cavitas glenoidalis von dorsal.

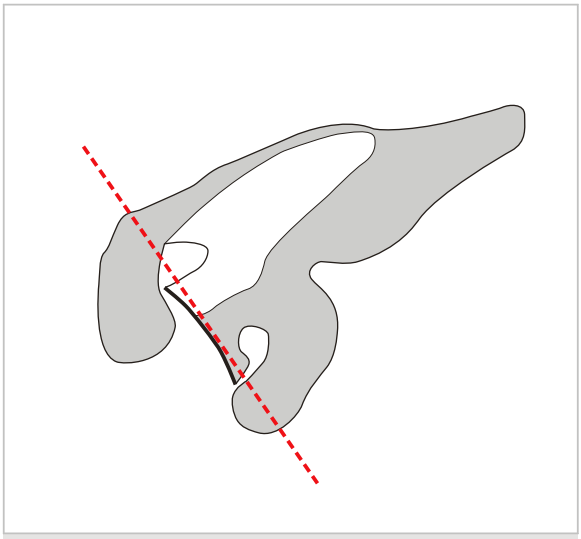


Abb. 22.10 Ausrichtung der Akromiokorakoidallinie und der Cavitas glenoidalis von kranial.

Gelenkflächenausrichtungen der Art. humeri

Mit der Hilfe knöcherner Referenzen ist man annähernd in der Lage, die Behandlungsebene zu bestimmen. Die Cavitas glenoidalis liegt im Winkel von ca. 90° zur Spina scapulae, was die Ausrichtung nach kranial zeigt (▶ Abb. 22.9).

Die Akromiokorakoidallinie zwischen dem hinteren Akromioneck und der Spitze des Proc. coracoideus liegt nahezu parallel zur Cavitas glenoidalis, was die Ausrichtung nach ventral zeigt (▶ Abb. 22.10).

Praxistipp

Hinteres Akromioneck, Proc. coracoideus und Spina scapulae sind gut zu palpierende knöcherne Referenzen, mit denen man die Ausrichtung der Cavitas glenoidalis und damit der Behandlungsebene bestimmen kann.

Bänder und Kapsel der Art. humeri

Die sehr bewegliche Gelenkkapsel besitzt einen Recessus axillaris. Sie weist anterior verstärkte Faserzüge auf, die Ligg. glenohumeralia superius, mediale und inferius. Kranial liegt das Lig. coracoacromiale, welches an seiner Unterseite mit einem Knorpelüberzug versehen ist. Dieser Knorpelüberzug könnte zusätzlich ein Gleitlager für das Schultergelenk darstellen (▶ Abb. 22.11).

In ▶ Tab. 22.3 sind die wichtigsten Bänder der Art. humeri zusammengefasst.

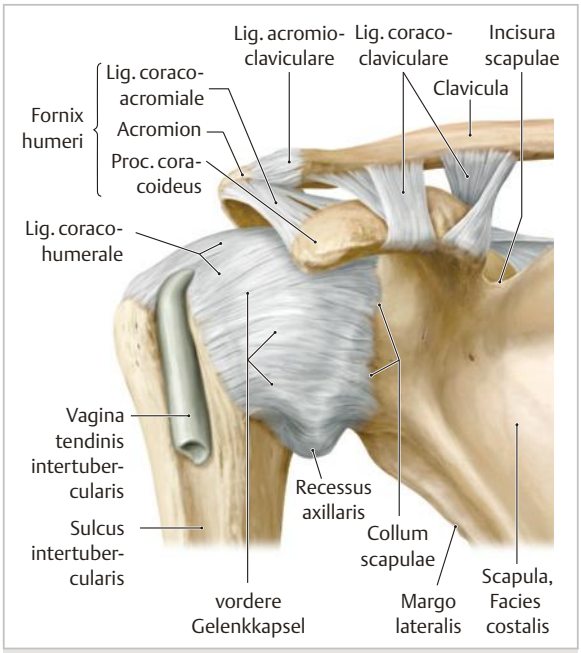


Abb. 22.11 Bänder und Gelenkkapsel der Art. humeri von ventral.

Tab. 22.3 Bänder der Art. humeri.

	Ligg. glenohumeralia	Lig. coracohumerale
Ursprung	Tuberculum supraglenoidale, Vorderrand des Glenoids mit einem superioren, medialen, inferioren Anteil	Basis des Processus coracoideus mit einem vorderen und hinteren Anteil
Ansatz	Tuberculum majus et minus	vorderer Anteil Tuberculum minus hinterer Anteil Tuberculum majus
Funktion	mediale und inferiore Bandanteile begrenzen die Abduktion alle Anteile begrenzen die Außenrotation	ventrale Anteile begrenzen die Retroversion dorsale Anteile begrenzen die Anteversion
Klinik	Instabilität nach ventral	Instabilität nach kaudal

Bewegungen der Art. humeri

Die Art. humeri besitzt einen sehr hohen Bewegungsumfang (▶ Abb. 22.12). Die knöchernen Strukturen schränken diesen Bewegungsumfang kaum ein. Damit ist das glenohumerale Gelenk das beweglichste Gelenk des Menschen. Die extreme Mobilität beherbergt einen hohen Instabilitätsfaktor (Irlenbusch et al. 2000). Die umgebenden Weichteile müssen für statische und dynamische Stabilität sorgen (Bigliani et al. 1996).

Das Schultergelenk ist funktionell ein klassisches Kugelgelenk mit 3 Freiheitsgraden, welches bei bewegtem Humerus der Konvexregel folgt (▶ Tab. 22.4).

22.1.4 Articulatio acromioclavicularis

Das Akromioklavikulargelenk (▶ Abb. 22.13) ist relativ plan in seinen Gelenkflächen. Inkongruenzen werden durch einen unregelmäßig vorkommenden Discus ausgeglichen. In der Manuellen Therapie wird dennoch die Konkavität und Konvexität eindeutig bestimmt.

In ▶ Tab. 22.5 sind die wichtigsten Merkmale der Art. acromioclavicularis zusammengefasst.

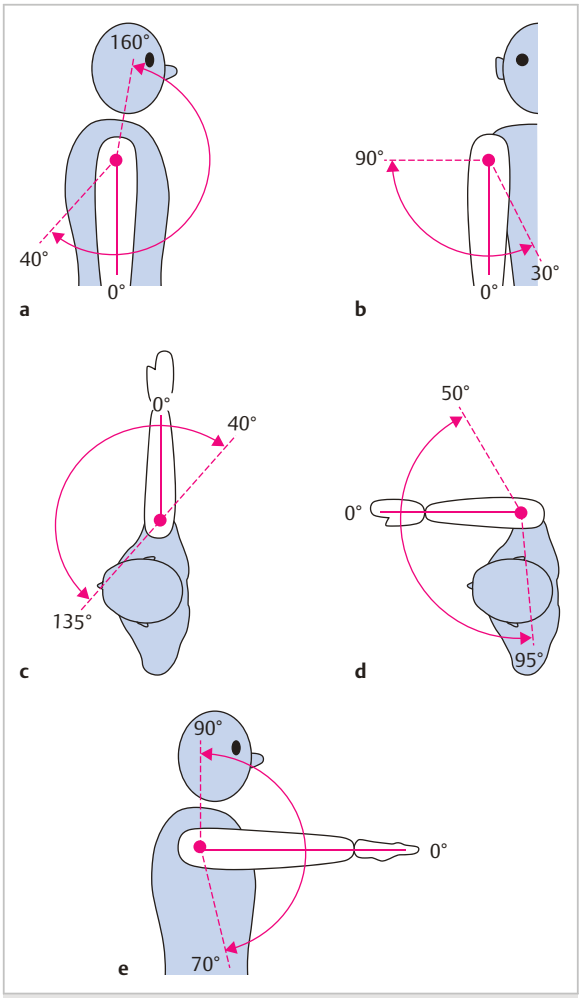


Abb. 22.12 Bewegungen der Art. humeri.
a Retroversion/Anteversion
b Abduktion/Adduktion
c Horizontale Abduktion/Adduktion
d Außenrotation/Innenrotation
e Außenrotation/Innenrotation in 90° Abduktion.

Tab. 22.4 Rollen und Gleiten bei den einzelnen Bewegungen der Art. humeri.

	Retroversion	Anteversion
Abb. 22.12a	Achse: frontotransversal	
	Ebene: Sagittalebene	
	Caput humeri	
	Rollen nach dorso-lateral gegen das Akromion	Rollen nach ventro-medial gegen das Akromion
	Gleiten nach ventro-medial gegen das Akromion	Gleiten nach dorso-lateral gegen das Akromion
	Abduktion	**Adduktion**
▶ Abb. 22.12b	Achse: sagittotransversal	
	Ebene: Frontalebene	
	Caput humeri	
	Rollen nach kranio-medial gegen die Cavitas glenoidalis	Rollen nach kaudo-lateral gegen die Cavitas glenoidalis
	Gleiten nach kaudo-lateral gegen die Cavitas glenoidalis	Gleiten nach kranio-medial gegen die Cavitas glenoidalis
	horizontale Abduktion	**horizontale Adduktion**
▶ Abb. 22.12c	Achse: frontosagittal	
	Ebene: Transversalebene	
	Caput humeri	
	Rollen nach dorso-lateral gegen die Cavitas glenoidalis	Rollen nach ventro-medial gegen die Cavitas glenoidalis
	Gleiten nach ventro-medial gegen die Cavitas glenoidalis	Gleiten nach dorso-lateral gegen die Cavitas glenoidalis
	Außenrotation	**Innenrotation**
▶ Abb. 22.12d	Achse: frontosagittal	
	Ebene: Transversalebene	
	Caput humeri	
	Rollen nach dorso-lateral gegen die Cavitas glenoidalis	Rollen nach ventro-medial gegen die Cavitas glenoidalis
	Gleiten nach ventro-medial gegen die Cavitas glenoidalis	Gleiten nach dorso-lateral gegen die Cavitas glenoidalis
	Außenrotation in 90° Abduktion	**Innenrotation in 90° Abduktion**
▶ Abb. 22.12e	Achse: frontotransversal	
	Ebene: Sagittalebene	
	Caput humeri	
	Rollen nach ventro-medial gegen das Akromion	Rollen nach dorso-lateral gegen das Akromion
	Gleiten nach dorso-lateral gegen das Akromion	Gleiten nach ventro-medial gegen das Akromion
	Außenrotation in 90° Abduktion	Innenrotation in 90° Abduktion

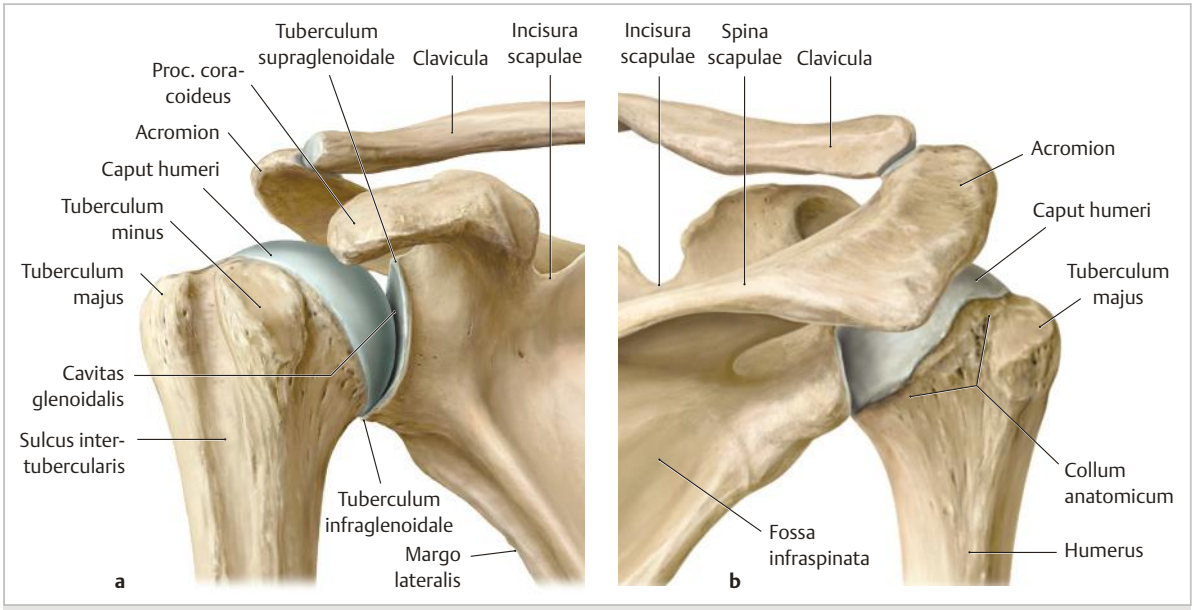


Abb. 22.13 Akromioklavikulargelenk von ventral und dorsal.

Tab. 22.5 Merkmale der Art. acromioclavicularis.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade/Behandlungsebene						
		transversale Ebene Protraktion/Retraktion		frontale Ebene Elevation/Depression		Außenrotation/Innenrotation um eine frontotransversale Achse durch die Längsachse der Klavikula	Behandlungsebene	Konvex-Konkav-Regel
Akromion: konkave Facies articularis clavicularis Klavikula: konvexe Facies articularis acromialis	funktionell ein Kugelgelenk (unverändert ovoid)	um frontosagittale Achse	durch Extremitas acromialis	um sagittotransversale Achse	durch Extremitas acromialis		liegt auf der Facies articularis clavicularis und ist nach medioventral-kranial ausgerichtet	• Punctum mobile = Akromion • Protraktion/Retraktion = Konkav-Regel • Elevation/Depression = Konkav-Regel

Gelenkflächenausrichtungen der Art. acromioclavicularis

Die Gelenkflächenausrichtung ist individuell variabel, was allerdings für die Befundung und Behandlung von Bedeutung ist. In der Frontalebene beschreibt De Palma 3 Typen der Gelenklinie, die von kranio-lateral nach kaudo-medial verläuft.

Eine Gelenklinie, die aus der Vertikalen um

- 10° bis 20°
- 40°
- oder 50° gekippt ist (▶ Abb. 22.14).

Die Gelenklinie aus einer transversalen Perspektive verläuft von ventro-lateral nach dorso-medial (▶ Abb. 22.15).

Bänder der Art. acromioclavicularis

Aufgrund der Gelenkflächenausrichtung haben die Bänder eine enorme Bedeutung für die Gelenkstabilität (▶ Abb. 22.16).

In ▶ Tab. 22.6 sind die wichtigsten Bänder der Art. acromioclavicularis zusammengefasst.

Das Lig. acromioclaviculare superius ist ein kräftiges Band. Der inferiore Teil ist schwächer (Glick 1977, Jerosch et al. 2013). Der M. deltoideus und M. trapezius strahlen mit Fasern in die Gelenkkapsel ein und verstärken diese (Lizaur et al. 1994).

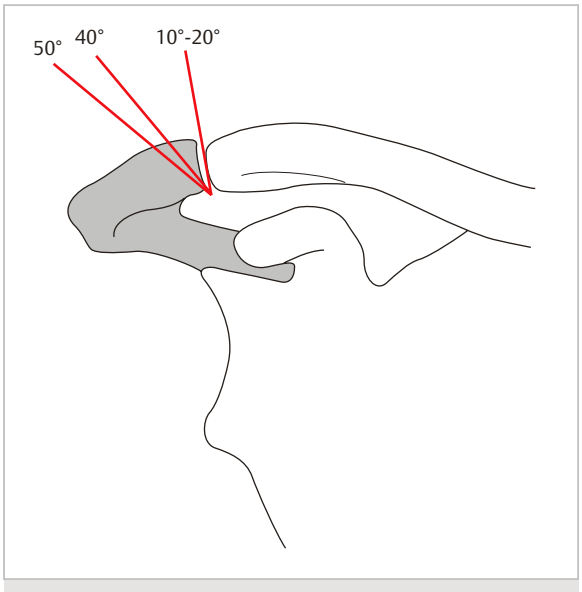


Abb. 22.14 Gelenklinien des Akromioklavikulargelenks von ventral.

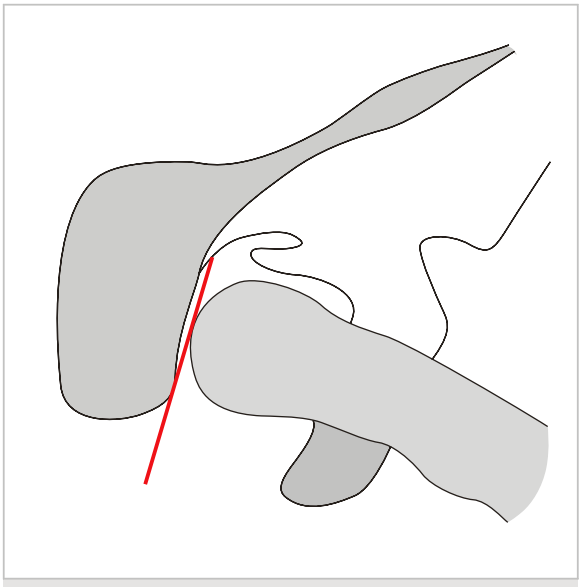


Abb. 22.15 Gelenklinie des Akromioklavikulargelenks von kranial.

Tab. 22.6 Bänder der Art. acromioclavicularis.

	Lig. acromioclaviculare superius et inferius	Lig. coracoclaviculare	
		Lig. conoideum	Lig. trapezoideum
Ursprung	Extremitas acromialis der Klavikula	postero-medial am Processus coracoideus	ventro-medial am Processus coracoideus
Ansatz	Akromion	Tuberculum conoideum	Linea trapezoidea
Funktion	allgemeine Gelenkstabilität	• hemmt die Vergrößerung des skapuloklavikulären Winkels • hemmt die Kranialisierung der Klavikula • hemmt die Innenrotation der Klavikula • hemmt die Außenrotation der Skapula	• hemmt die Verkleinerung des skapuloklavikulären Winkels • hemmt die Kranialisierung der Klavikula • hemmt die Außenrotation der Klavikula
Klinik	Instabilität nach kranio-ventral und kranio-dorsal		

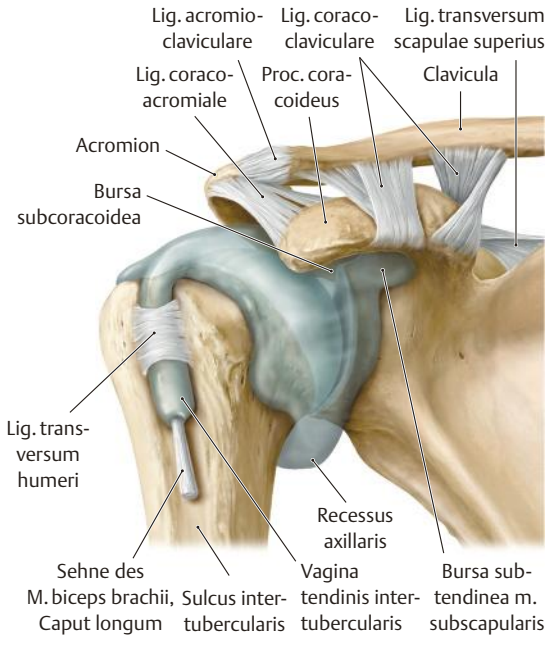


Abb. 22.16 Bänder des Akromioklavikulargelenks von ventral.

Klinischer Bezug

Die Arthrose des Akromioklavikulargelenks ähnelt sehr der Symptomatik des glenohumeralen Impingements, so dass eine sehr genaue Differenzialdiagnostik durchgeführt werden muss.

22.1.5 Articulatio sternoclavicularis

Das Sternoklavikulargelenk (▶ Abb. 22.17) ist der stabilste Teil im Schulter- und Schultergürtelkomplex. Die besondere Herausforderung liegt hier in der Behandlungsebene.

In ▶ Tab. 22.7 sind die wichtigsten Merkmale der Art. sternoclavicularis zusammengefasst.

Gelenkflächenausrichtungen der Art. sternoclavicularis

Für die Betrachtung der Gelenkflächenausrichtung benötigt man 3 Perspektiven.

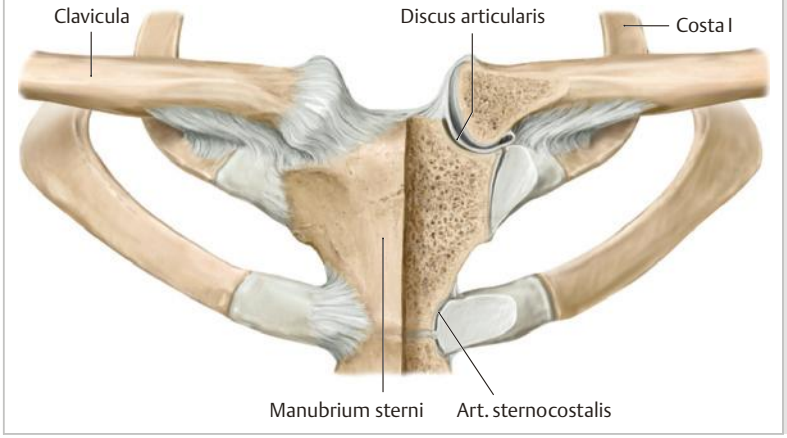


Abb. 22.17 Sternoklavikulargelenk von ventral.

Tab. 22.7 Merkmale der Art. sternoclavicularis.

Gelenkflächen	Gelenktyp	Freiheitsgrade/Behandlungsebene							Konvex-Konkav-Regel
Sternum: konvexe und konkave Incisura clavicularis Klavikula: konvexe und konkave Facies articularis sternalis, ein Discus articularis gleicht Inkongruenzen aus	Sattelgelenk (unverändert sellar)	transversale Ebene Protraktion/Retraktion		Behandlungsebene	frontale Ebene Elevation/Depression		Behandlungsebene	Discus ermöglicht Begleitrotationsbewegungen	• Punctum mobile = Klavikula • Protraktion/Retraktion = Konkavregel • Elevation/Depression = Konvexregel
		um frontosagittale Achse	durch Incisura clavicularis	Facies articularis sternalis und ist nach medio-ventral-kaudal geneigt	um sagittotransversale Achse	durch Extremitas sternalis	Incisura clavicularis und ist nach latero-dorsal-kranial geneigt		

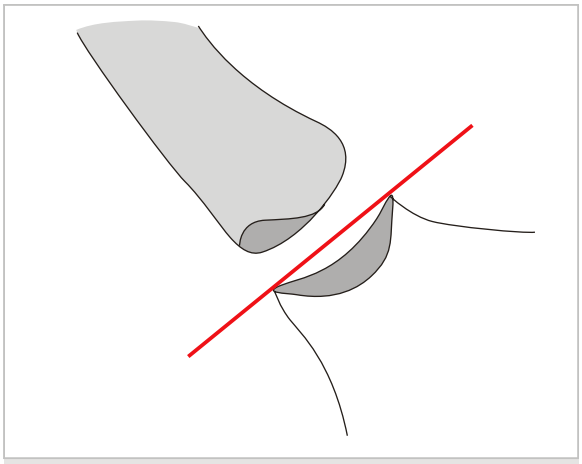


Abb. 22.18 Behandlungsebene des rechten Sternoklavikulargelenks von ventral.

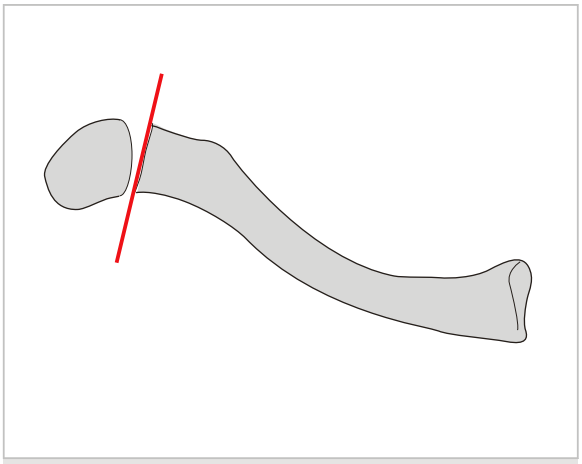


Abb. 22.19 Behandlungsebene des rechten Sternoklavikulargelenks von kranial.

In der Frontalperspektive verläuft die Gelenklinie von kaudo-lateral nach kranio-medial (▶ Abb. 22.18).

In der Transversalperspektive verläuft die Gelenklinie von ventro-lateral nach dorso-medial (▶ Abb. 22.19).

Eine weitere Gelenkflächenausrichtung entsteht durch den schrägen Verlauf des Sternums. In der Sagittalperspektive verläuft die Gelenklinie von dorso-kranial nach ventro-kaudal (▶ Abb. 22.20).

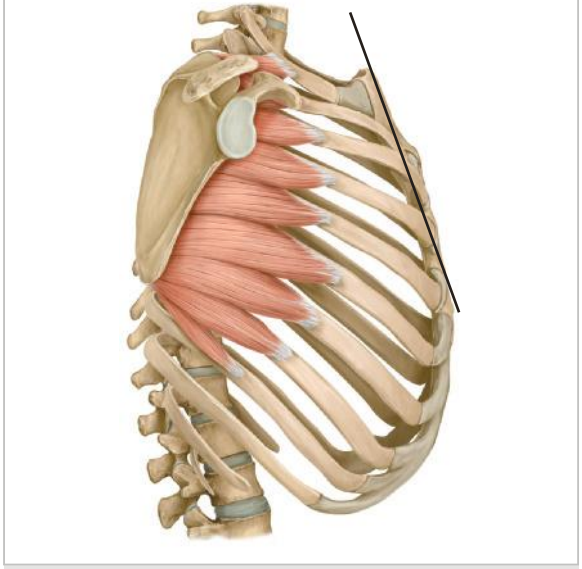


Abb. 22.20 Behandlungsebene des rechten Sternoklavikulargelenks von sagittal.

Bänder der Art. sternoclavicularis

In der diagnostischen Inspektion sind schon kleinste Knochenverschiebungen deutlich sichtbar. Der Bandapparat ist um das Sternoklavikulargelenk angeordnet (▶ Abb. 22.21).

In ▶ Tab. 22.8 sind die wichtigsten Bänder der Art. sternoclavicularis zusammengefasst.

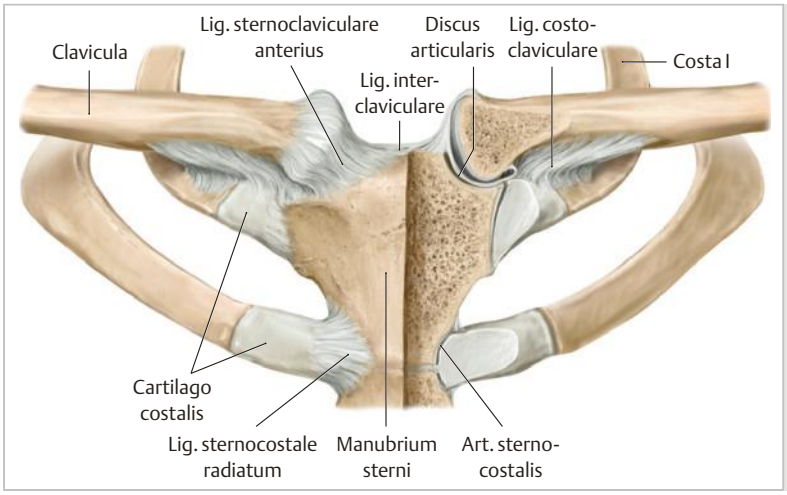


Abb. 22.21 Bänder des Sternoklavikulargelenks von ventral.

Tab. 22.8 Bänder der Art. sternoclavicularis.

	Lig. interclaviculare	Ligg. sternoclavicularia anterius et posterius	Lig. costoclaviculare
Ursprung	Klavikula rechts	ventral und dorsal des Manubrium sterni	1. Rippe
Ansatz	Klavikula links	als Kapselverstärkungszüge zur Klavikula	Tuberositas ligamenti costoclavicularis
Funktion	hemmt die Depression	Lig. sternoclaviculare anterius hemmt die Retraktion Lig. sternoclaviculare posterius hemmt die Protraktion	hemmt die Protraktion, Retraktion und Elevation

22.1.6 Zusammenfassung der Schultergürtelgelenkflächen

In ▶ Abb. 22.22 sind die Gelenklinien des Akromioklavikular- und Sternoklavikulargelenks von ventral und kranial noch einmal graphisch zusammengefasst.

22.1.7 Stellungen der Gelenke des Schulter- und Schultergürtelkomplexes

In ▶ Tab. 22.9 sind die Gelenkstellungen und Kapselmuster für den Schulter- und Schultergürtelkomplex aufgeführt.

22.1.8 Subakromialer Gleitraum

Als subakromialer Gleitraum (▶ Abb. 22.23) wird der Raum zwischen Akromion und Humeruskopf bezeichnet, der kein eigentliches Gelenk darstellt. Seine klinische Relevanz erlangt dieser Raum durch die in ihm liegenden Strukturen, welche durch die eingeschränkte Versorgungslage zur Degeneration neigen.

Nach der Bigliani-Klassifikation gibt es unterschiedliche Formen des Akromions, wodurch sich unterschiedliche Reizbarkeiten pathologischer Prozesse ergeben. Die Form ist variabel und kann flach zum Humerus sein, eine Konkavität oder eine Konvexität zum Humerus besitzen. Im anterioren Akromionbereich ist als 4. Variante ein hakenförmiger Vorsprung möglich.

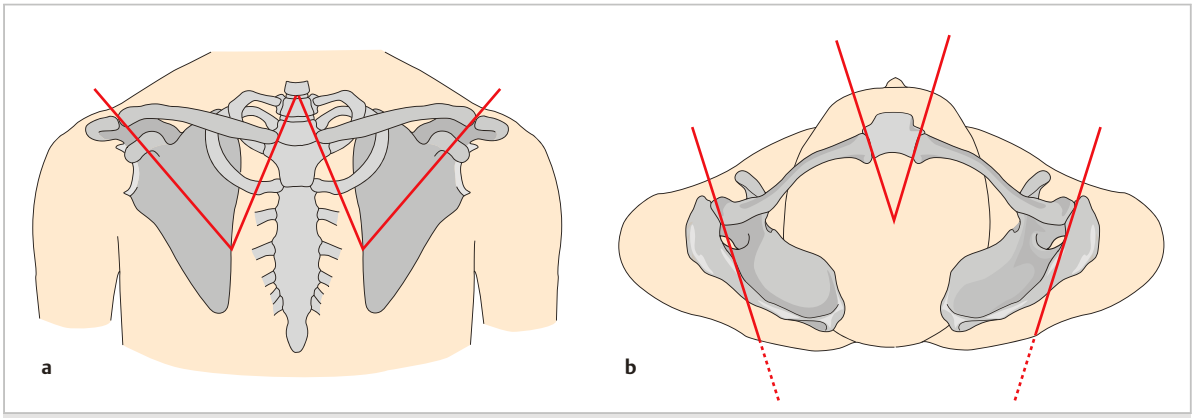


Abb. 22.22 Ausrichtung der Schultergürtelgelenkflächen von ventral und kranial.
a Ausrichtung der Schultergürtelgelenkflächen von ventral.
b Ausrichtung der Schultergürtelgelenkflächen von kranial.

Tab. 22.9 Stellungen des Schulter- und Schultergürtelkomplexes.

Ruhestellung			Verriegelte Stellung			Kapselmuster		
Art. humeri	Art. acromioclavicularis	Art. sternoclavicularis	Art. humeri	Art. acromioclavicularis	Art. sternoclavicularis	Art. humeri	Art. acromioclavicularis	Art. sternoclavicularis
55° Abduktion/ 30° horizontale Adduktion	physiologische Stellung des Schultergürtels	physiologische Stellung des Schultergürtels	maximale Abduktion/Außenrotation	90° Abduktion in der Art. humeri	maximale Elevation	Außenrotation > Abduktion > Innenrotation	nicht beschrieben	nicht beschrieben

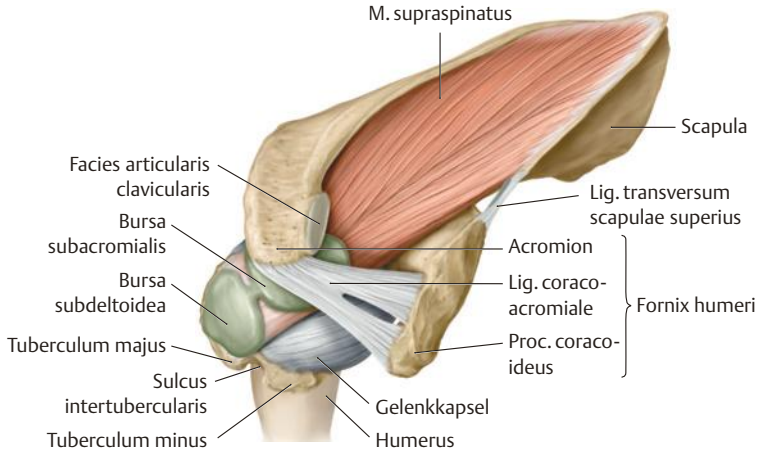


Abb. 22.23 Subakromialer Raum von kranial.

22.1.9 Biomechanik des Schultergelenkkomplexes

Die enorme Beweglichkeit des Schulter- und Schultergürtelkomplexes geht zu Lasten der Stabilität. Diese wird durch eine aktive neuromuskuläre Kontrolle erreicht. Die Zentrierung des Humeruskopfs auf der Cavitas glenoidalis ist die wesentliche Aufgabe der schulterumgebenden Muskulatur (Rössler u. Rüther 2005).

Funktionsverluste durch Traumata oder Degeneration dieser Muskeln führen zu deutlichem Stabilitätsverlust und pathophysiologischen Bewegungen.

Funktionelle Anatomie der Abduktion

Phase 1 von 0° bis 90°

Skapulothorakales Gleitlager:
- muskuläre Fixation der Skapula auf dem Thorax und an der Brustwirbelsäule vor Beginn der Humerusbewegung

Glenohumeralgelenk:
- Abduktion beginnt mit dem M. supraspinatus als Initialstarter und Gelenkzentrierer sowie dem M. deltoideus
- es erfolgt ein Rollen nach kranio-medial und ein Gleiten nach kaudo-lateral gegen die Cavitas glenoidalis

Skapulothorakales Gleitlager:
- Skapula dreht ab ca. 60° Abduktion in die Außenrotation

Akromioklavikulargelenk:
- Skapula bewegt sich in Elevation und Retraktion
- durch das Anheben des Akromions bleibt die Klavikula im Akromioklavikulargelenk in Innenrotation (Posterior tilt des Akromions) stehen

Sternoklavikulargelenk:
- die zunehmende kapsuloligamentäre Spannung im Akromioklavikulargelenk bei weiterer Abduktion zwingt die Klavikula im Sternoklavikulargelenk in eine Außenrotation
- die Klavikula bewegt sich in Elevation und Retraktion

Phase 2 von 90° bis 150°

Glenohumeralgelenk:
- bei etwa 90° ermöglicht die Außenrotation des Humerus eine geringe Weiterbewegung
- jedoch wird die glenohumerale Bewegung zunehmend blockiert und eine weitere Abduktion erfolgt nur unter Einsatz des Schultergürtels mit Anhebung der Cavitas glenoidalis nach kranial

Skapulothorakales Gleitlager:
- Skapula rotiert zunehmend in Außenrotation durch den M. trapezius und M. serratus anterior

Akromioklavikulargelenk:
- Skapula bewegt sich in Elevation und Retraktion
- die Innenrotation der Klavikula (Posterior tilt des Akromions) im Akromioklavikulargelenk wird beibehalten

Sternoklavikulargelenk:
- Klavikula bewegt sich in Elevation und Retraktion
- Klavikula rotiert zunehmend im Sternoklavikulargelenk in Außenrotation

Phase 3 von 150° bis 180°

Skapulothorakales Gleitlager:
- es erfolgt eine Posterior-tilt-Bewegung der Skapula

Wirbelsäule:
- die Lateralflexion der Wirbelsäule, welche durch die Kontraktion der Rückenmuskulatur der Gegenseite ermöglicht wird, begünstigt eine unilaterale Abduktion
- die endgradige Abduktion erfordert eine vermehrte Lordosierung der Lendenwirbelsäule

Funktionelle Anatomie der Anteversion

Phase 1 von 0° bis 60°

Skapulothorakales Gleitlager:
- muskuläre Fixation der Skapula auf dem Thorax und an der Brustwirbelsäule vor Beginn der Humerusbewegung

Glenohumeralgelenk:
- Pars clavicularis des M. deltoideus, der M. coracobrachialis und die Pars clavicularis des M. pectoralis major bewegen den Humerus.
- es erfolgt ein Rollen nach ventro-medial und ein Gleiten nach dorso-lateral gegen das Akromion

Skapulothorakales Gleitlager:
- die Schulterblattabduktion und -außenrotation beginnt forciert durch die Anspannung des Lig. coracohumerale sowie durch den passiven Widerstand der Mm. teres minor u. major und den M. infraspinatus

Akromioklavikulargelenk:
- Skapula bewegt sich im Akromioklavikulargelenk in Elevation und Protraktion
- durch das Anheben des Akromions bleibt die Klavikula im Akromioklavikulargelenk in Innenrotation (Posterior tilt des Akromions) stehen

Sternoklavikulargelenk:
- Klavikula bewegt sich in Elevation und Protraktion
- die zunehmende kapsuloligamentäre Spannung im Akromioklavikulargelenk bei weiterer Flexion zwingt die Klavikula im Sternoklavikulargelenk in eine Außenrotation

Phase 2 von 60° bis 120°

Glenohumeralgelenk:
- das Caput humeri rollt nach ventro-medial-kranial und gleitet nach dorso-lateral-kaudal gegen das Akromion

Skapulothorakales Gleitlager:
- Skapula bewegt sich in Abduktion und Außenrotation durch den Zug des M. trapezius und des M. serratus anterior
- Cavitas glenoidalis schaut nach ventro-kranial

Akromioklavikulargelenk:
- Skapula bewegt sich in Elevation und Protraktion
- Innenrotation der Klavikula (Posterior tilt des Akromions) im Akromioklavikulargelenk wird beibehalten

Sternoklavikulargelenk:
- Klavikula bewegt sich in Elevation und Protraktion
- Klavikula rotiert zunehmend im Sternoklavikulargelenk in Außenrotation

Phase 3 von 120° bis 180°

Glenohumeralgelenk:
- das Caput humeri rollt nach ventro-kranial-medial und gleitet nach dorso-lateral-kaudal gegen das Akromion

Skapulothorakales Gleitlager:
- Skapula rotiert endgradig nach außen
- es erfolgt eine Posterior-tilt-Bewegung der Skapula

Akromioklavikulargelenk:
- das Akromioklavikulargelenk ist verriegelt

Sternoklavikulargelenk:
- Klavikula bewegt sich in Elevation und Retraktion
- Klavikula rotiert endgradig im Sternoklavikulargelenk in Außenrotation

Wirbelsäule:
- die Extension der Wirbelsäule durch die Rückenmuskulatur ist notwendig für eine Anteversion

Die Einteilung in 3 Phasen hat nur schematischen Charakter. Die Muskelaktionen und Teilgelenkbewegungen gehen fließend ineinander über und überschneiden sich. Dabei erfolgen die Drehung des Schulterblatts und die Wirbelsäulenbewegungen teilweise schon wesentlich früher als den Phasen zugeordnet.

Die Gesamtrotation der Klavikula beträgt 40°, bei der Elevation über 90° (Gohlke u. Hedtmann 2002).

Fazit

In der funktionellen Anatomie der Abduktion und Anteversion wird noch einmal verdeutlicht, welche enorme funktionelle Bedeutung zwischen den Schulter- und Schultergürtelgelenken und dem ventralen und dorsalen Rumpf besteht.

22.2 Praxis

22.2.1 Untersuchung von Schulter- und Schultergürtelkomplex

Die Differenzierung der schmerzauslösenden Strukturen im Bereich der Schulter bzw. des Schultergürtels erfordert vom Therapeuten ein hohes Maß an klinischer Aufmerksamkeit. Nicht immer sind ausstrahlende Schmerzen im Arm ein zwingendes Zeichen für eine HWS-Problematik, noch sind lokale Schulterschmerzen ein untrügliches Zeichen für ein Schulterproblem.

Schulterschmerzen weisen je nach zugrunde liegender Pathologie ein variables Bild auf. Die diagnostischen Überlegungen können dabei sehr viele Bereiche der Medizin betreffen. Dieses gesamte Feld kann im Rahmen dieses Buches nicht abgedeckt werden. Es gibt laut Pool et al. derzeit keine körperlichen Untersuchungstechniken, die klar und deutlich zwischen Halswirbelsäulen- und Schulterproblematiken trennen können.

Anamnese

Die in ▶ Tab. 22.10 aufgeführten Äußerungen des Patienten erlauben eine gewisse Vororientierung.

Thoracic-outlet- und -inlet-Syndrom

Die ▶ Tab. 22.11 zeigt die Differenzialdiagnostik bei Verdacht auf ein Engpasssyndrom im Bereich des Schultergürtels.

Untersuchungen für das Thoracic-outlet- und -inlet-Syndrom

Roos-Test

- Retraktion und Depression des Schultergürtels
- 70° Anteversion und maximale Außenrotation des Schultergelenks
- 90° Flexion des Ellenbogens
- Faust ballen und öffnen sollte ca. 3 Min. lang beschwerdefrei möglich sein

Test ist positiv, wenn:

- typische Beschwerden des Patienten reproduziert werden

Tab. 22.10 Anamnese bei Problemen im Bereich des Schultergürtels.

Anamnese	Interpretation
Sensibilitätsstörungen	Bandscheibenprotrusion, Foramenstenose, pseudoradikuläre Läsion
motorische Schwäche	Bandscheibenvorfall, massive Foramenstenose
Taubheits- oder Einschlafgefühl bei elevierten Armen oder Schultern	thoracic outlet/inlet Syndrom
Bewegungslimitierung	beginnendes Kapselmuster, evtl. Muskelläsionen
Unbeweglichkeit	entzündlicher Kapselprozess, Bursitis
medikamentöse Therapieresistenz	Tumor, Head-Organzone
zeitlich begrenzte, medikamentöse Linderung	Kalkeinlagerung
schmerzhafter Bogen	evtl. degenerative Sehnenläsion
Schweregefühl bei hängendem Arm	venöse Problematik

Tab. 22.11 Differenzialdiagnostik bei Verdacht auf ein Engpasssyndrom.

TOS (Thoracic-outlet-Syndrom)	TIS (Thoracic-inlet-Syndrom)
Kompression bzw. Anomalie von: • Plexus brachialis truncus inferior • A. subclavia	Kompression bzw. Anomalie von: • V. subclavia, V. axillaris, V. brachialis
durch: • Mm. scaleni • Halsrippe = Megatransversi C7 • kostoklavikuläre Pforte • M. pectoralis minor Loge	durch: • Effortthrombose (Paget-von-Schroetter-Syndrom) • sportliche oder therapeutische Überanstrengung mit Intimaeinrissen • Verletzungen und Narbenbildung • Kallusbildung • Entrapement
Symptome: • Parästhesie • vegetative trophische Reaktionen • Kraftminderung • kalte, blasse, kribblige Haut	Symptome: • Ödem • Schweregefühl • Hitze • dumpfer Schmerz • Emboliegefahr

- Bewegungen einer Hand schwerer oder langsamer ablaufen
- Zyanose oder Blässe der Hände auftreten

Spurling-Test

- Kompression des Foramen intervertebrale durch Extension und Rotation des Kopfes zur Symptomseite

Ursachen:
- Forameneinengung durch Bandscheibenschäden
- Osteochondrosen
- Spondylosen
- Divergenzblockierung

Symptome:
- referred pain im Dermatom

Test der oberen Thoraxapertur (Raum zwischen 1. Rippe und der Lungenspitze)

- Druck auf den Schultergürtel in Depression

Ursachen:
- Lungenspitzentumoren
- Mamma-Karzinom
- Lymphosarkom

Symptome:
- referred pain in den Arm
- Miosis, Ptosis, Enophthalmus (Horner-Syndrom)
- Anhidrose (Gesicht, Hals, Arm, oberes Thoraxdrittel)

Adson-Probe (vordere und hintere Skalenuslückenverkleinerung)

- Passive Extension des Kopfes, Rotation zur gleichen Seite, Seitenneigung zur Gegenseite, bei gleichzeitiger tiefer Inspiration und Widerlagerung der 1. und 2. Rippe durch den Therapeuten

Ursachen:
- Verengung der Skalenuslücke durch Hypertonizität
- adaptiertes Kollagen des Muskels durch Hochstand der 1. Rippe
- Variante eines M. scalenus minimus oder eines Megatransversi C7
- Fehlstellung, auch Blockierungen der Halswirbelsäule und der oberen beiden Rippen

Symptome:
- Parästhesie in Arm und Hand, vorwiegend bei herabhängenden und erhobenen Armen, am ulnaren Unterarm und der Hand
- Stenosegeräusche in der Supraklavikulargrube und Abschwächung des Radialispulses
- Schwäche der Muskulatur, verbunden mit dumpfen Schmerzen, Blässe oder einer Zyanose
- später Paresen der kleinen Handmuskeln

Eden-Manöver (Provokation des kostoklavikulären Raumes)

- passive Schulterdepression in Form von Zug am Arm nach hinten-unten und einer Lateralflexion der HWS zur Gegenseite (tiefe Einatmung wirkt verstärkend)

Ursachen:
- Beeinträchtigung des neurovaskulären Bündels zwischen Clavicula und 1. Rippe
- oft erst im Alter, durch Inspirationsstellung der 1. Rippe und extrem hängenden Schultern
- Traumen, Kallusbeulen nach Klavikulafrakturen, Lungenemphysem und starke Deformitäten durch Skoliosen

Symptome:
- siehe Skalenussyndrom

Wright-Manöver (Provokation des M. pectoralis minor Engpasses)

- durch passive Abduktion über 90° und maximale Innenrotation im Schultergelenk des betroffenen Armes (Ausschaltung des M. pectoralis major) mit anschließender weiterer maximaler horizontaler Abduktion

Ursachen:
- Beeinträchtigung des neurovaskulären Bündels
- oft auftretend bei forcierten Arbeiten über Kopf oder Schlafen mit über dem Kopf liegenden Arm
- oft Prädisposition durch verkürzten, hypertonen M. pectoralis minor

Symptome:
- kalte Finger, Parästhesien unterschiedlichster Form

Kompressionssyndrome der peripheren Nerven

Supinator-Engpass

- Dehnung des M. supinator mit Ellenbogenflexion, Unterarmpronation, Widerstand gegen die Supination

Ursachen:
- Beeinträchtigung des Ramus profundus des N. radialis beim Durchtritt durch den M. supinator
- Hypertonizität, Verkürzung, narbige Veränderungen, unsachgemäße Injektion, Überlastung (ggf. Entzündungen der Bursa bicipitoradialis)

Symptome:
- Keine Sensibilitätsstörungen
- Schwäche des M. extensor digiti minimi, später aller vom N. radialis versorgten Extensoren (nicht: M. extensor carpi radialis longus!)

Pronator-teres-Engpass

- Dehnung des M. pronator teres mit Ellenbogenextension, Unterarmsupination, Widerstand gegen die Pronation

Ursachen:
- Beeinträchtigung des N. medianus beim Verlauf durch die beiden Anteile des M. pronator teres
- Hypertonizität, Verkürzung, Überlastung

Symptome:
- Parästhesien der radialen 3½ Finger und volar auch am Handteller
- Druckdolenz am Pronator teres
- allmählich Medianusparese (Pronatoren, Handbeuger, lange Fingerbeuger, Daumenballen)

Karpaltunnelsyndrom

- Druck auf den Nerv radial vom M. palmaris longus
- Sensibilitäts- und motorische Tests
- Hoffman-Tinnel-Zeichen
- Phalen-Test

Ursachen:
- Beeinträchtigung des N. medianus beim Verlauf durch den Canalis carpi oder des Ramus palmaris nervi mediani im Retinaculum flexorum (Sensibilitätsstörungen)
- Fehlstellungen des Radius nach Traumen
- Tendovaginitiden
- Diabetes mellitus, hormonelle Veränderungen (Gravidität, Klimakterium)

Symptome:
- Brachialgia paraesthetica nocturna der ganzen Hand
- Ausstrahlung bis in Oberarm, Schulter und Nacken
- morgens Schwellungsgefühl der Hand ohne sichtbaren Lokalbefund
- intensive Arbeit wirkt auslösend
- später auch Parästhesie am Tag
- Hypästhesie der Fingerkuppen erschwert die Feinmotorik
- später Daumenballenatrophie

Kubitaltunnel (Sulcus N. ulnaris)

- Sensibilitäts- und motorische Tests
- Schmerzprovokation im Sulkusbereich
- Nervendehnung durch Elevation, Innenrotation im Schultergelenk, Flexion im Ellenbogen und Pronation im Unterarm mit Extension im Handgelenk

Ursachen:
- luxierter N. ulnaris, knöcherne Veränderungen (z. B. Trauma), bindegewebige Veränderungen (Narben)

Symptome:
- Sensibilitätsstörungen Digiti IV und V
- Druckdolenz und Verdickung des Nervs im Sulcus nervi ulnaris
- evtl. Luxation des Nervs bei Ellenbogenbeugung sichtbar
- motorische Schwäche der kleinen Handmuskeln und des Hypothenars
- trophische Störungen (Dupuytren-Kontraktur, Kleinfingerdeformitäten, Nagelveränderungen)

Loge de Guyon

Ursachen:
- Druckläsion des N. ulnaris im Handgelenksbereich (Handwurzelknochenfehlstellung, Fahrradlähmung, Gehhilfenlähmung)

Symptome:
- wie Kubitaltunnel, aber keine Sensibilitätsstörungen (evtl. diskret volar am 4. Finger)
- Atrophie des Spatium interosseum I (dorsal) durch Parese des M. adductor pollicis

Periarthritis humeroscapularis

„An der Diagnose ‚Periarthritis humeroscapularis' erkennt man lediglich die Inkompetenz dessen, der sie stellt" (Lewit 1997). Wir möchten den Begriff der „PHS" als Sammelbegriff nutzen, um alle an der Schulter vorkommenden Erkrankungen darunter zu subsumieren.

Die wesentlichsten Unterscheidungskriterien zwischen einem Zervikalsyndrom und einer Schulterproblematik sind in ▶ Tab. 22.12 zusammengefasst.

Headsche Zonen

Bei lang anhaltenden chronischen Schulterschmerzen ohne objektivierbaren Befund sollte man an übertragenen Schmerz denken. Diese Schmerzen können von entfernteren Läsionen, von inneren Organen (Headsche Zonen) bzw. neuralen Läsionen herrühren.

Headsche Zonen (▶ Tab. 22.13):
- definiertes Hautareal, in dem aufgrund des gegliederten Körperaufbaus eine über das zugehörige Rückenmarkssegment laufende Querverbindung zwischen dem somatischen und dem vegetativen Nervensystem besteht
- Areale sind bestimmten inneren Organen zugeordnet und können sich über mehrere Dermatome erstrecken, weisen jedoch einen reflektorisch bedeutsamen Maximalpunkt auf
- Irritation des zugehörigen inneren Organs kann über einen viszerokutanen Reflex eine meist gleichseitige Schmerzzone zur Folge haben (Hyperalgesiezone)

Tab. 22.12 Differenzialdiagnostik bei PHS.

Zervikalsyndrom	Periarthritis humeroscapularis
Leitsymptom: neuralgischer Schmerz: • den Wurzelsegmenten folgende Nacken-Schulter-Arm-Schmerzen • Ruheschmerzen, die bei Beanspruchung kaum zunehmen • Traktion/Bewegungen der HWS (ggf. unter neuraler Vorspannung) – Beeinflussung des Schmerzes	Leitsymptom: isolierter Schulterschmerz: • in Ruhe nur geringe Beschwerden • starke, auf Schultergelenk und Oberarm beschränkte Schmerzen bei unkontrollierten Bewegungen • selten Ausstrahlungen bis in die Hand, HWS Bewegungen haben keinen Einfluss auf den Schmerz
Leitsymptom: schlafstörende nächtliche Schmerzattacken	• keine tageszeitlichen Schmerzunterschiede • nachts nur Schmerzen, wenn der Patient auf der kranken Schulter liegt
Leitsymptom: periphere segmentäre Symptomatik (Hyp- und Parästhesien, Abschwächung von Sehnenreflexen)	fehlende neurologische Symptomatik
eventuell erhebliche Einschränkung der passiven (Zunahme der neuralen Spannung) und aktiven Schultergelenkbeweglichkeit (ggf. Innervationsstörungen der Muskeln)	Leitsymptom: Abduktionsphänomen • besonders schmerzhaft: Abduktion und Innenrotation • geringere Beschwerden bei Abduktion und Außenrotation • passive Beweglichkeit besser als aktive • positive Impingementzeichen
Druckdolenz des zum Segment gehörenden Dornfortsatzes und der Nackenmuskeln der kranken Seite (Myogelosen)	Druckdolenz im Schulterbereich (Tuberculum majus oder minus, Sulcus intertubercularis, Zentrum des M. deltoideus)
nicht selten auffällige psychische und vegetative Labilität des Gesamtorganismus	keine auffälligen psychischen und vegetativen Störungen

Tab. 22.13 Headsche Zonen

Organe	Dermatom	Körperseite
Herz	C3–C4, Th1–Th5	vorw. rechts, auch linker Arm
Aorta thoracica	C3–C4, Th1–Th7	beidseits
Pleura	Th2–Th12	jeweilige Körperhälfte (ipsilateral)
Lungen	C3–C4	ipsilateral
Speiseröhre	Th1–Th8	beidseits
Magen	Th(5)6–Th9	links
Leber und Gallenwege	Th(5)6–Th9(10)	rechts
Bauchspeicheldrüse	Th6–Th9	vorw. links
Duodenum	Th6–Th10	rechts
Jejunum	Th8–Th11	links
Ileum	Th9–Th11	beidseits
Blinddarm, proximales Kolon	Th9–Th10, L1	rechts
distales Kolon	Th9–L4	links
Rektum	Th9–L4	links
Niere und Harnleiter	Th9–L1(2)	ipsilateral
Adnexen	Th12–L4	ipsilateral
Peritoneum	Th5–Th12	beidseits
Milz	Th6–Th10	links

Inspektion

Dabei setzen wir im Bereich des Schultergelenks und Schultergürtels einzelne Prioritäten:

hochthorakaler Gibbus führt zu:

- Brustkyphose
- Protraktionsstellung
- Verkürzung des M. trapezius und M. levator scapulae
- ischämische Irritationen
- Irritation des Ganglion stellatum mit möglichen vegetativen Reaktionen
- eingeschränkter Anteversion, Abduktion und horizontaler Abduktion

konstitutionsbedingte Protraktionsstellung führt zu:
- ischämischen Irritationen
- ventralisiertem Humeruskopf mit erhöhtem Instabilitätsrisiko

Muskelatrophien durch:
- metabolische Minderversorgung
- Innervationsstörung, Denervation oder Inhibierung

Schwellungen durch Bursitiden:
- subakromial
- axillär
- ventraler Kapselbereich

Muskelverkürzungen von:
- Mm. scaleni, M. pectoralis minor können Thoracic-outlet- und -inlet-Syndrom auslösen
- Narben, Subluxationen, Asymmetrien im Klavikulabereich

Rockwood-Klassifikation der Schultereckgelenkssprengung

Grad I (Allman/Tossy/Rockwood):
- ACG-Gelenkkapsel überdehnt

Grad II (Allman/Tossy/Rockwood):
- + Ruptur des Ligamentum acromioclaviculare
- + Überdehnung der korakoklavikulären Bänder
- + radiologisch ist unter Belastungsaufnahmen eine Verbreiterung des ACG-Gelenkspalts erkennbar

Grad III (Rockwood):
- + Ruptur der korakoklavikulären Bänder
- + komplette Dislokation der Klavikula

Grad IV (Rockwood):
- + partielle Muskel- und Faszienrisse des M. trapezius und M. deltoideus am lateralen Klavikula- und Akromionbereich

Grad V (Rockwood):
- + Es resultiert eine Komplettruptur der vollständigen Trapezoideodeltoidalfaszie gegenüber der lateralen Klavikula
- + stark ausgeprägte horizontale Verschiebbarkeit

Grad VI (Rockwood) selten:
- Dislokation der Klavikula mit subakromialer oder subkorakoidaler Verkantung
- der ligamentäre, fasziale und muskuläre Gewebeschaden ist abhängig vom Grad der Dislokation

Palpation

Siehe Kap. 4.2 Anatomie in vivo/Palpation Schulter-Schultergürtelkomplex

Aktive und passive Bewegungsprüfung/ Endgefühl des Schultergürtels

Da das Schultergelenk und die Schultergürtelregion in sehr engem Zusammenhang mit den angrenzenden Gelenken/Strukturen stehen, sollte immer mit einer differenzialdiagnostischen Untersuchung abgeklärt werden, ob die umliegenden Strukturen mitbeteiligt sind. Der Patient wird aufgefordert, den Arm in die gewünschte Position aktiv zu bewegen. Am Ende der Bewegung übernimmt der Therapeut die Schwere des Armes und testet, ob die Bewegung passiv weitergeht, was eine Aussage über die limitierende Struktur erlaubt.

Im Anschluss bewegt der Therapeut den Arm aus der Nullstellung heraus passiv durch die Bewegungsbahn und trifft eine Aussage über das Endgefühl.

Aktive Protraktion – ca. 30°

Störung der Bewegung oder Schmerz möglich durch:
- das skapulothorakale Gleitlager
- das Akromioklavikulargelenk
- das Sternoklavikulargelenk

Aktive Retraktion – ca. 20°

Störung der Bewegung oder Schmerz möglich durch:
- das skapulothorakale Gleitlager
- das Akromioklavikulargelenk
- das Sternoklavikulargelenk
- eingeschränkte Extensionsfähigkeit der BWS
- Einengung des Plexus brachialis unterhalb des M. pectoralis minor

Aktive Elevation – ca. 45°

Störung der Bewegung oder Schmerz möglich durch:
- das skapulothorakale Gleitlager
- das Akromioklavikulargelenk
- das Sternoklavikulargelenk
- Kraftlimitierungen durch Läsion des N. thoracicus longus, N. dorsalis scapulae und des N. accessorius

Aktive Depression – ca. 7°

Störung der Bewegung oder Schmerz möglich durch:
- das skapulothorakale Gleitlager
- das Akromioklavikulargelenk
- das Sternoklavikulargelenk
- Schmerz durch eine Einengung des Plexus brachialis in der kostoklavikulären Pforte

Test der Klavikulabeweglichkeit

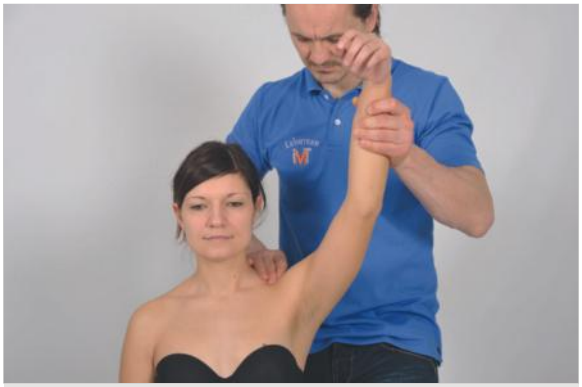


Abb. 22.24 Test der Klavikulabeweglichkeit.

Ausführung (▶ Abb. 22.24):
- Patient sitzt oder steht
- Therapeut steht hinter dem Patienten
- Zeigefinger palpiert die Fossa supraclavicularis und die hintere Kante der Klavikula
- der Arm des Patienten wird passiv aus der Nullstellung in eine Anteversion/Abduktion bewegt

Interpretation:
- physiologische Bewegung bei Anteversion/Abduktion:
  - 1. Phase (0° bis ca. 30°): Ventralbewegung der Klavikula, was zu einem Einsinken des Palpationsfingers in die Fossa supraclavicularis major führt
  - 2. Phase (von 30° bis 60°): Kranialisierung der Klavikula
  - 3. Phase (ab ca. 90°): Dorsalbewegung der Klavikula
- unphysiologischer Verlauf der Klavikula durch eine funktionelle Hypomobilität des Akromioklavikulargelenks und Sternoklavikulargelenks

Test der Klavikulabeweglichkeit im Akromioklavikulargelenk

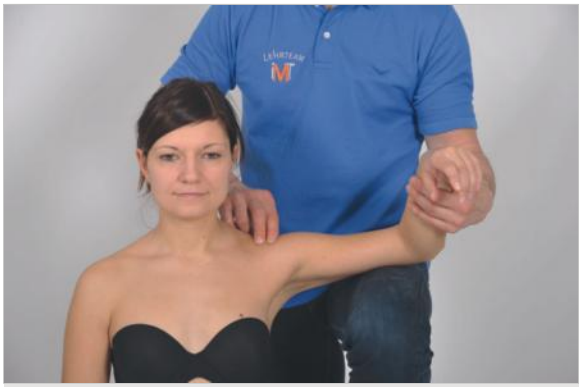


Abb. 22.25 Test der Klavikulabeweglichkeit im ACG.

Ausführung (▶ Abb. 22.25):
- Patient sitzt oder steht
- Therapeut steht dahinter
- Finger palpieren den Gelenkspalt im Akromioklavikulargelenk und den vorderen Akromionwinkel
- der Arm des Patienten wird in 90° Abduktion im Glenohumeralgelenk positioniert
- mit flektiertem Ellenbogen wird der Arm in Außenrotation und Innenrotation bewegt

Interpretation Außenrotation:
- vorderer Akromionwinkel hebt sich an
- Klavikula bleibt relativ in Innenrotation stehen
- am Bewegungsende im Akromioklavikulargelenk rotiert die Klavikula im Sternoklavikulargelenk in Außenrotation
- bewegt sich die Klavikula sofort mit dem Akromion, dann steht sie in einer Außenrotation-Läsion im ACG

Interpretation Innenrotation:
- vorderer Akromionwinkel senkt sich
- Klavikula bleibt relativ in Außenrotation stehen
- am Bewegungsende im Akromioklavikulargelenk rotiert die Klavikula im Sternoklavikulargelenk in Innenrotation
- bewegt sich die Klavikula sofort mit dem Akromion, dann steht sie in einer Innenrotation-Läsion im Akromioklavikulargelenk

Aktive und passive Bewegungsprüfung/ Endgefühl des Schultergelenks

Aktive Elevation und Abduktion beidseits



Abb. 22.26 Aktive Elevation und Abduktion beidseits.

Ausführung (▶ Abb. 22.26):
- Patient sitzt oder steht und abduziert beide Arme in 3 unterschiedlichen Kombinationen:
  - Abduktion vor der Skapulaebene mit gekoppelter Außenrotation = Test für die ventrale Facette des Tuberculum majus
  - Abduktion in der Skapulaebene ohne gekoppelte Rotation = Test der medialen Facette des Tuberculum majus
  - Abduktion hinter der Skapulaebene mit kombinierter Innenrotation = Test der dorsalen Facette des Tuberculum majus

Interpretation:
- Sehneninsertionsprovokation am Tuberculum majus
- Seitenvergleich des glenohumeralen, humeroskapulären und des skapulothorakalen Rhythmus
- einseitiges, vorzeitiges Mitbewegen der Skapula spricht für Bewegungsstörungen im Glenohumeralgelenk
- zu geringe Beweglichkeit der Skapula spricht für Bewegungsstörungen in den Schultergürtelgelenken
- bilaterale Faltenbildungen sollten symmetrisch auftreten
- am Ende der Bewegung bildet der Angulus inferior eine Linie mit der hinteren Begrenzung der Axilla
- Extensionseinschränkungen der Brustwirbelsäule können die Bewegung limitieren

Passive Abduktion einseitig



Abb. 22.27 Passive Abduktion einseitig.

Ausführung (▶ Abb. 22.27):
- Patient sitzt oder steht
- Therapeut abduziert den Arm mit fixiertem Schultergürtel

Interpretation:
- fest-elastisches Endgefühl ist physiologisch
- mögliche Bewegungseinschränkung durch das Kapselmuster
- möglicher Schmerz durch das gesamte Bewegungsausmaß bei Bursitis subacromialis
- möglicher Schmerz am Ende der Bewegung bei Läsion der Rotatorenmanschette

Aktive Anteversion einseitig



Abb. 22.28 Aktive Anteversion einseitig.

Ausführung (▶ Abb. 22.28):
- Patient steht und anteversiert den Arm maximal

Interpretation:
- möglicher Painful arc zwischen 60° und 120°
- Einschränkung der Brustwirbelsäule und Thoraxbeweglichkeit limitieren die Anteversion
- Seitenvergleich des glenohumeralen, humeroskapulären und des skapulothorakalen Rhythmus
- Schmerz während gesamter Bewegung spricht für Bursa subacromialis

Passive Anteversion einseitig

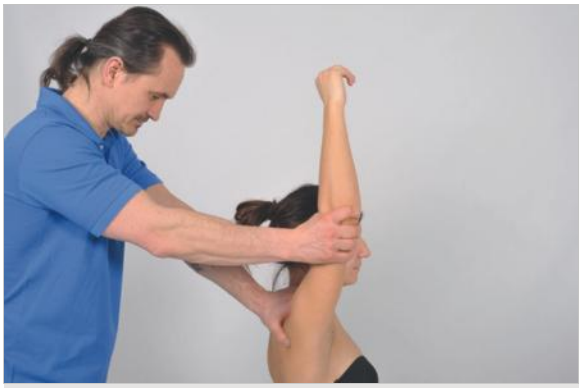


Abb. 22.29 Passive Anteversion einseitig.

Ausführung (▶ Abb. 22.29):
- Patient sitzt
- Therapeut anteversiert den Arm und widerlagert die Skapula

Interpretation:
- fest-elastisches Endgefühl ist physiologisch
- Gelenkknacken mit Schmerz kann auf einen Labrumschaden (z. B. Bankart-Läsion) hinweisen

Aktive und passive Extension einseitig

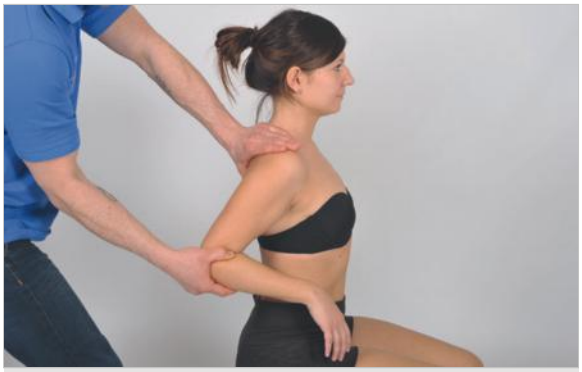


Abb. 22.30 Aktive und passive Extension einseitig.

Ausführung (▶ Abb. 22.30):
- Patient sitzt oder steht und streckt den Arm aktiv nach hinten
- danach führt der Therapeut diese Bewegung passiv durch

Interpretation:
- fest-elastisches Endgefühl ist physiologisch
- Schmerzen dorsal im Bereich des Glenohumeralgelenks können durch eine forcierte Rollbewegung nach dorsal mit Kompression latero-dorsaler Strukturen entstehen
- Schmerzen im ventralen Bereich des Glenohumeralgelenks können für eine Instabilität bzw. eine Läsion der Sehnenscheide des M. biceps brachii caput longum sprechen
- Schmerzen während der gesamten Bewegungsbahn können auf Bursitis subacromialis hinweisen

Aktive und passive Außenrotation

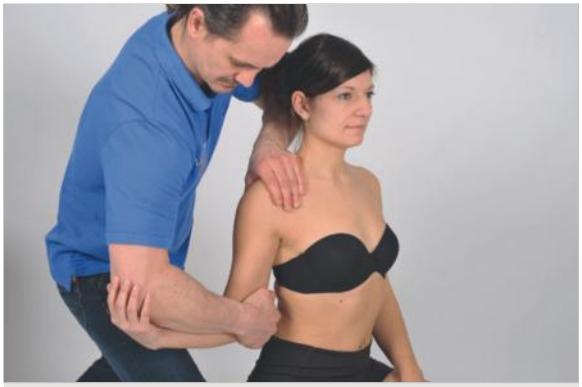


Abb. 22.31 Aktive und passive Außenrotation.

Ausführung (▶ Abb. 22.31):
- Patient sitzt oder steht und drückt seinen Oberarm fest an seinen Thorax und dreht den 90° angewinkelten Unterarm nach außen
- eine bilaterale Bewegungsausführung, ermöglicht eine unmittelbare Beurteilung im Seitenvergleich
- danach testet der Therapeut die Außenrotation passiv mit fixiertem Schultergürtel

Interpretation:
- Endgefühl sollte fest-elastisch sein
- mögliche Bewegungseinschränkung durch das Kapselmuster
- ventrale Schmerzen bei Läsionen des anterioren Labrum glenoidale oder der Ligamenta glenohumeralia

Aktive und passive Innenrotation

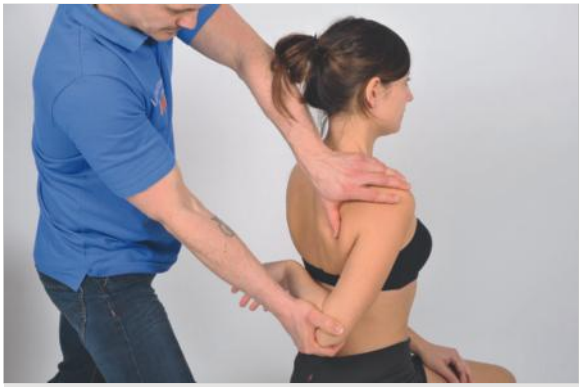


Abb. 22.32 Aktive und passive Innenrotation.

Ausführung (▶ Abb. 22.32):
- Patient sitzt oder steht und bewegt die Hand mit 90° angewinkeltem Ellenbogen
- danach testet der Therapeut die Innenrotation passiv mit fixiertem Schultergürtel

Interpretation:
- Endgefühl sollte fest-elastisch sein
- mögliche Bewegungseinschränkung bei anteriorer Instabilität (Schutzlimitierung)
- mögliche Bewegungseinschränkung durch das Kapselmuster
- tendomuskulärer Dehnschmerz des M. supraspinatus, M. infraspinatus oder M. teres minor
- Schmerzen durch Reizungen der Bursa subacromialis und Bursa deltoidea

Widerstandstests des Schultergürtels und des Glenohumeralgelenks

Ausgehend von diesen Bewegungs- und Widerstandsprüfungen sind möglicherweise Impingementsyndrome und Läsionen der schulterzentrierenden Muskulatur erkennbar, die weiter zu differenzieren sind.

Dass eine Tendinopathie auch schmerzfrei reagieren kann, haben Rees et al. (2013) in ihrer Arbeit belegt. Es besteht häufiger eine tendinöse und ligamentäre Degeneration als eine Entzündung. In Biopsien ist ein zellulärer Entzündungsnachweis lediglich in sehr frühen Stadien nachzuweisen. Dies zeigt die Schwierigkeit innerhalb eines komplexen Befundwegs.

MRT und Ultraschall können als bildgebende diagnostische Verfahren sehr zuverlässige Methoden sein. Jedoch weichen auch hier unterschiedliche Untersuchungen auseinander. 95 % Spezifität und 100 % Sensitivität wiesen Ianotti et al. (Nebelung u. Wiedemann 2013) bei vollständiger Rotatorenmanschettenruptur nach. Connor et al. (Kromer 2013) dagegen erhielten nachweisbare Pathologien auf MRT-Bildern bei Personen und Sportlern, die gesund und asymptomatisch waren. Strukturelle Probleme korrelieren also nicht immer mit klinischen Symptomatiken.

Matsen et al. (2009) sind der Meinung, dass periartikuläre Schultererkrankungen ähnliche klinische Symptomkomplexe aufweisen wie Impingementsyndrome.

Impingementsyndrom

Die ▶ Abb. 22.33 zeigt eine Übersicht zur Kategorisierung der Impingementsyndrome.

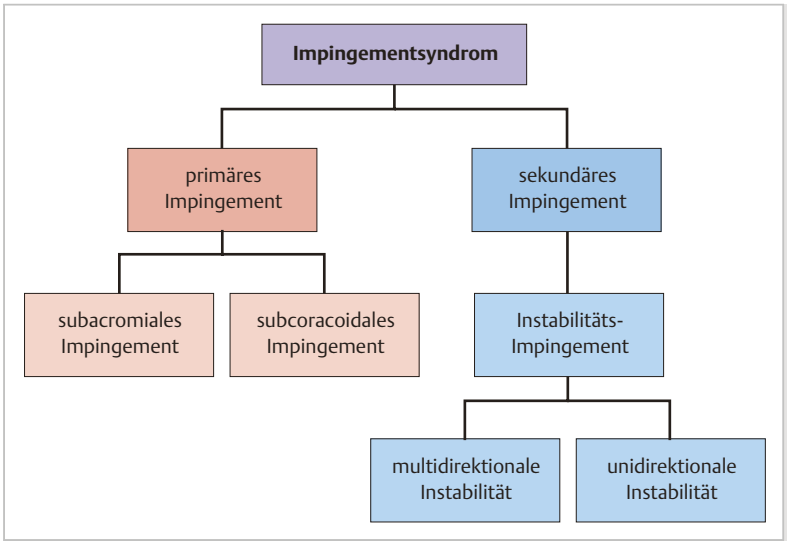


Abb. 22.33 Impingementsyndrome.

Primäres Impingement

Das primäre Impingement ist die Folge einer mechanischen Abnutzung der Rotatorenmanschette gegen das ventro-kaudale Drittel des Akromions im subakromialen Raum bei Anteversion des Humerus im Schultergelenk. Zum primären Impingement zählen das subakromiale und subkorakoidale Impingement.

Subakromiales Impingement

In ▶ Tab. 22.14 werden mögliche auslösende Faktoren für ein subakromiales Impingement zusammengefasst.

Einteilung nach Neer

Stadium I:
- Ödem, Hämorrhagie
- Patient normalerweise jünger als 25 Jahre

Stadium II:
- Tendinitis/Bursitis und Fibrose
- Patient normalerweise 25–40 Jahre

Stadium III:
- Knochensporne und Sehnenruptur
- Patient normalerweise älter als 40 Jahre

Klinische Diagnostik

- Häufig schmerzhafter und/oder invers schmerzhafter Bogen (exzentrisch > konzentrisch) zwischen 60° und 120° bei aktiver Abduktion in der Frontalebene
- Schmerzen zw. 120° und 180° sind vermehrt mit Pathologien im ACG assoziiert

Tab. 22.14 Ursachen für ein subakromiales Impingement.

Intrinsische Faktoren	Extrinsische Faktoren
• vaskuläre Veränderungen in den Sehnen der Rotatorenmanschette • strukturelle Veränderungen am Akromion • hypertrophe degenerative Veränderungen an der Art. acromioclavicularis • andere trophische Veränderungen im korakoakromialen Bogen oder am Humeruskopf • oft chirurgische Behandlung	• posteriore, kapsuläre Anspannung • mangelnde neuromuskuläre Kontrolle der Muskeln der Rotatorenmanschette oder des Schulterblatts • fehlerhafte skapulothorakale Haltung mit/durch Muskeldysbalancen oder durch partiellen oder vollständigen Riss der Gewebe im subakromialen Raum durch Traumen oder Degeneration

Spezifische Impingementtests

Impingementzeichen nach Neer (▶ Abb. 22.34):
- passive Elevation des leicht innenrotierten Armes provoziert mechanischen Konflikt zwischen Tuberculum majus und Fornix humeri mit folgender Kompression und Schmerzprovokation (Brunner 2002)

Impingementzeichen nach Hawkins (▶ Abb. 22.35):
- passiv forcierte Innenrotation bei antevertiertem Arm kann subakromialen, subkorakoidalen und glenohumeralen kranio-ventralen (zwischen Tuberculum minus und vorderem Glenoidalrand) Konflikt provozieren (Brunner 2002)

Hyperangulationstest (posteriores Impingementzeichen):
- Arm des Patienten ist etwa 100° abduziert und außenrotiert
- Therapeut retrovertiert kraftvoll den Arm des Patienten
- Schmerzprovokation im hinteren Anteil der Schulter, ohne Auslösung einer Apprehensionsymptomatik, spricht für ein positives Testergebnis, das meist mit postero-superioren Rotatorenmanschetten- und/oder Labrumläsionen beim Überkopfsportler korreliert (Meister et al. 2004)

Spezifische Testung auf Tendinitis und Ruptur

M. supraspinatus

Palpationsschmerz:
- Sehne unmittelbar inferior des vorderen Teils des Akromions druckdolent, wenn die Hand des Patienten hinter seinem Rücken platziert wird

Isometrischer Widerstandstest (0° Abduktionstest, ▶ Abb. 22.36):
- testet Kraft und Schmerz (Brunner 2002)
- erfassen symptomatische Partialläsionen, da in dieser Position eine subakromiale Impingementkonstellation vermieden wird

Jobe-Test (▶ Abb. 22.37):
- Patient hält in 90° Abduktion und 30° horizontaler Adduktion und in Außenrotation (prüft die ventralen Anteile) oder in Innenrotation (prüft die posterioren Anteile)
- Therapeut gibt einen Impuls gegen den isometrischen Widerstand des Patienten



Abb. 22.34 Impingementzeichen nach Neer.

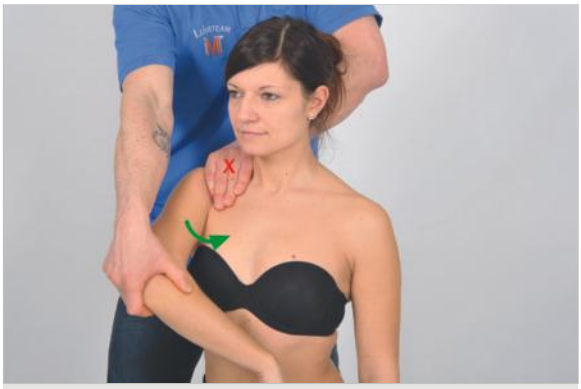


Abb. 22.35 Impingementzeichen nach Hawkins.



Abb. 22.36 Isometrischer Widerstandstest.



Abb. 22.37 Jobe-Test.

M. subscapularis

Lift-off-Test (▶ Abb. 22.38):

- Arm wird in Innenrotation auf den Rücken gebracht und der Patient aufgefordert, die Hand vom Körper abzuheben
- ist dies nicht möglich, muss von einer Läsion ausgegangen werden

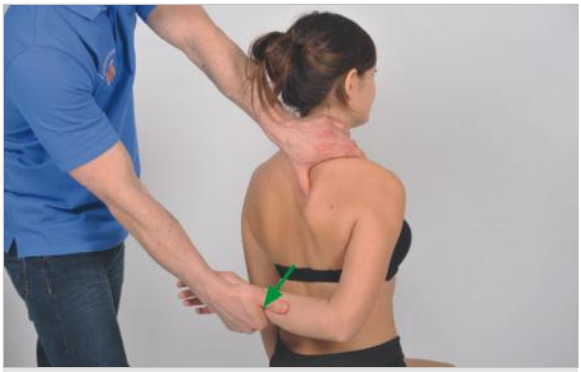


Abb. 22.38 Lift-off-Test.

M. infraspinatus/M. teres minor

Palpationsschmerz:

- Sehne ist druckdolent unmittelbar inferior an der hinteren Ecke des Akromions, wenn der Patient den Humerus horizontal adduziert und außenrotiert

Außenrotation-Lag-Zeichen (▶ Abb. 22.39):

- Untersucher bringt passiv den im Ellenbogen 90° flektierten Arm in eine 20°-Abduktions- und submaximale Außenrotationsstellung
- Test ist positiv, wenn der Patient den Arm nicht aktiv in dieser Position halten kann und er spontan in Innenrotation zurückweicht

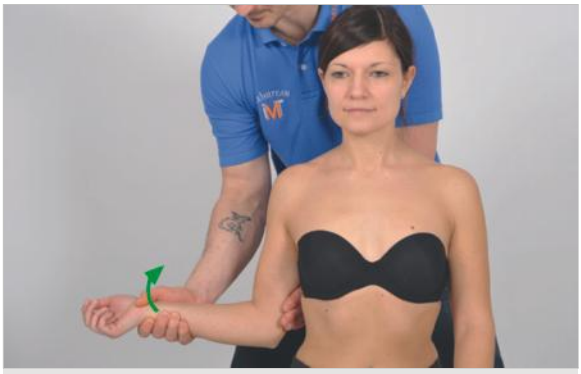


Abb. 22.39 Außenrotation-Lag-Zeichen.

M. biceps brachii

Palpationsschmerz:

- Palpation der langen Sehne im Sulcus intertubercularis auf Schmerz und Schwellung bei möglicher Tendinitis

Palm-up-Test (▶ Abb. 22.40):

- Patient sitzt, Arm in Flexion und voller Supination gehalten
- Therapeut gibt Widerstand
- typische Schmerzen weisen auf einen Schaden im Verlauf der langen Bizepssehne bzw. des Bizepssehnenankers (SLAP-Läsion, superiores Labrum von anterior nach posterior) hin

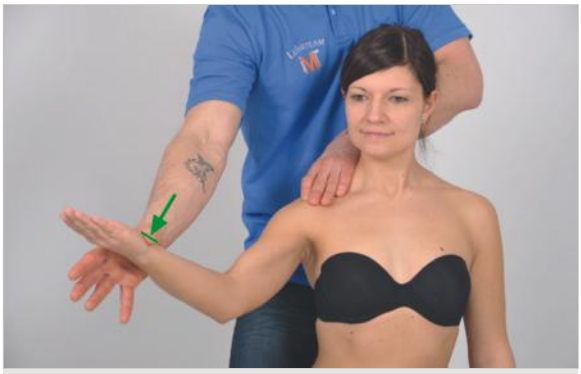


Abb. 22.40 Palm-up-Test.

O´Brien-Test:

- zur Diagnose einer SLAP-Läsion
- Patient führt seinen Arm gestreckt in 90° Anteversion und 10° Horizontaladduktion, bei maximaler Innenrotation (Daumen nach unten)
- Therapeut steht hinter dem Patienten und versucht gegen Widerstand den Arm des Patienten nach unten zu drücken
- gleicher Test wird in Außenrotation durchgeführt (Daumen nach oben)
- Test ist positiv, wenn während des ersten Teils Schmerzen ausgelöst werden, die sich bei Außenrotation verringern

Instabilität der langen Bizepssehne

Schnapptest (▶ Abb. 22.41):

- dynamische Prüfung bei Außenrotation und Innenrotation des 90° abduzierten Armes

Bursa subacromialis/subdeltoidea

- bei Entzündung meist schmerzhafte aktive und passive Abduktion
- häufig ist nicht nur eine Struktur betroffen und die Bursitis ist gegen ein Supraspinatussyndrom kaum abzugrenzen
- Druckdolenz bei Palpation ist eindeutig oder Injektion von Kortison und Lokalanästhetikum in die Bursa beeinflussen den Schmerz
- klinische Differenzierung mithilfe von Kompression und Distraktion



Abb. 22.41 Schnapptest.

Das subkorakoidale Impingement

Bischoff et al. 2007

Das subkorakoidale Impingement ist seltener als das subakromiale Impingement und betrifft den Raum zwischen dem Tuberculum minus und dem Processus coracoideus. Meist kommt es zur Kompression der Bursa subcoracoidalis, der Sehne des M. subscapularis, der Ligg. glenohumeralia superius und mediale bei Arbeiten mit antevertiertem und innenrotiertem Arm.

Ätiologie

- Formvarianten der knöchernen Elemente (prominentes Tuberculum minus, Stellungsanomalien des Processus coracoideus)
- fehlverheilte Frakturen des Processus coracoideus oder des Tuberculum minus
- lang anhaltende Belastung des Schulterhauptgelenks in Flexion und Innenrotation (Schwimmer, Speerwerfer, Tennisspieler)
- postoperative Narbenbildungen
- fehlplatzierter Knochenspan (z. B. nach Operation nach Eden-Hybinette)
- Rupturen der Sehne des M. subscapularis in Kombination mit einer Luxation der langen Bizepssehne
- antero-superiore Instabilität bei diffuser Laxität der vorderen Kapsel und der glenohumeralen Bänder oder bei Schädigung des M. subscapularis oder des vorderen Supraspinatusanteils

Klinik

- Schmerzen ventro-medial, in der Nähe des Processus coracoideus
- Verstärkung durch Adduktion, Flexion und Innenrotation

Diagnostik

- modifizierte Impingementtests nach Hawkins und Kennedy (mittlere Flexionsstellung und forcierte Innenrotation) ist positiv
- Infiltration eines Lokalanästhetikums zwischen Humeruskopf und Korakoid führt zu Schmerzfreiheit

Das sekundäre Impingement

Hierzu zählen die pathologischen Gelenkinstabilitäten, die zu einem Impingement führen.

Instabilitätsimpingement

Das Instabilitätsimpingement basiert auf mechanischer Ruptur und Richtung der Instabilität oder Subluxation. Die multidirektionale Instabilität entsteht durch laxe Kapsel mit oder ohne Impingement.

Ursachen

- physiologisch laxes Bindegewebe, weshalb die Gelenke des Körpers übermäßig mobil sind
- durch viele Überkopfwürfe oder Hebeaktivitäten entwickelt sich eine gewisse Laxheit und Instabilität der Kapsel
- Rotatorenmanschettenmuskeln unterstützen schlechte Stabilisation des Humeruskopfs
- Muskelermüdung führt zu fehlerhafter Mechanik, zum Trauma und zur Entzündung der subakromialen Gewebe
- Trauma wird vergrößert, wenn schnelle Bewegungen bei Überkopfwürfen mangelhaft kontrolliert werden können
- ähnliche Effekte treten bei Menschen mit mangelnder Kraft und schlechter Funktion der Rotatorenmanschettenmuskulatur auf
- Bänder werden durch repetitiven Gebrauch und Hypermobilität belastet, was zu einem Impingement führt
- Hypermobilität kann zu Subluxation, Luxation oder Tendinitis der Rotatorenmanschette führen
- repetitive Mikrotraumen führen zu degenerativen Veränderungen, z. B. Knochensporne, Sehnenrupturen, Kapselrestriktionen oder fibröse Schultersteife

Unidirektionale Instabilität nach anterior, posterior oder inferior mit oder ohne Impingement

Ursachen

- kann die Folge eines physiologisch laxen Bindegewebes sein, wird aber meistens durch ein Trauma verursacht und ist normalerweise mit Rupturen in der Rotatorenmanschette verbunden
- Rupturen können als akut, chronisch, degenerativ oder als partielle oder komplette Rupturen klassifiziert werden
- oft ist das Labrum glenoidale beschädigt und einige der beteiligten Bänder sind gerissen

Schleichende (atraumatische) Degeneration durch wiederholte Mikrotraumata

Ursachen

- Rupturen in der Rotatorenmanschette
- Menschen über 40 Jahre nach einem repetitiven Mikrotrauma der Rotatorenmanschette oder des Caput longum musculi bicipitis brachii
- Überbeanspruchung der Supraspinatussehne
- degenerative Veränderungen führen zu Kalkeinlagerungen und schließlich zu einer Sehnenruptur
- zu starke Anspannung der Sehne verursacht chronische Ischämie und verminderte Regenerationsfähigkeit

Klinische Diagnostik

Vorderer und hinterer Schubladentest (▶ Abb. 22.42):

- testet am muskulär entspannten Patienten eine vermehrte anteriore oder posteriore Translation des Oberarmkopfs (Brunner 2002)

Load-and-shift-Test (▶ Abb. 22.43):

- am liegenden Patienten wird der abduzierte und außenrotierte Arm durch axialen Druck zentriert und durch ventrale und dorsale Translation bestimmt (Brunner 2002)

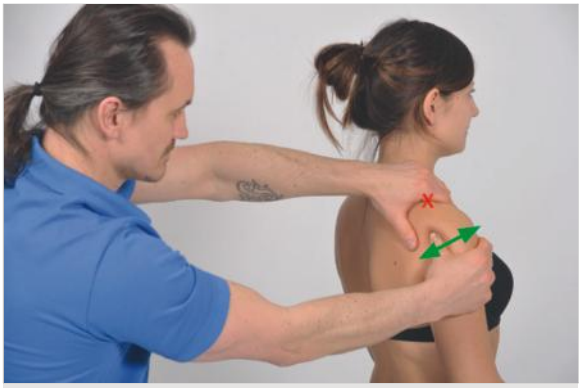


Abb. 22.42 Vorderer und hinterer Schubladentest, im Bild nach anterior.



Abb. 22.43 Load-and-shift-Test.

Sulkuszeichen (▶ Abb. 22.44):
- kaudaler Zug am muskulär entspannten Patienten testet Translation im Verhältnis zur Pfanne
- Ausbildung einer Einziehung unterhalb des Akromion wird in cm eingeschätzt (Brunner 2002)
- Ausführung in Außenrotation testet Lig. coracohumerale und Lig. glenohumerale superius
- Ausführung in Innenrotation testet hintere Kapselstrukturen

Vorderer Apprehensionstest (▶ Abb. 22.45):
- Therapeut fixiert den Arm des Patienten in Abduktion und Außenrotation und übt gleichzeitig Druck von dorsal auf den Oberarmkopf aus
- Test ist positiv, wenn eine abrupte muskuläre Anspannung oder Ausweichbewegung auftritt
- Ausführung in 60° Abduktion testet das mittlere glenohumerale Band und Fasern des M. subscapularis
- Ausführung in 90° und 120° Abduktionsstellung testet das inferiore glenohumerale Band und die vordere Kapsel

Jerk-Test (▶ Abb. 22.46):
- Therapeut adduziert und innenrotiert den 90° antevertierten Arm zunehmend unter axialem Druck
- Subluxation oder Luxation über den hinteren Glenoidrand werden dabei erfasst
- nachfolgende Horizontalabduktion führt zur Reposition

Translatorische Tests

Translatorische Gelenkspieltests können in der Ruhestellung oder der aktuellen Ruhestellung durchgeführt werden.

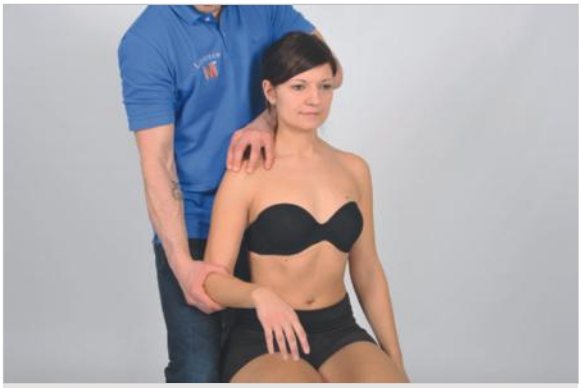


Abb. 22.44 Sulkuszeichen.

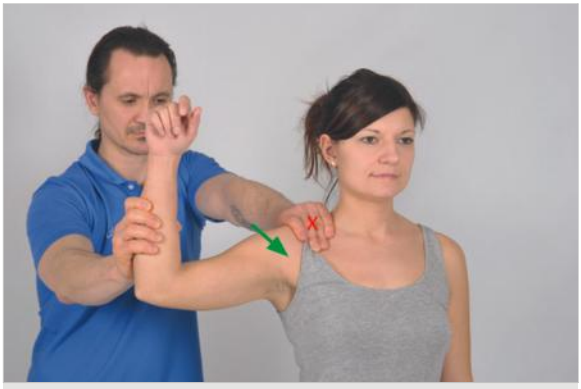


Abb. 22.45 Vorderer Apprehensionstest.

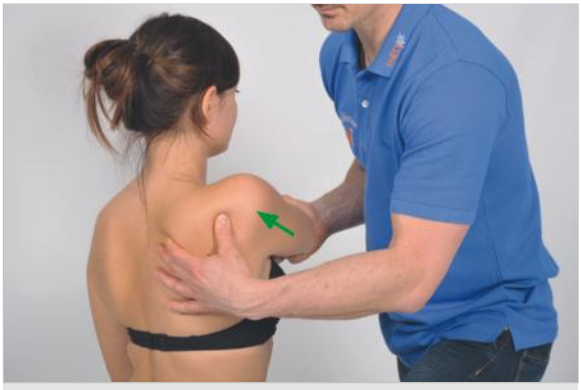


Abb. 22.46 Jerk-Test.

Translatorische Tests der Art. sternoclavicularis

Traktion/Kompression

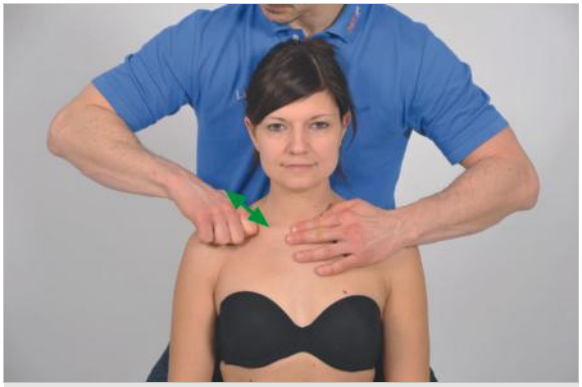


Abb. 22.47 Traktion und Kompression des SCG.

Ausführung (▶ Abb. 22.47):
- Patient sitzt oder steht.
- Therapeut steht dahinter und palpiert den Gelenkspalt, während die Klavikula nach latero-dorsal-kranial für die Traktion bzw. nach medio-ventral-kaudal für die Kompression bewegt wird.

Interpretation:
- Hypomobilität limitiert alle Bewegungen des Schulter-Schultergürtelkomplexes insbesondere die Retraktion, horizontale Abduktion, Anteversion, Abduktion und Außenrotation.

Test der Klavikula für die Retraktion

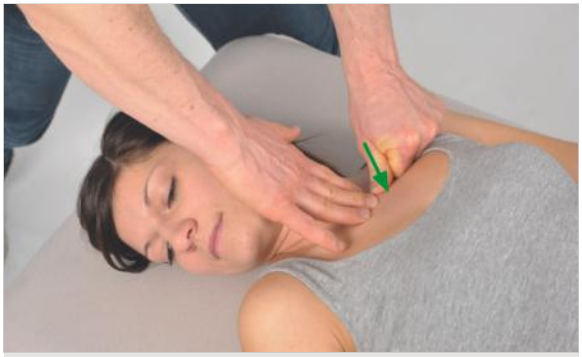


Abb. 22.48 Test des SCG für die Retraktion.

Ausführung (▶ Abb. 22.48):
- Patient ist in Rückenlage und der Kopf ist von der zu testenden Seite weg rotiert.
- Therapeut steht kopfwärts und palpiert den Gelenkspalt.
- Der Daumen der anderen Hand gibt Druck auf die Klavikula nach dorso-medial-kaudal.
- Beachte möglichen Knochenkontakt mit der 1. Rippe.

Interpretation:
- Hypomobilität limitiert die Retraktion, horizontale Abduktion, Retroversion, Außenrotation und endgradige Anteversion.

Test der Klavikula für die Protraktion

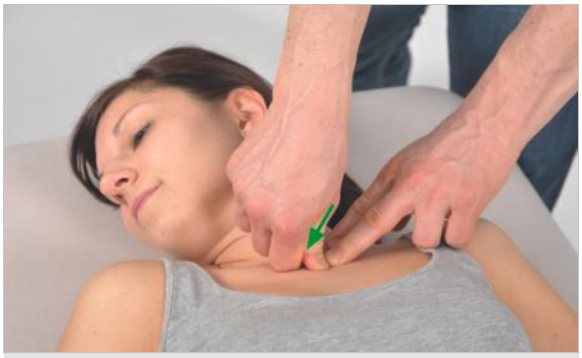


Abb. 22.49 Test des SCG für die Protraktion.

Ausführung (▶ Abb. 22.49):
- Patient ist in Rückenlage und der Kopf ist von der zu testenden Seite weg rotiert.
- Therapeut steht kopfwärts und palpiert den Gelenkspalt.
- Der Daumen der anderen Hand liegt auf dem Manubrium sterni und gibt einen Schub nach dorso-medial-kaudal, so dass die Klavikula relativ ventro-lateral-kranial stehen bleibt.

Interpretation:
- Hypomobilität limitiert die Protraktion, horizontale Adduktion und Innenrotation.

Praxistipp

Die Rotation des Kopfes verändert die Spannung des myofaszialen Gewebes, was das Ergebnis des translatorischen Tests beeinflussen kann.

Test der Klavikula für die Elevation

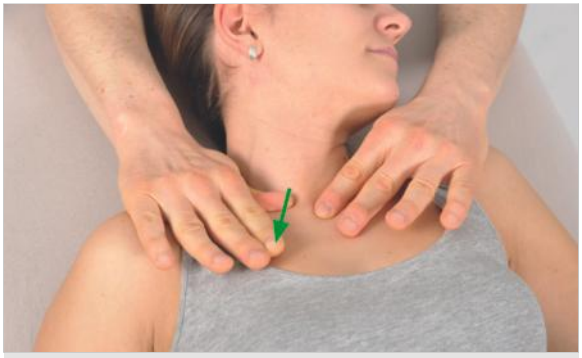


Abb. 22.50 Test des SCG für die Elevation.

Ausführung (▶ Abb. 22.50):
- Patient ist in Rückenlage.
- Therapeut steht kopfseitig und palpiert den Gelenkspalt.
- Die andere Hand gibt auf die Klavikula einen Druck nach kaudo-lateral-ventral.

Interpretation:
- Hypomobilität limitiert die Elevation, Anteversion und die Abduktion.

Test der Klavikula für die Depression

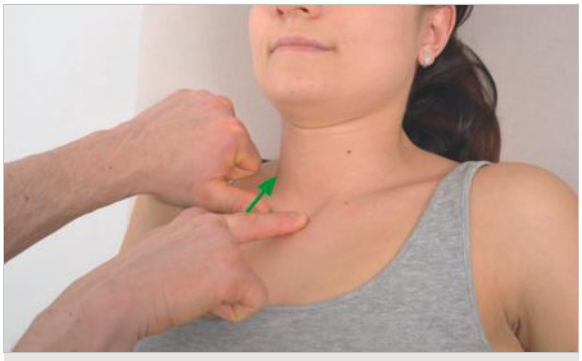


Abb. 22.51 Test des SCG für die Depression.

Ausführung (▶ Abb. 22.51):
- Patient ist in Rückenlage.
- Therapeut steht fußseitig und palpiert den Gelenkspalt.
- Die andere Hand gibt auf die Klavikula einen Druck nach kranio-medial-dorsal.

Interpretation:
- Hypomobilität limitiert die Depression.

Translatorische Tests der Art. acromioclavicularis

Traktion/Kompression



Abb. 22.52 Test des ACG auf Traktion und Kompression.

Ausführung (▶ Abb. 22.52):
- Patient sitzt oder steht.
- Therapeut steht dahinter und fixiert die Klavikula und palpiert den Gelenkspalt.
- Die andere Hand zieht das Akromion nach latero-dorsal-kaudal für die Traktion und schiebt nach medio-ventral-kranial für die Kompression.

Interpretation:
- Hypomobilität limitiert alle Bewegungen des Schulter-Schultergürtelkomplexes, insbesondere die Retraktion, horizontale Abduktion, Anteversion, Abduktion und Außenrotation.

Praxistipp

Der ventrale Einstieg in den Gelenkspalt des Akromioklavikulargelenks ist kerbenartig vertieft. Dies kann man zum „Anhaken“ der Finger benutzen.

Test der Klavikula für die Retraktion

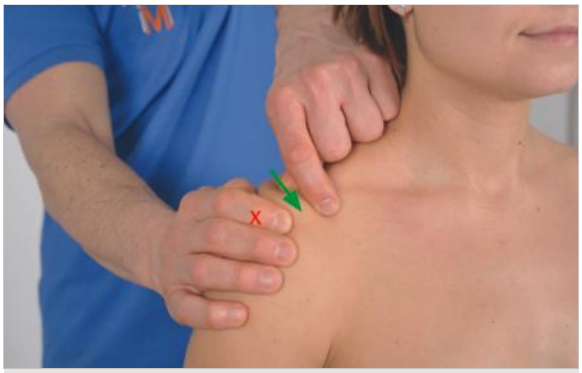


Abb. 22.53 Test des ACG auf Retraktion.

Ausführung (▶ Abb. 22.53):
- Patient sitzt oder steht.
- Therapeut steht dahinter und fixiert das Akromion und palpiert den Gelenkspalt.
- Der Daumen der anderen Hand schiebt die Klavikula nach ventro-lateral.

Interpretation:
- Hypomobilität limitiert die Retraktion, horizontale Abduktion, Anteversion und Außenrotation.

Test der Klavikula für die Protraktion

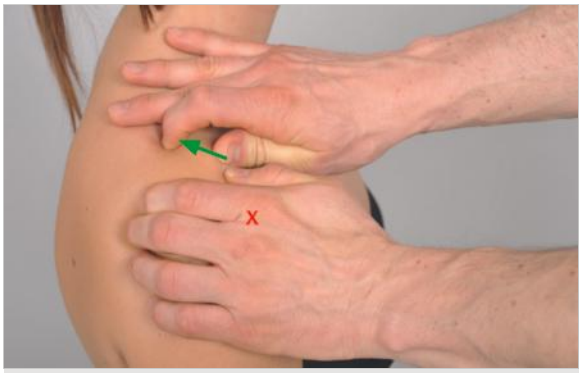


Abb. 22.54 Test des ACG auf Protraktion.

Ausführung (▶ Abb. 22.54):
- Patient sitzt oder steht.
- Therapeut steht davor, fixiert das Akromion und palpiert den Gelenkspalt.
- Der Daumen der anderen Hand schiebt die Klavikula nach dorso-medial.

Interpretation:
- Hypomobilität limitiert die Protraktion, horizontale Adduktion und Innenrotation.

Translatorische Tests des skapulothorakalen Gleitlagers

Test der Skapulabeweglichkeit

Ausführung (▶ Abb. 22.55):
- Patient ist in Seitenlage.
- Therapeut steht davor und umgreift die Skapula und führt sie in Elevation, Depression, Protraktion, Retraktion, Innenrotation und Außenrotation.

Interpretation:

Elevationstest:
- Hypomobilität limitiert die Elevation, Anteversion und Abduktion.

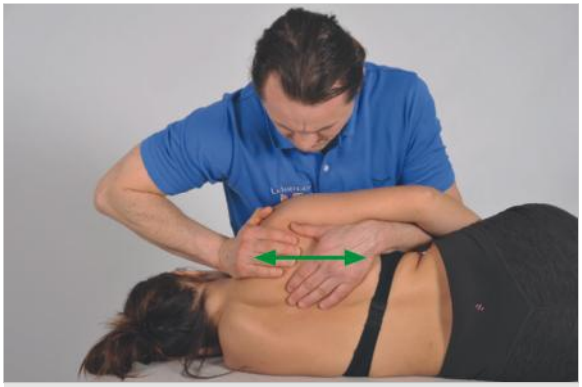


Abb. 22.55 Test des skapulothorakalen Gleitlagers, Bild zeigt kranio-kaudale Verschieblichkeit.

Depressionstest:
- Hypomobilität limitiert die Depression, Retroversion und Adduktion.

Protraktionstest:
- Hypomobilität limitiert die Protraktion, Anteversion, Abduktion, horizontale Adduktion und Innenrotation.

Retraktionstest:
- Hypomobilität limitiert die Retraktion, Retroversion, horizontale Abduktion und Außenrotation.

Außenrotationstest:
- Hypomobilität limitiert die Außenrotation der Skapula, Anteversion, Abduktion, horizontale Adduktion und Innenrotation des Glenohumeralgelenks.

Innenrotationstest:
- Hypomobilität limitiert die Innenrotation der Skapula, Retroversion, Adduktion, horizontale Abduktion und die Außenrotation des Glenohumeralgelenks.

Praxistipp

Der Gleitraum ist sehr beweglich und häufig wird die gesamte Bewegungsfläche des skapulothorakalen Gleitlagers im Test und in der Therapie nicht genutzt.

Translatorische Tests der Art. humeri

Test der glenohumeralen Kompression

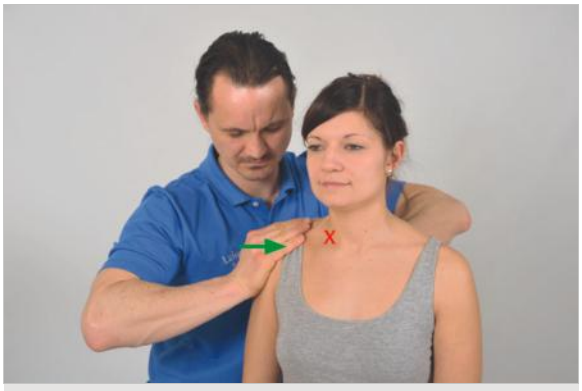


Abb. 22.56 Test des Schultergelenks auf Kompression.

Ausführung (▶ Abb. 22.56):
- Patient sitzt oder steht.
- Therapeut steht dahinter und fixiert die Skapula an der zu testenden Seite von dorso-medial.
- Die andere Hand gibt auf das Caput humeri einen Kompressionsimpuls nach medio-dorsal.

Interpretation:
- Schmerz deutet auf ein intraartikuläres Gelenkproblem.

Test der glenohumeralen Traktion

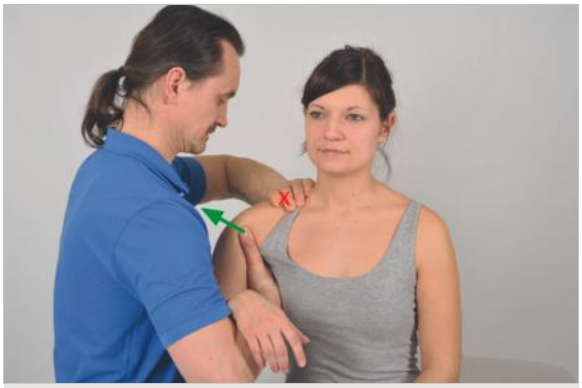


Abb. 22.57 Test des Schultergelenks auf Traktion.

Ausführung (▶ Abb. 22.57):
- Patient sitzt oder steht.
- Therapeut steht seitlich und fixiert den Schultergürtel.
- Die andere Hand greift axillär um den Humerus, der Unterarm des Patienten wird entlastend gelagert.
- Aus der Ruhestellung erfolgt ein Traktionsimpuls nach latero-ventral-kranial.

Interpretation:
- Hypomobilität limitiert alle Bewegungen des Schulter- und Schultergürtelkomplexes

Test der subakromialen Kompression



Abb. 22.58 Test des Schultergelenks auf subakromiale Kompression.

Ausführung (▶ Abb. 22.58):
- Patient sitzt oder steht
- Therapeut steht seitlich und fixiert den Schultergürtel
- Die andere Hand umgreift den distalen Humerus und es erfolgt ein Kompressionsschub nach proximal

Interpretation:
- Schmerz kann auf eine Irritation der Bursa subacromialis hindeuten

Test der subakromialen Traktion und des Humerus für die Abduktion

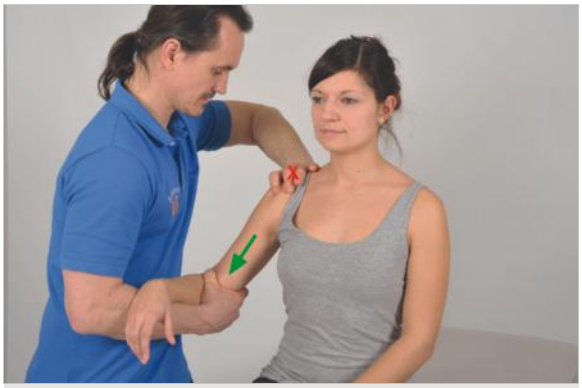


Abb. 22.59 Test des Schultergelenks auf subakromiale Traktion.

Ausführung (▶ Abb. 22.59):
- Patient sitzt oder steht
- Therapeut steht seitlich und fixiert den Schultergürtel
- Die andere Hand greift suprakondylär um den Humerus, der Unterarm wird entlastend gelagert
- Therapeut gibt einen Traktionszug nach kaudo-lateral

Interpretation:
- Hypomobilität limitiert die Abduktion und endgradige Anteversion.

Test des Humerus für die Anteversion, Innenrotation und horizontale Adduktion

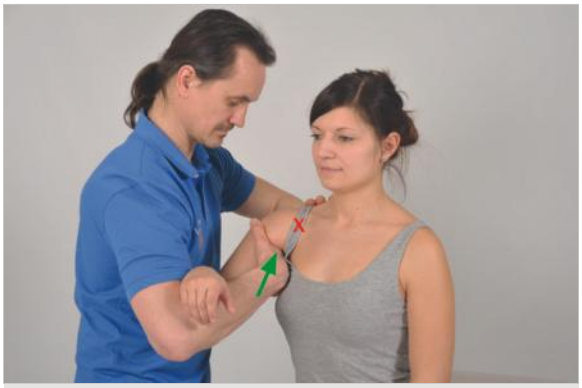


Abb. 22.60 Test des Schultergelenks auf Gleiten nach dorsal.

Ausführung (▶ Abb. 22.60):
- Patient sitzt oder steht.
- Therapeut fixiert den Schultergürtel.
- Die andere Hand greift axillär um den Humerus und der Unterarm wird entlastend gelagert.
- Therapeut gibt einen Translationsschub nach dorsolateral.

Interpretation:
- Hypomobilität limitiert die Anteversion, Innenrotation und horizontale Adduktion.

Test des Humerus für die Retroversion, Außenrotation und horizontale Abduktion



Abb. 22.61 Test des Schultergelenks auf Gleiten nach ventral.

Ausführung (▶ Abb. 22.61):
- Patient sitzt oder steht.
- Der Therapeut steht seitlich und fixiert mit seiner Hand den Proc. coracoideus, während der Unterarm entlastend gelagert wird.
- Therapeut gibt einen Translationsschub nach ventromedial.

Interpretation:
- Hypomobilität limitiert die Retroversion, Außenrotation und horizontale Abduktion.

Praxistipp

Bei den glenohumeralen Gleittests ist es sehr wichtig, die Skapula, trotz ihrer Form und Größe, für jede Richtung optimal zu fixieren. Das erfordert Übung.

Safety-Tests

Alle Traktions- und Kompressionstests werden als Sicherheitstests herangezogen. Ein Traktionstest als Safety-Test ist dann positiv, wenn bei einer gehaltenen Traktion von einigen Sekunden eine nicht adäquate Schmerzreaktion auftritt. Ein Kompressionstest ist dann als Safety-Test positiv zu bewerten, wenn nach einer progressiven Kompressionssteigerung ein nicht adäquater Schmerz auftritt.

Des Weiteren werden am Glenohumeralgelenk die Stabilitätstests als Sicherheitstests durchgeführt, die bei einem positiven Ergebnis eine mobilisierende Behandlung des Glenohumeralgelenks verbieten.

22.2.2 Behandlungen des Schulter- und Schultergürtelkomplexes

Behandlungen zur Schmerzlinderung werden in der Regel aus der Ruhestellung oder der aktuellen Ruhestellung ausgeführt. Mobilisationen erfolgen in der Regel submaximal am Ende der eingeschränkten Bewegung.

Behandlungen der Art. sternoclavicularis

Traktion der Art. sternoclavicularis

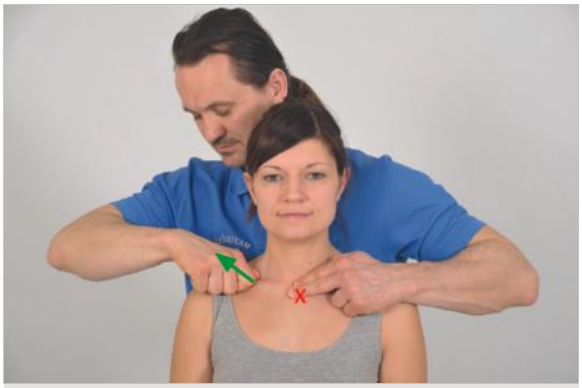


Abb. 22.62 Traktion im SCG.

Anwendung (▶ Abb. 22.62):
- für alle Bewegungen der Schulter- und Schultergürtelgelenke

Ausführung:
- Patient sitzt oder steht.
- Therapeut steht dahinter und palpiert den Gelenkspalt, während die Klavikula nach latero-dorsal-kranial bewegt wird.

Gleiten der Klavikula nach dorso-medial-kaudal

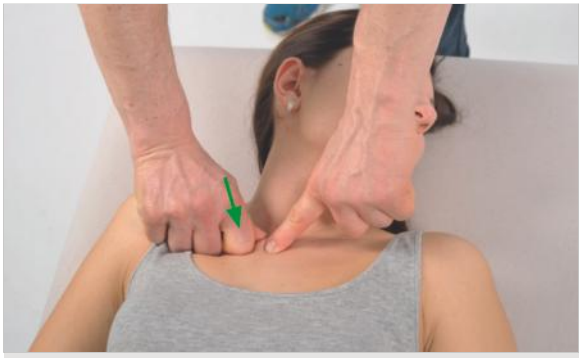


Abb. 22.63 Gleiten der Klavikula im SCG nach dorso-medial-kaudal.

Anwendung (▶ Abb. 22.63):
- für die Retraktion, die horizontale Abduktion, Retroversion, Außenrotation und endgradige Anteversion

Ausführung:
- Patient ist in Rückenlage und der Kopf ist von der zu behandelnden Seite weg rotiert.
- Therapeut steht fußwärts am Kopfende und palpiert den Gelenkspalt.
- Die andere Hand gibt im Schnäuzgriff Druck auf die Klavikula nach dorso-medial-kaudal.
- Beachte den möglichen Knochenkontakt mit der 1. Rippe.

Gleiten des Sternums nach dorso-medial-kaudal



Abb. 22.64 Gleiten des Sternums im SCG nach dorso-medial-kaudal.

Anwendung (▶ Abb. 22.64):
- für die Protraktion und die horizontale Adduktion, Anteversion und Innenrotation.

Ausführung:
- Patient ist in Rückenlage und der Kopf ist von der zu behandelnden Seite weg rotiert.
- Therapeut steht fußwärts am Kopfende und palpiert den Gelenkspalt.
- Die andere Hand liegt auf dem Manubrium sterni und gibt mit dem Thenar einen Schub nach dorso-medial-kaudal, so dass die Klavikula relativ ventro-lateral-kranial stehen bleibt.

Gleiten der Klavikula nach kaudo-lateral-ventral

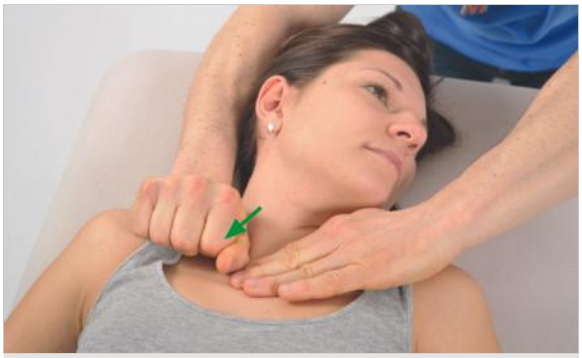


Abb. 22.65 Gleiten der Klavikula im SCG nach kaudo-lateral-ventral.

Anwendung (▶ Abb. 22.65):
- für die Elevation und die Abduktion und endgradige Anteversion

Ausführung:
- Patient ist in Rückenlage und der Kopf ist von der zu behandelnden Seite weg rotiert.
- Therapeut sitzt fußwärts am Kopfende und palpiert den Gelenkspalt.
- Die andere Hand gibt auf die Klavikula einen Schub nach kaudo-lateral-ventral.

Gleiten der Klavikula nach kranio-medial-dorsal



Abb. 22.66 Gleiten der Klavikula im SCG nach kranio-medial-dorsal.

Anwendung (▶ Abb. 22.66):
- für die Depression und die Retroversion

Ausführung:
- Patient ist in Rückenlage.
- Therapeut steht seitlich mit Blick zum Kopf und palpiert den Gelenkspalt.
- Die andere Hand gibt auf die Klavikula einen Schub nach kranio-medial-dorsal.

Behandlungen der Art. acromioclavicularis

Traktion der Art. acromioclavicularis

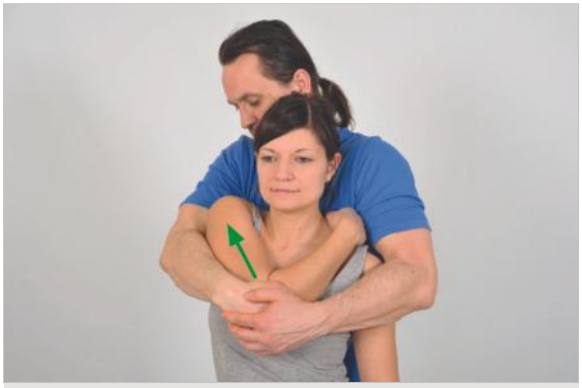


Abb. 22.67 Traktion in der Art. acromioclavicularis.

Anwendung (▶ Abb. 22.67):
- für alle Bewegungen der Schulter- und Schultergürtelgelenke

Ausführung:
- Patient sitzt oder steht, die Hand der zu behandelnden Seite liegt auf der gegenüberliegenden Schulter.
- Therapeut steht dahinter und umgreift den Ellenbogen mit beiden Händen.
- Zugimpuls über den Ellenbogen erfolgt in Verlängerung des Oberarms nach kranio-lateral-dorsal.
- Das Schulterblatt der zu behandelnden Seite muss frei beweglich sein und darf nicht fixiert werden.

Merke

Eine intensive und sehr effektive Mobilisation, die bei subakromialen Prozessen und Impingement jedoch symptomverstärkend wirken kann und dadurch nicht durchführbar ist.

Gleiten der Klavikula nach dorso-medial

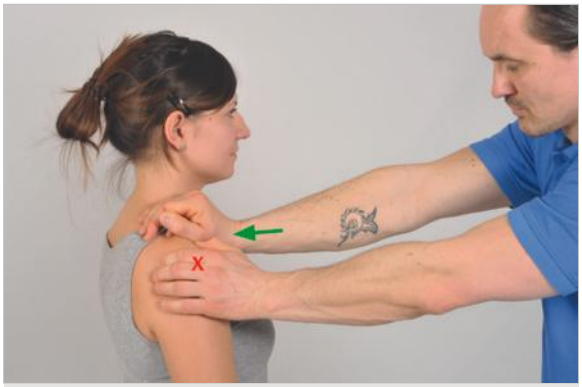


Abb. 22.68 Gleiten der Klavikula im ACG nach dorso-medial.

Anwendung (▶ Abb. 22.68):
- für die Protraktion, die horizontale Adduktion, Innenrotation und Anteversion

Ausführung:
- Patient sitzt oder steht.
- Therapeut steht davor und fixiert das Akromion.
- Die andere Hand schiebt die Klavikula nach dorso-medial.

Gleiten der Klavikula nach ventro-lateral

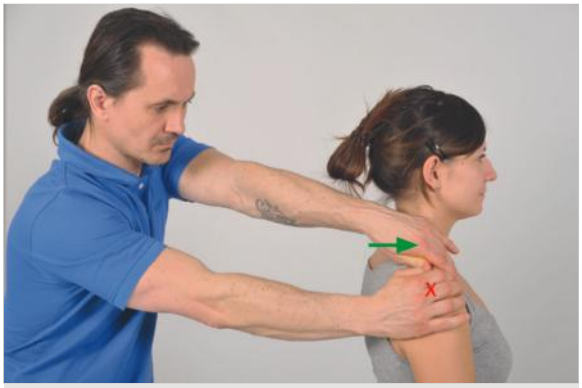


Abb. 22.69 Gleiten der Klavikula im ACG.

Anwendung (▶ Abb. 22.69):
- für die Retraktion, die horizontale Abduktion, Retroversion, endgradige Anteversion und Außenrotation

Ausführung:
- Patient sitzt oder steht.
- Therapeut steht dahinter und fixiert das Akromion.
- Die andere Hand schiebt die Klavikula nach ventro-lateral.

Praxistipp

Die Mobilisationen des Akromioklavikulargelenks nach dorso-medial und ventro-lateral sind auch sehr gut in Rückenlage durchführbar.

Mobilisation der Klavikula in Innenrotation und des Akromions in Außenrotation



Abb. 22.70 Mobilisation der Klavikula in Innenrotation und des Akromions in Außenrotation.

Anwendung (▶ Abb. 22.70):
- für die Innenrotation der Klavikula, die Elevation, die Anteversion und Abduktion

Ausführung:
- Patient ist in Rückenlage.
- Therapeut steht seitlich und fixiert die Klavikula von kranial in eine Innenrotation.
- Die andere Hand bewegt den in 90° Abduktion eingestellten Arm passiv in eine Außenrotation.

Mobilisation der Klavikula in Außenrotation und des Akromions in Innenrotation



Abb. 22.71 Mobilisation der Klavikula in Außenrotation und des Akromions in Innenrotation.

Anwendung (▶ Abb. 22.71):
- für die Außenrotation der Klavikula, die Retroversion und Adduktion

Ausführung:
- Patient ist in Rückenlage.
- Therapeut steht seitlich und fixiert die Klavikula von ventro-kaudal in eine Außenrotation.
- Die andere Hand bewegt den in 90° Abduktion eingestellten Arm passiv in eine Innenrotation.

Behandlungen des skapulothorakalen Gleitlagers

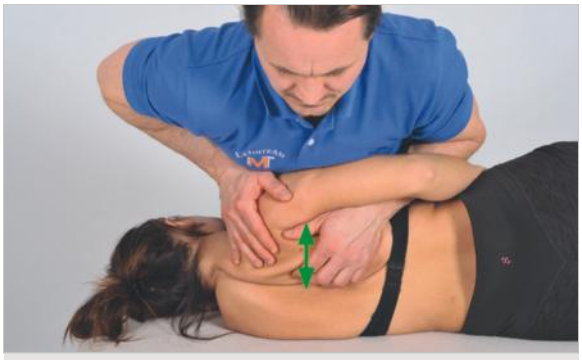


Abb. 22.72 Mobilisation des skapulothorakalen Gleitlagers, Bild zeigt medio-laterale Mobilisation.

Anwendung (▶ Abb. 22.72):
Elevation:
- für die Elevation, Anteversion und Abduktion

Depression:
- für die Depression, Retroversion und Adduktion

Protraktion:
- für die Protraktion, Anteversion, Abduktion, horizontale Adduktion und Innenrotation

Retraktion:
- für die Retraktion, Retroversion, horizontale Abduktion und Außenrotation, sowie endgradige Anteversion und Abduktion

Außenrotation:
- für die Außenrotation der Skapula, Anteversion, Abduktion, horizontale Adduktion und Innenrotation

Innenrotation:
- für die Innenrotation der Skapula, Retroversion, Adduktion, horizontale Abduktion und die Außenrotation

Ausführung:
- Patient ist in Seitenlage.
- Therapeut steht davor und umgreift die Skapula und führt sie in Elevation, Depression, Protraktion, Retraktion, Innenrotation und Außenrotation.

Behandlungen der Art. humeri

Traktion der Art. humeri



Abb. 22.73 Traktion glenohumeral der Art. humeri.

Anwendung (▶ Abb. 22.73):
- für alle Bewegungen der Schulter- und Schultergürtelgelenke

Ausführung:
- Patient ist in Rückenlage.
- Therapeut steht seitlich am Patienten und greift mit der proximalen Hand flächig in die Axilla.
- Die distale Hand fixiert den distalen Oberarm.
- Die Traktion erfolgt nach latero-ventral-kranial.
- Beachte: Die Traktion kann mit unterschiedlichen Gelenkstellungen als Mobilisation erfolgen.

Gleiten des Humerus nach kaudo-lateral und Traktion subakromial

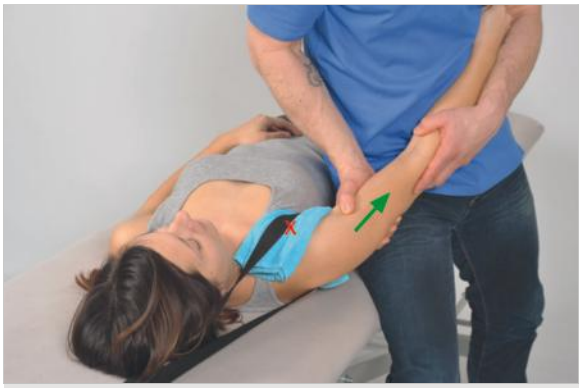


Abb. 22.74 Traktion subakromial der Art. humeri.

Anwendung (▶ Abb. 22.74):
- für die Abduktion und endgradige Anteversion

Ausführung:
- Patient ist in Rückenlage.
- Therapeut steht seitlich.
- Die Skapula ist axillär durch einen Fixationsgurt nach kranial fixiert.
- Therapeut umgreift mit beiden Händen den proximalen Oberarm und gleitet mit dem Humerus nach kaudo-lateral.

Praxistipp
- Die Hand des Therapeuten kann den subaxillären Fixationsgurt auch ersetzen.

Gleiten des Humerus nach dorso-lateral

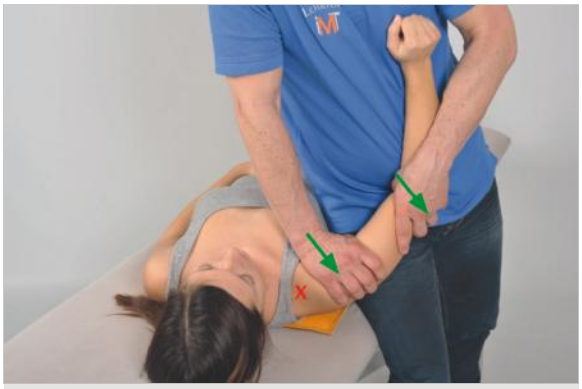


Abb. 22.75 Gleiten nach dorso-lateral in der Art. humeri.

Anwendung (▶ Abb. 22.75):
- für die Anteversion, Innenrotation und horizontale Adduktion

Ausführung:
- Patient ist in Rückenlage.
- Die Skapula muss evtl. aufgrund der Thoraxform unterlagert werden.
- Therapeut steht seitlich und legt eine Hand flächig von ventral auf das Caput humeri.
- Die andere Hand umgreift den distalen Oberarm.
- Unter Vorpositionierung des Humerus erfolgt der Mobilisationsschub nach dorso-lateral.

Gleiten des Humerus nach kaudo-lateral-ventral mit Betonung der endgradigen Anteversion/Abduktion

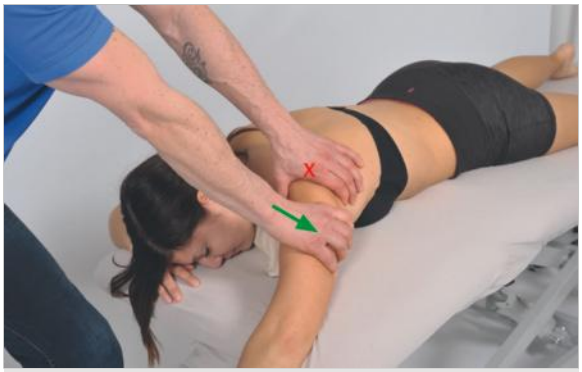


Abb. 22.76 Gleiten nach kaudo-lateral-ventral in der Art. humeri.

Anwendung (▶ Abb. 22.76):
- für die endgradige Anteversion/Abduktion

Ausführung:
- Patient in Bauchlage mit verstärkt antevertiertem Arm
- Der Processus coracoideus ist unterlagert
- Therapeut steht kopfwärts und mit dem Daumen-Zeigefinger-Spann einer Hand auf dem Humeruskopf
- Die andere Hand fixiert die Skapula
- Die Mobilisation erfolgt nach kaudo-lateral-ventral

Widerlagernde Mobilisation für die Anteversion und Abduktion

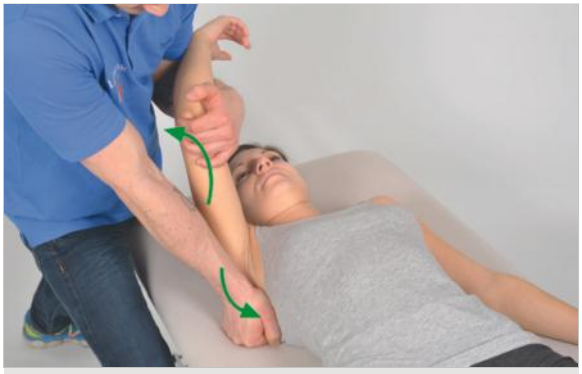


Abb. 22.77 Widerlagernde Mobilisation am Art. humeri.

Anwendung (▶ Abb. 22.77):
- für die Anteversion und Abduktion

Ausführung:
- Patient ist in Rückenlage.
- Der Therapeut steht seitlich und positioniert den Arm mit der proximalen Hand in Anteversion bzw. Abduktion.
- Die distale Hand bewegt den Angulus inferior der Skapula bei fixiertem Humerus bogenförmig nach kaudo-medial.

Praxistipp

In dieser Ausgangsstellung lässt sich auch sehr gut der M. subscapularis forciert friktionieren.

Gleiten des Humerus nach ventro-medial



Abb. 22.78 Gleiten nach ventro-medial in der Art. humeri.

Anwendung (▶ Abb. 22.78):
- für die Retroversion, Außenrotation und horizontale Abduktion

Ausführung:
- Patient ist in Bauchlage.
- Processus coracoideus ist unterlagert.
- Der Therapeut steht seitlich und legt eine Hand flächig von dorsal auf das Caput humeri.
- Die andere Hand umgreift den distalen Oberarm.
- Unter Vorpositionierung des Humerus erfolgt der Schub nach ventro-medial.

Öffnung des skapuloklavikulären Winkels

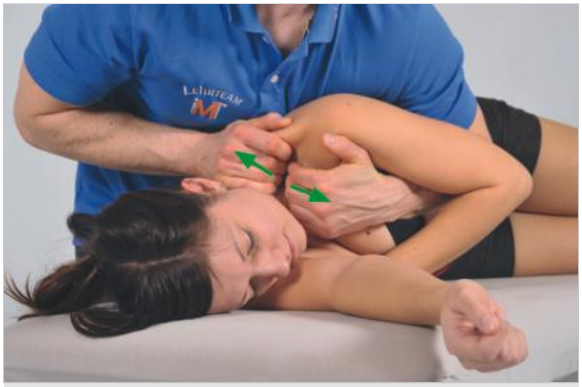


Abb. 22.79 Öffnung des skapuloklavikulären Winkels.

Anwendung (▶ Abb. 22.79):

für alle Bewegungen der Schulter- und Schultergürtelgelenke

Ausführung:

- Patient ist in Seitenlage.
- Therapeut steht dahinter.
- 2 bis 3 Fingerkuppen beider Hände lagern sich von ventral und dorsal über in die Fossa supraclavicularis ein.
- Der Schultergürtel wird in die Elevation und Protraktion geführt, wobei die Fingerkuppen in der Tiefe auseinander bewegt werden, um die tiefe Faszienschicht zu mobilisieren.

Praxistipp

Achte auf eine ausgeschöpfte Elevations-Protraktionsbewegung, um in die tiefen Gewebeschichten zu kommen.

23 Integration Teil II

Rudi Amberger

Die Integration beschäftigt sich mit den Möglichkeiten einer Läsionsausbreitung sowie dem strategischen Denken und Handeln. Manualtherapeuten sollten nicht nach dem Namen des Schweizer Luftkurorts „Davos“ – „da wo’s“ – weh tut agieren, sondern immer den Menschen als Ganzes im Auge behalten. Zur Einführung und über die Grundlagen der Integration lesen Sie bitte in Kap. 17 (Integration Teil I).

Der zweite Teil der Integration zeigt einen Ausschnitt der funktionellen Zusammenhänge sowie des funktionellen Zusammenwirkens der Kopfgelenke, der Halswirbelsäule, der oberen Thoraxapertur und oberen BWS, dem Schultergürtel und den oberen Extremitäten (▶ Abb. 23.1).

Auch in diesem Teil soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die hier vorgestellten Beispiele nur Möglichkeiten einer Läsionsausbreitung darstellen und keinesfalls den Anspruch erheben, dass sich eine Ursache-Folgen-Kette immer auf diese Weise ausbreiten wird.

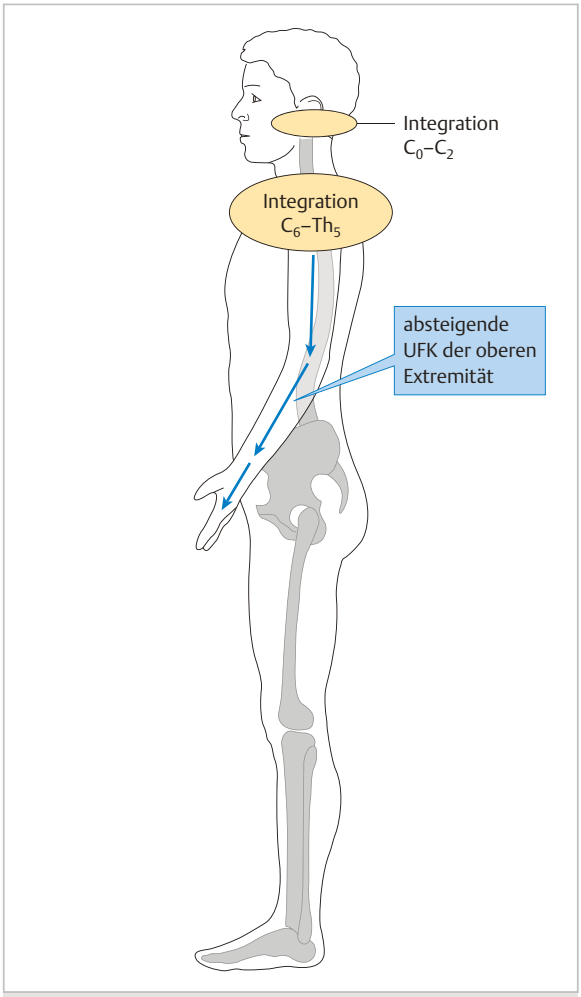


Abb. 23.1 Überblick über die Integrationsregionen des oberen Körperabschnitts mit absteigender Ursache-Folgen-Kette.

23.1 Einführung

Im Kap. 20 wird erklärt, welche Möglichkeiten es zur Funktionsprüfung in den Kopfgelenken gibt. Unter anderem wird hier die Möglichkeit erwähnt, dass der Therapeut für die Bewegung Flexion und Extension von C0 seine palpierenden Finger als Referenz in einen Raum zwischen Ramus mandibulae und der Spitze des Processus transversus von C1 legt. Führt nun der Therapeut eine passive Flexion in den Kopfgelenken durch, so wird der beschriebene Raum beidseits kleiner werden.

Bei einer Rotation nach rechts würde der rechte Raum kleiner und der linke Raum größer werden. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass für die Verbesserung einer Rechtsrotation von C0 auch eine Flexion der rechten Facette (rechter Okziputkondylus) und eine Extension der linken Facette (linker Okziputkondylus) ergänzend notwendig wäre. Betrachtet man in diesem Zusammenhang die Biomechanik der Kopfgelenke, so erinnert man sich rasch daran, dass die Rotation mit einer gegensinnigen Lateralflexion gekoppelt ist, was bei der Behandlung natürlich zu berücksichtigen wäre.

23.2 Integration C0–C2

Die Kopfgelenke sind an vielzähligen Reaktionen im ganzen Körper beteiligt. Das bedeutet, dass bei rezidivierenden Läsionen der Kopfgelenke folgende Körperregionen mit beachtet werden müssen.

Zervikothorakaler Übergang (CThÜ):

- Ein Gibbus im CThÜ kann zu einer Extension (Reklination) im Occiput-Atlas-Axis-Gebiet (OAA) führen.

Kiefergelenk:

- Störungen im Kiefergelenk können rezidivierende OAA-Läsionen auslösen.

Halsfaszien:

- Im Bereich des Halses können 3 übergeordnete Faszien voneinander unterschieden werden. Dies sind die Fascia cervicalis, Lamina superficialis, Lamina pretrachealis und Lamina prevertebralis. Sie haben ihren Ursprung zum Teil im okzipitalen Bereich und strahlen über die Clavicula in die Fascia endothoracica ein.
- Veränderungen im Bereich der Lunge, des Thorax oder des Schultergürtels können unweigerlich zu Störungen im OAA-Bereich führen.

N. vagus, N. accessorius und N. glossopharyngeus:

- Diese 3 Hirnnerven sind anatomisch und funktionell sehr eng mit dem OAA-Gebiet verknüpft. Zum Teil weisen ihre Kerngebiete Anastomosen untereinander auf, so dass es z. B. von nozizeptiven Afferenzen aus den Versorgungsgebieten zu einem „referred pain" oder zu motorischen Fehlsteuerungen kommen kann.

Probleme mit der Augenwahrnehmung:

- Subokzipitale Muskeln sind bei Blickwendemanövern (okulomotorische Reflexe) direkt mit den Augenmuskeln verschaltet, weswegen bei Augenproblemen die OAA-Region kompensatorisch mitbeteiligt sein kann.

Nutationsläsion am Os sacrum:

- Aus dem Bereich der kraniosakralen Osteopathie sind uns Spannungsänderungen der Dura mater bekannt, die in der Folge zu einer Extension (Reklination) im OAA-Gebiet führen können.

23.3 Integration obere Thoraxapertur, C6–Th5

Die funktionellen Zusammenhänge der oberen Thoraxapertur sind in ▶ Abb. 23.2 grafisch dargestellt.

23.4 Kompensatorische Mechanismen der Region Th1–Th5

Die Kompensationsmechanismen der oberen Thoraxapertur stehen in einem sehr engen Verhältnis zu Position und Funktion der oberen 5 thorakalen Wirbel. Welche funktionellen, fortleitenden Komponenten zum Tragen kommen, richtet sich nach der Tendenz der oberen BWS. Beide Möglichkeiten und die hierarchischen Elemente sind in ▶ Tab. 23.1 aufgeführt.

Klinischer Bezug

Eine Weiterführung der UFK zum Schultergürtel erfolgt in der Regel immer bei Flexion und Exspiration. Bei einer Flexionstendenz bedeutet dies, dass sie sowohl uni- als auch bilateral erfolgen kann. Bei einer Extensionstendenz ist eine UFK nur unilateral möglich. Beispiel: Aufgrund der Biomechanik tendieren bei einer ERS_{re}-Läsion die rechten Rippen in Richtung Inspiration und die linken Rippen in Richtung Exspiration. Die Weiterführung der UFK erfolgt in diesem Beispiel also links und kann so den Grundstein für eine Thoracic-outlet/inlet-Symptomatik (TOS/TIS) legen.

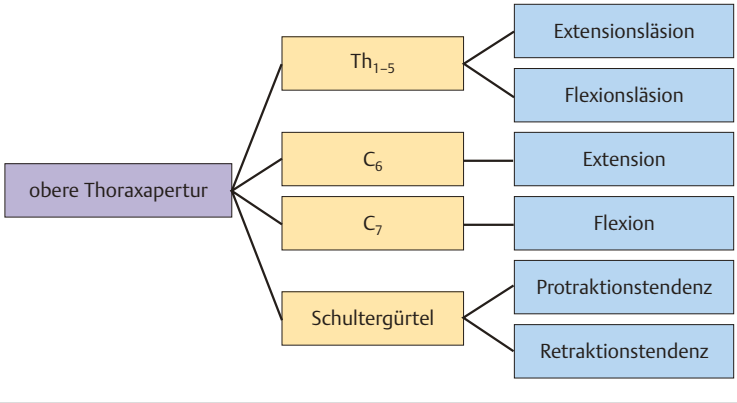


Abb. 23.2 Funktionelle Zusammenhänge der oberen Thoraxapertur.

Tab. 23.1 Kompensationsmechanismen.

Flexionstendenz	Extensionstendenz
Th1–Th5 in Flexion	Th1–Th5 in Extension
Dominanz Wirbelkörper	Dominanz Rippen
Mögliche Läsionen NSR (mit Tendenz in Flexion), FRS oder bilateral in Flexion (vgl. Kap. 11)	Mögliche Läsionen NSR (mit Tendenz in Extension), ERS oder bilateral in Extension (vgl. Kap. 11)
Rippen in Exspiration	Rippen in Inspiration
Falsche Achse liegt ventral (Restriktion der intrathorakalen Faszien wegen verringertem Volumen des Thorax)	Falsche Achse liegt dorsal (durch die Annährung des Tuberculum costae an den Processus transversus)

23.4.1 Flexionstendenz Th1–Th5

Die Entwicklung einer UFK aus einer Flexionstendenz Th1–Th5 sowie die evtl. zu behandelnden Strukturen sind in ▶ Abb. 23.3 zusammengefasst.

23.4.2 Extensionstendenz Th1–Th5

Die Entwicklung einer UFK aus einer Extensionstendenz Th1–Th5 sowie die evtl. zu behandelnden Strukturen sind in ▶ Abb. 23.4 zusammengefasst.

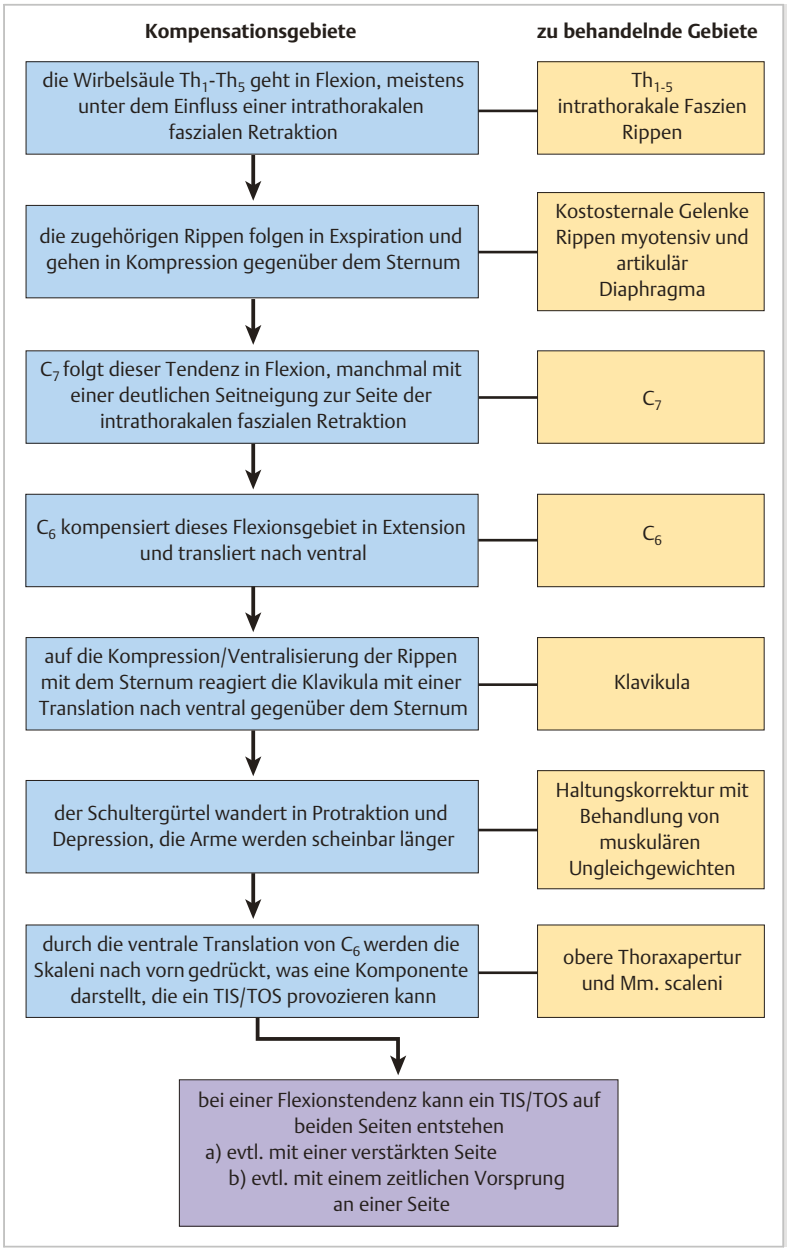


Abb. 23.3 Zusammenfassung der möglichen Kompensationen bei einer Flexionstendenz Th1–Th5.

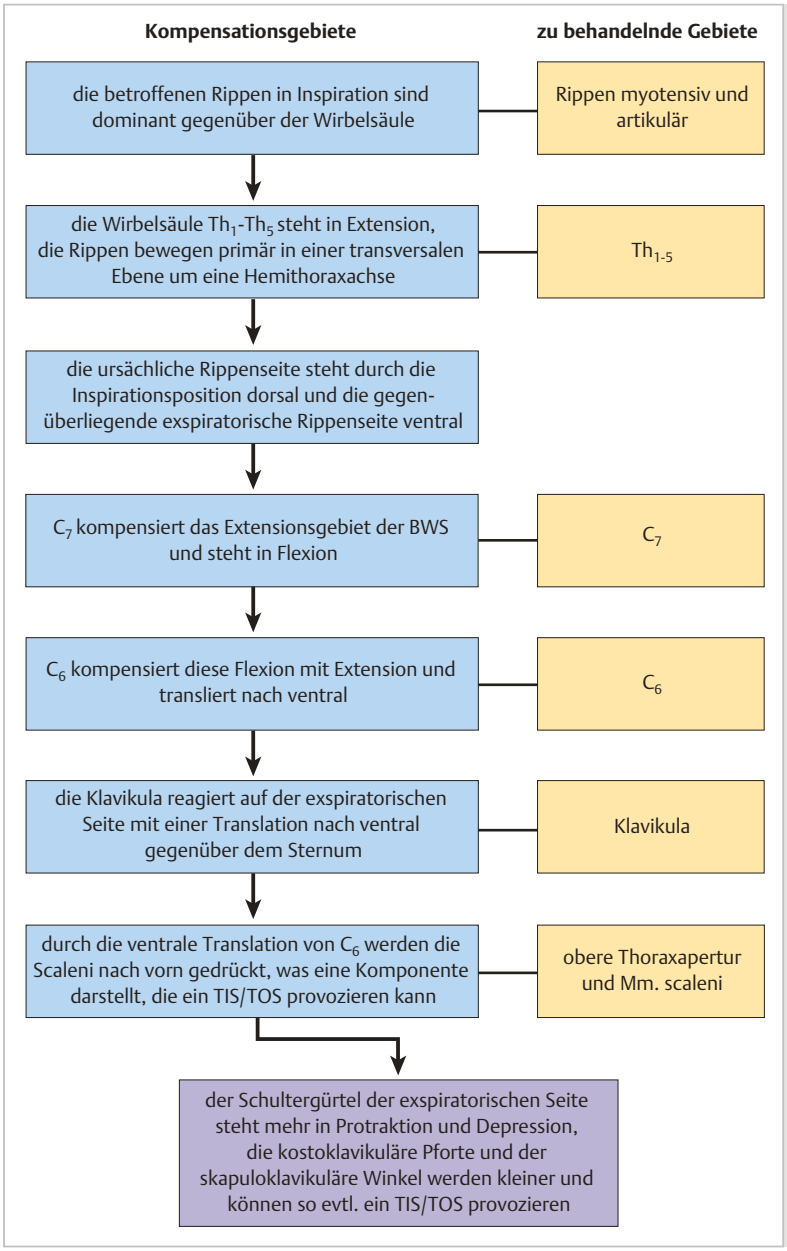


Abb. 23.4 Zusammenfassung der möglichen Kompensationen bei einer Extensionstendenz Th1–Th5.

23.5 Kompensatorische Mechanismen der Region C6 und C7

Aufgrund des Lig. suspensorium pleurae (▶ Abb. 23.5, zervikopleurale und kostopleurale Ligamente) spiegeln sich die Kompensationen und Adaptationen von C6 und C7 in der oberen Thoraxapertur und umgekehrt wider.

Vor allem intrathorakale Restriktionen können die Bewegungsfreiheit der letzten beiden unteren Halswirbel beträchtlich einschränken.

23.5.1 Allgemeine Übersicht bei Funktionsstörungen im Gebiet C6/C7

- Bewegungsverlust
- periostale Empfindlichkeit
- paravertebrale Tonusveränderungen
- Schwellung im Bereich der Dornfortsätze (deutlicher bei C7 als bei C6, wegen der extensorischen Position und anterioren Translation von C6)
- kleine Gefäße an der Oberfläche (Medusen: wegen der tentakelähnlichen Zeichnung)

23.5.2 Mögliche Ursachen

- kompensatorische Reaktion auf Läsionen Th1–Th5
- intrathorakale Restriktionen der Fascia endothoracica, Pleura parietalis oder Pleura visceralis
- subdiaphragmale Restriktionen von Adhäsionen oder Narben, welche sich durch die Fascia phrenicopleuralis und/oder Membrana suprapleuralis in die obere Thoraxapertur erstrecken und über die zervikopleuralen Ligamente zur unteren HWS gelangen

23.5.3 Mögliche posturologische Kompensationen

- Sowohl bei einer Flexionstendenz als auch bei einer Extensionstendenz wird C7 immer in Flexion kompensieren. Der Grund dafür liegt vermutlich in der bereits kyphosierten physiologischen Position.
- C6 hingegen steuert dieser Flexion von C7 entgegen und wird sich daher extensorisch verhalten.
- Bei unilateralen Kompensationen können auf Grund der zervikopleuralen Ligamente auch Lateralflexion und Rotation eine Rolle spielen. Dabei wird C7 mit einer gleichseitigen Lateralflexion und C6 mit einer gegenseitigen Rotation reagieren.

23.6 Kompensatorische Mechanismen des Schultergürtels

Die Entwicklung einer UFK in Richtung Schultergürtel kann sich, wie bereits oben erwähnt, bi- oder unilateral vollziehen und wird meistens auf die gleiche Weise reagieren. Die kompensatorischen Komponenten sind in ▶ Abb. 23.6 zusammengefasst.

23.7 Mögliche absteigende UFK der oberen Extremität

Die absteigende Ursache-Folgen-Kette der oberen Extremität (▶ Abb. 23.7) entsteht an der Seite des protrahierten Schultergürtels. Bei einer Flexionstendenz kann sie demnach bilateral entstehen und bei einer Extensionstendenz nur an der Seite mit Hemithorax in Exspiration.

Die Protraktionsposition des Schultergürtels führt zu einer vermehrten Flexion im Ellenbogen und zu einer vermehrten Extension im Schultergelenk.

Mechano- und nozizeptive Afferenzen werden mit einem Hypertonus des M. biceps brachii beantwortet. Da dieser wegen der verstärkten Protraktion eine veränderte Zugrichtung aufweist, wird der Hypertonus nicht aus-

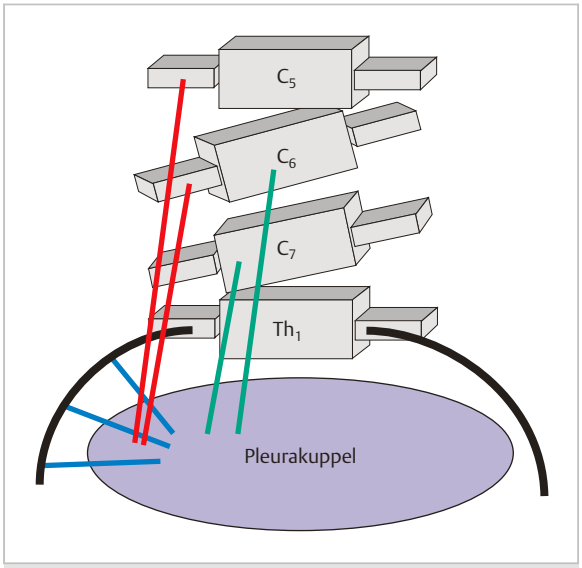


Abb. 23.5 Lig. suspensorium pleurae mit den Anteilen Pars costopleuralis (von der 1. Rippe zur Pleurakuppel), Pars transversopleuralis (von Processus transversus C5, C6 zur Pleurakuppel) und Pars vertebropleuralis (von C6, C7 zur Pleurakuppel).

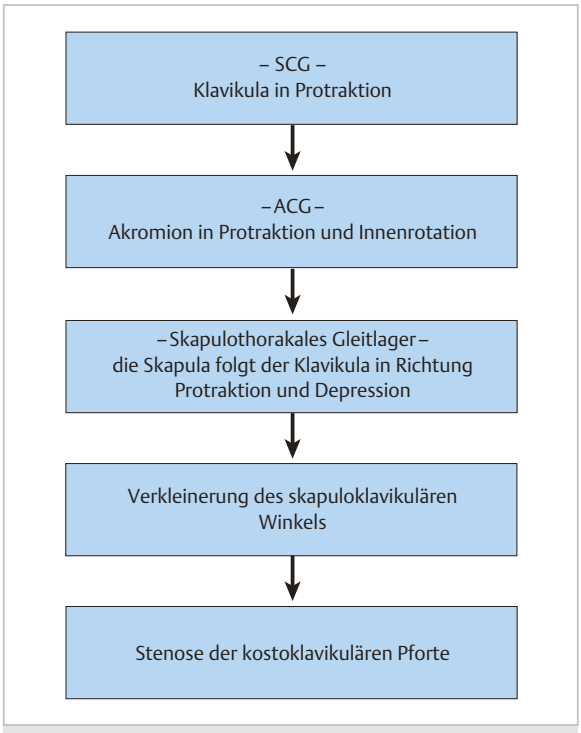


Abb. 23.6 Zusammenfassung der möglichen Kompensationen im Bereich Schultergürtel.

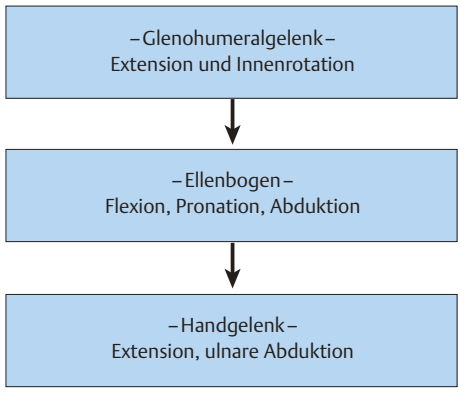


Abb. 23.7 Zusammenfassung der möglichen Kompensationen im Bereich der oberen Extremität.

schließlich zur Ellbogenflexion, sondern auch zur Schulterinnenrotation und -extension führen. Um der daraus resultierenden Supination entgegenzuwirken (diese würde die Werkzeugfunktion der Hand negativ beeinflussen), wird der M. pronator teres ebenfalls mit einem Hypertonus entgegensteuern. Ein weiterer Grund für den Hypertonus des M. pronator teres dürfte der verstärkte Zug des Lacertus fibrosus des M. biceps brachii an der Faszie des M. prontator teres sein. Durch die nach distal verlagerte Position des Radius bei Pronation und die Ausrichtung der karpalen Gelenkflächen am Radius hat dies eine dezente Dorsalextension und ulnare Abduktion zur Folge.

Klinischer Bezug

Die hier angesprochenen Tendenzen sind nur in sehr seltenen Fällen vollständig anwesend, bieten aber die Grundlage für eine Vielzahl von orthopädischen Symptomen der oberen Extremität.

24 MNS

Daniel Dierlmeier

24.1 Aufbau eines Rückenmarksegments

Ein Rückenmarksegment gliedert sich in eine weiße und graue Substanz. Die weiße Substanz entsteht durch auf- und absteigende Bahnen, welche mehr oder weniger myelinisiert sind und deshalb heller erscheinen. Die eigentlichen Nervenzellen liegen in der grauen Substanz und bilden ein Hinterhorn, Vorderhorn und Seitenhorn.

Im Vorderhorn befinden sich die motorischen, im Hinterhorn die sensiblen Neuronen, welche Afferenzen aus der Peripherie aufnehmen. Das Seitenhorn entsteht durch die sympathischen oder parasympathischen (viszeromotorischen) Neuronen. Demnach ist ein Seitenhorn nur in Rückenmarksabschnitten zu finden, in denen es Teile des vegetativen Nervensystems gibt.

Praxistipp

Gerade das Vorderhorn liegt sehr nahe an Bandscheibe und Wirbelkörper und wäre bei vielen Erkrankungen (Bandscheibenvorfälle, Wirbelkörpereinbrüche etc.) besonders gefährdet. Die Realität zeigt aber, dass genau das Gegenteil der Fall ist: Viel häufiger ist die Sensibilität betroffen.

24.2 Aufbau des Spinalnervs (N. spinalis)

Der Spinalnerv (N. spinalis) entsteht aus 2 Nervenwurzeln, der Radix ventralis (Fila radicularia radicis anterioris) und Radix dorsalis (Fila radicularia radicis posterioris; ▶ Abb. 24.1. Radix bedeutet Wurzel, Zweig oder Ast. Im medizinischen Sprachgebrauch wird unter Radix oft der Spinalnerv verstanden.

Die knöcherne Wirbelsäule verlassen insgesamt 31 Spinalnerven links und rechts durch die jeweiligen Foramina intervertebralia.

Die Radix dorsalis besteht zu 100 % aus sensiblen Fasern. Diese leiten demnach Informationen aus der Peripherie zum Hinterhorn zurück.

Die Radix ventralis besteht überwiegend (zu 95 %) aus motorischen Fasern. Diese leiten ihre Impulse vom Vorderhorn nach peripher, um z. B. einen Skelettmuskel zu innervieren. Zu erwähnen ist, dass sich 5 % sensible Fasern im Bereich der Vorderwurzel befinden. Diese sind zuständig für die Schmerzempfindlichkeit bei Schädigung. Rein motorische Nerven im Körper gibt es aufgrund dieses Eigenschutzes nicht! Beide Wurzeln vereinigen sich zum Spinalnerv, welcher im Foramen intervertebrale zu finden ist. Dort liegt auch das Spinalganglion.

24.2.1 Qualitäten eines Spinalnervs

Ein Spinalnerv führt alle Informationen für das jeweilige Segment. Demnach hat er viszeromotorische, somatomotorische, viszerosensible und somatosensible Qualitäten. Einfach ausgedrückt, versorgt er jeweils einen Anteil Haut, Knochen, Organe, Muskeln etc. oder führt Nervenreize von diesen zurück (▶ Tab. 24.1). Auf diese Art und Weise kann der Therapeut auf die geschädigte Nervenwurzel schließen.

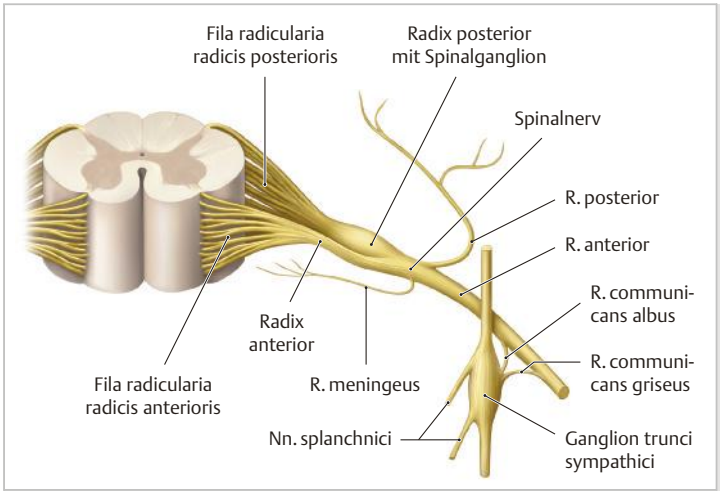


Abb. 24.1 Aufbau eines Rückenmarksegments sowie eines N. spinalis von vorne und oben. (Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2012, Abb. B, S. 384).

Tab. 24.1 Spinalnervenäste mit ihren Versorgungsgebieten.

Bezeichnung des Astes/ Qualität	Versorgungsgebiet	Anmerkung
Ramus ventralis: • somatomotorisch • viszeromotorisch • somatosensibel • viszerosensibel	**Peripherie** Dieser Ast bildet im BWS-Bereich die Interkostalnerven. In allen anderen Wirbelsäulenabschnitten vereinigen sich jeweils einige Rami ventrales zu Nervengeflechten, sog. Plexi. **Beispiel:** Der Plexus lumbalis entsteht aus den Rami ventrales von L1–L4.	Diese Äste stellen die Verbindung zwischen den Körpergeweben und dem ZNS her.
Ramus dorsalis: • somatomotorisch • somatosensibel • viszeromotorisch	**Paravertebral** Dieser versorgt die paravertebrale Region direkt auf seiner Austrittshöhe. Dazu zählt die paravertebrale Muskulatur, die paravertebrale Haut, das Bindegewebe, das Periost der Wirbelbögen und Spinosi sowie die Steuerung der Durchblutung.	Eine Läsion eines Segments zeigt sich unmittelbar an Ort und Stelle durch Irritation des Ramus dorsalis. Der Therapeut überprüft dies durch Periostklopfschmerz, lokale paravertebrale Tonusveränderungen oder auch Bindegewebsverklebungen.
Ramus meningeus (Synonyme : N. recurrens, N. sinuvertebrales, N. v. Luschka): • viszeromotorisch • somatosensibel	**Strukturen innerhalb des Wirbelkanals** Dieser Ast tritt zunächst für einen gewissen Weg mit dem Spinalnerv nach außen, um dann wieder umzukehren und zurück in den Wirbelkanal zu laufen. Dort angekommen, versorgt er den ventralen Teil der Facettengelenke, die Dura mater, den Anulus fibrosus und das Lig. longitudinale posterius.	Bei der Rückkehr versorgt der Ast die Dura sowohl auf der gleichen als auch auf der Gegenseite. Ein Ramus meningeus versorgt allerdings 5 Segmenthöhen, das Segment, auf dem er ankommt und jeweils 2 Segmente darüber und darunter. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass eine sehr geringe Fläche von 5 Rami meningei versorgt wird (bilateral). Aus diesem Grund zeigt sich dem Therapeut bei seiner Untersuchung eine Duraläsion als 5-segmentaler Schmerz ohne Seitigkeit (mittig). **Beispiel:** Duraläsion der LWS: Die gesamte LWS schmerzt mittig, ohne genaue Angabe eines einzelnen Schmerzpunkts. Parästhesien oder Muskelschwäche treten nicht auf, da es sich bei der Dura lediglich um eine Stützstruktur handelt.

24.2.2 Anteile eines Spinalnervs

Der Spinalnerv ist ungefähr 1 cm lang und teilt sich direkt nach Austritt aus dem Foramen intervertebrale in folgende 3 Anteile (▶ Tab. 24.1):
- Ramus ventralis (anterior)
- Ramus dorsalis (posterior)
- Ramus meningeus

24.3 Rückenmarkshäute

Die Gehirnhäute gehen im Bereich des Foramen magnum direkt in die Rückenmarkshäute über. Es gibt allerdings einige bedeutende Unterschiede.

24.3.1 Dura mater spinalis

Die Dura mater spinalis ist die äußerste meningeale Schicht mit der kräftigsten und stärksten Struktur. Ihre kollagenen und wenig elastischen Fasern verlaufen longitudinal und schichtweise in Lagen. Dadurch hat sie eine große axiale und geringe transversale Kraft. Sie besteht aus 2 Blättern, das äußere Blatt ist am Foramen magnum verwachsen; im Wirbelkanal ist sie nur indirekt über die Duramanschetten im Foramen intervertebrale fixiert. Die Dura mater spinalis endet im Canalis sacralis zusammen mit der Arachnoidea auf Höhe S3 als sog. Duralsack.

24.3.2 Arachnoidea spinalis

Bei der Arachnoidea spinalis handelt es sich um eine sehr empfindliche und feine Membran, die aus kollagenen Fasern besteht, die in einem Maschen- bzw. Gitternetz angeordnet sind. Diese erlauben etwas Dehnung und Kompression. Ihr kommt eine Schutzfunktion zu.

Der Subarachnoidalraum liegt zwischen der Arachnoidea spinalis und Pia mater spinalis und enthält Liquor, der primär für die Ernährung verantwortlich sowie biomechanisch für das Rückenmark wichtig ist. Der Liquor bildet ein hydraulisches Polster.

24.3.3 Pia mater spinalis

Die Pia mater spinalis stellt die innerste Schicht aus gefäßreichem Bindegewebe dar. Sie endet als Filum terminale an der Rückseite des Steißbeins und ist verbunden mit der Dura über Ligg. denticulata.

Klinischer Bezug

Nutationsläsionen des Kreuzbeins führen zu vermehrtem Zug an der Dura mater spinalis. Diese Spannung kann je nach Stärke in den Schädelgruben ankommen und Irritationen der dort liegenden Gehirnanteile hervorrufen.

24.4 Fixierung des zentralen Nervensystems

Das ZNS besitzt äußere (gegen den Wirbelkanal und den knöchernen Schädel) sowie innere Verbindungen (Gehirnhaut gegen Gehirnhaut). Diese sind notwendig, um das Nervensystem gegenüber Lageveränderungen (Schwerkraft, Beschleunigungstrauma) weitgehend unempfindlich zu machen:

- äußere Verbindungen der Dura:
  - Suturen des Schädels
  - äußeres Blatt mit Anhaftung am Foramen magnum
  - Canalis sacralis auf Höhe S3
  - durch jeweils eine Duramanschette indirekt im Foramen intervertebrale
- innere Verbindungen der Dura:
  - Lig. denticulata: Bei diesen Bändern handelt es sich um flache Strukturen, welche vom Rückenmark zur Dura ziehen und in frontaler Ebene ausgerichtet sind. Sie stabilisieren das Rückenmark latero-lateral und verhindern Schädigungen des Rückenmarks durch seitliche Beschleunigungen
  - inter-/leptomeningeale Septen

Der M. rectus capitis posterior minor durchbricht mit einigen Fasern die Membrana atlantooccipitalis posterior und kontaktiert die Dura mater spinalis auf Höhe von C2. Dieser Muskel ist ein Anteil der sog. subokzipitalen Muskulatur. Diese Muskelgruppe besitzt einen sehr großen Anteil an intrafusalen Muskelfasern. Demnach ist diese Muskulatur (durch die vielen Muskelspindeln) mehr ein „Spannungsmesser“ als ein Arbeitsmuskel im klassischen Sinn. Die subokzipitale Muskulatur reagiert stärker als sie agiert. Der M. rectus capitis posterior minor kann neben seinen in der Anatomie beschriebenen Wirkungen auf die Kopfgelenke bei Kontraktion an der Dura mater spinalis ziehen und dadurch das Rückenmark kranialisieren oder in kranialer Position halten.

Praxistipp

Vor allem bei Mobilisation des N. ischiadicus oder Behandlung der lumbalen Dura mater muss dieser Zusammenhang berücksichtigt werden, da nur durch ausreichende Kaudalverlagerung des Rückenmarks die unteren Abschnitte des Nervensystems ihre volle Beweglichkeit erlangen werden.

Der Muskel kann v. a. bei Traumata des Nervensystems spasmieren. Wenn dieser Zustand länger anhält, kann er sich strukturell verändern, da der erhöhte Tonus die Gefäßversorgung negativ beeinflusst. Dieser Spasmus hat im Moment des Traumas und in der „Heilungsphase“ einen sehr wichtigen Stellenwert, da er die Nervenmobilität (extraneural) im Bereich der Kopfgelenke vermindert oder gänzlich aufhebt. Dabei handelt es sich um eine Schutzfunktion, die eine Medulla oblongata und die dort liegenden Hirnnervenkerne vor „Verletzung“ bewahren soll.

Merke

Ein Spasmus in dieser Region sollte aufgrund seiner Schutzfunktion erst nach der Akutphase behandelt werden – niemals vorher! Sinnvoll ist es auch, noch bevor man den Spasmus löst, distal liegende Bewegungseinschränkungen des Nervensystems zu eliminieren.

24.5 Bindegewebshüllen der peripheren Nerven

Das Bindegewebe der peripheren Nerven hat die Aufgabe, die Nervenbahnen vor jeglicher schädigender Belastung zu schützen. Gleichzeitig muss das Bindegewebe ein Gleiten der Axone untereinander ermöglichen. Dies ist immer dort wichtig, wo der Nerv über Gelenke zieht und abgeknickt wird. Wie bei Läufern auf der Tartanbahn muss der äußere Läufer eine größere Wegstrecke zurücklegen als der innere. Ähnlich ist es bei den einzelnen Fasern in einem Nerv. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, besteht das Bindegewebe aus verschiedenen Schichten (▶ Abb. 24.2):

- Das Endoneurium umhüllt alle Axone und kleidet die Zwischenräume zwischen den Axonen aus. Es dient demnach auch zur Polsterung zwischen den Axonen und erlaubt ein Gleiten zwischen den Axonen.
- Mehrere Axone zusammen bilden ein sog. Faszikel (Nervenfaserbündel), das von Perineurium umhüllt wird. Das Perineurium ist die am stärksten ausgeprägte Schicht und – hier bezogen auf das PNS – vergleichbar mit der Dura des ZNS. Zudem hat das Perineurium nicht nur proximal-distal ausgerichtete Fasern, sondern auch sehr viele zirkulär angeordnete. Diese schützen den Nerv vor dem Abknicken – v. a. dann, wenn dieser über Gelenke ziehen muss (vgl. Metallummantelung eines Duschschlauches).
- Zwischen den einzelnen Faszikeln befindet sich das interne und um den gesamten Nerv herum das externe Epineurium. Das interne Epineurium erfüllt hier wieder Polster- und Gleitfunktionen, während das externe den Nerv in Längsrichtung belastbar macht.
- Das Mesoneurium ist eine zusätzliche lockere Bindegewebsschicht um den Nerv herum, die den Nerv mit den

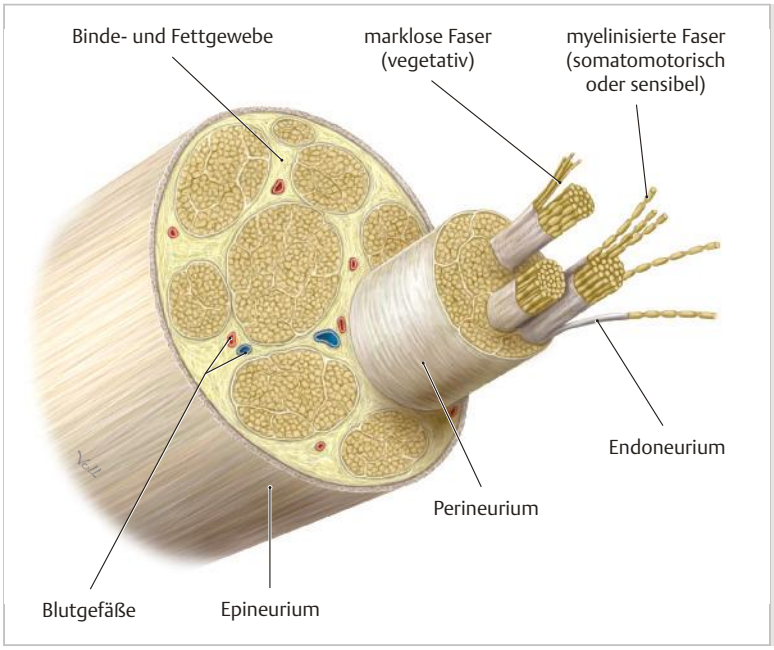


Abb. 24.2 Aufbau eines peripheren Nervs. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2011, Abb. F, S.75)

umliegenden Geweben verbindet. Gerade das Mesoneurium entwickelt Adhäsionen und Verkürzungen, wenn der Nerv durch entzündetes Gewebe läuft.

Die Bindegewebsschichten der peripheren Nerven werden als Fortsetzung des Bindegewebes des ZNS und des Rückenmarks betrachtet. Jedoch handelt es sich nicht um einen direkten Übergang dieser Schichten.

Im Bereich des Epineuriums befindet sich eine beträchtliche Zahl von Mastzellen. Diese spielen bei Verletzung und Schädigung eine besonders große Rolle, da sie Histamin, Heparin und Serotonin freisetzen, was eine gefäßerweiternde Wirkung hat. In diesem Zusammenhang können sich Ödeme innerhalb des Nervs entwickeln. Kommt es zu einer mechanischen Noxe am Nerv durch Kompression, ist es nur eine Frage der Zeit, bis ein intraneurales Ödem entsteht.

24.6 Pathomechanismen

24.6.1 Arterielle und venöse Schutzmechanismen

Das Nervengewebe ist eines der am besten durchbluteten Gewebe im menschlichen Körper. Obwohl es nur 2 % der Körpermasse ausmacht, benötigt es dafür 20 % des im Blut zur Verfügung stehenden Sauerstoffs. Drüber hinaus reagiert das Nervensystem auf Sauerstoffmangel weitaus empfindlicher als andere Körpergewebe. Um die lebenslange unterbrechungsfreie Versorgung zu gewährleisten, ist der Körper mit einigen Schutzmechanismen ausgestattet.

Arterielle Gefäßverbindungen

Es gibt sowohl extraneurale Gefäße, welche vielfach so bezeichnet werden wie der Nerv selbst (z. B. N. femoralis und V. femoralis), als auch intraneurale Gefäße, die parallel dazu verlaufen (▶ Abb. 24.3).

Verbindungen zwischen den Gefäßen werden als T-Balken oder Übergangsstücke bezeichnet und zeichnen sich durch einen wellenförmigen Verlauf aus (auch als Spirale oder Schweineschwänzchen bezeichnet). Die T-Balken erlauben ein schnelles Umleiten von Blut, falls eine Verzweigung blockiert ist (▶ Abb. 24.4):

- Zug am Nerv bewirkt eine Verengung der extraneuralen und intraneuralen Gefäße und eine Erweiterung der Verbindungsgefäße.
- Annäherung am Nerv bewirkt eine Erweiterung der extraneuralen und intraneuralen Gefäße und eine Verengung der Versorgungsgefäße.

Diese Form der Verbindung erlaubt eine Verlängerung und ein Gleiten des Nervs, ohne dass es unmittelbar zu einer schlechteren Durchblutung kommt. Dabei ist die Verlängerung begrenzt: Nach van den Berg verschlechtert sich bei einer Verlängerung des Nervs um ca. 8 % die Durchblutung und kommt bei ca. 15 % Verlängerung ganz zum Stillstand.

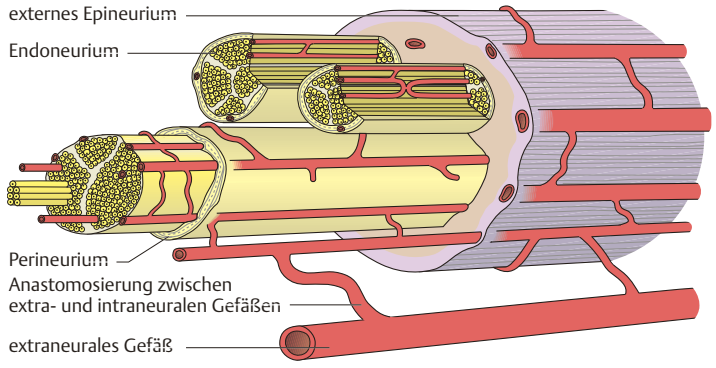


Abb. 24.3 Durchblutung des Nervs: extra- und intraneurale Gefäße und deren Anastomosen.

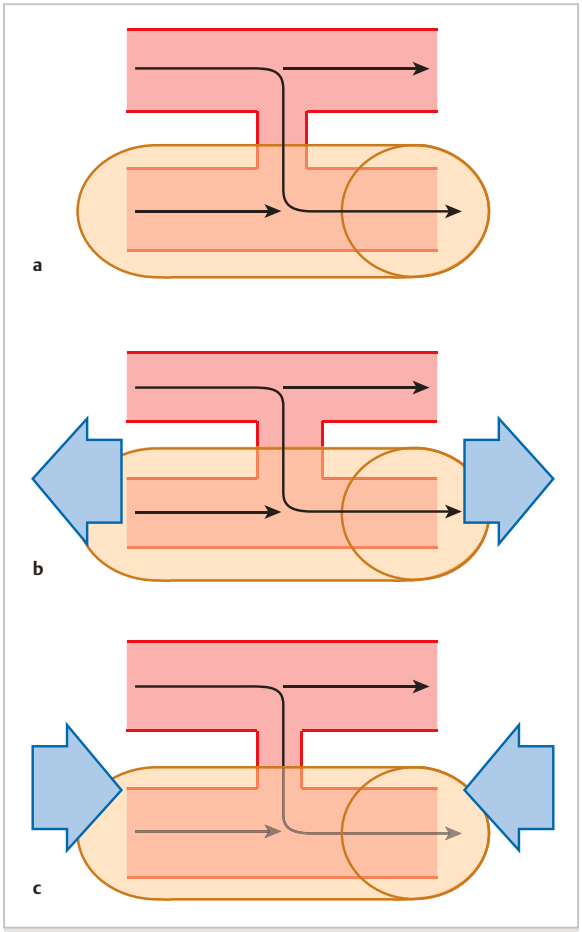


Abb. 24.4 Schnelles Umleiten von Blut durch T-Balken.
a T-Balken.
b Zug am Nerv.
c Annäherung am Nerv.

Praxistipp

Verklebungen des Nervs sorgen dafür, dass es bei Alltagsbelastungen öfter zur Verlängerung des Nervs kommt und dadurch eine Ischämie ausgelöst wird. Das Lösen von Adhäsionen ist essenziell für die Selbstheilung.

Venöser Ventilmechanismus

Die Kapillaren der Versorgungsgefäße durchdringen das Perineurium (Kap. 24.5) in schräger Richtung. Die Folge ist, dass bei Druck von außen (Kompression) oder Druck von innen (Stau des Nervs) die Versorgungsgefäße verschlossen werden. Dies ist sinnvoll, wenn der Nerv z. B. durch infiziertes Gewebe läuft (z. B. Schlangenbiss). Damit wird bis zu einem gewissen Punkt verhindert, dass Toxine oder andere unerwünschte Substanzen Zugang zum Nervensystem finden. Andererseits kann externer Druck (z. B. M. piriformis im Foramen infrapiriforme) dadurch auch die Grundlage einer Ischämie darstellen. Daneben kann die Blutversorgung durch einen Stau innerhalb des Nervs limitiert sein.

Auch Venen besitzen schräge T-Verbindungsstücke (▶ Abb. 24.5). Dieser Umstand ist sogar noch wichtiger als bei den Arterien. Druck von außen oder von innen führt zu einem Rückstau von venösem Blut. Da der Blutdruck in den Arteriolen höher ist als in den Venolen, wird arterielles Blut bei Kompression länger in den Nerv einfließen als venöses abfließen kann. Druck alleine führt also bereits zu einem Stau. Laut van den Berg reichen 20–30 mmHg bereits aus, um die venöse Drainage zu blockieren, ab 60–80 mmHg entsteht eine vollständige Ischämie.

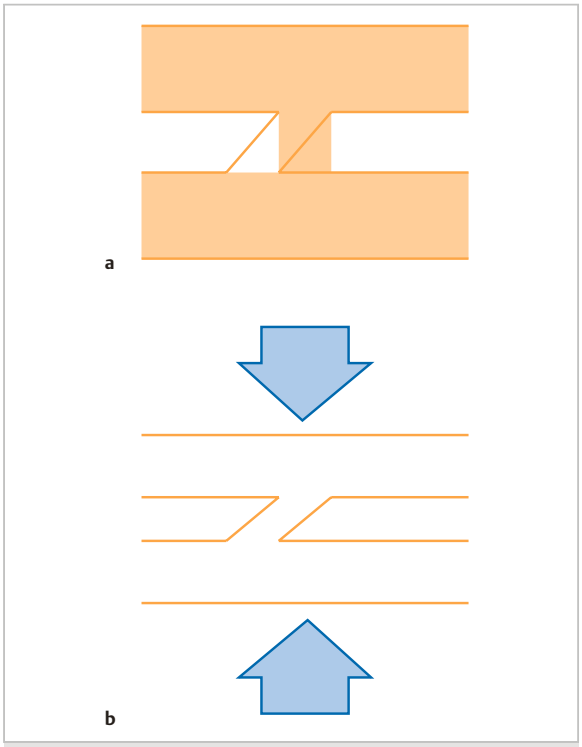


Abb. 24.5 Schräge T-Verbindungsstücke in Venen.
a Schräge T-Balken einer Vene.
b Druck von außen.

Praxistipp

Es müssen sowohl externe Kompressionen behoben werden (Grenzflächenbehandlung) als auch der Stau und Rückstau im/ins Nervensystem (Drainage und Spannungstests).

Anterograder und retrograder Transport

Im Gewebe des Nervensystems existiert neben den Arterien und Venen noch ein weiterer Transportweg für Transmitter, Enzyme und Glykoproteine. Dieses Transportsystem befindet sich im Nerv selbst als sog. Neurotubuli. Dabei fließen die Substanzen einmal vom Zellkörper in die Peripherie (anterograder Transport) sowie von der Peripherie in Richtung Zellkörper (retrograder Transport).

Der anterograde Transport kann mit einer Geschwindigkeit von 400 mm oder 4 mm pro Tag erfolgen, je nach Transportstoff: Schnell werden v. a. Enzyme und Glykoproteine transportiert, langsam die für die Regeneration und den Erhalt der Zellstruktur von Axon und Synapse notwendigen Substanzen.

Für den retrograden Transport werden in der Literatur sehr unterschiedliche Geschwindigkeiten angegeben: Diese reichen von 1 mm bis zu 3 000 mm pro Tag. Über den retrograden Transport werden der Nervenzelle Informationen (chemischer Art) über den Zustand des Axons und der Synapse mitgeteilt. Laut van den Berg benötigen diese Prozesse Energie und sind deshalb von der Durchblutung des Nervs abhängig.

Praxistipp

Über die Transportsysteme wird ein Nervenschaden in der Peripherie dem Zellkörper auf chemischen Weg mitgeteilt. Bei einem retrograden Transport von 1 mm würde es bei 1 m Entfernung zur Nervenzelle 100 Tage dauern, bis die Nervenzelle ebenfalls chemisch darauf reagieren könnte und vermehrt Bausubstanzen über den anterograden Transport an den Ort der Verletzung schickt. Daraus erschließt sich, warum für die Nervenheilung so lange Zeiträume veranschlagt werden.

Durch Druck auf den Nerv stauen sich beide Transportsysteme und damit auf Dauer der Nerv in beide Richtungen ausgehend vom Kompressionspunkt. Dies erklärt, warum ein Bandscheibenvorfall auch zu einer Ischialgie führen kann oder warum die Nervenentzündung, die bei einem Karpaltunnelsyndrom entsteht, irgendwann auch den Unterarm betrifft. Der Therapeut kann also bei seiner Untersuchung an einem vollständig entzündeten Nerv davon ausgehen, dass die erstmalige Kompression ungefähr in der Mitte der Schwellung zu suchen ist.

Die Transportsysteme verbrauchen Energie. Diese wird bereitgestellt über die Blutversorgung. Heilung findet durch die Transportsysteme statt. Da eine Nervenmobilisation die Blutversorgung verbessert, wird hierdurch auch die Nervenheilung maßgeblich begünstigt.

N. medianus

▶ Abb. 24.6, ▶ Abb. 24.7

Karpaltunnel

Der Karpaltunnel ist palpabel zwischen den Sehnen des M. palmaris longus und M. flexor carpi radialis, unmittelbar vor dem Canalis carpi. Hier fühlt sich der Nerv nur noch wie ein „dünner Draht“ an. Er kann an dieser Position mit Listenings oder Querverschiebungen behandelt werden.

Der Therapeut fixiert den Nerv mit einem Daumen kurz vor dem Karpaltunnel, mit dem anderen Daumen kurz nach dem Karpaltunnel. Zwischen beiden Punkten kann eine Längsdehnung ausgeführt werden (▶ Abb. 24.8).

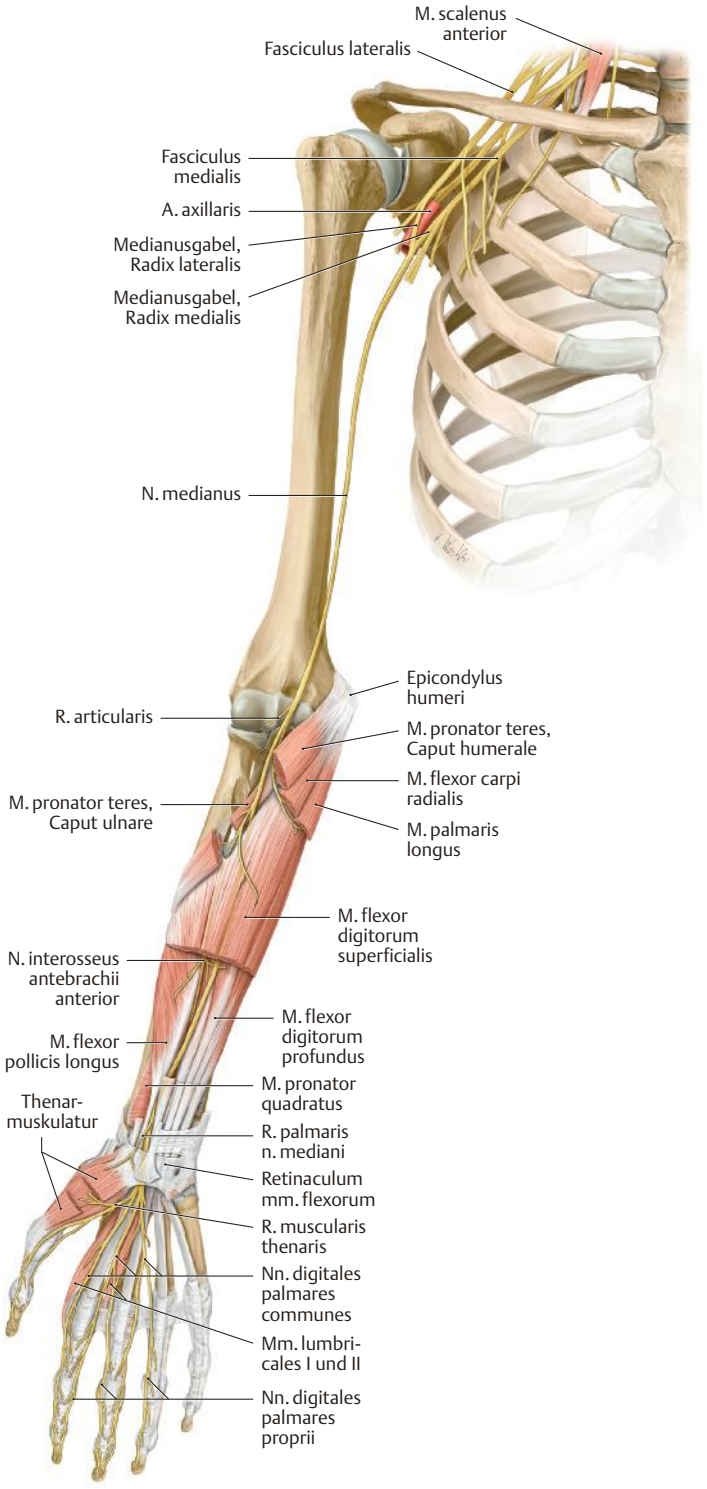


Abb. 24.6 Verlauf des N. medianus nach Vereinigung seiner Radix medialis aus dem fasciculus medialis und seiner radix lateralis aus dem Fasciculus lateralis. (Schünke M. Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Illustrationen von Voll und K. Wesker. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2011. Abb. G, S. 373).

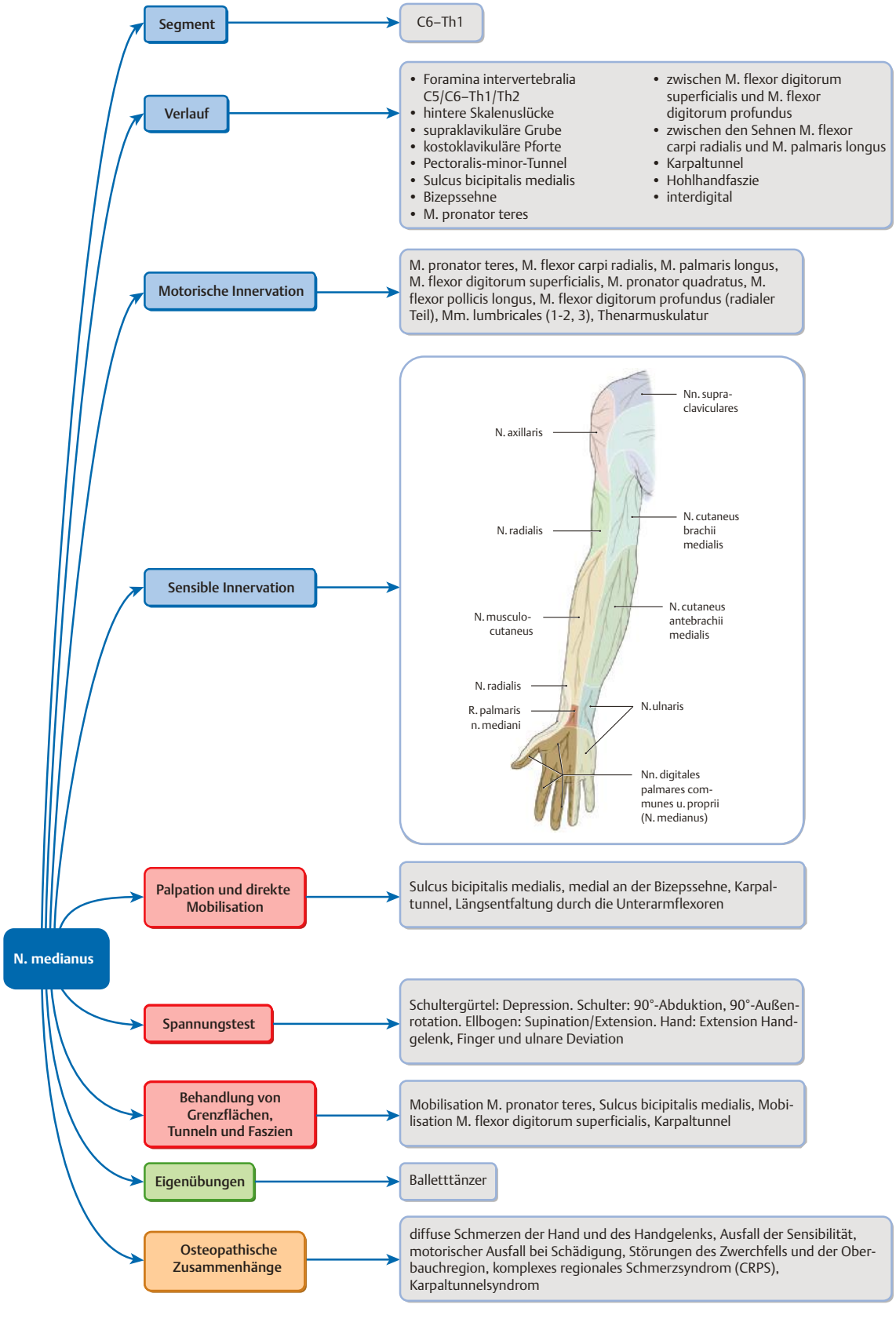


Abb. 24.7 Mind-Map N. medianus

Progressiver ist es, wenn zusätzlich zur einfachen Längsdehnung (= kurzer Hebel) auch der lange Hebel eingesetzt wird. Dabei sollte der Therapeut das Handgelenk des Patienten während der Längsdehnung strecken.

Spannungstest

Der Spannungstest für den N. medianus erfolgt in mehreren Schritten:

1. Grundstellung: Der Patient liegt in Rückenlage, seine Schulter wird in 45° Abduktion eingestellt, damit sich der Therapeut direkt neben dem Körper des Patienten positionieren kann. Es ist darauf zu achten, dass sich der Kopf des Patienten in der Mitte der Behandlungsliege befindet. Auf eine Unterlagerung des Kopfes sowie eine Knierolle sollte verzichtet werden, um den Test nicht zu verfälschen.
2. Handgelenk in Supination: Es erfolgt die Einstellung der Handkomponenten. Dies gelingt am besten über eine maximale Extension von Handgelenk und Fingern mit ulnarer Abduktion, indem der Therapeut mit seinem Handteller die Finger 2–5 des Patienten in Extension drückt und mit den Fingern 2 und 3 den Daumen des Patienten in Extension hält. Dem schließt sich die Einstellung der maximalen Supination an.
3. Fixierung des Schultergürtels: Der Therapeut stellt seine linke Hand oberhalb des Schulterdachs des Patienten ab und verhindert dadurch eine Ausweichbewegung der Schulter in Elevation.
4. Einstellung Schultergelenk: Der Therapeut bringt nun die Schulter des Patienten in 90° Abduktion und 90° Außenrotation (▶ Abb. 24.9). Die Bankhöhe wird zuvor so eingestellt, dass der Oberarm des Patienten in der Leistenbeuge des Therapeuten zum Liegen kommt, damit der Arm nicht in Retraktion „fällt“.
5. Ellenbogenextension: Nun wird der Ellenbogen bis an die Spannungsgrenze gestreckt (▶ Abb. 24.10). Die Spannungsgrenze ist erreicht, wenn der Therapeut oder der Patient Spannung oder Dehnung wahrnimmt. Nun erfolgt die Differenzierung zwischen nervaler und nicht nervaler Struktur.

Differenzierung: Ist die Spannung beispielsweise sehr weit distal lokalisiert (z. B. im Handgelenk), wird eine der proximalen Komponenten zurückgenommen (z. B. die Abduktion). Nimmt daraufhin die Spannung im Handgelenk ab, gilt der Nerv als auslösende Ursache und eine Mobilisation über den Spannungstest ist indiziert.

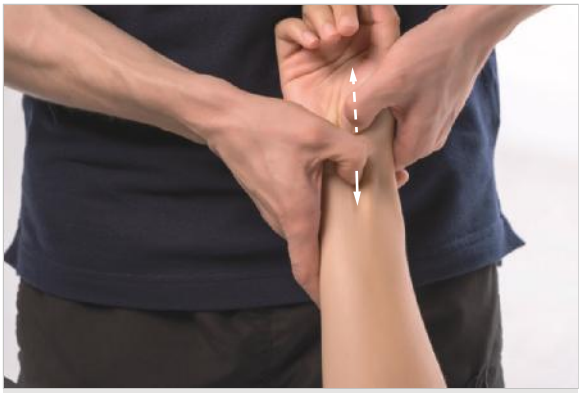


Abb. 24.8 Längsdehnung.



Abb. 24.9 Einstellung Schultergelenk.



Abb. 24.10 Ellenbogenextension.

N. ischiadicus

Palpation am Tuber ischiadicum

Der Patient liegt in Bauchlage. Optional kann das Bein von der Bank auf den Boden gestellt werden. Diese Position entspricht einem Straight Leg Raise (SLR) und bringt den N. ischiadicus vermehrt auf Spannung, was unter Umständen die Palpation erleichtert. Der N. ischiadicus ist im medialen Drittel einer Linie zwischen Tuber ischiadicum und der Spitze des Trochanter major zu finden (▶ Abb. 24.11, ▶ Abb. 24.12).

Einfacher ist es, direkt lateral des Tuber ischiadicum zu palpieren und den Nerv mit Listenings oder Längsdehnungen zu behandeln. Die effektivste Mobilisation ist hier das Wegziehen des Nervs vom Tuber ischiadicum (▶ Abb. 24.13).

Praxistipp

Diese Kontaktstelle ist sehr wichtig, da hier der Nerv eine Bewegungseinschränkung gegen den M. quadratus femoris und den M. gemellus entwickeln kann.

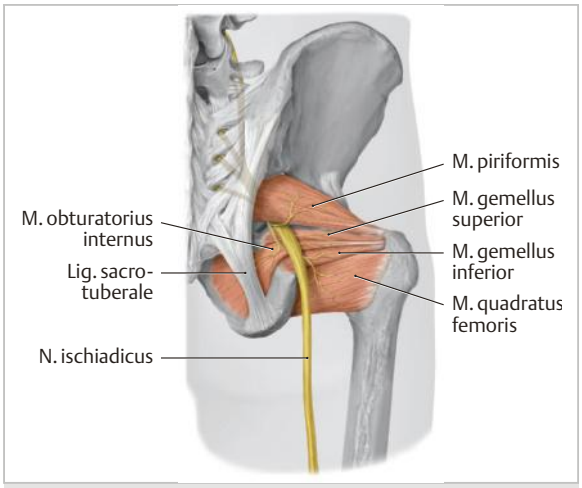


Abb. 24.11 Muskeln, die von direkten Ästen des Plexus sacralis innerviert werden. (Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Antatomie und Bewegungssystem. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2011, Abb. E, S. 537)

Spannungstest

Der Patient liegt in Rückenlage in Standardposition (ohne Knierolle und Kissen). Der Therapeut hebt das Bein sehr langsam, damit der Patient kognitiv folgen kann, ohne Rotation, bis entweder im Bereich der LWS oder des Beines ein leichtes „Ziehen" oder „Dehnen" spürbar ist (▶ Abb. 24.14).

Tritt nun ein Spannungsgefühl in der Lende oder im Bein auf, so muss eine Differenzierung zwischen nervaler und nicht nervaler Struktur ausgeführt werden. Am einfachsten geschieht dies, indem man am Punkt der Spannung, ohne den Grad der Hüftflexion zu verändern, das Bein in Adduktion und Innenrotation (▶ Abb. 24.15) führt oder alternativ in Abduktion und Außenrotation führt. Adduktion und Innenrotation führen zur Verstärkung des Spannungsgefühls, sofern es sich um einen Nerv als Ursache handelt. Eine Spannungsminderung erreicht man durch Abduktion und Außenrotation bei nervaler Ursache.

Gibt der Patient keine Beteiligung des Unterschenkels an, so dass auf ein gesamtes Problem des Ischiasnervs geschlossen werden kann, besteht die einfachste Form der Mobilisation in einer Zirkumduktionsbewegung in Richtung Flexion/Abduktion/Außenrotation (= Nervenspannung) und Extension/Adduktion/Innenrotation (= Nervenentspannung).

Gibt der Patient beim Eingangstest Unterschenkelsymptomatiken an, so kann auf einen der Endäste des Ischiasnervs geschlossen werden, und der Therapeut ist dazu angehalten, zwischen den 4 Hauptstämmen zu differenzieren.

Der Therapeut bewegt das Bein knapp unterhalb des Spannungsgefühls und testet dann die 4 Endäste des N. ischiadicus, um den dominant eingeschränkten Stamm zu suchen. Dabei erreicht man mit folgenden Einstellungen des Fußes die einzelnen Endäste:

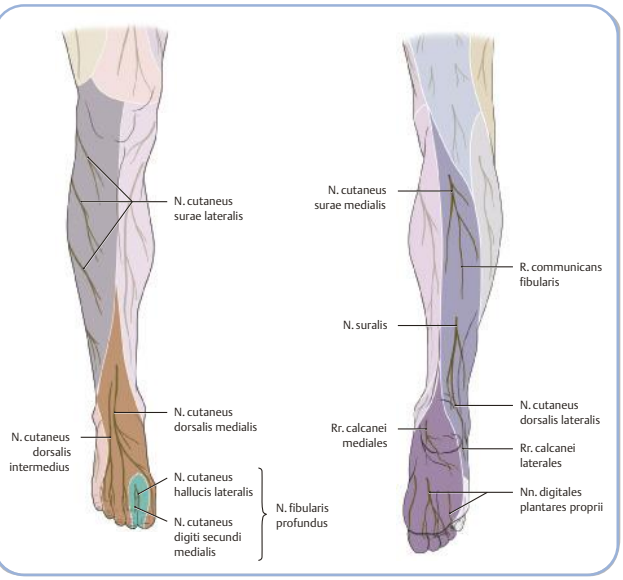
- N. tibialis durch Dorsalextension und Eversion
- N. suralis durch Dorsalextension und Inversion (▶ Abb. 24.16)
- N. fibularis superficialis durch Plantarflexion und Inversion
- N. fibularis profundus durch Plantarflexion und Eversion

Diese Differenzierung wird nur vorgenommen, wenn sich tatsächlich ein Befund im Bereich des Unterschenkels zeigt. Ist einer der Tests positiv, wird diese Komponente für die Mobilisation benutzt. Dies wird 30-mal wiederholt.

Bei viel Hüftflexion und einem besonders schweren Bein kommt die, in ▶ Abb. 24.17 gezeigte Variante zum Einsatz. Dabei ist es für den Therapeut sehr komfortabel möglich, die Knieextension und Position des Hüftgelenks zu halten und gleichzeitig die Fußkomponente zu mobilisieren.

N. ischiadicus

- **Segment** → L4–S3
- **Verlauf** →
  - Foramina intervertebralia (L4, L5)
  - ISG (Foramina sacralia)
  - M. piriformis
  - unter M. gluteus maximus
  - Kontakt zu M. obturatorius internus, M. quadratus femoris, M. adductor magnus zur Kniekehle
  - ischiokrurale Muskulatur
  - N. tibialis: M. gastrocnemius, M. soleus, mediale Knöchelrückseite
  - N. suralis: Haut der Wade und posteriore Seite des lateralen Knöchels
  - N. peroneus superficialis: Caput fibulae, Peroneusloge, Außenknöchel ventral
  - N. peroneus profundus: Caput fibulae, Extensorenloge, Vorderseite Medialknöchel
- **Motorische Innervation** → N. tibialis (M. biceps femoris, Caput longum, M. semitendinosus, M. semimembranosus, M. adductor magnus), N. fibularis (M. biceps femoris, Caput breve), N. tibialis (Flexoren des Unterschenkels und des Fußes), N. peroneus superficialis (Mm. peronei), N. peroneus profundus (Extensoren des Unterschenkels und des Fußes)
- **Sensible Innervation** →



- **Palpation und direkte Mobilisation** → Palpation im Foramen infrapiriforme, Tuber ischiadicum, N. tibialis, N. peroneus communis, N. peroneus superficialis, N. peroneus profundus, N. suralis
- **Spannungstest** → Hüftgelenk: Flexion, Adduktion, Innenrotation. Knie: Extension. Fuß: Dorsalextension + Supination = N. suralis, Dorsalextension + Pronation = N. tibialis, Plantarflexion + Supination = N. peroneus superficialis, Plantarflexion + Pronation = N. peroneus profundus. Variante: positiver Ischiastest durch Rückstau
- **Behandlung von Grenzflächen, Tunneln und Faszien** → Foramen infrapiriforme, Loge zwischen M. semimembranosus und M. biceps femoris, Loge zwischen den Gastrocnemiusköpfen, N. peroneus communis über Caput fibulae, N. peroneus superficialis in Peroneusloge, N. peroneus profundus in der Extensorenloge, N. suralis in der Unterschenkelfaszie
- **Eigenübungen** → Kniestrecker in Rückenlage
- **Osteopathische Zusammenhänge** → längster Nerv des Plexus sacralis, Hauptteil vegetativer Fasern, dermatologische Probleme des Beines, arterielle Durchblutungsstörungen am Bein, Gefährdung im Gesäßbereich, Piriformissyndrom, Besonderheit des N. suralis, brennende Schmerzen oder Taubheitsgefühle der Fußsohle, N. peroneus communis, Sensibilitätsstörungen der lateralen Wade, Schmerzen an der Großzehe, Hernia ischiadica, Tarsaltunnelsyndrom, Durchblutungsstörungen des Unterschenkels, Morton-Neuralgie

Abb. 24.12 Mind-Map N. ischiadicus.

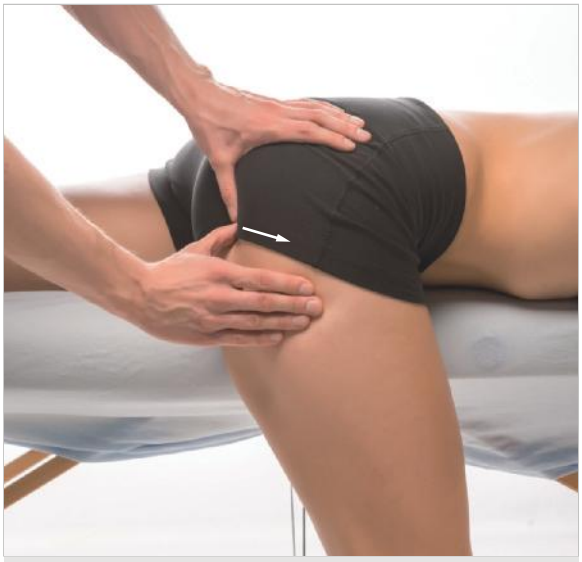


Abb. 24.13 Mobilisation.



Abb. 24.14 Grundposition.



Abb. 24.15 Adduktion und Innenrotation.



Abb. 24.16 N. suralis: Dorsalextension und Inversion.

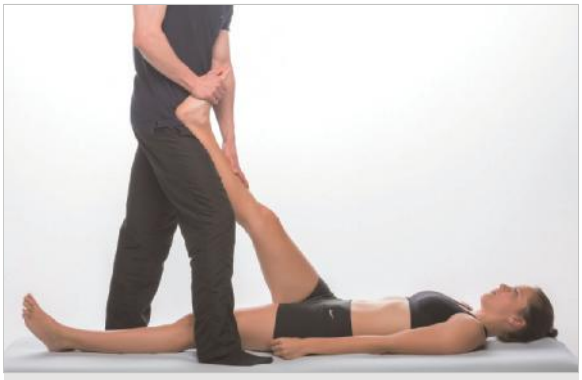


Abb. 24.17 Variante bei großer Hüftflexion.

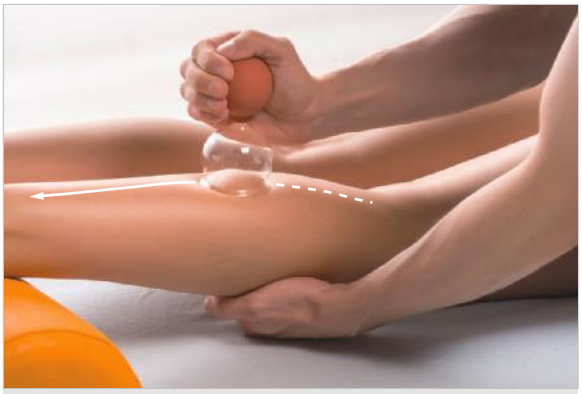


Abb. 24.18 Schröpfglas.

N. suralis

Der N. suralis liegt im Unterschenkel sehr oberflächlich. Deshalb bietet sich eine Schröpfkopfmassage über die Unterschenkelfaszie an.

Der Patient liegt in Bauchlage. Der Therapeut setzt das Schröpfglas proximal auf und streift es mehrmals nach distal ab ▶ Abb. 24.18.

Dura mater

▶ Abb. 24.19, ▶ Abb. 24.20

Die in ▶ Abb. 24.21 gezeigte Position in Seitenlage eignet sich hervorragend, um besonders akute Patienten oder diejenigen die in Rückenlage nicht liegen können (häufig bei Spinalkanalstenose), zu behandeln. Bei der Anwendung muss der Patient dem Therapeut allerdings

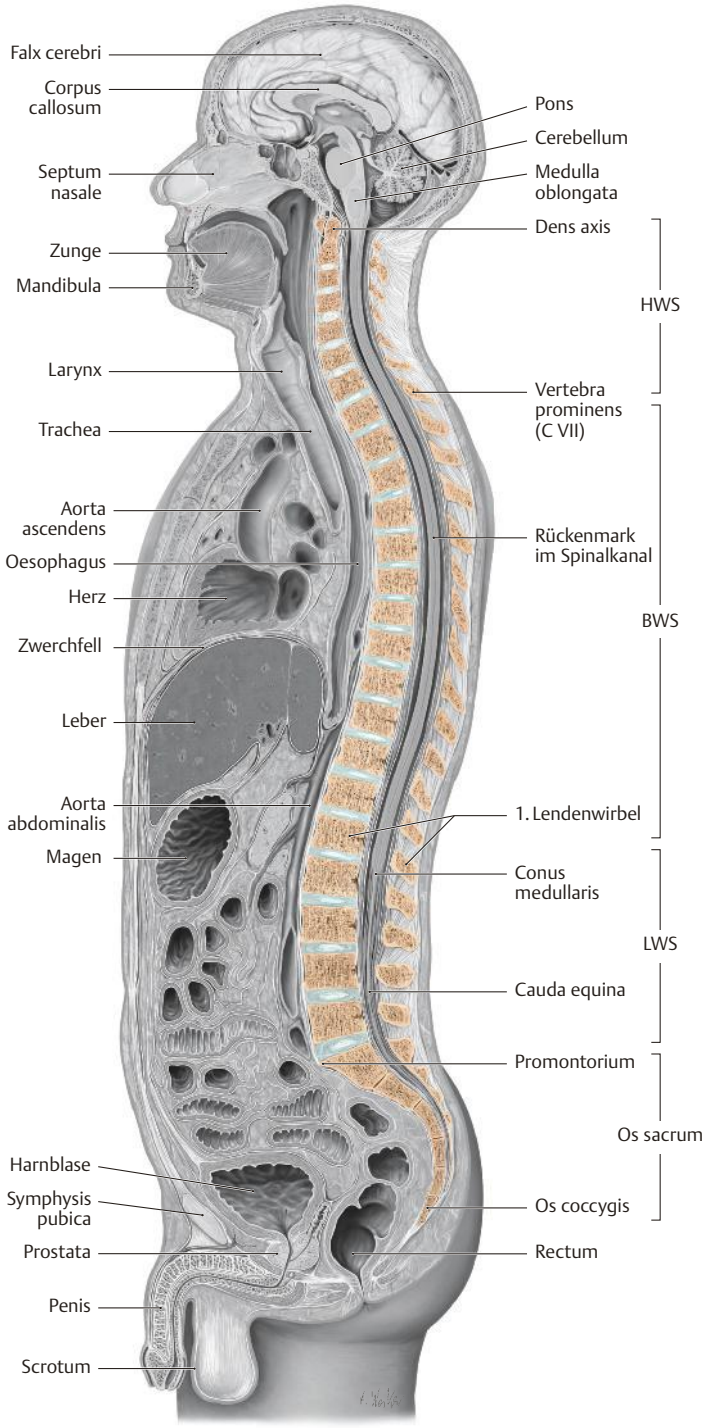


Abb. 24.19 Wirbelsäule eines Erwachsenen mit Rückenmark und Dora mater. Mediansagittalschnitt durc einen Mann, Ansicht von links. (Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2011. Abb. D, S. 105

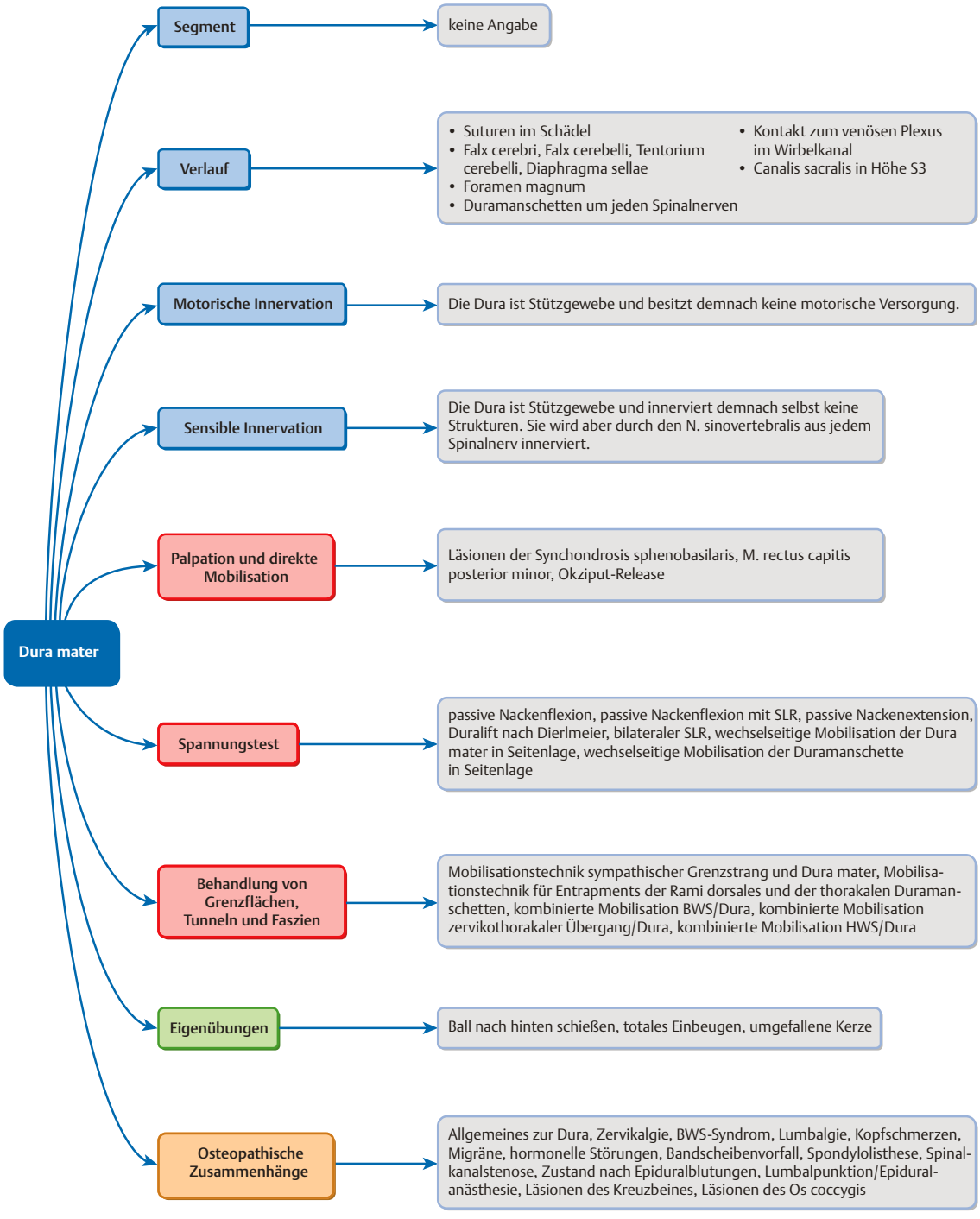


Abb. 24.20 Mind-Map Dura.

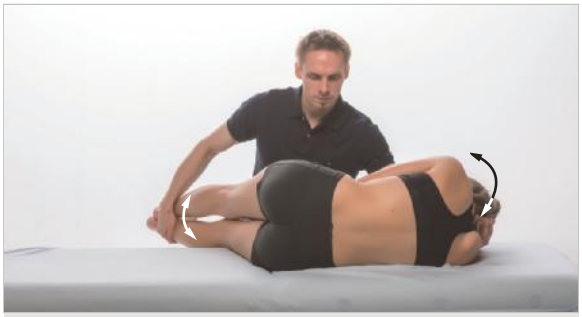


Abb. 24.21 Wechselseitige Mobilisation der Dura mater in Seitenlage.

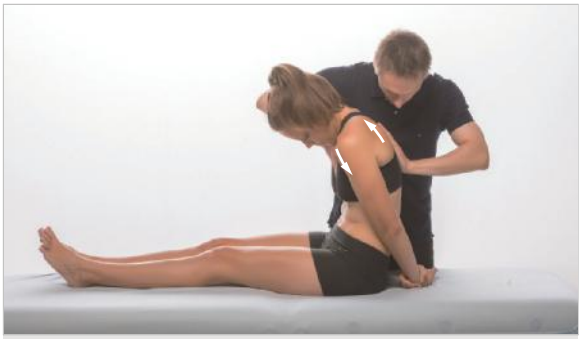


Abb. 24.22 Mobilisationstechnik für den sympathischen Grenzstrang und die Dura mater.

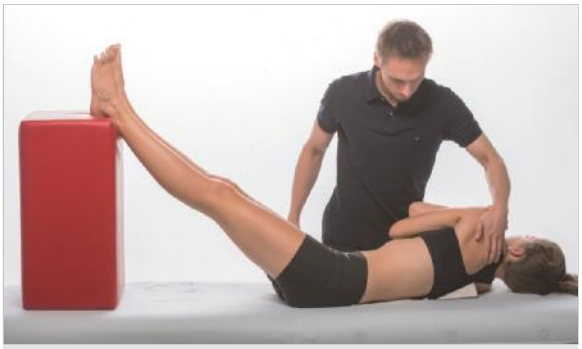


Abb. 24.23 Kombinierte Mobilisation BWS/Dura



Abb. 24.24 Der Patient legt den Kopf auf dem Unterarm ab.

behilflich sein. Es muss mit dem Patienten vorher geübt werden, den Kopf zu beugen und zu strecken sowie die Knie gestreckt zu halten und beide Beine aufeinander liegen zu lassen. Der Therapeut gibt nur einen taktilen Reiz für die notwendige Flexion des Kopfes und der Hüften.

Beide Hebel werden nach und nach in submaximaler Position eingestellt. Hat man die Grenze gefunden, beginnt die Mobilisation. Es wird wechselseitig ein Hebel in die Spannung hinein und der andere Hebel exakt dieselbe Strecke aus der Spannung heraus bewegt. Es bleibt also insgesamt immer der gleiche Spannungszustand im Nervensystem erhalten. Es ist lediglich so, dass die Dura kranio-kaudal gegenüber ihren Engstellen im Wirbelkanal mobilisiert wird.

Alternativ kann der Therapeut auch beide Hebel gleichzeitig in Flexion bewegen, um die Dura verstärkt zu entfalten.

Mit dieser Flexionsmobilisation kann man sowohl die Dura mater als auch den sympathischen Grenzstrang behandeln.

Der Patient sitzt im Langsitz mit passiver Nackenflexion. Der Therapeut legt seine rechte Hand von vorne (ggf. mit Handtuch) und linke Hand von hinten auf das zu behandelnde Segment (▶ Abb. 24.22). Es erfolgt eine rhythmische Flexionsmobilisation unter Vorspannung des Nervensystems.

Die Beine des Patienten werden in bilateralen SLR submaximal vorpositioniert. Dies geschieht mittels Unterlagerung oder verstellbarem Fußteil der Behandlungsbank (▶ Abb. 24.23).

Das entsprechende Segment, in dem der Patient die Duraschmerzen beim Test angab, wird mit dem unteren Wirbel auf einen Keil gelagert. Der Therapeut mobilisiert dadurch den oben liegenden Wirbel mittels einer Schubrichtung nach dorsal und kranial. Dies entspricht einer Flexionsmobilisation des entsprechenden Segments. Die Flexion an sich hätte bereits einen mobilisierenden Einfluss auf die Dura, allerdings verstärkt sich durch die externe Vorpositionierung der Effekt.

Es ist günstig, wie in ▶ Abb. 24.24 gezeigt, den Kopf des Patienten auf dem Unterarm ablegen zu lassen. Dadurch lässt sich noch spezifischer die für die Dura notwendige Flexion vorpositionieren.

Praxistipp

In der Praxis treten häufig diffuse BWS-Schmerzen nach der erfolgreichen Mobilisation oder Manipulation eines Segments auf, die auf einen noch vorhanden Spannungszustand der Dura zurückzuführen sind.

N. occipitalis major

▶ Abb. 24.25, ▶ Abb. 24.26

Der Patient liegt in Rückenlage. Die linke Hand des Therapeuten fixiert den Nerv am Palpationspunkt 1. Die rechte Hand führt den Kopf in Flexion, Seitneigung und Rotation zur Gegenseite mit Griff am Palpationspunkt 3 (▶ Abb. 24.27). Der Kopf wird so weit in die oben genannte Position gebracht, bis der Patient ein deutlich wahrnehmbares Spannungsgefühl angibt.

Führt das Lösen an einem der Palpationspunkte zur Symptomlinderung, so gilt der Nerv als Ursache des Schmerzes und sollte behandelt werden. Die Behandlung geschieht durch intermittierendes Bewegen des Kopfes und Fixierung der genannten Punkte im 2-Sekunden-Rhythmus bis an die Spannungsgrenze. Dies wird 25- bis 30-mal wiederholt.

Der Nerv läuft zwischen dem 2. und 3. Palpationspunkt sehr oberflächlich, weswegen die Kopfschwarte mit der behaarten Kopfhaut eine wichtige Engstelle darstellt.

Der Patient liegt in Bauchlage. Der Therapeut versucht, mit beiden Händen möglichst viele Haare nahe an der Wurzel zu greifen (▶ Abb. 24.28). Die Mobilisation geschieht über intermittierendes Abheben der Kopfschwarte oder durch Hin- und Herschieben.

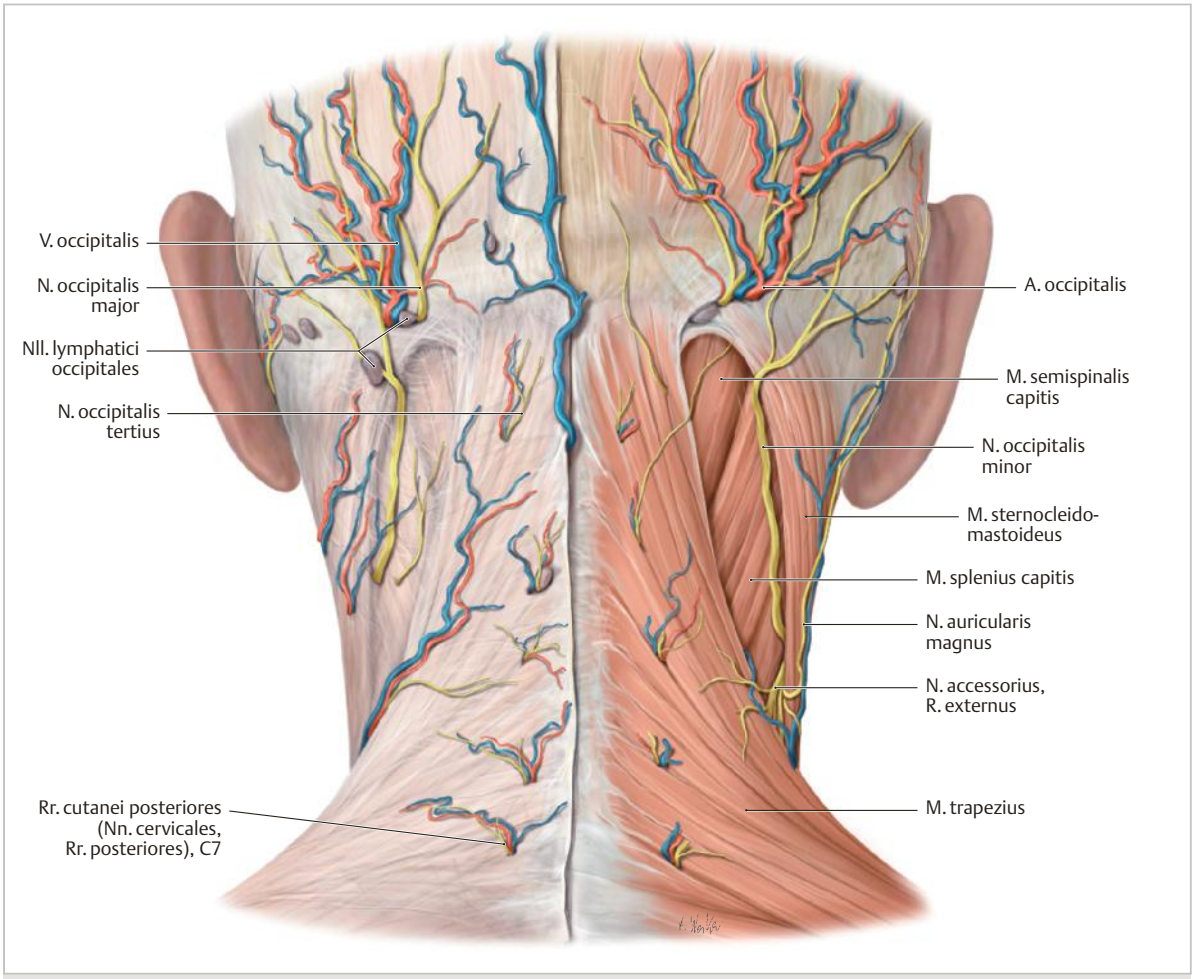


Abb. 24.25 Hintere Halsregion (Regio cervicalis posterior) und Hinterhauptsregion (Regio occipitalis). (Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2012, Abb. A, S. 234).

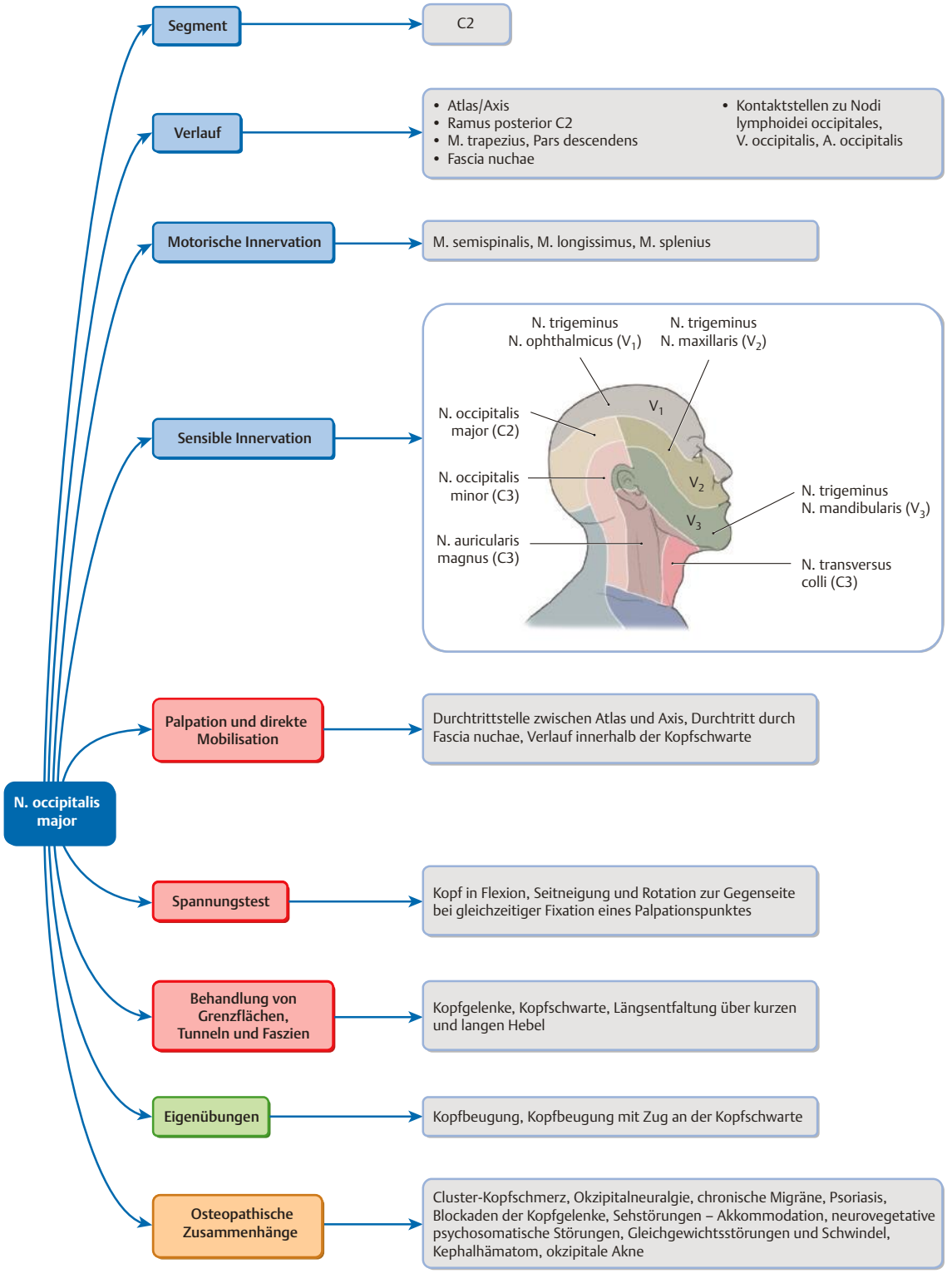


Abb. 24.26 Mind-Map N. occipitalis major.

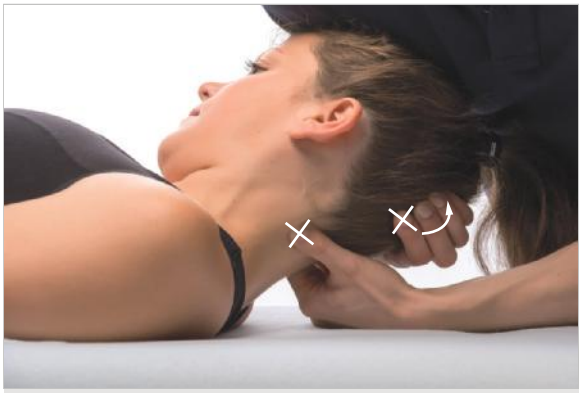


Abb. 24.27 Spannungstest N. occipitalis major.

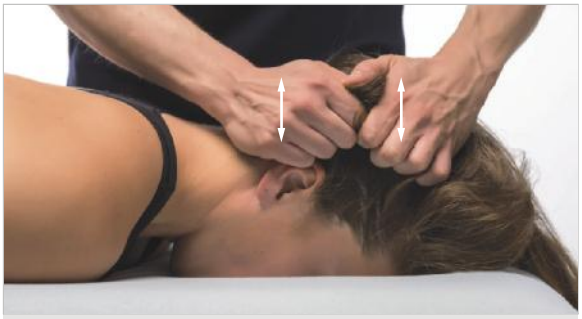


Abb. 24.28 Mobilisation der Kopfschwarte.

N. femoralis

▶ Abb. 24.29, ▶ Abb. 24.30

Der Spannungstest für den Ramus infrapatellaris erfolgt in mehreren Schritten:

1. Grundstellung: Der Patient liegt in Seitenlage. Mit der oberen Hand hält er sein Knie in 90° Hüftflexion fest. Die untere Hand liegt unter dem Kopf. Der Therapeut übt mit dem Patienten in dieser Position am besten gleich, was es bedeutet, den Nacken zu beugen und zu strecken (Spannung und Entspannung über die Dura mater spinalis).
2. Hüftextension und maximale Knieflexion: Der Therapeut führt das Bein zuerst in 90° Knieflexion, anschließend die Hüfte bis an das Bewegungsende in Extension und dann das Knie in maximale Flexion.
3. Differenzierung zwischen Nerv und Muskel: Um zu unterscheiden, ob es sich um eine Spannung am Muskel (M. rectus femoris) oder am N. femoralis, Ramus infrapatellaris, handelt, wird der Patient angewiesen, zur Spannungsverstärkung am Nerv den Kopf zu beugen (▶ Abb. 24.31) und zur Spannungsminderung am Nerv den Kopf zu strecken.

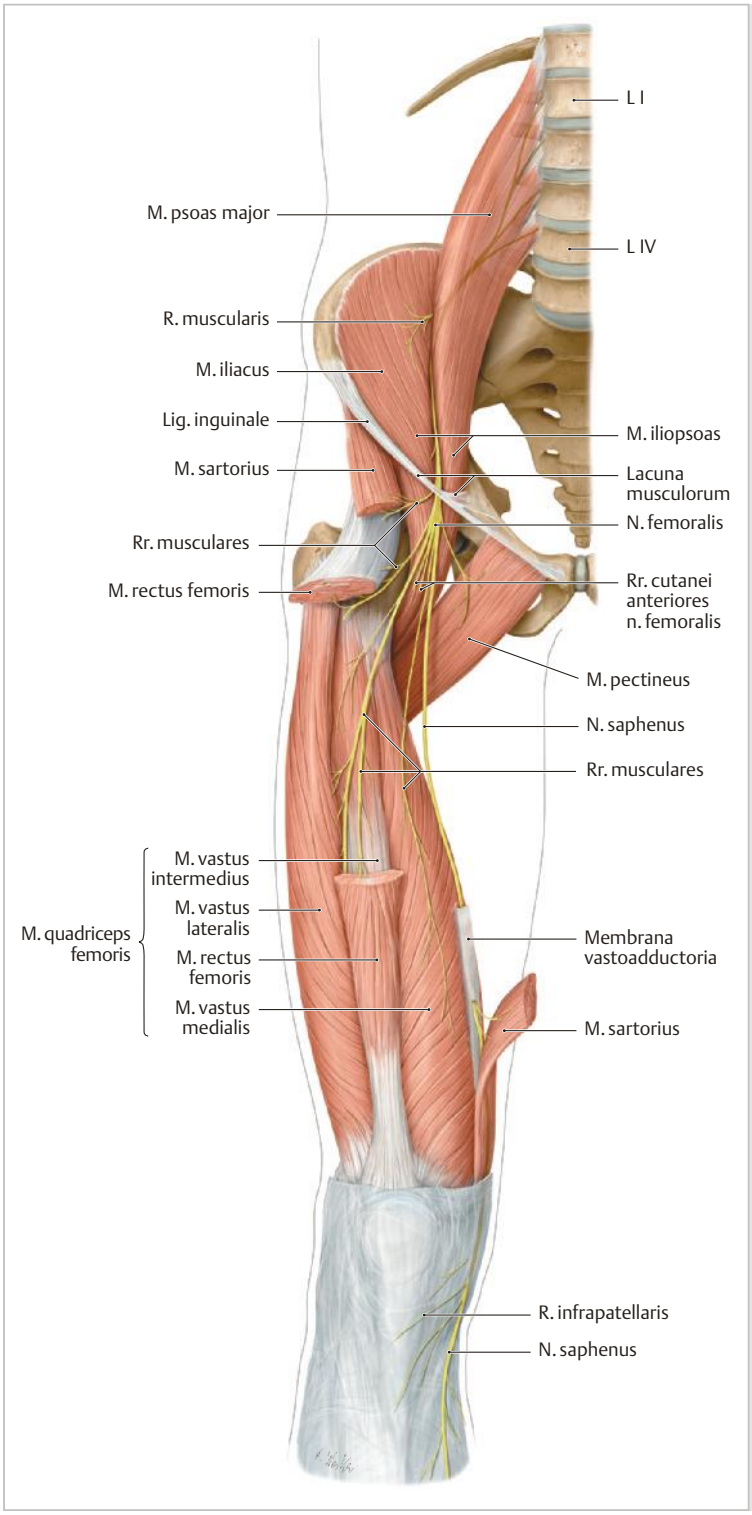
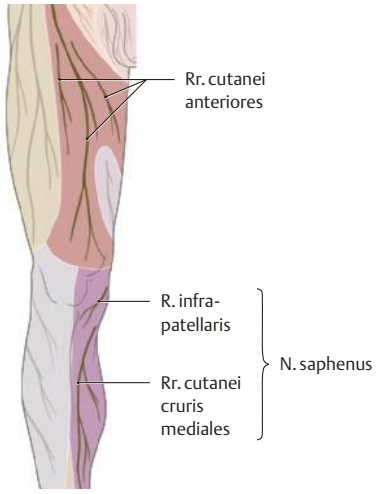


Abb. 24.29 Verlauf des N. femoralis. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2011. Abb. C, S. 535

N. femoralis

- **Segment** → L1–L4
- **Verlauf** →
  - Foramina intervertebralia
  - M. psoas major
  - M. psoas minor
  - M. quadratus lumborum
  - M. iliacus
  - Lig. inguinale
  - Lacuna musculorum (nahe Arcus iliopectineus)
  - Fascia lata (ventral)
  - Adduktorenkanal
  - Ramus infrapatellaris (ventromediales Knie)
  - N. saphenus (Unterschenkelfaszie ventromedial und medialer Fußrand)
- **Motorische Innervation** → M. psoas major und M. psoas minor, M. iliacus, M. quadriceps, M. sartorius, M. pectineus (zusammen mit N. obturatorius)
- **Sensible Innervation** →



- **Palpation und direkte Mobilisation** → **N. femoralis:** am M. psoas major/M. iliacus, unter dem Leistenband (Lacuna musculorum), Manipulation durch die Lacuna musculorum, beim Eintritt in den Adduktorenkanal, Ramus infrapatellaris am Knie
  N. saphenus: am Kniegelenk, am Fuß
- **Spannungstest** → **N. femoralis:** Kopf, HWS, BWS: Flexion. Hüfte: Extension. Knie: Flexion
  N. saphenus: Hüfte: Extension, Abduktion, Außenrotation. Knie: Extension. Fuß: Extension, Pronation
- **Behandlung von Grenzflächen, Tunneln und Faszien** → Grenzflächen des Plexus lumbalis, M. iliacus, Release am Lig. inguinale, Recoil Lig. inguinale, Adduktorenkanal, Unterschenkelfaszie (Listening, Faszienstriche)
- **Eigenübungen** → **N. femoralis:** Banküberhang
  N. saphenus: Ausfallschritt
- **Osteopathische Zusammenhänge** → Klinik bei Lähmung, Hauptnerv des Plexus lumbalis, Varikosis, chronisch venöse Insuffizienz, Schwellungen am Fuß, N. femoralis und Leistenschmerzen, Zäkum, Colon descendens, Colon sigmoideum, Nieren, Ovarien, Anastomosen mit dem N. obturatorius, Lendenschmerzen, Schwangerschaft, Hüftschmerzen, Wechselwirkung mit dem Ischiasnerv, Claudicatio intermittens, Durchblutung des Beines, Zirkulation, Sportverletzungen der vorderen Schienbeinkante und des Fußes

Abb. 24.30 Mind-Map N. femoralis.

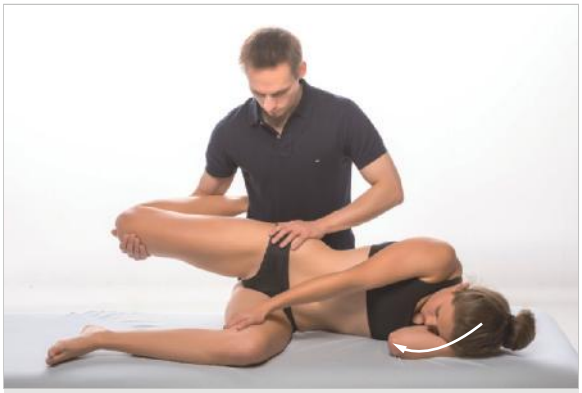


Abb. 24.31 Kopfbeugung.

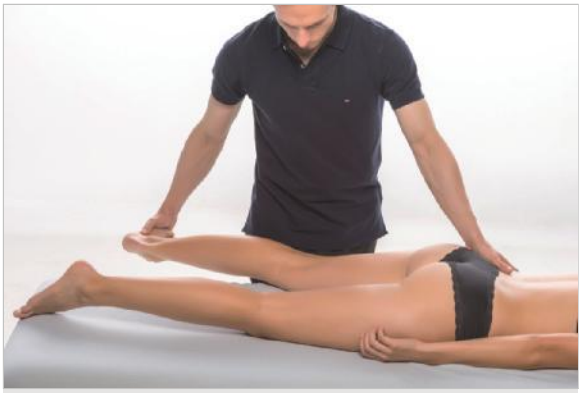


Abb. 24.32 Einstellen von Hüfte und Fuß.

Bei positivem Befund kann der Therapeut seine Mobilisationen entweder über den Kopf (nervenwurzelnahe Wirkung), über das Hüftgelenk oder über das Kniegelenk ausführen.

Der Spannungstest erfolgt in mehreren Schritten:

1. Grundstellung: Der Patient liegt in Bauchlage, Hüft- und Kniegelenk sind somit gestreckt.
2. Einstellen von Hüfte und Fuß: Der Therapeut bringt nun die Hüfte in maximale Außenrotation und den Fuß in eine dorsale Extension mit Pronation (▶ Abb. 24.32). Bei manchen Patienten ist es notwendig, den Fuß in Flexion einzustellen. Dies hängt mit dem individuell unterschiedlichen Verlauf des N. saphenus zusammen.
3. Abduktion der Hüfte: Zur endgradigen Spannungssteigerung wird die Hüfte in maximale Abduktion gebracht.

Bei positivem Spannungstest können über alle Hebel pumpende Bewegungen ausgeführt werden, also über den Fuß, das Knie oder die Hüftabduktion/-adduktion.

25 Segmentale Stabilisation

Dirk Pechmann

25.1 Stabilität

Die Stabilität der Wirbelsäule wird im Wesentlichen durch 3 miteinander interagierende Systeme gewährleistet. Zu diesen 3 Systemen zählt man das passive, das aktive und das neurale Kontroll- und Steuerungssystem (▶ Abb. 25.1).

Das passive System besteht aus den Wirbelkörpern mit den zugehörigen Facettengelenken und Gelenkkapseln sowie den Bandscheiben und Bändern. Das aktive System umfasst Muskeln und ihre Sehnen. Das neurale Kontroll- und Steuerungssystem besteht aus verschiedenen Propriozeptoren sowie dem peripheren und zentralen Nervensystem. Es dient der Kontrolle des aktiven Systems.

.

25.2 Neutrale und elastische Zone

Die neutrale Zone (▶ Abb. 25.2) ist der Bereich einer Bewegung, in dem, ausgehend von der neutralen Position, die Bewegung gegen minimalen, internen Widerstand durchgeführt wird. Dieser Bereich stellt in der Manuellen Therapie das Gelenkspiel dar.

Die elastische Zone schließt sich an die neutrale Zone an und beschreibt den Teil der Bewegung, in dem ihr ein signifikanter Widerstand entgegengesetzt wird. Die Aufgabe der stabilisierenden Systeme besteht in der Bewegungskontrolle und auf segmentaler Ebene in der Kontrolle der neutralen Zone.

25.3 Eigenschaften globaler und lokaler Muskelsysteme

Das aktive System unterteilt sich in ein globales und ein lokales Muskelsystem. Dabei liegen globale Muskeln oberflächlich, sind verantwortlich für die Kraft und die Erhaltung des Gleichgewichts. Sie kommen eingelenkig und mehrgelenkig vor. Im Bereich des Rumpfes handelt es sich hierbei um den M. rectus abdominis, die Mm. abdomini obliqui und die langen Anteile des M. erector spinae.

Das lokale Muskelsystem liegt im Körper tiefer, sehr gelenknah und ist primär verantwortlich für die Stabilisation und Bewegungskontrolle (Bergmark 1989). Hierbei handelt es sich um eingelenkige Muskeln, die durch ihren kleinen Hebelarm keine Möglichkeit haben im Gelenk eine Bewegung zu erzeugen. Ihre Funktion ist unabhängig von Bewegung, Gleichgewicht und Haltung. Im Bereich der LWS zählen zu diesen Muskeln die tiefen Fasern des M. multifidus (▶ Abb. 25.3) und der M. transversus abdominis (▶ Abb. 25.4).

Sie brauchen nur jeweils 10–15 % ihrer isometrischen Maximalkraft, um stabilisierend wirken zu können. EMG-Untersuchungen zeigen die tonisch stabilisierende Funktion der Muskulatur bei verschiedenen Bewegungen (Hodges 2008). Dabei verändern sie ihre Aktivität nur minimal, sind unabhängig von der Bewegung in ihrer Länge gleich bleibend und werden vor der globalen Muskulatur aktiv (Hides 2001). Somit sichern sie segmental und im Zusammenspiel mit dem Diaphragma und der Beckenbo-

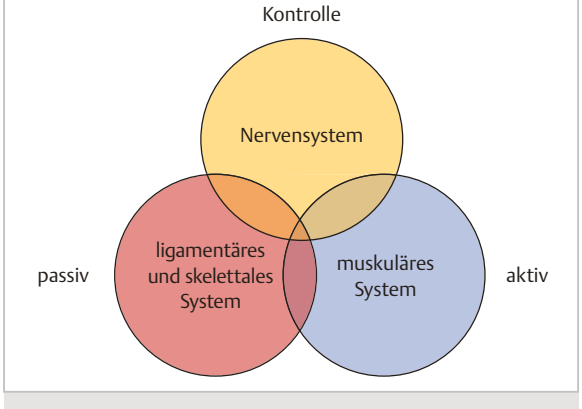


Abb. 25.1 Stabilisierende Systeme der Wirbelsäule.

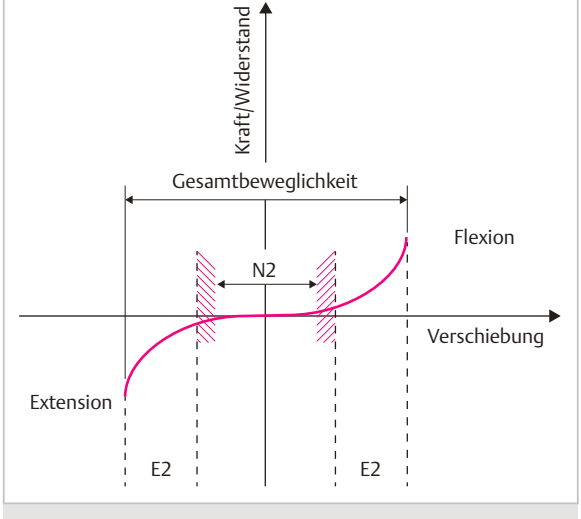


Abb. 25.2 Neutrale (NZ) und elastische Zone (EZ) (Panjabi 1992).

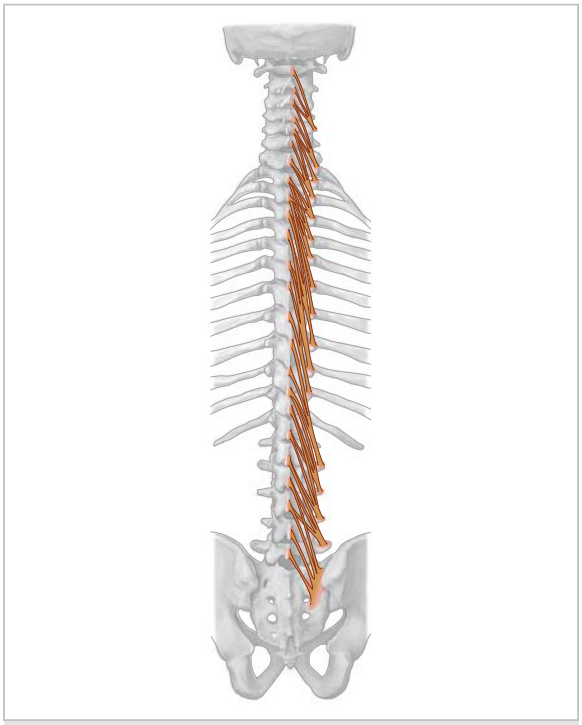


Abb. 25.3 Tiefer Anteil des M. multifidus.



Abb. 25.4 M. transversus abdominis im Überblick.

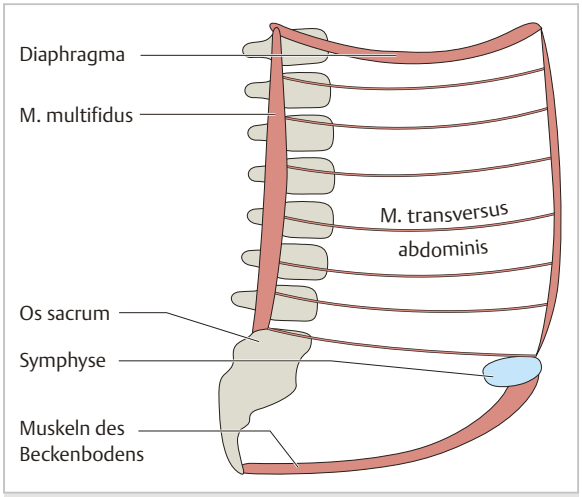


Abb. 25.5 Sicherung der Stabilität durch intraabdominale Druckerhöhung.

denmuskulatur durch eine intraabdominale Druckerhöhung (▶ Abb. 25.5) die Stabilität der Lendenwirbelsäule.

25.4 Dysfunktion der neutralen und elastischen Zone

Das Ausmaß der neutralen Zone nimmt bei Bandscheibendegeneration überproportional zu. Sie ist bei Bandscheibenpatienten 3-mal so groß wie bei gesunden Menschen und kann nur durch Muskelaktivität wieder in ihre physiologischen Grenzen gebracht werden (Panjabi 1997).

25.4.1 Instabilität

Eine Instabilität entsteht, wenn das Gleichgewicht zwischen bremsenden und verschiebenden Kräften, sprich das Ausmaß an Steife, nicht ausreicht, eine übermäßige Verschiebung zu verhindern. Dieser Moment kann sowohl innerhalb des Bewegungsausmaßes als auch am Bewegungsende bestehen. Er kann für nur eine oder mehrere Bewegungsrichtungen eines Gelenks beschrieben werden und charakterisiert den Kontrollverlust über die neutrale Zone (Panjabi 1992). Damit spricht man von einer Instabilität, wenn der Kontrollverlust über die ggf. noch zusätzlich pathologisch vergrößerte neutrale Zone zu klinischen Symptomen führt.

Diese klinischen Symptome können sein:

- Verlust der Kontrolle der Bewegung und/oder des Bewegungsmusters
- Funktionelle Einschränkungen bei den ADL (sitzen)
- Vermeidung von langsamen Bewegungen
- Abstützen auf den Oberschenkeln beim Rückweg aus der Vorneigung
- Gefühl, im Rücken abzubrechen
- gravierender Schmerz (nachts, morgens, bei Bewegung besser)
- plötzlich einschießende Schmerzen
- Schmerzen beim Aufstehen nach längerer Bauchlage und/oder nach anstrengenden Tätigkeiten.

25.5 Dysfunktion des lokalen Systems

Damit die Muskulatur ihre Stabilisations- und Bewegungsfunktion erfüllen kann, ist es wichtig, dass die entsprechenden Muskeln bei Bewegung zum richtigen Zeitpunkt und in zeitlich korrekter Sequenz rekrutiert werden (Schöttker-Königer 2001). Das bedeutet, dass die lokalen Muskeln in ihrer Funktion als Stabilisatoren vor der bewegenden Muskulatur aktiv sein sollten. Diese Koordination zwischen den einzelnen Muskelsystemen kann jedoch durch Verletzungen mit begleitenden Schmerzen, bzw. eingeschränkter Propriozeption gestört sein.

25.6 Zusammenfassung

Die lokalen Muskeln kontrollieren die Stabilität der einzelnen Wirbelsäulensegmente und nicht die Bewegung zwischen Becken und Brustkorb. Die globalen Muskeln gewährleisten die Bewegung zwischen den einzelnen Körperabschnitten und den Extremitäten, sie erhalten das Gleichgewicht und werden aktiv, wenn die lokale Muskulatur versagt.

Rückenbeschwerden haben zur Folge, dass Koordinationsstörungen zu einer Verzögerung der Aktivierung der lokalen Muskulatur führen. Dabei wechselt die Funktion vom lokalen ins globale System, was einen momentanen Verlust der segmentalen Stabilität, ohne unbedingten Verlust des Gleichgewichts, zur Folge hat.

25.6.1 Klinische Konsequenzen

Da diese Koordinationsstörungen bei den Aktivierungsmustern des Patienten erhalten bleiben können, stabilisiert Gleichgewichtstraining nicht unbedingt segmental. Eine herkömmliche Kraftdiagnostik stellt somit auch keine Gelenkstabilitätsdiagnostik dar.

Das Behandlungsziel sollte sein: die lokale Muskulatur aktivieren, Timing und Koordination wiederherstellen und dann in das globale System integrieren. Dies erfordert ein Dauertraining von mindestens 6 Wochen bei chronischen Beschwerden (Hides 1996).

25.7 Testung und Training der lokalen Muskulatur

Die Testung der lokalen Muskeln muss möglichst isoliert von den Funktionen der anderen Rumpfmuskeln erfolgen. Dabei wird die willkürliche Aktivierung des lokalen Muskelsystems, ohne Koaktivierung des globalen Systems, untersucht. Die Anspannung sollte langsam, tonisch und dauerhaft erfolgen. Dabei erfolgt viel sensorischer Input und Wahrnehmungsschulung. Die klinische Diagnostik kann durch eine bildgebende Diagnostik ergänzt werden. Im MRT sieht man eine deutliche Querschnittsabnahme des M. multifidus (▶ Abb. 25.6) auf der betroffenen Seite des Segments (Hodges 2003). Diese Querschnittsminderung bleibt auch bestehen, wenn der Schmerz abklingt.

Des Weiteren können Messungen mithilfe des EMG die Voraktivierung der lokalen Muskulatur objektivieren oder deren Verzögerung feststellen (McGill 2002). Ein Oberflächen-EMG kann auch als Negativfeedback zur Unterstützung des Lernprozesses eingesetzt werden.

25.7.1 Testung und Training des M. transversus abdominis

Die Funktion des M. transversus besteht in der Reduzierung der intraabdominalen Nachgiebigkeit, der Unterstützung der Exspiration, dem Aufbau des intraabdominalen Drucks und dem Einziehen der Bauchdecke. Am Anfang geht es um das Erlernen der selektiven Anspannung des Muskels.

Zum Erlernen eignet sich als Ausgangsstellung der Vierfüßlerstand oder die Seitenlage (▶ Abb. 25.7).

Die Wirbelsäule befindet sich in einer neutralen Position und die Bauchdecke ist entspannt. Der Patient soll langsam und sanft die Bauchdecke einziehen (ohne Be-

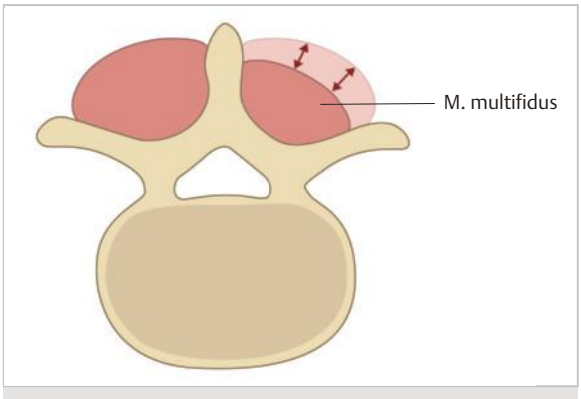


Abb. 25.6 Unilaterale Atrophie des M. multifidus.

wegung), weiteratmen und langsam entspannen. Dabei sollten Rumpfbewegungen, Beckenkippen oder Pressatmungen vermieden werden. Um die Kokontraktion der globalen Muskeln zu kontrollieren und somit zu vermeiden, palpiert der Therapeut medial der SIAS die Faszie vom M. obliquus externus. Um die Testung und das anschließende Training zu objektivieren, kann ein Pressure Biofeedback Unit (Stabilizer) zum Einsatz kommen. Dabei befindet sich der Patient in Bauchlage und die Druckmanschette liegt unter dem Bauch, der Nabel ist mittig, während die Unterkante in Höhe der SIAS abschließt (▶ Abb. 25.8). Der Druck wird auf ca. 50–70 mmHg gebracht. Nun sollte der Patient langsam und sanft die Bauchdecke vom Kissen wegziehen, weiter atmen und langsam entspannen. Sollte eine Druckreduktion von 4–10 mmHg erfolgen, so spricht dies für eine selektive Aktivierung des M. transversus abdominis (Richardson 2009).

Das Training erfolgt mit dem Ziel, den Druck in dem Luftkissen um 6–8 mmHg für 10-mal 10 Sek. zu reduzieren. Dabei sollten Ausweichbewegungen, wie Rumpfbewegung, Beckenaufrichtung bei Einsatz des M. obliquus externus abdominis, und Pressatmung vermieden werden.

25.7.2 Testung und Training des M. multifidus

Die Funktion des M. multifidus besteht in der Extension der Wirbelsäule bei bilateraler Anspannung. Die Testung erfolgt in der entspannten Bauchlage. Am Anfang steht die Palpation mit den Fingerspitzen lateral vom Dornfortsatz mit dem Ziel, im Seitenvergleich Umfangs- und Tonusunterschiede festzustellen. Hat man das betroffene Segment lokalisiert, erfolgt der Test über einen Griff mit Daumen und Zeigefinger um den Dornfortsatz. Dabei senken sich die Finger tief in ventro-kraniale Richtung auf die Laminae. Getestet wird die Fähigkeit, den M. multifidus isometrisch unter dem Daumen und Zeigefinger des Therapeuten anschwellen zu lassen (▶ Abb. 25.9).

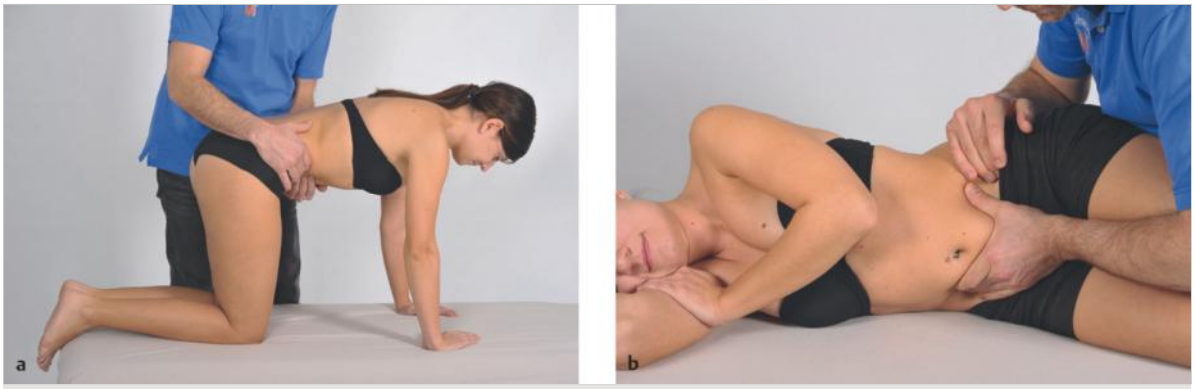


Abb. 25.7 Selektive Anspannung des Muskels erlernen.
a Ausgangsstellung Vierfüßlerstand.
b Aktivierung des M. transversum abdominis in Seitenlage.



Abb. 25.8 Training und Test mithilfe einer Druckmanschette.

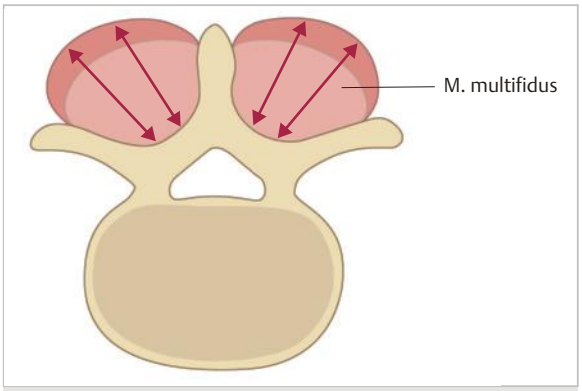


Abb. 25.9 Anschwellen des M. multifidus.



Abb. 25.10 Grifftechnik zur Palpation des M. multifidus.

Ziel ist eine statische, isolierte und gleichmäßige, bilaterale Kontraktion für jedes lumbale Wirbelsegment. Eine automatische oder willkürliche Koaktivierung des M. transversus abdominis ist vorteilhaft. Auch hier sollten Rumpfbewegungen, Beckenkippung und eine exzessive Anspannung der Rückenstrecker vermieden werden.

Das Training erfolgt mit dem Ziel, die Anspannung für 10-mal 10 Sek. zu halten und sollte vom Patienten mehrmals täglich durchgeführt werden.

25.8 Steigerung und Eingliederung der globalen Funktion

Nachdem die lokale Anspannung erlernt ist, erfolgt die Steigerung in verschiedensten Ausgangsstellungen unter dem Halten der selektiven Anspannung (▶ Abb. 25.11). Die Häufigkeit und Dauer der isolierten Kontraktion sollte 10-mal 10 Sek. betragen und mehrmals täglich stattfinden (O'Sullivan 2000). Hierbei ist es wichtig, dass keine Ermüdung stattfindet, keine Schmerzen auftreten und Steigerungen stattfinden. Das könnte erfolgen durch Variation:

- ohne Schwerkraft, mit Schwerkraft
- von neutralen in extreme Haltungen
- von schmerzfreien in schmerzhafte Haltungen

Die Eingliederung in die globale Funktion erfolgt, wenn der Patient die Kontrolle des lokalen Systems bewahren kann, indem mit größeren Hebeln gearbeitet wird, die eine globale Muskelaktivität fordern.

Letztendlich erfolgt eine Eingliederung in die alltäglichen und vielleicht auch schmerzhaften Tätigkeiten sowie in das globale Systemtraining.

Zusammenfassend sollte sich das Training damit progressiv über drei Ebenen erstrecken:

1. Spezifisches lokales Stabilisationstraining in verschiedenen Ausgangsstellungen
2. Aktivierung der globalen Muskulatur unter lokaler Spannung
3. Funktionelles Stabilisationstraining in alltäglichen Situationen (Arbeit, Freizeit, Sport).



Abb. 25.11 Steigerung in verschiedenen Ausgangsstellungen unter Beibehaltung der selektiven Anspannung.
a Steigerung in Seitenlage mit langem Hebel an der oberen Extremität.
b Steigerung in Seitenlage mit langem Hebel der oberen und unteren Extremität.

26 Funktionelles Training

Thomas Brucha

26.1 Einleitung

Was benutzt wird, entwickelt sich. Was ungenutzt bleibt, verkümmert. (Hippokrates)

Die Ursprünge des funktionellen Bewegens und Trainings liegen in der Physiotherapie. Es eignet sich hervorragend zur Leistungssteigerung im Freizeit- und Leistungssport, aber auch in der Primär-, Sekundär- und Tertiärprävention.

Die menschlichen Bewegungen sind mehrdimensional und hochkomplex. Jedes Gewebe, gleich welcher Art, wird durch einen aktiven oder passiven Mechanismus darin miteinbezogen. Hinzu kommt, dass eine Vielzahl von Stoffwechselinteraktionen und die neurale Steuerung wesentliche Grundlagen für menschliche Bewegungen sind.

Wenn ein Körperbereich trainiert wird, wählt man eingelenkige und/oder mehrgelenkige Übungen zur Leistungsverbesserung aus. Bewegungen, begrenzt auf nur ein Gelenk, um die Anzahl der Unbekannten zu reduzieren, haben ebenso ihre Daseinsberechtigung wie das mehrgelenkige (funktionell ganzheitliche) Training.

Praxistipp

Das Ziel der Leistungsverbesserung entscheidet über die Zusammensetzung von eingelenkigen und mehrgelenkigen Übungen im Training.

Das Ziel der Leistungsverbesserung muss demzufolge klar definiert werden. Während in der Vergangenheit das eingelenkige Isolationstraining sehr dominant und weit verbreitet durchgeführt wurde, ist in den letzten Jahren wieder zunehmend das mehrgelenkige Training zu erkennen.

Ganz- und Teilkörperbewegungen kennzeichnen ein funktionelles Training. Angelehnt an den Alltag und die naturgesetzlichen Bedingungen, werden sehr viele Bereiche des Leistungsspektrums trainiert, wie beispielsweise Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer, Koordination und Beweglichkeit.

Das Wissen um anatomische und funktionelle Verkettungen ist daher unerlässlich. Verdeutlicht wird dies u. a. durch folgenden Aspekt:

Muskelkraft ist z. B. abhängig von der Muskelfaserverteilung und dem Muskelfaseraufbau, dem physiologischen Muskelquerschnitt, der Kontraktionsart, der Arthrokinematik, dem Gewebeinsertionswinkel, der Zahl der aktiven Quer- und Längsbrücken zwischen Myosin- und Aktinfilamenten, den ganzheitlichen gewebefunktionellen Ketten, der neuronalen Ansteuerung, den im Stoffwechsel aktiven Substanzen etc.

Merke

Eine gründliche ärztliche Voruntersuchung ist Voraussetzung für die spätere Trainingsbelastung.

Ein ganzheitlich mehrgelenkiges Training besitzt folgende Merkmale:

- mechanischer Vorteil durch Verringerung des Lastarms, wodurch die Effektivität der Bewegung erhöht wird und Scherkräfte verringert werden
- alltagsrealistisch und damit auch immer eine aktive, dynamische Stabilisierung der Rumpfmuskulatur
- erhöht die inter- und intramuskuläre Koordination
- erhöht die Bereitschaft neuromuskulärer Anbahnung
- bringt eine optimalere Be- und Entlastung der anatomischen und physiologischen Gelenkstrukturen
- verringert die Gefahr des Übertrainings und damit auch Verletzungen
- unzählige Übungsvariationen aus den verschiedensten Tätigkeits- und Bewegungsbereichen
- höherer Kalorienumsatz pro Zeit, da gleichzeitig viele Muskeln aktiv sind
- dem einseitigen Bewegungsverhalten im Alltag entgegen zu wirken
- individuell auf die Bedürfnisse des Trainierenden zurechtgeschnitten

26.2 Trainingsgeräte

Die apparativen Trainingsmittel im funktionellen Training sind primär keine schweren Großgeräte oder Gerätestationen. Vielmehr sind sie klein, gut im Handling und mobil. Mehrachsiges und mehrdimensionales Training ist mit ihnen möglich.

Im Folgenden soll eine kleine Auswahl an Trainingsgeräten im funktionellen Training kurz erklärt werden.

► **Der eigene Körper.** Man hat ihn immer dabei und kann ihn überall effizient einsetzen.

► **Kurz- und Langhanteln.** Diese Klassiker wurden schon im antiken Griechenland eingesetzt.

► **Seilzug.** Eines der wenigen kompakten Großgeräte mit zahlreichen Bewegungsmöglichkeiten. Es gibt erhebliche Unterschiede auf dem Markt bezüglich des Aufbaus und der Anwendung eines Seilzugs. Deshalb sollte man sich vor einem Kauf gut informieren.

▶ **Kettlebell.** Eine Stahlkugel mit einem Griff. Das Kettlebell ist bereits im 19. Jahrhundert ein Symbol des Kraftsports gewesen.

▶ **Trainingsketten aus Stahl.** Allein oder z. B. in Kombination mit Langhanteln eine interessante Gewichtsvariation.

▶ **Spring- und Schwungseile.** Gute Springseile sollten zwischen den Griffen und dem dünnen Metall- oder Kunststoffseil ein Kugellager haben. Schwungseile, auch Ropes genannt, gibt es in verschiedenen Längen und Materialien. Dieses Training hat es in sich.

▶ **Sling.** Man nehme ein Bergsteigerseil mit 6 m Länge und 2 Schlaufen, die über einen Kletterknoten höhenverstellbar an dem Seil befestigt sind. Fertig ist ein Sling. Vom Sturzprophylaxetraining für Senioren bis zum Hardcoretraining für den Hochleistungsathleten ein einzigartiges Trainingstool.

▶ **Boxequipment.** Ein Sandsack, Boxhandschuhe und Boxpratzen sind nicht nur im Kampfsport notwendig, sondern können auch in der Rehabilitation ein sinnvolles Trainingsgerät sein. Und manchmal hilft es auch für den eigenen psychischen Ausgleich.

▶ **Kraft- bzw. Zugbänder.** In der rehabilitativen Medizin sind Therabänder ein Dauerbrenner. Kraftbänder gibt es mit Zugwiderständen von bis zu 100 Pfund. Sie können ebenfalls unterstützend eingesetzt werden, um das eigene Körpergewicht zu reduzieren, zum Beispiel an einem Klimmzugrack.

▶ **Gewichtschlitten.** Schub- und Zugschlitten mit variabler Gewichtsbestückung sind in nahezu allen Ausgangspositionen einsetzbar und mit vielen Ganzkörperbewegungen kombinierbar.

▶ **Geräte für Koordinations- und Balancetraining.** Die Auswahl an Koordinations- und Balancegerätschaften ist riesig. Das gilt auch für ihre Anwendung. Großer Spaßfaktor.

▶ **Taue und Klimmzuggeräte.** Bewegungen an einem hängenden Tau oder an einer Klimmzugstange sind anstrengend, können aber unter Verwendung eines Kraftbandes auch von Anfängern, weiblich wie männlich, relativ einfach durchgeführt werden.

▶ **Pezziball.** Man kann darauf sitzen, aber gleichfalls in vielen verschiedenen Anwendungen einen Körper, egal auf welchem Leistungsniveau, an seine Leistungsgrenzen bringen.

▶ **Aqua- und Sandbags.** Wasser-, sand- oder stahlkugelgefüllte Gewichte sind sehr instabil. Sie erweisen sich als sehr gute Herausforderung, ob ballförmig oder zylindrisch geformt, mit oder ohne Griffschlaufen.

▶ **Indian Clubbell.** Indian Clubbells sind Keulen, erhältlich in unterschiedlichen Größen und Gewichten. Sie eignen sich zur Mobilitäts- und Stabilitätsschulung des Oberkörpers und des Schulter- und Schultergürtelkomplexes.

▶ **Turnerringe und Kleinbarren.** Turnen ist seit jeher eine Grundsportart. Neben dem Mattentraining sind Ringe und Kleinbarren ausgezeichnete Geräte für ein intensives Training.

▶ **Kletterwand bzw. hängende Leiter- und Netzapparaturen.** Klettern und Hangeln stellen für Kinder eine häufige Spielsituation dar; zumindest sollte das so sein. Im Erwachsensein eher selten durchgeführt, ist diese Form der Bewegung eine Grundlagenkräftigung für den Rücken.

▶ **Medizinball.** Im Sportunterricht in der Schulzeit hatte fast jeder Kontakt mit einem Medizinball. Als Wurf und Schwungmasse einsetzbar, v. a. in sehr dynamischen Bewegungen.

▶ **Vibrationsgeräte.** Vibrationshanteln und Vibrationsplatten erzeugen in Verbindung mit Ganzkörper- oder Teilkörperbewegungen ein interessantes Trainings- und Körpergefühl.

Fazit

Für ein ganzheitliches Training ist kein großer Gerätepark notwendig.

26.2.1 Trainingsmethodik

Es ist nicht möglich, auf 1 oder 2 Buchseiten dieses hochkomplexe Thema zu beleuchten. Also bleiben diese wenigen Zeilen in diesem Abschnitt ein Appetitanreger.

Was ist Training? Training ist nichts anderes als ein Reiz! Mit dieser Form der Definierung kommt der Begriff Training für den Leistungsathleten wie auch für den physisch und/oder psychisch leistungsgeminderten Patienten zur Anwendung.

Auf einen Reiz kann ein Organismus reagieren oder nicht.

Jahr für Jahr erscheinen immer wieder neue Trainingsmethoden und kaum zum Leben erweckt, werden viele wieder verändert oder verschwinden ganz in den Tiefen des trainingsmethodischen Universums.

Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass es keine ultimative Trainingsmethode gibt. Eine solche allgemeingültig zu entwickeln, ist wegen der menschlichen Individualität sehr kompliziert und vielleicht auch gar nicht möglich.

Die Parameter für ein effizient erfolgreiches und risikoarmes Training sind zahlreich.

► **Individualparameter.** Geschlecht, Alter, Konstitutionstyp (ektomorph, endomorph, mesomorph), aktueller gesundheitlicher Status, soziale Situation (Beruf, Familie, Freundeskreis), Trainingserfahrung, Trainingsvorstellung, psychologisches Profil, interner Metabolismus, Ernährungsprofil etc.

► **Trainingsparameter.** Trainingsinhalt, Trainingsvariabilität, Trainingsfrequenz, Trainingsumfang, Trainingsdichte, Trainingsintensität, Trainingsdauer etc.

► **Umweltparameter.** Jahreszeit, Wetter, gesellschaftskulturelles Profil, Trainingsstätte, Trainingspartner, Trainer und Betreuer, „push-and-fight-Faktoren“ etc.

26.3 Praxis

Aus dem sehr vielfältigen und umfangreichen Repertoire des funktionellen Trainings sind nachfolgend ein paar Übungen mit verschiedenen Trainingsgeräten dargestellt.



Abb. 26.1 Rumpfstabilisation in Bauchlage auf dem Sypoba. Ziel: Training des Schultergürtels und der dorsalen Rumpfmuskulatur.



Abb. 26.2 Stabilisationsübung in Bauchlage auf dem Sypoba. Ziel: Training des Schultergürtels und der dorsalen Rumpfmuskulatur.



Abb. 26.3 Stabilisationsübung im Bärenstand mit dem instabilen Handstütz auf dem Sypoba. Ziel: Training der oberen Extremität, der ventralen Rumpfmuskulatur und der unteren Extremität.



Abb. 26.4 Stabilisationsübung im Bärenstand mit dem instabilen Fußstütz auf dem Sypoba. Ziel: Training der oberen Extremität, der ventralen Rumpfmuskulatur und der unteren Extremität.



Abb. 26.5 Stabilisationsübung im halben Kniestand auf dem Sypoba. Ziel: Training der unteren Extremität und des Rumpfes.



Abb. 26.6 Stabilisationsübung im Stand auf dem Sypoba. Ziel: Training der unteren Extremität und des Rumpfes.



Abb. 26.7 Stabilisationsübung im Stand mit dem Aquabag. Ziel: Training der unteren Extremität, des Rumpfes und der oberen Extremität.



Abb. 26.8 Stabilisationsübung im Ausfallschritt mit dem Aquabag und Rumpfdrehung zu beiden Seiten. Ziel: Training der unteren Extremität, des Rumpfes und der oberen Extremität.



Abb. 26.9 Stabilisationsübung im instabilen Handliegestütz am Slingtrainer. Ziel: Training der oberen Extremität und des ventralen Rumpfes.



Abb. 26.10 Stabilisationsübung im instabilen Fußliegestütz am Slingtrainer. Ziel: Training der oberen Extremität und der ventralen Rumpfmuskulatur.



Abb. 26.11 Stabilisationsübung im Seitstütz am Slingtrainer. Ziel: Training der Schulter und der gesamten seitlichen Muskelkette.



Abb. 26.12 Frontswing am Slingtrainer. Ziel: Training der oberen Extremität und der ventralen Rumpfmuskulatur.



Abb. 26.13 Backswing am Slingtrainer. Ziel: Training des Schultergürtels und der dorsalen Rumpfmuskulatur.



Abb. 26.14 Beidhändiger Swing mit dem Kettlebell. Ziel: Training des Schultergürtels, der dorsalen Rumpfmuskulatur und der unteren Extremität.



Abb. 26.15 Stand auf der doppelten Slackline. Ziel: Training der unteren Extremität und der Rumpfmuskulatur.



Abb. 26.16 Bärenstand auf der doppelten Slackline. Ziel: Training der oberen Extremität, der ventralen Rumpfmuskulatur und der unteren Extremität.



Abb. 26.17 Rumpftwist im Stand am Coretrainer. Ziel: Training der Rumpfmuskulatur und des Schultergürtels.



Abb. 26.18 Stabilisationsübung im Stand am Coretrainer. Ziel: Training der oberen und unteren Extremität und der Rumpfmuskulatur.



Abb. 26.19 Rumpfrotation am Seilzug mit dem Joch. Ziel: Training der Rumpfmuskulatur.



Abb. 26.20 Rumpfseitneigung am Seilzug mit dem Joch. Ziel: Training der Rumpfmuskulatur.



Abb. 26.21 PollyWarrior mit den Strength Bands. Ziel: Training des Schultergürtels, der dorsalen Rumpfmuskulatur und der unteren Extremität.

27 Literaturverzeichnis

Adams MA et al. The Biomechanics of Back Pain. 3. Aufl. Edinburgh: Churchill Livingstone Elsevier; 2013

Adams RD, Victor M. Principles of Neurology. 3. Aufl. New York: McGraw Hill; 1985

Afra D. Randomisierte kontrollierte Studie zur Wirksamkeit der Blutegeltherapie bei symptomatischer Epicondylitis lateralis humeri. Inaugural-Dissertation, Medizinische Fakultät der Universität Duisburg-Essen; 2009

Akseki D, Ozcan O, Boya H et al. A new weight-bearing meniscal test and a comparison with McMurray's test and joint line tenderness. Arthroscopy 2004; 20: 951–958

Alexander F. Psychosomatische Medizin: Grundlagen und Anwendungsgebiete. 3. Aufl. Berlin: DeGruyter; 1977

Ambacher T, Maurer F, Weise K. Treatment results after primary and secondary resection of the radial head. Unfallchirurg 2000; 103: 437–443

Arnold P et al. Red flags bei Patienten mit Schmerzen im Lendenbereich. manuelletherapie 2009; 13: 64–72

Aronoff GM. Evaluation and treatment of chronic pain. 3. Aufl. Baltimore: Williams u. Wilkins; 1998

Barnett CH, Napier JR. The axis of rotation of the ankle joint in man. Its influence upon the form of the talus and the mobility of the fibula. J Anat 1952; 86: 1–8

Baron R. Jänig W. Schmerzsyndrome mit kausaler Beteiligung des Sympathikus. Der Anesthesist 1998; 47: 4–23

Barral J-P et al. Handbuch für die Osteopathie. Die Untersuchung der Wirbelsäule. Gent: Osteo 2000; 1993

Barral J-P, Croibier A. Manipulation kranialer Nerven. München: Urban u. Fischer; 2008

Barral J-P, Croibier A. Manipulation peripherer Nerven. Osteopathische Diagnostik und Therapie. München: Urban u. Fischer; 2005

Barral J-P, Mercier P. Lehrbuch der Viszeralen Osteopathie, Bd.1. 2. Aufl. München: Urban u. Fischer; 2005

Bear MF et al. Neurowissenschaften. 3. Aufl. Berlin: Springer 2012

Becci K. 2014. International Classification of Disability Functioning and Health, GRIN. http://content.grin.com/document/v279474.pdf [Zugriff 27.12.2015]

Becker I et al. The adult human pubic symphysis: a systematic review, J Anat 2010; 217: 475–487

Behm DG et al. A review oft he acute effects of static and dynamic stretching on performance. Eur J Appl Physiol 2011; 111(11): 2633–2651

Behm DG et al. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. Med Sci Sports Exerc 2004; 36(8): 1397–1402

Benninghoff A, Drenckhahn D. Anatomie. 17. Aufl. München: Elsevier; 2008

Berg F. Angewandte Physiologie 1. Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2003

Berg van den, F. Angewandte Physiologie Band 4: Schmerzen verstehen und beeinflussen. 2. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2008

Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. Acta Orthoped Scand 1989; 60 (suppl 230): 1–54

Beyer WF et al. ISG-Befunde bei Schulkindern. Manuelle Medizin 2005; 43 (3): 151–155

Beyerlein C, Bessler J. Der sichere Weg zur Diagnose – Untersuchung und Therapie des Iliosakralgelenks. physiopraxis 2006; 4 (6): 20–242

Bigelow N, Harrison I, Goodell H, Wolff HG. Studies on Pain, Quantitative Measurements Of Two Pain Sensations Of The Skin, With Reference To The Nature Of The "Hyperalgesia Of Peripheral Neuritis", J Clin Invest. 1945; 24(4):503–512

Bigliani LU, Kelkar R, Flatow EL et al. Glenohumeral stability. Biomechanical properties of passive and active stabilizers. clin orthop relat res 1996

Bini G, Cruccu G, Hagbarth KE. Analgesic effects of vibration and cooling on pain induced by intraneural electrical stimulation. Pain 1984; 18: 239–248

Bischoff H-P, Heisel J, Locher H. Praxis der konservativen Orthopädie. Stuttgart: Thieme; 2007

Blankevoort L, Huiskes R, De Lange A. Halical axes of passive knee joint motions. J Biomechanics 1990; 23 (12): 1219–1229

Böhni UW, Lauper M, Locher HA. Manuelle Medizin 1, 2.Auflage. Stuttgart: Thieme; 2015

Bogduk N. Klinische Anatomie von Lendenwirbelsäule und Sakrum. Berlin: Springer; 2000

Böhni U et al. Manuelle Therapie: Diagnostische und therapeutische Techniken praktisch anwenden. Bd. 2. Stuttgart: Thieme; 2011

Bonica JJ. The clinical importance of Hyperalgesia. New York: Raven Press; 1992

Bosworth BM. Acromioclavicular separation. A new method of repair. Surg gynecol obstet 1941; 73: 866–871

Bosworth BM. Complete acromioclavicular dislocation. N Engl J Med 1949; 241: 221–225

Bowen V, Cassidy JD. Macroscopic and microscopic anatomy oft the sacroiliac joint from embryonic life until the eighth decade. Spine 1981; 6 (6): 620–628

Boyle M. Fortschritte im Functional Training: Neue Trainingstechniken für Trainer und Athleten. München: riva; 2011

Brandt JP et al. An evidence-based review on the validity of the Kaltenborn rule applied to glenohumeral joint. Manual Therapie 2007; 12: 3–11

Brokmeier A. Kursbuch Manuelle Therapie: Biomechanik, Neurologie, Funktionen. 3. Aufl. Stuttgart: Hippokrates; 2001

Brügger A. Die Erkrankung des Bewegungsapparates und seines Nervensystems. Stuttgart: Fischer; 1977

Brügger A. Lehrbuch der funktionellen Störungen des Bewegungssystems. Zollikon: Brügger; 2000

Brunner U. Klinische Untersuchung der Schulter. In: Habermeyer P. Schulterchirurgie. 3. Aufl. München: Urban u. Fischer; 2002

Bugaj R. The cooling. Analgesic and rewarming effects of icemassage on localized skin. Phys Therapy 1975; 55: 11–19

Bumann A, Lotzmann U. Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien. In: Rateitschak KH, Wolf HF (Hrsg.) Farbatlanten der Zahnmedizin. Band 12. 8. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2015

Burke RE et al. Physiological types and histochemical profiles in motor units of the cat gastrocnemius. J Physiol 1973; 234: 723–748

Butler DS. Mobilisation des Nervensystems, Rehabilitation und Prävention. 2. Aufl. Heidelberg: Springer; 1998

Cameron MH, Monroe LG. Physical rehabilitation, evidence-based examination, evaluation, and intervention. St. Louis, Missouri: Saunders Elsevier

Cavafy J. A case of sciatic nerve-streching in locomotor ataxy: with remarks on the operation. Br Med J 1881; 2: 928–929

Chaouch A, Besson J-M. Mechanismes peripheriques et medullaires de la nociception. Rev Neurologie 1986; 173–200

Conradi E. Schmerz und Physiotherapie. Berlin: Verlag Gesundheit; 1990

Conzelmann S. Regenerationsverhalten humaner Skelettmuskulatur bei neurogenen und myopathischen Muskelerkrankungen. Inaugural-Dissertation, Medizinische Fakultät Universität Tübingen; 2003

Cook G. Der perfekte Athlet: Spitzenleistungen durch Functional Training. München: riva; 2010

Dejung B. Triggerpunkttherapie. In: Dvorak et al. Manuelle Medizin. Stuttgart: Thieme; 1997

Dejung B. Triggerpunkttherapie: Die Behandlung akuter und chronischer Schmerzen im Bewegungsapparat mit manueller Triggerpunkttherapie und Dry Needling. 2. Aufl. Bern: Hans Huber; 2006

De Lange A, van Dijk R, Huiskes R et al. The application of roentgenstereophotogrammetry for evoluation of knee-joint kinematics in vitro. In: Biomechanics: Priniciples and Applications. Den Haag; 1982; 177–184.

De Palma AF: Surgical anatomy of the sternoclavicular and acromioclavicular joints. Surg clin north am 1963; 43: 1540

Deutsches Institut für medizinische Dokumentation und Information. ICD-10. Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme. Bern: Hans Huber; 2005

Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. ICF. Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit. Neu-Isenburg: MMI; 2005

Diener HC, Maier C. Das Schmerztherapiebuch. München: Urban und Schwarzenberg; 1997

Dierlmeier D. Mobilisation nervaler Strukturen. Unterrichtsskript 2009

Dierlmeier, D. Nervensystem in der Osteopathie. Stuttgart: Haug; 2015

Dodt E. Pain impulses in thermal stimulation. Acta Physiol Scand. 1954; 31(1): 83–96

Dölcker D. Prüfungstraining. Körperliche Untersuchung für Heilpraktiker. München: Urban u. Fischer; 2014

Doser A. Die Essex-Lopresti-Verletzung: Klinische Studie und Literaturauswertung. Inaugural-Dissertation, Medizinische Fakultät Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br.; 2006

Drake RL et al. Gray's Atlas der Anatomie. München: Urban und Fischer; 2009

Drenckhahn D. Anatomie, Bd 1. 16. Aufl. München: Urban und Fischer; 2003

DSM-IV. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. 4. Aufl. American Psychatric Association; 1994

Dürselen L, Claes L, Kiefer H. The influence of muscle forces and external loads on cruciate ligament strain. Am J Sports Med 1995; 23 (1): 129–136

Echtermeyer V, Bartsch S. Praxisbuch Schulter. Stuttgart: Thieme; 2005

Egund N et al. Movements in the sacroiliac joints demonstrated with roentgen stereophotogrammetry. Acta Radiol Diagn 1978; 19 (5): 833–846

Ehrhardt D, Richter M. Praxishandbuch funktionelles Training. Stuttgart: Thieme; 2012

Ehrhardt, D. Praxishandbuch funktionelles Training. Stuttgart: Thieme; 2011

Ehrhardt D. Kursskripten – KG Gerät; 2011

Erhardt D. Passive Muskeldehntechniken zur Detonisierung der Muskulatur? Aspekte aus dem Sport für die PT-Praxis. Physiotherapie Med 2003; 6: 15–23

Eriksson A et al. Skeletal muscle morphology in powerlifters with and without anabolic steroids. Histochem Cell Biol 2005; 124: 167–175

European Fascial Distortion Model Association (EFDMA). Das Fasziendistorsionsmodell (FDM) nach Stephen Typaldos D.O. 2. Aufl. Wien: EFDMA; 2012

Fischer FC. Korrelation zwischen Unfallmechanismus und radiomorphologischem Befund bei Frakturen des Tuberculum majus humeri. Inaugural-Dissertation, Medizinische Fakultät Philipps-Universität Marburg; 2003

Foley BS et al. Sacroiliac joint pain: anatomy, biomechanics, diagnosis and treatment. Am J Phys Med Rehabil 2006; 85 (12): 997–1006

Freiwald J et al. Einführung in die Elektromyographie. Sport – Prävention – Rehabilitation. Balingen: Spitta; 2007

Freiwald J. Optimales Dehnen. 2. Aufl. Balingen: Spitta; 2013

Frisch H. Programmierte Diagnostik des Bewegungsapparates. 7. Aufl. Heidelberg: Springer 1997

Frisch H. Programmierte Therapie am Bewegungsapparat. 3. Aufl. Heidelberg: Springer; 1999

Frisch H. Programmierte Untersuchung des Bewegungsapparates: Chirodiagnostik. 8. Aufl. Heidelberg: Springer; 2001

Froböse I et al. Training in der Therapie. 2. Aufl. München: Urban u. Fischer

Fryette H. Principles of osteopathic technic. Carmel: American Academy of Osteopathy; 1980

Fung M et al. Scapular and clavicular kinematics during humeral elevation: A study of cadavers. Journal of Shoulder and Elbow Surgery 2001; 10: 278–285

Gallacchi G, Pilger B. Schmerzkompendium: Schmerzen verstehen und behandeln. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2005

Gertz SD. Basiswissen Neuroanatomie. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme 2003

Getz JD, Recht MP, Piraino DW et al. Acromial morphology: relation to sex, age, symmetry, and subacromial enthesophytes. Radiology 1996; 199 (3): 737–742

Gloy S. Charakterisierung von humanen Satellitenzellen und deren Proliferationseigenschaften. Inaugural-Dissertation, Medizinische Fakultät Charité Berlin; 2012

Gohlke F. Biomechanik der Schulter. Orthopäde 2000; 29: 834–844

Gohlke F, Hedtmann A. Schulter, Band 1. In: Wirth CJ, Zichner L. Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Stuttgart: Thieme; 2002

Gollhofer A et al. Propriozeption – grundlegende Überlegungen zur sensomotorischen Steuerung. Orthopädieschuhtechnik 2000; Sonderheft Propriozeption: 10–14

Greenman PE. Lehrbuch der Osteopathischen Medizin. Stuttgart: Haug; 2005

Guissard N, Duchateau J. Neural aspects of muscle stretching. Exerc Sport Sci Rev 2006; 34 (4): 154–158

Habermeyer P. Schulterchirurgie. 3. Aufl. München: Urban u. Fischer; 2002

Habermeyer P. Schulterchirurgie. 4. Aufl. München: Elsevier; 2010

Hackl W. Prognostische Faktoren bei operativ versorgten Radiusköpfchenfrakturen und Komplexfrakturen am radialen Pfeiler der oberen Extremität. Retrospektive klinische Studie (2000 – 2009). Dissertation, Klinik für Unfall-, Hand- und Wirbelsäulenchirurgie am Romed Klinikum Rosenheim; 2014

Hartmann C. Das große Still-Kompendium. Geschichte der Osteopathie. Pähl: Jolandos; 2005

Hauser-Bischof C. Schulterrehabilitation in der Orthopädie und Traumatologie. Stuttgart: Thieme; 2002

Heben E. Viszeralosteopathie. Grundlagen und Techniken. 4. Aufl. Stuttgart: Haug; 2011

Hermanns W. GOT – Ganzheitliche Osteopathische Therapie: Auf der Grundlage des Body Adjustment nach Littlejohn und Wernham. 3. Aufl. Stuttgart: Haug; 2012

Hicks JH. The mechanics of the foot. In: The joints. J Anat, London 1953 (87): 345–357

Hides J, Jull G, Richardson C. Long term effects of specific stabilizing exercises for first-episode low back pain. Spine 2001; 11: E243–E248

Hintermann B et al. Transfer of movement between calcaneus and tibia in vitro. Clin Biomechanics 1994a; 9 (6): 349–355

Hintermann B et al. Influence of selective arthrodesis on the movement transfer between calcaneus and tibia in vitro. Clin Biomechanics 1994b; 9 (6): 356–361

Hirsch MC, Kramer T. Neuroanatomy 3D-stereoscopic atlas of the human brain. Berlin: Springer 1999

Hirokawa S, Solomonow M, Luo Z et al. Muscular co-contraction and control of knee stability. J Electromyogr Kinesiol 1991; 1 (3): 199–208.

Hochschild J. Strukturen und Funktionen begreifen, Band 1: Grundlagen zur Wirbelsäule, HWS und Schädel, BWS und Brustkorb, Obere Extremität. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2014

Hochschild J. Strukturen und Funktionen begreifen, Band 2: LWS Becken und Hüftgelenk, Untere Extremität. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2008

Hochschild J. Strukturen und Funktionen begreifen. Funktionelle Anatomie – Therapierelevante Details. Band 2. LWS, Becken und Hüftgelenk, Untere Extremität. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2005

Hochschild J. Strukturen und Funktionen begreifen. Funktionelle Anatomie – Therapierelevante Details. Band 2. LWS, Becken und Hüftgelenk, Untere Extremität. Stuttgart: Thieme 2002

Hochschild J. Strukturen und Funktionen begreifen. Funktionelle Anatomie – Band 1: Wirbelsäule und obere Extremität 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2014

Hodges P, Moseley L. Experimental muscle pain changes feedforward postural responses of the trunk muscles. Exp Brain Res 2003; 151 (2): 262–271

Hoogland R. DVP-Modulbuch – Neurophysiologie, Hogeschool van Amsterdam; 2001/2002

Horn F et al. Biochemie des Menschen. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2003

Hubbard AW, Stetson RH. An experimental analysis of human locomotion. J Physiol 1938; 124: 300–313

Huson A. Perspectives in human joint kinematics, In: Huiskes et al. eds. Biomechanics: Principles and applications. Selected proceedings of 3 rd general meeting of the European Society of Biomechanics. Band 1. Den Haag: Martinus Nijhoff Publishers; 1982, 31–45

Hüter-Becker A, Dölken M. Physiotherapie in der Orthopädie. Stuttgart: Thieme; 2005

Hüter-Becker A, Dölken M. Physiotherapie in der Neurologie. 3. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2010

International Association for the study of Pain (IASP). Subcommittee on Taxonomy, Pain terms: A list with definitions and notes on usage. 1979; Pain Suppl. 6: S.249

International Association for the study of Pain (IASP). Subcommittee on Taxonomy, Classification of chronic pain. 1986; Pain Suppl. 3:28–30

Irlenbusch U, Nitsch S, Uhlemann C et al. Anatomie und Biomechanik des Schultergelenks. Der Schulterschmerz. Stuttgart: Thieme; 2000

Jänig W. Spinal visceral afferents, sympathetic nervous system and referred pain. In: Vecchiet I, Albe-Fessard D, Lindblom U, Giamberardino MA. eds. New Trends in Referred Pain and Hyperalgesia, Pain Reseach and Clinical Management. Vol.7. Amsterdam: Elsevier Science Publisher; 1993:83–92

Jakob AM. Spätergebnisse nach operativer Versorgung der akuten, kompletten AC-Gelenksluxation mittels Doppelung der Trapezoideodeltoidalfaszie und temporärer Gelenkfixation durch einen zentral geführten Kirschnerdraht. Inaugural-Dissertation, Medizinische Fakultät Universität Regensburg; 2009

Janda V. Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik. 4. Aufl. München: Elsevier; 2009

Jänig W, Häbler HJ. Sympathetic nervous system: contribution to chronic pain. Prog Brain Res 2000; 129: 453–470

Jänig W. Sympathisches Nervensystem und Schmerz, Ideen, Konzepte, Modelle. Der Schmerz. 1993; 7:99–108

Jänig W. Pain and the sympathetic nervous system: pathophysiological mechanisms, In: Mathias CJ, Bannister R. eds. Autonomic Failure, 4th ed. Oxford: Oxford University Press; 1999:99–108.

Jänig W, Levine JD, Michaelis M. Interaction of sympathetic and primary afferent neurons following nerve injury and tissue trauma, In: Kumazawa T, Kruger L, Mizumura K. eds.The Polymodal Receptor – a Gateway to Pathological Pain. Progr Brain Res. 1996; 112:161–184

Jerosch J, Heisel J, Imhoff A. Fortbildung Orthopädie Traumatologie Band 8. Heidelberg: Springer; 2013

Kahle W. Nervensystem und Sinnesorgane. Band 3. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 1991

Kahle W. Taschenatlas der Anatomie. Band 3: Nervensystem und Sinnesorgane. 6. Aufl. Stuttgart: Thieme; 1991

Kaltenborn FM. Manuelle Therapie nach Kaltenborn-Untersuchung und Behandlung. Teil I: Extremitäten. 12. Aufl. Oslo: Olaf Norlis Bokhandel; 2005

Kaltenborn FM. Manuelle Therapie nach Kaltenborn-Untersuchung und Mobilisation der Gelenke. Teil II: Wirbelsäule. 4. Aufl. Oslo: Olaf Norlis Bokhandel; 2004

Kaltenborn F, Evjenth O. Manuelle Therapie nach Kaltenborn: Untersuchung und Behandlung. 10. Aufl. Oslo: Olaf Norlis Bokhandel; 1999

Kaltenborn F. Wirbelsäule: Manuelle Untersuchung und Mobilisation. 2. Aufl. Oslo: Olaf Norlis Bokhandel; 1995

Kapandji IA. Funktionelle Anatomie der Gelenke. Band 3. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2006

Kapandji IA. Funktionelle Anatomie der Gelenke: Obere Extremität. Band 1. 2. Aufl. Stuttgart: Enke; 1992a

Kapandji IA. Funktionelle Anatomie der Gelenke: Rumpf und Wirbelsäule. Band 3. 2. Aufl. Stuttgart: Enke; 1992b

Kapandji IA. Funktionelle Anatomie der Gelenke: Rumpf und Wirbelsäule. Band 3. 3. Aufl. Stuttgart: Hippokrates; 1999

Kapandji IA. Funktionelle Anatomie der Gelenke: Untere Extremität. Band 2. 2. Aufl. Stuttgart: Enke; 1992c

Kelley G. Mechanical overload and skeletal muscle fiber hyperplasia: a meta-analysis. J Appl Physiol 1996; 81: 1584–1588

Khasar SG, Miao FJP, Jänig W et al. Modulation of bradykinin-induced mechanical hyperalgesia in the rat skin by activity in the abdominal vagal afferents. Eur J Neurosci 1998a; 10: 435–444

Khasar SG, Miao FJP, Jänig W et al. Vagotomy-induced enhancement of mechanical hyperalgesia in the rat is sympathoadrenal-mediated. J Neurosci 1998b; 18: 3 043–3 049

Kibler WB. The role of the scapula in athletic shoulder function. The American Journal of Sports Medicine 1998; 26: 325–337

Kibler WB. Management of the scapula in glenohumeral instability. Techniques in Shoulder and Elbow Surgery 2003; 4: 89–98

Kibler WB, McMullen J. Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain. Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons 2003; 11: 142–151

Klein P, Salvia LV, Vicot L et al. Cinematique 3-D du genou normal et avec section du ligament croise anterieur. Arch Int Physiol Biochem Biophysique 1993; 101 (5): 57–58.

Klein P, Sommerfeld P. Biomechanik der menschlichen Gelenke. München: Elsevier; 2004

Klein P, Sommerfeld P. Biomechanik der Wirbelsäule: Grundlagen, Erkenntnisse und Fragestellungen. München: Urban und Fischer; 2007

Kolster BC. Massage. Heidelberg: Springer; 2003

Krämer J. Orthopädie und Orthopädische Chirurgie. Stuttgart: Thieme; 2004

Krämer J. Bandscheibenbedingte Erkrankungen. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2006

Kroll PG et al. The relationship between lumbar lordosis and pelvic tilt angle. J Back Musculoskelt Rehabil 2000; 14: 21–25

Kromer TO. Rehabilitation der oberen Extremität. Heidelberg: Springer; 2013

Kunesch E, Schmidt R, Nordin M et al. Peripherial neural correlates of cutaneous anaesthesia induced by skin cooling in man. Acta Physiol Scand 1987; 129: 247–257

Lariviere WR, Melzack R. The role of corticotropin-releasing factor (CRF) in pain and analgesia. Pain 2000; 84: 1–12

Laslett M. Differenzierungs-/Provokationstests und Behandlung für das SIG. manuelletherapie 2012; 16: 9–17

Lason G, Peeters L. Das Becken. Gent: Osteo 2000; 1993

Lason G, Peeters L. Integration und angewandte Prinzipien in der Osteopathie. Gent: Osteo 2000

Lewis T. Pain. New York: Mc Millan Pub; 1942

Lewit K. Manuelle Medizin. 8. Aufl. München: Elsevier; 2007

Lewit K. Manuelle Medizin. 7. Aufl. Heidelberg: Johann Ambrosius Barth; 1997

Liem T, Dobler TK, Puylaert M. Leitfaden Viszerale Osteopathie. München: Urban und Fischer; 2005

Liem T, Schleupen A, Altmeyer P et al. Osteopathische Behandlung von Kindern. 2. Aufl. Stuttgart: Haug; 2012

Liem T. Kraniosakrale Osteopathie. Ein praktisches Lehrbuch. 6. Aufl. Stuttgart: Haug; 2013

Lippert H. Lehrbuch Anatomie. 6. Aufl. München: Urban und Fischer; 2003

Lippincott HA. The depressed sacrum. AAO Year book 1965; 2: 206–209

Lizaur A, Marco L, Cebrian R. Acute dislocation of the acromioclavicular joint. Traumatic anatomy and the importance of deltoid and trapezius. j bone joint surg 1994; 76B: 602–606

Loeser JD. Chronic low back pain. New York: Raven; 1982

Mannel H, Marin F, Claes L et al. Anterior cruciate ligament rupture translates the axes of motion within the knee. Clin Biomech 2004; 19: 130–135

Mac Conaill MA, Basmajian JV. Muscles and movements, a basis for human kinesiology. 2nd ed. New York: R. E. Krieger; 1977

Magee DJ. Orthopedic physical assessment. 3 rd ed. Philadelphia, London, Toronto: W. B. Saunders Company; 1997

Magid A, Law DJ. Myofibrils bear most of the resting tension in frog skeletal muscles. Science 1985; 230: 1280–1282

Maitland GD. Manipulation der Wirbelsäule. 2. Aufl. Heidelberg: Springer; 1994

Marquaß B, Josten CH. Sportverletzungen des Ellenbogengelenkes. Passion Chirurgie 2012; 2 (05): Artikel 02_04

Matsen F, Wirth M, Lippitt S et al. The shoulder. München: Elsevier; 2009

McGill S. Low back disorders. Human Kinetics 2002; 232

McHugh MP et al. To stretch or not to stretch: the role of stretching in injury prevention and performance. Scand J Med Sci Sports 2010; 20 (2): 169–181

McKeon J, Hertel J. Sex differences and representative values for 6 lower extremity alignment measures. J Athletic Training 2009; 44 (3): 249–255

McMahon SB. NGF as a mediator of inflammatory pain. Philos Trans R Soc Lond BBiol Sci 1996; 351: 431–440

Meert GF. Das Becken aus osteopathischer Sicht. München: Elsevier; 2009

Meister K, Thesing J, Montgomery et al. MR arthrography of partial thickness tears of the undersurface of the rotator cuff: an arthroscopic correlation. Skeletal radiol 2004; 33: 136–141

Melzack R. The McGill pain questionnaire: Major properties and scoring methods. Pain 1975; 1: 277–299

Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. Science 1965; 971–979

Merskey H, Bogduk N. Classification of chronic pain, descriptions of chronic pain syndromes and definitions of pain terms. 2. Aufl. Seattle: IASP Press; 1999

Mersky H. Pain terms: a list with definitions and notes on usage. Recommended by the IASP-Subcommitee on Taxonomy, Amsterdam. Pain 1979; 6: 249

Meurer A, Grober J, Betz U et al. BWS-mobility in patients with an impingement syndrome compared to healthy subjects – an inclinometric study. Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete 2004; 142: 415–420

Millner-Brown HS, Stein RB, Yemm R. The orderly recruitment of human motor units during voluntary isometric contractions. J Physiol 1973; 230: 359–370

Mitchell FL, Mitchell PKG. Handbuch der MuskelEnergieTechniken, Grundlagen der MET Diagnostik und Therapie: Halswirbelsäule. Band 1. Stuttgart: Hippokrates; 2004

Mitchell FL, Mitchell PKG. Handbuch der MuskelEnergieTechniken, Diagnostik und Therapie: Brustkorb, Brust- und Lendenwirbelsäule. Band 2. Stuttgart: Hippokrates; 2005a

Mitchell FL, Mitchell PKG. Handbuch der MuskelEnergieTechniken, Diagnostik und Therapie: Becken und Sakrum. Band 3. Stuttgart: Hippokrates; 2005b

Müller MB. Biomechanische Untersuchung zur Refixationsstabilität verschiedener Verankerungssysteme für die arthroskopische Stabilisierung vorderer Labrumverletzungen. 2001

Mumenthaler M. Klinische Untersuchung und Analyse neurologischer Syndrome. Stuttgart: Thieme; 1988

Narcessian RP. Script Square root method. 1996

Nebelung W, Wiedemann E. Schulterathroskopie. Heidelberg: Springer; 2013

Netter FH. Atlas der Anatomie. 2. Aufl. München: Urban und Fischer; 1995

Niethard FU, Pfeil J. Orthopädie und Unfallchirurgie. 6. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2009

Nürnberger F et al. Lokalisation und Funktion von Rezeptoren im Gelenk-Muskel-Komplex. In: Neuromuskuläre Dysbalancen. Nürnberg: Novartis Pharma; 2000

Ockert B, Haasters F, Polzer F et al. Der Unfallchirurg 2010; 113 (4): 293–299

O'Connor JJ. Can muscle co-contraction protect knee ligaments after injury or repair. J Bone Jt Surg 1993; 75B (1): 41–48

Okeson JP. Management of temporomandibular disorders and occlusion. 6. Aufl. C V Mosby; 2007

Ombregt L. A system of orthopaedic medicine. 2 Har/Cdr. Edinburgh: Saunders; 2002

O'Sullivan PB. Lumbar segmental instability: a clinical presentation and specific stabilizing exercise management. Man Ther 2000; 5: 2–12

Paintal AS. Block of conduction in mamalian myelinated nerve fibres by low temperature. Journ Physiol 1965; 180: 1–19

Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, Dysfunction, Adaption and Enhancement. Journal of Spine Disorders. 1992; 4: 390–397

Paoletti S. Faszien: Anatomie, Strukturen, Techniken, Spezielle Osteopathie. München: Elsevier; 2001

Pape HC, Kurtz A, Silbernagl S. Physiologie. 7.Auflage. Stuttgart: Thieme; 2014

Paul AC, Rosenthal N. Different modes of hypertrophy in skeletal muscle fibers. JCell Biol 2002; 156: 751–760

Pearcy M, Tibrewell B. Axial rotation and lateral bending in the normal lumbar spine measured by three-dimensional radiography. Spine 1984; 9: 582–587

Peterson Kendall F, Kendall McCreary E, Geise Provance P et al. Muscles: testing and function, with posture and pain. 5th ed. Philadelphia: Lippincott, Williams and Wilkins; 2005

Pettersson CJ, Redlund-Johnell. Radiographic joint space in normal, acromioclavicular joints. Acta orthop. Scand 1983; 54: 431

Pfaff M. Muskelphysiologie. PP Vortrag am Lehrstuhl für Physiologie Freising-Weihenstephan; 2011

Piekartz von H. Kiefer, Gesichts- und Zervikalregion. 2. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2015

Platzer W. Taschenatlas der Anatomie. Band 1. Bewegungsapparat. 6. Aufl. Stuttgart: Thieme; 1991

Pschyrembel W. Pschyrembel Klinisches Wörterbuch. 263. Aufl. Berlin: De Gruyter; 2012

Putz R, Müller-Gerbl M. Rumpf. In: Benninghoff u. Drenckhahn. Anatomie: Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie. Bd. 1. 16. Aufl. München: Urban und Fischer; 2003: 412–481

Putz R. Biomechanik des Schultergürtels. Manuelle Medizin 1986; 24: 1–7

Rauber A, Kopsch F. Obere Extremität. Anatomie des Menschen. Band 1. 20. Aufl. Stuttgart: Thieme; 1987

Reichert B. Anatomie in vivo. Band 1: palpieren und verstehen im Bereich der Extremitäten. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2005

Reichert B. Anatomie in vivo. Band 2: palpieren und verstehen im Bereich Rumpf und Kopf. Stuttgart: Thieme; 2007

Rees et al. Tendons – time to revisit inflammation. Br J Sports Med 2014; 48: 1553–1557

Reuter I et al. Sensorische Rückmeldung aus arthronalen Systemen als Steuerungsvoraussetzung der Muskulatur. In: Zichner L et al. Die Muskulatur. Wehr: Ciba-Geigy-Verlag; 1994

Richardson C, Hodges P, Hides J. Segmentale Stabilisation im LWS- und Beckenbereich: Therapeutische Übungen zur Behandlung von Low Back Pain. München: Elsevier; 2009

Rösel M. Mittelfristige Ergebnisse nach arthroskopischer Resektion des Schultereckgelenkes. Inaugural-Dissertation; 2005

Rössler H, Rüther W. Obere Extremität. In: Orthopädie und Unfallchirurgie. 19. Aufl. München: Elsevier; 2005

Sahrmann AS. Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes. St. Louis: Mosby; 2001

Sato A, Schmidt RF. Somatosympathetic reflexes: afferent fibers, central pathways, discharge characteristics. Physiol Rev 1973; 53: 916–947

Scheibel M, Habermeyer P. Der Orthopäde 2005; 3 (34): 267–284

Schmidt RF, Thews G. Physiologie des Menschen. 26. Aufl. Heidelberg: Springer; 1995

Schomacher J. Diagnostik und Therapie des Bewegungsapparates in der Physiotherapie. Stuttgart: Thieme; 2001

Schomacher J. Manuelle Therapie: Bewegen und Spüren lernen. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2001

Schomacher J. Manulle Therapie. 5. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2011

Schöttker-Königer T. Stabilisation. In: van den Berg F, Hrsg. Angewandte Physiologie – Band 3. Stuttgart: Thieme; 2001

Schumacher U. Prometheus – Kopf und Neuroanatomie. Stuttgart: Thieme; 2005

Schünke M et al. Prometheus – LernAtlas der Anatomie, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Stuttgart: Thieme; 2015

Schünke M et al. Prometheus – LernAtlas der Anatomie. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2014

Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus – LernAtlas der Anatomie, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2011

Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus – LernAtlas der Anatomie, Kopf, Hals und Neuroanatomie. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2012

Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus – Lern Atlas der Anatomie, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2007

Sherrington CS. The integrative action of the nervous system. 6. Aufl. New Haven: Yale university press; 1920

Silbernagl S, Despopoulos A. Taschenatlas der Physiologie. 7. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2007

Starrett K, Cordoza G. Werde ein geschmeidiger Leopard: Die sportliche Leistung verbessern, Verletzungen vermeiden und Schmerzen lindern. München: riva; 2014

Straus SE, Glasziou P, Richardson S et al. Evidence-based medicine: how to practice and teach it. 4 ed. Churchill Livingstone; 2010

Streeck U, Focke J et al. Manuelle Therapie und komplexe Rehabilitation: Grundlagen, untere Körperregionen. Band 2. Heidelberg: Springer; 2006a

Streeck U, Focke J. et al. Manuelle Therapie und komplexe Rehabilitation: Grundlagen, obere Körperregionen. Band 1. Heidelberg: Springer; 2006b

Sturesson B. Belastung und Bewegung der Sacroiliacalgelenke, Teil 1. manuelletherapie 2001a; 4: 136–145

Sturesson B. Belastung und Bewegung der Sacroiliacalgelenke, Teil 2. manuelletherapie 2001b; 4: 173–183

Thomas M, Steinke H, Busse MW. Verletzungen des Schultereckgelenkes im Sport. Klinische Sportmedizin/Clinical Sports Medicine-Germany (KCS) 2001; 2: 47–56

Thösen A. Entwicklung und erster experimenteller Einsatz einer palpatorisch-photogrammmetrischen Methode zur Analyse des scapulohumeralen Rhythmus. Inaugural-Dissertation; 2009

Thümmel J. Kontraindikation für manuelle und osteopathische Therapie aus psychosomatischer Sicht. Manuelle Medizin 2007; 45 (3): 170–174

Toigo M. Muskelrevolution. Heidelberg: Springer; 2015

Tong HC et al. Interexaminer reliability of three methods of combining test results to determine side of sacral restriction, sacral base position, and innominate bone position. J American Osteopathic Association 2006; 106 (8): 464–468

Travell JG, Simons DG. Handbuch der Muskel-Triggerpunkte: Obere Extremität, Kopf und Rumpf. 2. Aufl. München: Urban und Fischer; 2002

Travell JG, Simons DG. Handbuch der Muskel-Triggerpunkte: Untere Extremität. München: Urban und Fischer; 2000

Treede RD, Kenshalo DR, Gracely RH et al. The cortical representation of pain. Pain 1999; 79: 105–111

Typaldos S. Orthopathische Medizin. Kötzting/Bayer. Wald: Verlag für Ganzheitliche Medizin Wühr; 1999

Upledger J, Vredevoogd JD. Lehrbuch der Craniosacralen Therapie. 6. Aufl. Stuttgart: Haug; 2009

Van den Berg F. Angewandte Physiologie 1 – Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2011

Van den Berg F et al. Angewandte Physiologie 3 – Therapie, Training, Tests. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2007

Van den Berg F, Wolf U. Manuelle Therapie: sichere und effektive Manipulationstechniken. Heidelberg: Springer; 2002

Van den Berg F. Angewandte Physiologie 1 – Das Bindegewebe verstehen und beeinflussen. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2003a

Van den Berg F. Schmerzen verstehen und beeinflussen. 1. Aufl. Stuttgart: Thieme 2003b

Van der El. Wervelkolom. Manuele Diagnostiek. Rotterdam: Manthel; 1992

Van Kampen A, Huiskes R. The three-dimensional tracking pattern of the human patella. L Orthop Res 1990; 8 (3): 372–382

Vleeming A et al. Relation between form and function in the sacroiliac joint. 1: Clinical anatomical aspects. Spine 1990; 15: 130–132

Voight ML, Thomson BC. The role of the scapula in the rehabilitation of shoulder injuries. Journal of Athletic Training 2000; 35: 364–372

Waddell G. A new clinical model for the treatment of low back pain. Spine 1987; 12: 632–644

Wall PD, Melzack R. Textbook of pain. 4th ed. New York: Churchill Livingstone; 1999

Wancura-Kampik I. Segment-Anatomie: Der Schlüssel zu Akupunktur, Neuraltherapie und Manualtherapie. 2. Aufl. München: Urban und Fischer; 2010

Wang CH, McClure P, Pratt NE et al. Stretching and strengthening exercises: their efffect on three-dimensional scapular kinematics. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 1999; 80: 923–929

Watkins JT. An operation fort he relief of acromioclavicular luxations. J Bone, joint surg 1925; 7: 790–792

Weinmann A. Beziehung der korakoklavikulären Bänder und des N. suprascapularis zum Schulter-Eckgelenk bei der Resektion der lateralen Klavikula. Inaugural-Dissertation; 2008

Wiemann K et al. Filamentäre Quellen der Muskel-Ruhespannung und die Behandlung muskulärer Dysbalancen. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 1998; 49 (4): 111–118

Winkel D et al. Das Sakroiliakalgelenk. Stuttgart: Fischer; 1992

Winkel D. Nicht operative Orthopädie und Manualtherapie, Anatomie in vivo. 3. Aufl. München: Urban und Fischer; 2004

Wolf U. Angewandte Manuelle Therapie. Band 1. München: Urban und Fischer; 2001

Wolf U. Bildatlas der Manuellen Therapie. Band 2: Thorax, Lendenwirbelsäule, Becken, Hüfte, Knie, Fuß. 2. Aufl. Marburg: KVM; 2007

Wolf U. Angewandte Manuelle Therapie. Band 1. München: Urban und Fischer; 2001

Woodruff R. Cancer Pain. Melbourne: Asperula Pty Ltd; 1997

Woolf CJ. Phenotypic modification of primary sensory neurons: the role of nerve growth factor in production of persistent pain. Philos Trans R Soc Lond B Sci 1996; 351: 441–448

Yaksch TL, Hammond DL. Peripheral and central substrates involved in the rostrad transmission of nociceptive information. Pain 1982; 1–85

Yamaguchi K, Sweet FA, Bindra R et al. The extraosseus and interosseus arterial anatomy of the adult elbow. J Bone Joint Surg Am 1997; 79 (11): 1653–1662

Zahnd F, Mühlemann D. Oberflächen- und Röntgenanatomie – Palpation und Weichteiltechniken. Stuttgart: Thieme; 1998

Zalpour C. Springer-Lexikon Physiotherapie von A bis Z. 2. Aufl. Heidelberg: Springer; 2013

Zimmermann M. Physiologie von Nozizeption und Schmerz. Heidelberg: Springer; 1984

Zimmermann M. Pathophysiologische Mechanismen der Schmerzentstehung und Ansätze zur Schmerztherapie. Weinheim: VCH; 1987

28 Abbildungsnachweise

Übernahme aus:	Abb. Nr.
Schomacher Manuelle Therapie 5. A.	2.1a-b; 2.5; 2.9a-b; 2.10a-b; 2.11a-b; 2.12a-b; 2.15; 2.17
Prometheus, Allg. Anatomie, 4. A.	2.2; 5.6; 11.1; 11.2; 11.3a-b; 11.4a-c; 11.6; 11.9; 11.12a-b; 11.13; 11.15, 11.36; 11.37; 12.1; 12.2; 12.3; 12.4; 12.5; 12.6; 12.7; 12.8; 12.9; 13.1; 13.2; 13.3; 13.7; 13.11; 13.12; 13.13; 13.14; 13.15; 13.16a-b; 13.20; 13.23; 13.24; 13.25a-b; 13.30a; 14.3a-b; 14.7a-b; 14.8: 14.9a-b; 14.11a-b; 14.12a-c; 15.1; 15.4a-b; 15.5; 15.6a-c; 15.7; 15.9; 15.10; 16.3a-b; 16.4a; 16.5; 16.8a-b; 16.20; 18.1; 18.2; 18.5; 18.6; 18.10; 19.1; 19.2; 19.5; 19.7; 19.10a-b; 19.14a-b; 19.15; 20.1; 20.4a-b; 20.5a-b; 20.7; 20.8; 20.9; 20.11a-b; 20.12; 20.14; 20.15; 20.16; 20.17; 20.19; 20.22a; 20.39; 20.40; 22.1; 22.8; 22.11; 22.13; 22.16; 22.17; 22.21; 22.23; 25.3; 25.4
Böhni, Manuelle Medizin 1, 2.A.	2.3; 2.4
van den Berg, Angew. Physiologie, Bd.1, 2.A	5.2; 11.7
Silbernagl/Despopoulos, TA Physiologie, 8.A.	5.3; 5.4; 5.5; 5.8; 5.10; 6.9; 6.15
Klinke/Pape, Physiologie, 6. A	5.9; 6.12; 10.5; 10.8
Prometheus, Kopf und Neuroanatomie, 1.A	6.1; 6.3; 6.4a-b; 6.5; 20.3; 20.13; 21.3; 21.4; 21.5
Hüter-Becker/Dölken, Physiotherapie in der Neurologie, 3. A	6.6
van den Berg, Angew. Physiol., Bd. 1, 3.A	7.3; 7.5; 7.6; 7.7a-b; 7.8; 7.9a-b; 7.10
van den Berg, Angew.Physiol. Bd. 4	10.1; 10.6; 10.12
Gallacchi, Pilger, Schmerzkompendium, 2.A	10.7; 10.11; 10.15
Hochschild, Strukturen, Bd. 2, 2.A	13.34a-d; 13.35a-b; 14.20a-e; 15.2; 15.3; 18.9a-b
Prometheus, Allg. Anatomie, 2. A	14.10
Hochschild Strukturen, Bd.1, 4. A.	20.10a-b
Hochschild, Strukturen, Bd.2, 4. A.	20.30; 21.1; 21.2
Hüter-Becker/Dölken, Physioth. In der Orthopädie, 3. A	20.41
Rateitschak/Wolf, Farbatl. Zahnmed. Bd. 12: Bumann/Lotzmann	21.7; 21.8; 21.9; 21.10; 21.11; 21.12
von Piekartz, Kiefer, Gesichts- u. Zervikalregion, 2.A.	21.13
Hochschild, Strukturen Bd. 1, 3. A	22.2; 22.3;22.4; 22.5
van den Berg. Angew. Physiologie, Bd. 1, 2.A	24.1
Dierlmeier, Nervensystem in der Osteopathie (Haug)	24.2a-c; 24.3
van den Berg, Allg. Anatomie, Bd. 3, 2.A	25.5

Sachverzeichnis

A

Acetylsalicylsäure 102
Achse
– sagittale 26
– transversale 26
– vertikale 26
Achsen 25
– anatomische 25
– helikoidale 26
Adson-Probe 466
Akromiokorakoidallinie 455
Aktin 68
Aktivität 35
Aktivitätseinschränkungen 37
Aktuelle Behandlungsstellung 28
Aktuelle Ruhestellung 27
Alles-oder-Nichts-Gesetz 71
Amphiarthrose 23
Anamnese 38
– artikuläres Gefäßsystem 38
– intraartikuläre Strukturen 38
– Kapsel, Ligament 38
– Knochen 38
– lymphatisches System 39
– Muskeln, Sehnen, Sehnenscheiden 38
– peripheres Nervensystem 39
– vegetatives Nervensystem 39
– venöses Gefäßsystem 38
– zentrales Nervensystem 39
Apprehensionstest, vorderer 479
Aquabag 526
Arachnoidea, spinalis 500
Arcus, vertebrae 119
Area, nervina 133
Ariculatio, genus, Palpation 244
Arteria, carotis 382
Arthrokinematik 28, 30
Arthrotom 411–412
Articulatio 23
– acromioclavicularis 456
–– Behandlung 487
–– Gelenkflächenausrichtungen 458
–– Ligamente 458
–– translatorische Tests 481
– carpometacarpalis, pollicis 322, 330
– carpometacarpalis I
–– Behandlung 347
–– Bewegungsprüfung 333
–– translatorische Tests 339
– carpometacarpalis V, Bewegungsprüfung 333
– coxae 261
–– allgemeine Anatomie 261
–– Antetorsionswinkel 262
–– Behandlung 272
–– Bewegungsmöglichkeiten 265
–– Bewegungsprüfung 267
–– Flächenkontakt 264
–– funktionelle Anatomie 265
–– Inspektion 266
–– Kapsel 261
–– Kinematik 265
–– Ligamente 262
–– Palpation 266
–– rotatorische Tests 269
–– Safety-Tests 267
–– Stellungen 265
–– translatorische Tests 269
–– Untersuchung 266
–– Widerstandstests 267
–– Zusatztests 268
– cubiti 351
–– Befund 361
–– Behandlung 367
–– Bewegungsprüfung 361
–– funktionelle Anatomie 356
–– Inspektion 361
–– Ligamente 356
–– Palpation 361
–– Safety-Tests 366
–– Stellungen 360
–– translatorische Tests 362
–– Widerstandstests 361
–– Zusatztests 361
– cubonavicularis 200
– femoropatellaris 235
–– Behandlung 259
–– Ergusstestung 253
–– Gelenkspieltests 253
–– Kinematik 242
– femorotibialis 230
–– Behandlung 254
–– Gelenkspieltests 251
– genus 230
–– Achsen 230
–– Befund 243
–– Bewegungsachse 236
–– Biomechanik 236
–– funktionelle Anatomie 236
–– Inspektion 243
–– Ligamente 233
–– Menisken 235
–– Safety-Tests 244
–– Teilgelenke 230
–– Tests 244
– humeri 454
–– Behandlung 490
–– Bewegungen 456
–– Gelenkflächenausrichtungen 455
–– Kapsel 455
–– Ligamente 455
–– translatorische Tests 483
– humeroradialis 351–352
–– Behandlungsebenen 354
–– Traktion 368
– humeroulnaris 351
–– Behandlungsebenen 352
–– Traktion 367
– intermetacarpalis
–– Behandlung 346
–– Bewegungsprüfung 333
–– translatorische Tests 338
– interphalangealis, pollicis 323
– interphalangealis I, Bewegungsprüfung 333
– manus, Behandlung 342
– mediocarpalis 318
–– Behandlung 342
–– Bewegungsprüfung 333
–– translatorische Tests 335
– metacarpophalangealis, pollicis 323
– radiocarpalis 317
–– Behandlung 342
–– Behandlungsebenen 317
–– Bewegungsprüfung 333
–– translatorische Tests 335
– radioulnaris
–– distalis 355
–– proximalis 351, 354
– radioulnaris, proximalis, Behandlungsebenen 355
– sacrococcygea 284, 290
–– Bewegungsebene 284
–– Ligamente 284
– sacroiliaca 282
–– Achsen 282
–– Bewegungsebenen 282
–– Ligamente 282
– sternoclavicularis 459
–– Behandlung 486
–– Behandlungsebene 460
–– Gelenkflächenausrichtungen 459
–– Ligamente 461
–– translatorische Tests 480
– subtalaris, Behandlung 223–224
– talocalcanea, Behandlung 222, 224
– talocruralis 186
–– Behandlung 216
–– Tests 209
– talonavicularis, Behandlung 222, 224
– talotarsalis 192–193
–– Behandlungen 221
–– Tests 212
– tarsi, transversa 193
– temporomandibularis 438
– tibiofibularis 190
–– Behandlung 217–221
–– Kompression 204
–– Ligamente 191
–– Tests 211
Articulatio coxae, Behandlungsmöglichkeiten
– Abduktion 275
– Außenrotation 277
– Extension 272
– Flexion 273
– Innenrotation 276
Articulatio tarsi, transversa
– Behandlung 223, 225
– Tests 214
Articulationes
– capitis costae 156
– carpometacarpales 324
– carpometacarpales II–V
–– Behandlung 346
–– Bewegungsprüfung 333
–– translatorische Tests 338
– costotransversariae 156
– costovertebrales 156
– intercuneiformia 201
– interphalangeales
–– distalis 324
–– proximalis 324
– interphalangeales, distales II–V
–– Behandlung 349
–– Bewegungsprüfung 333
–– translatorische Tests 341
– interphalangeales, proximales II–V
–– Behandlung 349
–– Bewegungsprüfung 333
– intertarsales 194
–– Tests 215
– metacarpophalangeales 324
– metacarpophalangeales I–V
–– Behandlung 349
–– Bewegungsprüfung 333
–– translatorische Tests 341
– tarsometatarsales, Tests 216
– zygapohysiales 384
– zygapophysiales 121
Artt., interphalangeales, proximales II–V, translatorische Tests 341
Atlas 377
Axis 377

B

Bandscheibe 121
Bandscheiben, Kompressionstest 167
Bandscheibenschonhaltung 397
Bankart-Läsion 454
Barrieren 36
Becken 58, 279
– Anamnese 291
– Befund 291
– Behandlung 300
–– I-S-Problematik 300
–– S-I-Problematik 302
– dynamischer Typ 281
– fixiertes 312
–– Behandlungsziele 313
– funktionelle Anatomie 285
– Funktionstests 295
–– Ilium 296
–– Sakrum 297
– I-S-Bewegung 285
– Ilium-anterior-Bewegung 285
– Ilium-posterior-Bewegung 286
– Inflare-Bewegung 286
– Inspektion 291
– instabiles 311
–– Behandlungsziele 312
– Integration 311
– knöcherne Architektur 279
– Kontranutation 288
– Nutation 288
– Outflare-Bewegung 287
– Palpation 291
– Provokationstests 293
– Referenzpunkte 59, 280, 291
– S-I-Bewegungen 287
– Safety-Tests 292

– Screening, Fallbeispiel 300
– statischer Typ 281
– Tests 292
– Translationskombinationen 289
– Weichteiltechniken 305
– Zusatztests 299
Beckendrainage, muskuläre 305
Beckendreieck 279
Beckenring 279
Befund 35
Befunderhebung 38
– Aktivitätsebene 36
– Kontextfaktoren 37
– Partizipation 37
– Struktur- und Funktionsebene 36
Befundinterpretation 44
Behandlungsebene, Manuelle Therapie 27
Behandlungstechniken, myofasziale 95
Beweglichkeit, vermehrte 42
Bewegungen
– gekoppelte 29
– ungekoppelte 29
Bewegungslehre 28
Bewegungsprüfung
– aktive 41
– nach Cyriax 41
– passive 41
Bewegungsuntersuchung 41
– Ablauf 42
Bewegungseinschränkung, Leitsymptom 42
Bikondylargelenk 24
Bindegewebe 89
– Pathophysiologie 94
– Wundheilungsphasen 101
Bizepssehnenreflex 411
Blutungsphase 101
Boxequipment 526
Bragard-Test 143
Brustwirbelsäule 152
– Behandlung 173
– Bewegungsprüfung 165
– Biomechanik 157
– Extension 157, 159
– Extensionsmobilisation, sitzend 176
– Extensionstest, sitzend 166, 170
– Facettenkompressionstest 167
– Flexion 157, 160
– Flexionsmobilisation, sitzend 175
– Flexionstest, sitzend 165, 169
– funktionelle Anatomie 157, 159
– Kompression 164
– Lateralflexion 158
– Lateralflexionstest, sitzend 166
– Mobilisation
–– bilaterale E-Läsion 178
–– bilaterale F-Läsion 178
–– ERS-Läsion 178
–– FRS-Läsion 177
–– NSR-Läsion 177
–– Rotationsläsion, Kreuzgriff 180
–– Rotationsläsion,Pistolengriff 179
– Oszillationstest 168
– Rosette-Test 164
– Rotation 158
– Seitneigungstest 168
– Springing-Test 167
– Traktion 164, 173
Bursa
– subacromialis 477
– subdeltoidea 477
Bursitis subacromialis 472

C

Canalis, sacralis 281
Cavitas, glenoidales 455
CCD-Winkel 262
Chopart-Gelenklinie 214
– Behandlung 225
Chronifizierung, Schmerz 117
Chvostek-Zeichen 73
Clincal Reasoning 37
Clinical Reasoning 308
Cock-Robin-Haltung 397
Corpus vertebrae 119, 152, 381
Crosslinks 94

D

Daumen 322, 330
Daumensattelgelenk
– Bewegungsachsen 331
– Kompassmodell 332
– Stellungen 332
Daumenstrahl, Gelenke 322
Dehnen 33
Dehnmethoden 97
Dehnung, manuelle 95
Depressed sacrum 290
Dermatome 134
Diarthrosen 23
Discovertebralgelenke 120
Discus, articularis 438
Diskovertebralgelenke 383
Doppel-Nelson 173
Drehstuhlprobe 407
Drei-Stufen-Hyperextensionstest nach Menell 268
Dura mater 511
– spinalis 500
Dura mater spinalis 290
Dysbalance, muskuläre 75

E

Ebenen 25
– anatomische 25
Eden-Manöver 466
Eigelenk 24
Einsanwendung 103
Ellenbogen 50
– Palpation 50–52
– Referenzpunkte 50
Ellenbogengelenk 351
– allgemeine Anatomie 351
Endgefühl 43
Endomysium 69
Endoneurium 501
Epimysium 69
Epineurium 501
Erregungsleitung 71
Erregungsübertragung 71
Evidence based medicine 37
Evidenzniveaus 37
Exsudationsphase 101

F

Facies articularis 383
Faktoren, personenbezogene 36
Fascia cervicalis
– media 386, 436
– profunda 387
– superficialis 386, 435
Fasern, kollagene 89
Faszien, intrathorakale, Dehnung 185
Fasziendistorsionsmodell 99
Fasziendistorsionstypen 99
Femur 231, 236
Femur und Tibia, Kinematik 237
– Rotation 238
Femurkondylus 231
– Rollbewegungen 237
Femurkopf, Ausrichtung 262
Fibroblasten 89
Fibula 188
Fixation, passive 33
Foramen
– infrapiriforme 306
– intervertebrale 120
– ischiadicum, majus 284
– obturatum 306
– suprapiriforme 306
– vertebrale 120
Foramina, sacralia 281
Förderfaktoren 36
Fossa, acetabuli 264
Frontalebene 25
Funktionsmassage 98
Fuß 57, 186
– Gewölbe 194
– Palpation 57–58
– Referenzpunkte 57
– Teilgelenke 200
– Wölbungen 194
Fußdeformitäten 202
Fußgelenke, Befunderhebung 201
Fußgewölbe, Formung 228
Fußkomplex
– Bänderprovokation 209
– Behandlung 216
– Bewegungsprüfung 204
– Biomechanik 198
– funktionelle Anatomie 198
– Gaenslen-Handgriff 209
– Gelenkspieltests 209
– Gelenkstellungen 201
– Hautveränderungen 202
– Inspektion 202
– Komplexbewegungen 199
– Konturveränderungen 202
– Palpation 202
– Safety-Tests 202
– Teilgelenke 186
– Tests 202
Fußstellung 202

G

Gaenslen-Griff 334
Gaenslen-Handgriff 209
Gaenslen-Test 294
Gamma-Innervation 96
Gate-Control-Theorie 110
Gefäßverbindung, arterielle 502
Gegenhalte-Mitnahmetechnik 177–178
Gegenhaltetechnik 177–178
Gehirn 77
– Gliederung 77
Gelenkflächen 23
Gelenklehre 23
Gelenkrezeptoren 87
Gelenkspiel 32
Gelenkspieltestung 33
Gelenkstellungen, Manuelle Therapie 27
Gelenktypen 24
Gesundheitsproblem 35
Gewebe, Regenerationszeiten 102
Gewichtschlitten 526
Gleiten 31–32
Glenohumeralgelenk, Widerstandstest 473
glykolytisches System 73
Golgi-Sehnenorgan 86

H

Halsfaszien 386
Halswirbelsäule 376
– Befund 394
– Behandlung 424
–– axiale Traktionen 424
–– Divergenzmobilisation 431, 434
–– Extension 426
–– Facettengelenkstraktion 432–433
–– Faszientechniken 435
–– Flexion 425
–– Konvergenzmobilisation 432, 434
–– Rotation 429
–– Rotationsmobilisation 435
–– Seitneigung 428
– Beweglichkeitstest 409
– Bewegungsprüfung 400
– funktionelle Anatomie 387
– Gliederung 376
– Haltungsabweichungen 397
– Inspektion 397
– Ligamente 385
– Muskulatur, subokzipitale 434
– neurologische Tests 411
– obere 377
–– Biomechanik 387
–– Gelenke 378
–– Ligamente 378
–– translatorische Untersuchung 413
– Palpation 64, 398
– rotatorische Untersuchung 414
– Safety-Tests 405
– untere 381

–– Biomechanik 390
–– rotatorische Untersuchung 420
–– translatorische Untersuchung 418
–– Wirbelverbindungen 383
– Weichteiltechniken 433
– Zusatztests 410
Hand 52, 316
– allgemeine Anatomie 316
– Bewegungsprüfung 333
– funktionelle Anatomie 324
– Gewölbe 331
– Inspektion 332
– Kollateralbänder 318
– Lunatumbremse 319
– Palpation 52, 54, 333
– Referenzpunkte 53
– Triquetrumzügel 319
– Untersuchung 332
– Widerstandstests 334
– Zusatztests 333
Handgelenk
– Ligamente 318
– Stellungen 330
Handwurzelknochen, Mobilisationsrichtungen 325
Hautant-Test 407
Headsche Zonen 467
Hemmung
– autogene 96
– deszendierende supraspinale 111
– Renshaw-Hemmung 97
– reziproke 96
– spinale 110
Hinterstrangbahn 80
Hirnrinde, Funktionen 77
Hohlfußtendenz 199
Hüftgelenk 261
Hyaluronsäure 93

I

Ilium anterior, Ursache-Folgen-Kette 315
Ilium posterior, Ursache-Folgen-Kette 315
Iliumpositionen, veränderte, Ursache-Folgen-Kette 315
Immobilisation, Folgen 94
Impingement
– primäres 474
– subakromiales 474
Impingementsyndrom 473
Impingementtests 475
Impingementzeichen 475
Indian Clubbell 526
Individualparameter 527
Inspektion 40
Instabilität 521
Instabilitätsimpingement 477
Integration 308, 493
– Becken 311
Integrationsregionen 308, 493
Intensitätsstufen 32
Interkarpalgelenke
– Mobilisation 345
– translatorische Tests 337
Internationale Klassifikation von Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit 35
Inversionstrauma
– Behandlungsziele 314
– Ursache-Folgen-Kette 313
Ischialgie 504

J

Jerk-Test 479
Junctura cartilaginae 23
Junctura fibrosa 23
Junctura ossea 23

K

Kapselmuster 43
Karpaltunnel 321, 504
Karpaltunnelsyndrom 504
Kernig-Test 144
Kettlebell 526
Kiefer 65
– Referenzpunkte 66
Kiefergelenk 438
– allgemeine Anatomie 438
– Anamnese 445
– Behandlung 450
– Bewegungen 442
– Biomechanik 441
– Dysfunktionen 444
– Funktionsprüfung 446
– Inspektion 445
– Kapsel- und Bandapparat 439
– Kaumuskulatur 440
– Ligamente 440
– Palpation 446
– Stellungen 444
– translatorische Tests 448
– Untersuchung 445
–– Gelenkflächen 450
– Widerstandstest 447
Klavikulabeweglichkeit, Test 470
Kleinbarren 526
Klimmzuggeräte 526
Klippel-Feil-Syndrom 397
Knie 55, 230
– Palpation 55–56
– Referenzpunkte 55
Kniekomplex, Gelenkstellungen 243
Knochenbewegungen
– anatomische 29
– funktionelle 29
Knochenverbindungen 23
Kollagenfibrille 92
Kollagensynthese 89
Kompensationen, obere Extremität 498
Kompression 32
Konkavregel 32
Kontextfaktoren 36
Konvex-Konkav-Regel 31
Konvexregel 31
Koordination, intramuskuläre 75
Kopfgelenke 378
Körperfunktionen 35
Körperregionen, kompensierende 309
Körperstrukturen 35
Kortison 102
Kostovertebralgelenke, funktionelle Anatomie 159
Kraftbänder 526
Kreuzbänder, Kinematik 240
Kreuzbandimplantat 235
Kreuzbandplastik 235
Kubitaltunnel 467
Kugelgelenk 24
Kurzhantel 525

L

Lachmann-Test 248
Langhantel 525
Längsgewölbe
– laterales 195
– mediales 195
Lasègue, chemischer 144
Lasègue-Test 143
Läsion
– bilaterale 131
– E/FRS 131
– NSR-Läsion 131
Läsionskette 308
LBH-Region 58
– Palpation 58–59, 61
Lendenwirbelsäule 119
– Bänder 122
– Behandlungen 147
– Bewegungsuntersuchung 138
– Dehnung Lig. iliolumbale 148
– Differenzialdiagnostik 140
– Drei-Stufen-Hyperextensionstest 140
– Extension 127, 139
– Extensionsmobilisation 148
– Extensionstest
–– Gurt 147
–– Seitenlage 147
–– sitzend 146
– Facettendivergenztestung 142
– Flexion 139
– Flexionsmobilisation 148
– Flexionstest
–– Gurt 147
–– Seitenlage 146
–– sitzend 146
– fryettesche Kopplungsgesetze 129
– funktionelle Anatomie 126
– Gefäße 123
– Gelenke 120
– Hypermobilität 131
– Inspektion 134
– Instabilitätstest 136
– Kemp-Test 142
– Kennmuskeltests 143
– Klopftest 136
– Kompression 138
– Kopplungsmöglichkeiten 130
– Lateralflexion 128, 140
– Mobilisation
–– E-Läsion 150
–– ERS-Läsion 150
–– FRS-Läsion 150
–– NSR-Läsion 149
– Mobilisation FRS-Läsion 151
– MobilisationE/F-Läsion 149
– neurale Strukturen 123
– Neurologische Diagnostik 142
– Oszillationstest 145
– Palpation 135
– Reflextestung 142
– Rosette-Test 137
– Rotation 128
– Safety-Tests 135
– Seitneigungstest 145
– Sensibilitätstestung 142
– Traktion 147
–– kaudal 138
–– kranial 137
– Untersuchung 132
– Zusatztests 140
Ligamenta
– glenohumeralia 456
– iliolumbalia, Mobilisation 307
Ligamentum
– cervicopleurale 386
– collaterale laterale, Funktionen 241
– collaterale mediale 234
– collaterale, mediale, Funktionen 241
– coracohumerale 456
– cruciatum anterius 234
–– Funktionen 241
– cruciatum posterius, Funktionen 241
– iliolumbale 123
– transversopleurale 436
– vertebropleurale 437
Limbisches System 80
Lisfranc-Gelenklinie 216
– Behandlung 225
Load-and-shift-Test 478
Loge de Guyon 321, 467
Lösen 32
Lunatumbremse 319
Lunatummalazie 317
Lunatumsäule 325
– Bewegungen 326
Lungensäule, Dehnung 185

M

M., multifidus, Training 523
Malleolengabel 188
– Merkmale 189
Manöver, großes abdominales 144
Manuelle Therapie, Grundtechniken 32
Matrix 93
McMurray-Test, modifizierter 249
mediastinale Säule, mittlere 185
Mediokarpalgelenk 324
– Biomechanik 324
Medizinball 526
Membrana, interossea
– Dehnung 229
– Mobilisation 229
Meniscus
– lateralis 235

–– Test 250
– medialis 235
Menisken, Kinematik 239
Meniskus, medialer, Test 249
Mennell 140
Mennell-Test 268
Mesoneurium 501
Milgram-Test 144
mitochondrales System 74
Mittelfuß 194
– Biomechanik 200
Mittelhirn 77
Mobilisation 33
Mobilitätsgrade, Stufeneinteilung 32
Modell, bio-psycho-soziales 35
Modulation 109
Morbus, Kienböck 317
motorische Einheit 70
motorische Einheiten, Typisierung 71
motorische Endplatte 71
Mundöffnung 442
Mundschluss 443
Musculus
– biceps, brachii 476
– infraspinatus 476
– multifidus 520
–– Atrophie 522
–– Testung 523
– subscapularis 476
– supraspinatus 475
– teres, minor 476
– transversus abdominis 520
–– Testung 522
–– Training 522
– trapezius, pars descendens 433
Muskel, Energiestoffwechsel 73
Muskelanatomie 67
Muskeldehnung 95
Muskelfaseratrophie 76
Muskelfaserhyperplasie 76
Muskelfaserhypertrophie 76
Muskelfunktion
– exzentrisch 75
– isometrisch 75
– konzentrisch 75
Muskelfunktionsprüfung 42
Muskelfunktionstests, nach Janda 42
Muskelphysiologie 67, 70
Muskelspindel 85
Muskelsysteme
– globale 520
– lokale 520
Muskeltypen 67
Muskulatur
– Aufbau 67
– Fasertypen 75
Myofibrillen 68
Myosin 68
Myotuben 68

N

Nachhirn 77
Neri-Test 144
Nerv, peripherer 501
Nervenfaser 83
Nervenfasern, Einteilung 83
Nervensystem
– Gliederung 77
– zentrales 501
Nervenzelle 83
Nervus
– femoralis 516
– ischiadicus 508
– medianus 504
– occipitalis, major 514
– peroneus
–– profundus 508
–– superficialis 508
– spinalis 499
– suralis 508
– tibialis 508
Neuroanatomie 77
Neurophysiologie 77
Neurotubulus 504
Nozizeption 104
– Pathophysiologie 113
– Physiologie 105
nozizeptives System 104
– peripheres 104
– zentrales 105

O

Os
– cuboideum, Mobilisation 228
– ilium 280
– naviculare, Mobilisation 228
– occipitale 377
– sacrum 280
– scaphoideum 330
– trapezium 330
Osteokinematik 28
Oszillationstest 145

P

Palpation 40
– dynamische 46
– Einführung 45
– Gegenhalt 46
– Gelenke 40
– Haut, Unterhaut 40
– in Ruhe 45
– Muskeln 40
– Nerven, Gefäße 40
– Schmerzpalpation 40
Palpationsdruck 46
Palpationsregeln 46
Palpationsrichtung 46
Palpationstechnik, statische 45
Partizipation 36
Patella 236
– Bewegungen 242
– Gleitmobilisation 259
Patellarsehnenreflex 87
Patrick's sign 268
Pediculus arcus vertebrae 382
Periarthritis humeroscapularis 467
Perimysium 69
Perineurium 501
Perzeption 112
Pezziball 526
phosphagenes System 73
Pia mater, spinalis 500
Plexus, lumbosacralis 124
Processus (-us)
– articularis
–– inferior 119
–– superior 119
– spinosi 120, 130, 383
– transversi 120
Proliferationsphase 101
Pronator-teres-Engpass 467
Propriorezeptoren 85
Pseudokarpaltunnelsyndrom 321
Pyramidenbahn 80

Q

Querfriktionen
– nach Cyriax 98
– Wirkungsweise 99
Querwölbungen 196

R

Radialabduktion
– Biomechanik 328
– Mobilisation 330
Radiokarpalgelenk 324
– Biomechanik 324
Radiusperiostreflex 412
Radix
– dorsalis 499
– ventralis 499
Ramus
– dorsalis 500
– meningeus 500
– ventralis 500
Recessus
– infrapatellaris 233
– subpopliteus 233
– subtendinei mm. gastrocnemii 233
– suprapatellaris 233
Reflexbogen, monosynaptischer 87
Reflexe 83, 87
– motorische 109
– sympathische 109
Reflexkreis, somato-sympathischer 115
Regenerationszeiten, Gewebe 102
Releasephänomen 100
Releasetechniken, myofasziale 100
Remodulationsphase 101–102
Renshaw-Hemmung 97
Rezeptoren, Einteilung 83
Rezeptorsysteme 83
Rezessusmobilisation 260
1. Rippe, Exspirationsmobilisation 180
Rippen 154
– Exspiration 160
–– Muskulatur 161
– Exspirationstest, sitzend 172
– Inspiration 159
–– Muskulatur 160
– Inspirationstest 171
–– Seitenlage 173
–– sitzend 172
– Kompression
–– anterior-posterior 165
–– latero-lateral 165
– Mobilisation
–– Exspirationsläsion 184
–– Inspirationsläsion 184
–– Seitenlage 184
– Rotation, Muskulatur 161
– Test Atemwelle 172
– Test kostosternale Verbindungen 171
Rippengelenke
– 3-D-Mobilisation
–– Frontalebene 182
–– Sagittalebene 183
–– Transversalebene 182
– Doming-Technik für Diaphragma 183
– Exspirationsläsion, Kreuzgriff 184
– Inspirationsläsion, Kreuzgriff 184
– Mobilisation 180
–– sternokostal 181
Rippenwirbelverbindungen 156
Rollen 30
– pathologisches 31
Rollgleiten 30
– physiologisches 31
Roos-Test 465
Rosette-Test 137, 164
Rotationen 28
Rotkehlchenstellung 397
Rückenmark 80
– Anatomie 80
– funktionelle Gliederung 80
Rückenmarksegment, Aufbau 499
Rückenmarkshäute 500
Ruhestellung 27, 33
– aktuelle 27

S

Safety-Tests, Lendenwirbelsäule 135
Sagittalebene 25
Sandbag 526
Sarkolemm 68
Sarkomer 68
Satellitenzelle 68
Sattelgelenk 24
Scapula, Bewegungen 453
Schädel 65
– Referenzpunkte 66
Schädel, Kiefer, Palpation 65
Scharniergelenk 24
Schmerz, Leitsymptom 41
Schmerzchronifizierung 117
Schmerzlinderung 33
Schmerzphysiologie 104
Schmerzqualität 39
Schmerzquantität 39
Schubladentest 478
Schulter, allgemeine Anatomie 451
Schulter/Schultergürtel 47
– Palpation 47–49
– Referenzpunkte 47

Schultereckgelenkssprengung, Rockwood-Klassifikation 469
Schultergelenk, Bewegungsprüfung 471
Schultergelenkkomplex, Biomechanik 463
Schultergürtel
– Anamnese 465
– Bewegungsprüfung 469
– Engpasssyndrom 465
– Inspektion 468
– kompensatorische Mechanismen 497
– Palpation 469
– Safety-Tests 485
– translatorische Tests 479
– Widerstandstests 473
Schultergürtelgelenkflächen 462
Schultergürtelkomplex 451
– Behandlung 485
– funktionelle Anatomie 463
– Gelenkstellungen 462
– Untersuchung 465
Schulterkomplex 451
– Behandlung 485
– Gelenkstellungen 462
– Untersuchung 465
Schutzmechanismus 502
Schwungseile 526
Seilzug 525
Seitenbänder, Kinematik 240
Seitneigungstest 145
Senkfußtendenz 199
Skaphoidsäule 325
– Bewegungen 327
skapulothorakales Gleitlager 452
skapulothorakales Gleitlagers
– Behandlung 489
– translatorische Tests 483
Skelettmuskulatur 67
Sklerotom 411–412
Sling 526
Spina, scapulae 455
Spinalnerv 499
– Anteil 500
– Qualität 499
Springgelenk, oberes, Dorsalextension 198
Springseile 526
Sprunggelenk
– oberes 186
–– Behandlungsebene 189
–– Biomechanik 198
–– Dorsalextension 206
–– Dorsalextension-Chopart 206
–– Ligamente 189
–– Plantarflexion 198, 205
–– Plantarflexion-Chopart 205
–– Pronation-Chopart 208
–– Pronation/Eversion 208
–– Supination-Chopart 207
–– Supination/Inversion 207
–– Traktion 203
–– Widerstandstests 208
– unteres 192
–– Bewegungsmöglichkeiten 192
–– Biomechanik 199
–– Gelenkverbindungen 192
–– Ligamente 193
Sprunggelenke, Kompression 204
Spurling-Test 411, 466
Stabilisation, segmentale 520
Sternokleidohaltung 397
Sternum 155
Straffen 33
Straight Leg Raise (SLR) 508
– bilaterlater 513
Straight-Leg-Raise-Test 143
subakromialer Gleitraum 462
Subarachnoidalraum 500
Substantia alba, Gliederung 80
Sulkuszeichen 479
Supinator-Engpass 466
Symphysis pubica 284, 291
Synarthrosen 23
Synchondrose 23
Syndesmose 23
Syndesmosis
– intermetacarpalis, distalis 324
– intermetacarpalis, distalis
–– Behandlung 346
–– Bewegungsprüfung 333
–– translatorische Tests 338
– tibiofibularis
–– Behandlung 217–218, 220–221
–– distalis 191
–– distalis, Ligamente 191
–– Tests 211
Synostose 23

T

T-Balken 502, 504
T-System 68
Talus, Merkmale 188
Talus-anterior-intern-Läsion 224
Technikauswahl 44
Thessaly-Test 251
Thoracic-inlet-Syndrom 465
Thoracic-outlet-Syndrom 465
Thorax 62, 152
– Anatomie 152
– Funktionsprüfung 163
– Inspektion 163
– Lateralflexion 162
– Palpation 65, 163
– Referenzpunkte 62
– Rotation 161
– Safety-Tests 163
– Untersuchung 163
Thoraxapertur, obere 494
Tibia 188, 232
Tibia und Femur, Kinematik, Flexion/Extension 237
Tibiakondylus 232
Titin 67
Tractus
– pyramidalis 80
– spinothalamicus, posterior 80
Training
– funktionelles 525
– mehrgelenkiges 525
Trainingsgeräte 525
Trainingsketten 526
Trainingsmethodik 526
Trainingsparameter 527
Traktion 32
Transduktion 105
Translation
– parallele 30
– rechtwinklige 30
Translationen 29
Transmission 109
Transport
– anterograder 504
– retrograder 504
Transversalebene 25
Triggerpunkttherapie 100
Triquetrumzügel 319
Trizepssehnenreflex 412
Trochlea humeri 352
Tropomyosin 68
Troponin 68
Turnerringe 526

U

Ulnarabduktion
– Biomechanik 328
– Mobilisation 330
Umweltfaktoren 36
Umweltparameter 527
Unkovertebralarthrose 384
Unkovertebralgelenke 383
Unterschenkel 186, 190
– Biomechanik 198
Unterschenkelgelenke
– Befunderhebung 201
– Behandlung 216
Untersuchung, neurologische 43
Ursache-Folgen-Kette 308, 493
– Beispiele 311
– Inversionstrauma 313
– obere Extremität 497

V

Valsalva-Test 144
Ventilmechanismus, venöser 503
Verriegelte Stellung 28
Verriegelung
– Extremitätengelenke 33
– Facettenverriegelung 34
– Wirbelsäulengelenke 33
Verriegelungen 33
Vibrationsgeräte 526
Vorpositionierungen 33

W

Widerlagerung, passive 33
Widerstandstests, nach Cyriax 41
Wirbelsäule 62
– Bewegungsmöglichkeiten 26
– Läsionen
–– Typ I 310
–– Typ II 310
– Referenzpunkte 62
Wirbelsäule, Thorax, Palpation 62
Wright-Manöver 466
Wundheilung 101
– Störungen 102
Wundheilungsphasen 101

Z

Zehengelenke 197
– Gliederung 197
zentrales Nervensystem (ZNS) 501
Zone
– elastische 520
– neutrale 520
Zugbänder 526
Zwischenhirn 77
Zyklops 233