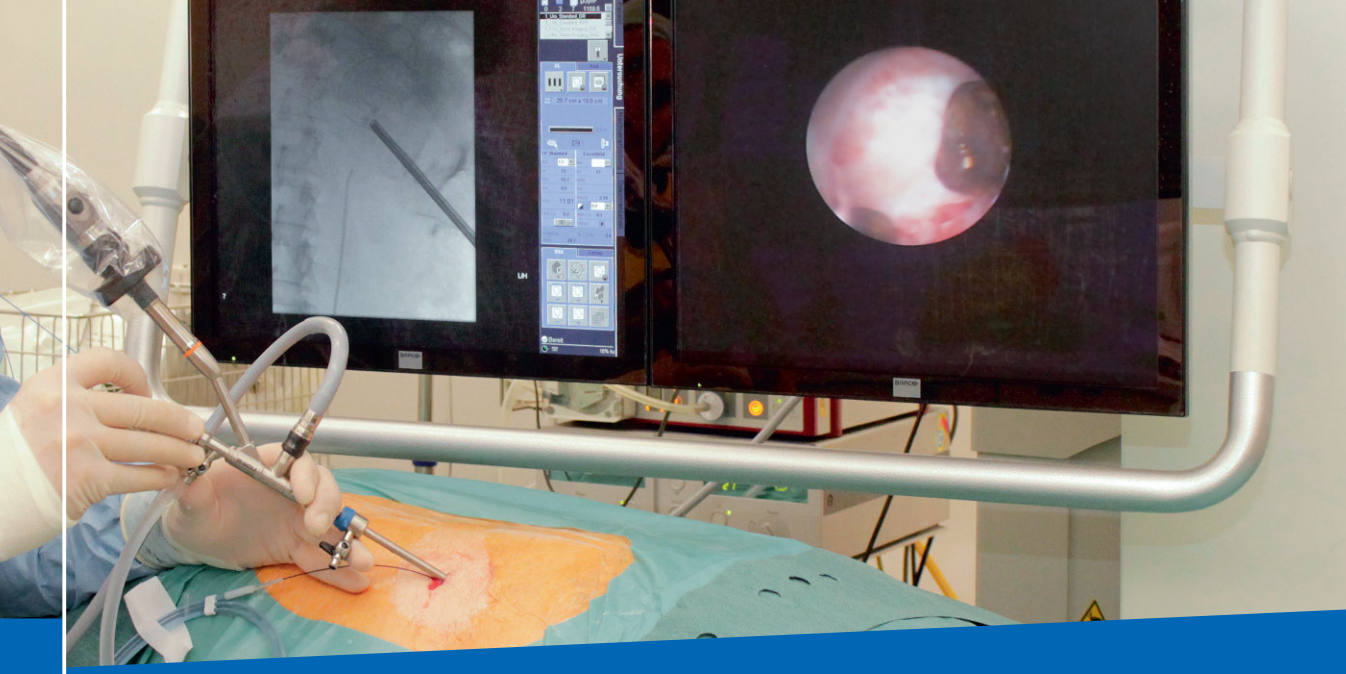


Rainer Hofmann *Hrsg.*

Endoskopische Urologie

Atlas und Lehrbuch

3. Auflage

EXTRAS ONLINE

Springer

Endoskopische Urologie

Rainer Hofmann
(Hrsg.)

Endoskopische Urologie

Atlas und Lehrbuch

Mit 505, überwiegend farbigen Abbildungen

3. vollständig neu bearbeitete Auflage

Springer

Herausgeber
Rainer Hofmann
Universitäts Klinikum Marburg, Marburg, Germany

Ergänzende Videos finden Sie auf www.springermedizin.de/endourologie3-hofmann;

ISBN 978-3-662-53980-4 978-3-662-53981-1 (eBook)
https://doi.org/10.1007/978-3-662-53981-1

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

Springer
© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2005, 2009, 2018
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.
Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Umschlaggestaltung: deblik Berlin
Fotonachweis Umschlag: © Walter Bornmann
Zeichnungen: Ingrid Schobel, Abb. 7.12/ 2byte:multimedia
Michaela von Aichberger: Abb. 8.5, 9.33, 9.43, 19.10, 20.8, 20.25, 20.27, 20.36

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer ist Teil von Springer Nature
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH, DE
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort zur dritten Auflage

Prof. Dr. Wolfgang Mauermayer, ein Visionär und Erfinder auf dem Gebiet der endoskopischen Urologie, begann seine Ausbildung 1948 bei Prof. Ferdinand May in München. Nach einem längeren Studienaufenthalt in USA bei JL Emmett, RH Flocks, R Barnes, RM Nesbit, Marshall, Goodwin und Scott führte er als erster die Technik der TURP in Deutschland ein und entwickelte diese konsequent weiter. Erste Endoskopiekurse fanden im Keller des Klinikums rechts der Isar in einem kleinen Raum, lediglich mit einem Oberlicht zu einem Kellerflur, statt.

Man konnte Prof. Mauermayer mit einer Gliederoptik, die mit dem Resektoskop verbunden war, zusehen, wie er innerhalb des Körpers operierte. Jahre später, mit der Erfindung von Minikameras und Monitoren, konnte das heutige Niveau der Endourologie erreicht werden und wir wurden alle nicht mehr von Urin und Blut angespritzt. Die Endourologie hat die Urologie von der Chirurgie selbstständig gemacht und das Fach Urologie am stärksten gewandelt. Die Endourologie wird bleiben und noch weiter verfeinert werden.

In der dritten Auflage dieses Standardwerkes der Endourologie wurden viele Kapitel komplett überarbeitet oder neu verfasst. Bedingt durch die stetige Weiterentwicklung, insbesondere der Miniaturisierung von Instrumenten, wurden die Kapitel Ureteroskopie sowie perkutane Steintherapie neu gestaltet. Neue Formen von Körbchen, Schleusen und Harnleiterblockierungssysteme sowie Tipps und Tricks bei der Anwendung der flexiblen URS wurden aufgenommen. Viele praktische Tipps, wie eine Tabelle der inneren und äußeren Schleusengröße und die dazu korrespondierende Instrumentengröße, helfen auch, Kosten zu vermeiden, da hoffentlich seltener die »falsche« Schleuse geöffnet wird. Die Anwendung und Vorteile der Mini-PNL, Mikro- und Ultramikro-PNL werden vorgestellt und deren Limitationen betrachtet.

Ein neues Kapitel stellt die Steintherapie bei Kindern vor, da diese Therapie zunimmt und an vielen Abteilungen keine oder nur sehr geringe Erfahrung vorliegt.

Gründlich überarbeitet und ergänzt wurden die Kapitel TURP, physikalische Grundlagen der Laseranwendung, Harnleiterschienung und interventionelle Eingriffe.

Die praktische Anwendung der Endourologie hängt einerseits von der Erfahrung und dem Geschick des Operateurs, andererseits vom Instrumentarium ab. Für jede operative Situation ist die Beherrschung einiger wichtiger endoskopischer Techniken entscheidend, ebenso kann mit einigen wenigen Drähten, Zängchen, Lithotriptoren und Instrumenten, mit denen der Operateur vertraut ist, ein Maximum an Effizienz erreicht werden. Es ergibt nur Sinn, auf ein neues Instrument zu wechseln, wenn hiermit grundlegend Neues gegenüber dem ursprünglichen Design entwickelt wurde.

Es ist wichtig, neue Endoskope und Zubehör zu betrachten und zu testen, jedoch ist es wenig sinnvoll, viele ähnliche Instrumente zu besitzen. Eine Veränderung des Materials, z. B. bei einem Steinfangkörbchen der Einsatz von Nitinol- vs. Stahlkörbchen, kann jedoch einen großen Fortschritt bedeuten. Steine können nun mit einem Nitinolbasket aus Kelchen heraus geborgen werden und auch wieder aus dem Körbchen befreit werden, während bei Stahlkörbchen die Steine meist irreversibel im Körbchen gefangen waren und kaum mehr aus Niere oder Harnleiter entfernt werden konnten.

Dieses Buch ist ein Lern- und Lehrbuch, das besonderen Wert auf den operativen Aspekt der Endourologie legt und mit vielen und neuen Tipps, Tricks und Caveats verbessert wurde. Die Kapitel spiegeln die große Erfahrung der Gastautoren, meiner Mitarbeiter und mir nach tausenden von selbst durchgeführten endoskopischen Operationen wider.

Als Schüler von Prof. W. Mauermayer, dem Begründer der deutschen Endourologie, habe ich mir erlaubt, dieses Buch so zu verfassen, wie ich heute operieren würde.

Ich danke Herrn Walter Bornmann vom Medizinischen Fernsehen des Klinikums der Philipps Universität Marburg für die hervorragende Zusammenarbeit bei der Erstellung der Operationsfilme sowie während der zahlreichen in Marburg durchgeführten LIVE-Operationskurse.

Den Mitarbeitern des Springer Verlages in Heidelberg danke ich für ihre große Hilfe und unkomplizierte Zusammenarbeit, insbesondere Frau Ina Conrad, Herrn Daniel Quinones und nicht zuletzt Herrn Dr. Fritz Krämer, mit dem ich bereits 2005 die erste Auflage der Endoskopischen Urologie geschrieben habe.

Der Springer Verlag und alle Autoren wünschen sich, dass dieser Operationsatlas Hilfe und Anleitung für operativ tätige Urologen ist, Freude beim Lesen bereitet und vor allem dem Wohle unserer Patienten dient.

Rainer Hofmann
Marburg, im Mai 2017

Inhaltsverzeichnis

I Endoskopie der Urethra, Prostata und Harnblase

1 Endoskopische Resektionsinstrumente und Operationstechniken 3
J. Braun

1.1 Einleitung 4
1.2 Aktives versus passives Instrument 5
1.3 Hochdruck- versus Niederdruckresektion 8
1.4 Breite Schlinge 9
1.5 Bipolares Schneiden in NaCl-Lösung 10
1.6 Punchlithotripter 11
1.7 Phantome und künstliches Gewebe für transurethrale Operationen 11
Literatur 11

2 Videoendoskopie 13
J. Braun

2.1 Historische Entwicklung 14
2.2 Videoübertragung 14
2.3 Ergonomie 17
Literatur 18

3 Physik und Technik der Hochfrequenzchirurgie 19
K. Fastenmeier

3.1 Einleitung 20
3.2 Schneiden mit Hochfrequenzstrom 20
3.2.1 Hochfrequenzstromkreis bei monopolarer Operationsanordnung 20
3.2.2 Maßnahmen zur Vermeidung von gefährlichen Stromkonzentrationen 21
3.2.3 Physikalische Vorgänge an der Schneidelektrode beim Schneiden 23
3.3 Steuerung und Regelung der physikalischen Wirkung des Hochfrequenzstroms . . . 24
3.3.1 Zeitliche Modulation des Hochfrequenzstroms 24
3.3.2 Regelung des Hochfrequenzstroms 25
3.4 Entwicklungstendenzen bei der Hochfrequenzchirurgie 25
3.4.1 Vaporisation der Prostata 25
3.4.2 Bipolare Operationsanordnungen 26
Literatur 26

4 Diagnostische Urethrozystoskopie 27
A. Hegele

4.1 Einleitung 28
4.2 Instrumentenkunde 28
4.2.1 Starre Instrumente 28
4.2.2 Flexible Instrumente 29
4.3 Indikationen 29
4.4 Kontraindikationen 29
4.5 Ablauf und Durchführung einer Urethrozystoskopie 30
4.5.1 Anästhesie 30
4.5.2 Urethrozystoskopie beim Mann 30
4.5.3 Urethrozystoskopie bei der Frau 33
4.6 Komplikationen 33
Literatur 33

5 Bildatlas Zystoskopie . . . 35
A. Hegele, R. Hofmann

6 Endoskopische Behandlung von Harnröhrenstrikturen . . . 51
A.J. Schrader

6.1 Grundlagen . . . 52
6.2 Indikationen . . . 52
6.3 Präoperative Diagnostik und perioperatives Vorgehen . . . 52
6.3.1 Präoperative Diagnostik . . . 52
6.3.2 Vorbereitung und Lagerung des Patienten . . . 53
6.4 Durchführung der Urethrotomia interna . . . 53
6.4.1 Urethrotomia interna nach Otis . . . 53
6.4.2 Urethrotomia interna nach Sachse . . . 54
6.4.3 Urethrotomie bei der Frau . . . 56
6.5 Postoperatives Vorgehen . . . 56
6.6 Komplikationen der Urethrotomia interna . . . 56
6.7 Ergebnisse der Urethrotomia interna . . . 57
6.8 Alternative operative Therapiemöglichkeiten der Harnröhrenstriktur . . . 57
6.8.1 Harnröhrenbougierung . . . 57
6.8.2 Endoskopische Behandlung des kompletten Harnröhrenverschlusses . . . 58
Literatur . . . 59

7 Transurethrale Resektion (TURP) und transurethrale Inzision (TUIP) der Prostata . . . 61
R. Hofmann mit einem Beitrag von C. Frohme

7.1 Indikationen . . . 63
7.1.1 Benignes Prostatasyndrom . . . 63
7.2 Präoperative Diagnostik und perioperatives Vorgehen . . . 63
7.2.1 Präoperative Diagnostik . . . 63
7.2.2 Perioperative Antibiotikagabe . . . 71
7.2.3 Antikoagulation und Antidiabetika . . . 71
7.2.4 Vorbereitung und Lagerung des Patienten . . . 72
7.3 Monopolare versus bipolare TURP . . . 73
7.4 Durchführung der transurethralen Resektion der Prostata (TURP) . . . 78
7.4.1 Einführen des Resektionsschafts . . . 78
7.4.2 Inspektion von Blase und Prostata . . . 78
7.4.3 Hydraulischer Sphinktertest . . . 79
7.4.4 Haltung des Instruments bei Direktsicht . . . 79
7.4.5 Regulierung des Spülwassers . . . 80
7.4.6 Gewebeerkennung als Voraussetzung zur Resektion . . . 81
7.4.7 Resektion der Prostata . . . 83
7.4.8 Entleerung des Spülwassers und der Resektionsstücke . . . 90
7.4.9 Blutstillung . . . 94
7.4.10 Einlegen des Dauerkatheters . . . 97
7.5 Komplikationen der transurethralen Resektion der Prostata . . . 99
7.5.1 Intraoperative Komplikationen . . . 99
7.5.2 Postoperative Komplikationen . . . 105
7.5.3 Spätkomplikationen . . . 107
7.6 Modifikationen der transurethralen Resektion der Prostata . . . 109
7.6.1 Transurethrale Elektrovaporisation der Prostata . . . 109
7.6.2 Transurethrale Resektion der Ductus ejaculatorius . . . 110
7.7 Ejakulationsprotektive Resektion . . . 110

7.8 Transurethrale Inzision der Prostata (TUIP) . . . 110
7.9 Ergebnisse der TURP, TUIP und der offenen Adenomenukleation . . . 110
Literatur . . . 112

8 Laseranwendung in der Urologie – theoretische Grundlagen der Laserbiophysik . . . 115
A. Miernik
8.1 Einleitung . . . 116
8.2 Biologische Wechselwirkung . . . 117
8.3 Photochemische Prozesse . . . 119
8.4 Photothermische Prozesse . . . 119
8.4.1 Photokoagulation . . . 119
8.4.2 Photothermisches Schneiden und Verdampfen . . . 120
8.5 Athermische Laserverfahren . . . 120
8.5.1 Photoablation . . . 120
8.5.2 Photodisruption . . . 120
8.6 Physikalische Grundlagen der Harnsteinlaserlithotripsie . . . 121
8.6.1 Photoakustischer Effekt . . . 121
8.6.2 Photothermischer Effekt . . . 121
Literatur . . . 121

9 Holmium-Laser-Enukleation der Prostata (HoLEP) . . . 123
R.M. Kuntz
9.1 Einleitung . . . 125
9.2 Indikationen . . . 125
9.2.1 Prostatagröße . . . 125
9.2.2 Seltene Indikationen . . . 126
9.3 Vorbereitung des Patienten . . . 126
9.3.1 Präoperative Vorbereitung . . . 126
9.3.2 Lagerung und Abdeckung des Patienten . . . 126
9.4 Operationsinstrumentarium . . . 127
9.4.1 Holmium-Laser . . . 127
9.4.2 Laserresektoskop . . . 127
9.4.3 Mechanische Gewebemorcellatoren . . . 127
9.5 Operationstechnik . . . 128
9.5.1 Prinzip der Enukleation . . . 128
9.5.2 Weiteres Vorgehen bis zur Enukleation . . . 128
9.5.3 Enukleation des Mittellappens . . . 128
9.5.4 Enukleation des linken Seitenlappens in der klassischen Technik nach Gilling . . . 133
9.5.5 Enukleation des linken Seitenlappens in modifizierter Technik . . . 139
9.5.6 Enukleation des rechten Seitenlappens in der klassischen Technik nach Gilling und in der modifizierten Technik . . . 140
9.5.7 Adenomenukleation mit nur 2 Inzisionen . . . 143
9.5.8 Gewebefragmentierung . . . 143
9.5.9 Gewebeentfernung . . . 145
9.5.10 Blutstillung . . . 145
9.5.11 Blasenkatheter . . . 146
9.5.12 Prostatakarzinom . . . 147
9.5.13 Prostataabszess . . . 147
9.5.14 Blasensteine . . . 147
9.5.15 Harnröhrenstriktur, Blasenhalssklerose, Blasendivertikel . . . 147
9.6 Postoperative Nachbehandlung . . . 147

9.7 Komplikationen der Holmium-Laser-Enukleation der Prostata . . . 148
9.7.1 Intraoperative Komplikationen . . . 148
9.7.2 Postoperative Komplikationen . . . 149
9.7.3 Spätkomplikationen . . . 150
9.8 Ergebnisse . . . 150
Literatur . . . 151

10 Greenlight-Laser-Vaporisation der Prostata . . . 153
F. Schiefelbein
10.1 Einleitung . . . 154
10.2 Physikalische Eigenschaften des Greenlight-Lasers . . . 154
10.2.1 120-Watt-HPS-Laser und 180-Watt-XPS-Laser: technische Unterschiede . . . 155
10.2.2 MOXY-Laserfaser . . . 155
10.3 Indikationen . . . 155
10.3.1 Prostatagröße . . . 156
10.4 Perioperatives Vorgehen . . . 156
10.4.1 Vorbereitung des Patienten . . . 156
10.4.2 Operationsinstrumentarium . . . 156
10.4.3 Irrigation . . . 157
10.4.4 Anästhesieverfahren . . . 157
10.5 Operationstechnik . . . 157
10.5.1 Operationstechnik Schritt für Schritt . . . 157
10.5.2 Prinzipien der Faserführung . . . 158
10.5.3 Faserreinigung . . . 159
10.6 Komplikationen . . . 163
10.6.1 Intraoperative Komplikationen . . . 163
10.6.2 Postoperative Komplikationen . . . 164
10.6.3 Spätkomplikationen . . . 164
10.7 Erhalt der antegraden Ejakulation . . . 164
10.8 Ergebnisse . . . 164
Literatur . . . 165

11 Interstitielle Lasertherapie der Prostata . . . 167
R. Muschter
11.1 Wirkungsprinzip . . . 168
11.2 Nebenwirkungen . . . 169
11.3 Technik . . . 169
11.3.1 Laser- und Applikationssysteme . . . 169
11.3.2 Durchführung der Therapie . . . 170
11.3.3 Anmerkungen . . . 172
11.4 Ergebnisse . . . 172
11.5 Ausblick . . . 173
Literatur . . . 173

12 Transurethrale Resektion der Blase . . . 177
M. Gierth, M. Burger
12.1 Einleitung . . . 178
12.2 Präoperative Diagnostik . . . 178
12.3 Technik der transurethralen Resektion von Blasentumoren . . . 179
12.3.1 Lagerung des Patienten . . . 179
12.3.2 Intraoperative Beurteilung vor Resektion . . . 179
12.3.3 Allgemeine Resektionstechnik . . . 179
12.3.4 Blutstillung . . . 180

12.3.5 Spezielle Resektionstechnik . . . 181
12.4 Komplikationsmanagement . . . 183
12.4.1 Nachblutung und Blasentamponade . . . 184
12.4.2 Blasenperforation . . . 184
12.4.3 Ostienresektion . . . 184
12.4.4 Infektionen . . . 185
12.4.5 Narbenkomplikationen . . . 185
12.4.6 Retrograde Ejakulation . . . 185
12.4.7 Exazerbation eines benignen Prostatasyndroms . . . 185
12.5 Sonderformen der Tumorresektion . . . 185
12.5.1 Nachresektion . . . 185
12.5.2 Palliative TURB . . . 186
12.6 Die photodynamische Diagnostik . . . 186
Literatur . . . 189

13 Katheterentblockung . . . 191
A.S. Brandt, S. Roth
13.1 Das Problem des nicht entblockbaren Katheterballons . . . 192
13.2 Methoden zur Katheterentblockung . . . 192
13.2.1 Entblockung unter Torsion . . . 192
13.2.2 Verkürzung der Störstrecke . . . 192
13.2.3 Mechanische Entblockung bzw. Perforation des Ballons . . . 192
13.2.4 Chemische Perforation des Ballons . . . 194
13.3 Sonderfall »Balloon Cuffing« . . . 195
13.4 Zusammenfassung und Empfehlung für ein schrittweises Vorgehen . . . 195
Literatur . . . 195

14 Technik und Indikation der Botulinumtoxin-A-Injektion in den M. detrusor vesicae . . . 197
A. Hegele
14.1 Einführung . . . 198
14.2 Indikation . . . 198
14.3 Präoperative Diagnostik . . . 199
14.4 Perioperatives Vorgehen . . . 199
14.5 Durchführung der Botulinumtoxin-A-Injektion . . . 199
14.6 Postoperatives Procedere . . . 200
14.7 Postoperative Komplikationen . . . 200
14.8 Ergebnisse . . . 200
Literatur . . . 201

15 »Male Sling« bei Belastungsharninkontinenz . . . 203
R. Hofmann
15.1 Einleitung und Indikationen . . . 204
15.2 Präoperative Diagnostik . . . 204
15.3 Vorbereitung und Lagerung des Patienten . . . 205
15.4 Durchführung der Operation . . . 205
15.5 Postoperatives Vorgehen . . . 212
Literatur . . . 212

16 Endoskopische Therapie der Harninkontinenz . . . 213
S. Wille
16.1 Einleitung . . . 214
16.2 Diagnostische Abklärung der Harninkontinenz vor endoskopischer Therapie . . . 214

16.3 Weibliche Inkontinenz . . . 214
16.4 Männliche Inkontinenz . . . 215
16.5 Ergebnisse . . . 216
Literatur . . . 216

17 Lithotripsietechniken . . . 217
P. Olbert
17.1 Einleitung . . . 218
17.2 Lithotripsietechniken und -technologien . . . 218
17.2.1 Mechanische Lithotripsie (Mauermeyer-Stein-Punch) . . . 218
17.2.2 Elektrohydraulische Lithotripsie (EHL) . . . 218
17.2.3 Laserlithotripsie . . . 219
17.2.4 Ultraschalllithotripsie . . . 221
17.2.5 Pneumatisch-ballistische Lithotripsie (LithoClast) . . . 221
17.2.6 Kombination von LithoClast und Ultraschall . . . 222
Literatur . . . 224

18 Transurethrale Lithotripsie von Blasensteinen . . . 225
R. Hofmann
18.1 Einleitung . . . 226
18.2 Lithotripsie . . . 226
18.3 Steinpunch . . . 227
Literatur . . . 228

II Endoskopie des Ureters und der Nieren

19 Ureterorenoskopie (URS) . . . 231
L. Skrobek
19.1 Einleitung . . . 233
19.2 Instrumentenkunde . . . 233
19.2.1 Semirigide Ureterorenoskope . . . 233
19.2.2 Flexible Ureterenoskope . . . 233
19.2.3 Schleusen, Zangen und Körbchen . . . 234
19.3 Indikationsstellung und präoperative Diagnostik . . . 237
19.3.1 Indikationen zur ureterorenoskopischen Steinbehandlung . . . 237
19.3.2 Indikationen zur ureterorenoskopischen Diagnostik . . . 237
19.3.3 Indikationen zur ureterorenoskopischen Behandlung von Tumoren des oberen Harntraktes . . . 238
19.3.4 Präoperative Diagnostik . . . 238
19.4 Patientenaufklärung und -vorbereitung . . . 239
19.4.1 Aufklärung . . . 239
19.4.2 Präoperative Vorbereitungen und Lagerung . . . 240
19.5 Durchführung einer URS mit semirigiden Instrumenten . . . 241
19.5.1 Harnröhrenpassage . . . 241
19.5.2 Zystoskopie . . . 241
19.5.3 Anlage eines Sicherheitsdrahtes . . . 242
19.5.4 Passage des Ostiums . . . 242
19.5.5 Passage des Harnleiters . . . 245
19.5.6 Tipps und Tricks . . . 246
19.6 Durchführung einer URS mit flexiblen Instrumenten . . . 247
19.6.1 Anlage eines Führungsdrahtes . . . 247

19.6.2 Einführen des flexiblen Ureterorenoskops . . . 247
19.6.3 Anlage und Umgang mit einer Schleuse . . . 247
19.6.4 Tipps und Tricks . . . 247
19.7 Endoluminale Diagnostik des oberen Harntraktes . . . 249
19.7.1 Weißlichtdiagnostik . . . 249
19.7.2 Photodynamische Diagnostik . . . 249
19.7.3 Probenentnahme zur Histologiegewinnung . . . 249
19.8 Steinbehandlung mittels URS . . . 250
19.8.1 Harnleiterkonkremente . . . 250
19.8.2 Nierensteine . . . 254
19.9 Tumorbehandlung mittels URS . . . 255
19.9.1 Mechanische Abtragung . . . 256
19.9.2 Lasertherapie . . . 256
19.10 Ureteroskopische Harnleiterschlitzung . . . 256
19.11 Komplikationen ureterorenoskopischer Eingriffe . . . 257
19.11.1 Intraoperative Komplikationen und Exit-Strategien . . . 257
19.11.2 Postoperative Komplikationen . . . 258
19.11.3 Spätkomplikationen . . . 259
Literatur . . . 259

20 Perkutane endoskopische Therapieverfahren der Niere . . . 261
C. Keil
20.1 Perkutane Nephrolitholapaxie (PNL) . . . 262
20.1.1 Indikationen . . . 262
20.1.2 Kontraindikationen . . . 262
20.1.3 Präoperative Diagnostik . . . 262
20.1.4 Operatives Vorgehen . . . 263
20.1.5 Postoperatives Management . . . 277
20.1.6 Miniaturisierung der PNL . . . 278
20.1.7 Kompletter Ausgussstein . . . 279
20.1.8 PNL bei Hufeisenniere . . . 282
20.1.9 PNL bei Kelchhalsstenose und Divertikelsteinen . . . 283
20.1.10 PNL und Adipositas per magna . . . 285
20.1.11 Komplikationen und Komplikationsmanagement . . . 285
20.1.12 Ergebnisse der PNL . . . 289
20.2 Perkutane antegrade Ureteroskopie . . . 289
20.3 Perkutane antegrade Endopyelotomie . . . 291
20.3.1 Präoperative Diagnostik . . . 292
20.3.2 Operatives Vorgehen . . . 292
20.4 Perkutane Behandlung von Nierenbeckentumoren . . . 292
20.4.1 Indikationen . . . 293
20.4.2 Kontraindikationen . . . 293
20.4.3 Operatives Vorgehen . . . 293
20.4.4 Ergebnisse . . . 295
Literatur . . . 295

21 Endoskopische Therapie der Nierenbeckenabgangsenge – antegrade oder retrograde Laserendopyelotomie (LEP) . . . 297
J. Klein, J. Rassweiler
21.1 Einleitung . . . 298
21.2 Pathophysiologie der Nierenbeckenabgangsenge . . . 298
21.3 Indikationen . . . 299

21.4 Präoperative Diagnostik und perioperatives Vorgehen . . . 301
21.4.1 Standarddiagnostik . . . 301
21.4.2 Perioperative Antibiotikagabe . . . 302
21.4.3 Aufklärung des Patienten . . . 302
21.4.4 Vorbereitung und Lagerung . . . 302
21.4.5 Instrumentarium . . . 302
21.5 Durchführung der retrograden und antegraden Laserendopyelotomie . . . 303
21.5.1 Präoperative DJ-Einlage . . . 303
21.5.2 Retrogrades Vorgehen . . . 303
21.5.3 Antegrades Vorgehen . . . 304
21.6 Komplikationen . . . 305
21.7 Postoperatives Vorgehen . . . 305
21.7.1 Kurzfristige Kontrollen . . . 305
21.8 Ergebnisse . . . 306
Literatur . . . 306

22 Harnleiterschienung . . . 309
S. Sevinc, R. Hofmann
22.1 Grundlagen und Indikationen . . . 310
22.1.1 Grundlagen . . . 310
22.1.2 Indikationen . . . 310
22.2 Periinterventionelles Management . . . 311
22.2.1 Patientenvorbereitung . . . 311
22.2.2 Durchführung der Harnleiterschienung . . . 311
22.2.3 Schwierige Doppel-J-Anlage . . . 313
22.2.4 Antegrade Schienung . . . 316
22.2.5 Wechsel und Entfernung von Harnleiterschienen . . . 317
22.2.6 Postinterventionelles Management . . . 317
22.3 Komplikationen . . . 317
Literatur . . . 319

23 Sonografisch gesteuerte Punktionen . . . 321
R. Häußermann
23.1 Harnableitung . . . 322
23.1.1 Anlage eines suprapubischen Blasenkatheters . . . 322
23.1.2 Anlage einer perkutanen Nephrostomie . . . 323
23.2 Biopsie . . . 325
23.2.1 Nierenbiopsie . . . 325
23.2.2 Transplantatniere . . . 325
23.2.3 Prostatastanzbiopsie . . . 326
23.3 Punktion . . . 326
23.3.1 Abszesspunktion . . . 326
23.3.2 Lymphozelenpunktion . . . 326
Literatur . . . 327

III Endoskopie bei speziellen Patientengruppen

24 Endoskopische Eingriffe bei Kindern . . . 331
T. Becker, J. Oswald
24.1 Indikationen . . . 332
24.2 Technik . . . 332

24.3 Normalbefunde . . . 333
24.4 Pathologische Befunde . . . 334
24.4.1 Blasenwand und Trigonum . . . 334
24.4.2 Harnleiterostien . . . 334
24.4.3 Ureterozele . . . 335
24.4.4 Harnröhrenklappen . . . 335
24.5 Endoskopische Therapien bei Kindern . . . 336
24.5.1 Vesikoureteraler Reflux . . . 336
24.5.2 Ureterozelen . . . 338
24.5.3 Harnröhrenklappen . . . 339
24.5.4 Intravesikale Injektion von Botulinum-A-Toxin bei neurogener Blase . . . 342
Literatur . . . 343

25 Steintherapie bei Kindern . . . 345
F. Brüning
25.1 Einleitung . . . 346
25.2 Epidemiologie . . . 346
25.3 Steinarten/Genese . . . 346
25.4 Symptome . . . 346
25.5 Diagnostik . . . 346
25.6 Interventionen . . . 348
25.7 Therapie . . . 349
25.7.1 Konservative Therapie . . . 349
25.7.2 Extrakorporale Stoßwellenlithotripsie (ESWL) . . . 349
25.7.3 Ureterorenoskopie (URS) . . . 351
25.7.4 Perkutane Nephrolitholapaxie (PNL) . . . 352
25.7.5 Offene/laparoskopische Steinsanierung . . . 354
25.8 Metabolische Abklärung . . . 354
Literatur . . . 354

26 Endoskopische intrauterine Eingriffe . . . 357
R. Hofmann
26.1 Obstruktive Uropathie . . . 358
26.1.1 Vesikoamniotischer Shunt . . . 361
26.1.2 Klappenablation . . . 361
Literatur . . . 361

27 Strahlenschutz bei endoskopischen Eingriffen . . . 363
R. Leppek
27.1 Einleitung . . . 364
27.2 Allgemeiner Strahlenschutz . . . 366
27.3 Strahlenschutz des Patienten . . . 368
27.4 Strahlenschutz des Untersuchungspersonals . . . 370
27.5 Zusammenfassung . . . 373
Literatur . . . 374

Serviceteil . . . 377
Stichwortverzeichnis . . . 378

Inhaltsverzeichnis DVD Endourologie – Videofilme

Tab. 1 EndoUrologie 2005

1	Ablation
2	Absaugen
3	arrodierter Sphinkter
4	Ballondilatation
5	Blasenhalskerbung
6	Blasenhalsstenose
7	Blasensteinlithotripsie
8	Botulinustoxin
9	Fetoskopische Endoskopie
10	Fibroepitheliom
11	Harnleiterschleuse
12	Harnleiterschlitzung
13	Harnröhrenstriktur
14	Harnröhrentumor
15	Holmiumlaserlithotripsie
16	Hydraulischer Sphinktertest
17	Laserendopyelotomie
18	Laserenukleation
19	Ostiumpassage
20	Perkutane Nephrolithoiapsie
21	Resektion m Kinderresektoskop
22	schwierige Harnleiterschienung
23	Steinentfernung
24	Tiger
25	Transurethrale Resektion Prostatakarzinom
26	Transurethrale Resektion
27	Transurethrale Resektionn Prostata

Tab. 2 EndoUrologie 2017

1	Doppel J Anlage bei obstruierendem Harnleiterstein
2	Flexible Ureterorenoskopie
3	Semirigide Ureterorenoskopie
4	Konventionelle PCNL
5	Mini-PCNL bei einem Stein der unteren Kelchgruppe
6	Nierenbeckenkarzinom bei Hufeisenniere
7	Perkutane Nephrostomie

Tab. 3 EndoUrologie 2010

1	Vaporisation der Prostata mit dem 180 Watt XPS Greenlight-Laser

Autorenverzeichnis

Becker, Tanja, Dr. med.
Abteilung für Kinderurologie
Krankenhaus der Barmherzigen Schwestern
Seilerstätte 4
4010 Linz, Österreich
tanja.becker@bhs.at

Brandt, Alexander S., Dr. med.
Klinik für Urologie und Kinderurologie
Helioskliniken Wuppertal
Heusnerstraße 40
42283 Wuppertal
alexander-sascha.brandt@helios-kliniken.de

Braun, Jürgen, Prof. Dr. med.
Nickeleshalde 27
88400 Biberach
juebraun@web.de

Brüning, Fabian, Dr. med.
Klinik für Urologie und Kinderurologie
Universitätsklinikum Gießen
und Marburg GmbH
Standort Marburg
Baldingerstraße
35033 Marburg
Fabian.Bruening@med.uni-marburg.de

Burger, Maximilian, Priv. Doz. Dr. med.
Klinik für Urologie
Universität Regensburg
Landshuter Straße 65
93053 Regensburg
maximilian.burger@klinik.uni-regensburg.de

Fastenmeier, Karl, Prof. Dr.
Pasettiweg 2
81739 München
karl.fastenmeier@t-online.de

Frohme, Carsten, Dr. med.
Klinik für Urologie und Kinderurologie
Universitätsklinikum Gießen
und Marburg GmbH
Standort Marburg
Baldingerstraße
35033 Marburg
Frohme@med.uni-marburg.de

Gierth, Michael, Dr. med.
Klinik für Urologie
Caritas-Krankenhaus St. Josef
Landshuter Straße 65
93053 Regensburg
michael.gierth@ukr.de

Häußermann, Rainer, Dr. med.
Klinik für Urologie und Kinderurologie
Universitätsklinikum Gießen
und Marburg GmbH
Standort Marburg
Baldingerstraße
35033 Marburg
haeusser@med.uni-marburg.de

Hegele, Axel, Prof. Dr. med.
Klinik für Urologie und Kinderurologie
Universitätsklinikum Gießen
und Marburg GmbH
Standort Marburg
Baldingerstraße
35033 Marburg
hegele@med.uni-marburg.de

Hofmann, Rainer, Univ.-Prof. Dr. med.
Klinik für Urologie und Kinderurologie
Universitätsklinikum Gießen
und Marburg GmbH
Standort Marburg
Baldingerstraße
35033 Marburg
Rainer.Hofmann@med.uni-marburg.de

Keil, Christian, Dr. med.
Klinik für Urologie und Kinderurologie
Universitätsklinikum Gießen
und Marburg GmbH
Standort Marburg
Baldingerstraße
35033 Marburg
Christian.Keil@med.uni-marburg.de

Klein, Jan, Dr. med.
Klinik für Urologie und Kinderurologie
Universitätsklinikum Ulm
Prittwitzstraße 43
89075 Ulm
jan-thorsten.klein@uniklinik-ulm.de

Kuntz, Rainer, Prof. Dr. med.
Mommsenstraße 67
10629 Berlin
rainer.m.kuntz@gmx.de

Leppek, Ronald, Dr. med.
ZARF Zentrum f. angew. Radiol.
Forschung GmbH
Wettergasse 9
35037 Marburg
dr.ronald.leppek@zarf.de

Miernik, Arkadiusz, Prof. Dr. Dr. med. univ. FEBU
Universitätsklinikum Freiburg
Department Chirurgie, Klinik für Urologie
Hugstetterstraße 55
79106 Freiburg
arkadiusz.miernik@uniklinik-freiburg.de

Muschter, Rolf, Prof. Dr. .med.
Urologisches Zentrum Lübeck
Kronsforder Allee 69
23552 Lübeck
muschter@diako-online.de
medmediacontact@t-online.de

Olbert, Peter J., Priv. Doz. Dr. med.
Brixsana Private Clinic
Praxis für Urologie
Julius Durst Straße 28
39042 Brixen, Italien
peter.olbert@brixsana.it

Oswald, Josef, Univ.-Doz.
Abteilung für Kinderurologie
Krankenhaus der Barmherzigen Schwestern
Seilerstätte 4
4010 Linz, Österreich
josef.oswald@bhs.at

Rassweiler, Jens, Prof. Dr. med.
Chefarzt der Urologischen Klinik
SLK-Klinikum Heilbronn GmbH
Am Gesundbrunnen 20
74078 Heilbronn
jens.rassweiler@klinikum-heilbronn.de

Roth, S., Prof. Dr. med.
Klinik für Urologie und Kinderurologie
Helioskliniken Wuppertal
Heusnerstraße 40
42283 Wuppertal
stephan.roth@helios-kliniken.de

Schiefelbein, Frank, Dr. med.
Klinikum Würzburg Mitte gGmbH
Standort Missionsärztliche Klinik
Salvatorstraße 7
97074 Würzburg
frank.schiefelbein@missioklinik.de

Schrader, Andres Jan, Univ.-Prof. Dr. med.
Klinik für Urologie und Kinderurologie
Universitätsklinikum Münster
Albert-Schweitzer-Campus 1
48149 Münster
AndresJan.Schrader@ukmuenster.de

Sevinc, Selim, Dr. med.
Klinik für Urologie und Kinderurologie
Universitätsklinikum Gießen
und Marburg GmbH
Standort Marburg
Baldingerstraße
35033 Marburg
Sevinc@med.uni-marburg.de

Skrobek, Lennart, Dr. med.
Wetterauer Urologenzentrum
Bahnhofstraße 30 A
63654 Büdingen
Lskrobek@yahoo.de

Wille, Sebastian, Prof. Dr. med.
Zentrum für Urologie
Beta Klinik
Internationale Privatklinik
Joseph-Schumpeter-Allee 15
53227 Bonn
wille@betaklinik.de

Endoskopie der Urethra, Prostata und Harnblase

Kapitel 1 **Endoskopische Resektionsinstrumente und Operationstechniken – 3**
J. Braun

Kapitel 2 **Videoendoskopie – 13**
J. Braun

Kapitel 3 **Physik und Technik der Hochfrequenzchirurgie – 19**
K. Fastenmeier

Kapitel 4 **Diagnostische Urethrozystoskopie – 27**
A. Hegele

Kapitel 5 **Bildatlas Zystoskopie – 35**
A. Hegele, R. Hofmann

Kapitel 6 **Endoskopische Behandlung von Harnröhrenstrikturen – 51**
A. J. Schrader

Kapitel 7 **Transurethrale Resektion (TURP) und transurethrale Inzision (TUIP) der Prostata – 61**
R. Hofmann mit einem Beitrag von C. Frohme

Kapitel 8 **Laseranwendung in der Urologie – theoretische Grundlagen der Laserbiophysik – 115**
A. Miernik

Kapitel 9 **Holmium-Laser-Enukleation der Prostata (HoLEP) – 123**
R. M. Kuntz

Kapitel 10 **Greenlight-Laser-Vaporisation der Prostata – 153**
F. Schiefelbein

Kapitel 11 **Interstitielle Lasertherapie der Prostata – 167**
R. Muschter

Kapitel 12 **Transurethrale Resektion der Blase – 177**
M. Gierth, M. Burger

Kapitel 13 **Katheterentblockung – 191**
A.S. Brandt, S. Roth

Kapitel 14 **Technik und Indikation der Botulinumtoxin-A-Injektion in den M. detrusor vesicae – 197**
A. Hegele

Kapitel 15 **»Male Sling« bei Belastungsharninkontinenz – 203**
R. Hofmann

Kapitel 16 **Endoskopische Therapie der Harninkontinenz – 213**
S. Wille

Kapitel 17 **Lithotripsietechniken – 217**
P. Olbert

Kapitel 18 **Transurethrale Lithotripsie von Blasensteinen – 225**
R. Hofmann

Endoskopische Resektionsinstrumente und Operationstechniken

J. Braun

1.1 Einleitung – 4

1.2 Aktives versus passives Instrument – 5

1.3 Hochdruck- versus Niederdruckresektion – 8

1.4 Breite Schlinge – 9

1.5 Bipolares Schneiden in NaCl-Lösung – 10

1.6 Punchlithotripter – 11

1.7 Phantome und künstliches Gewebe für transurethrale Operationen – 11

Literatur – 11

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_1

1

1.1 Einleitung

1909 wurde ein neues Prinzip einer ablativen endoskopischen Prostatagewebsentfernung vorgestellt. Es handelte sich um das von Young entwickelte Punch-Resektoskop, bei dem ein verschiebliches Innenrohr, das an der Spitze geschärft war, in einem äußeren Resektionsschaft mit einem ca. 1 cm großen Fenster an der Spitze bewegt werden konnte. Die Aussparung wurde unter Sicht durch ein Glasfenster am Ende des Resektionsschaftes in das Gewebe gedrückt und durch Verschieben des Innenrohres (Abb. 1.1, Abb. 1.2) abgeschnitten. Eine Blutstillung gab es dabei noch nicht.

Ein weiterentwickelter Typ dieses Punch-Resektionsinstruments war die Modifikation von Frohmüller und Wolf mit schnabelförmiger Spitze, Lichtaustritt in der Spitze und einer Knopfkoagulationssonde (Abb. 1.3).

Ein Prostataresektionsinstrument mit einer starren Schlinge zur Gewebsabtragung wurde von Wappler auf Vorschlag von Stern 1924 gebaut. Es handelte sich um einen Schaft mit wechselbarer Optik und einer Platinschlinge, mit der mit ungedämpftem Hochfrequenzstrom das Gewebe durch Bewegung des gesamten Instruments geschnitten wurde. Aufgrund nur einer Stromart mit ungedämpftem Wechselstrom konnte jedoch keine Blutstillung erreicht werden.

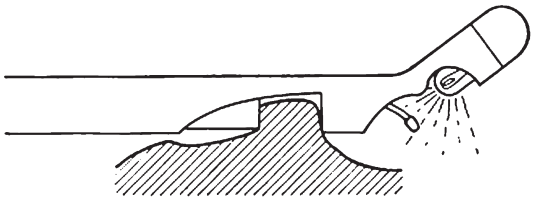


Abb. 1.1 Vorgang des Schneidens mit dem Cold-Punch. Ein Gewebestück ist in das Fenster am Schaftende eingeklemmt und wird mit einem Ringmesser, das nach vorne geschoben ist, abgetrennt.

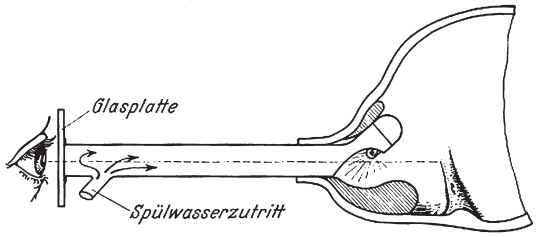


Abb. 1.2 »Direkte Sicht«. Ohne Benutzung eines optischen Systems blickt der Operateur durch das mit einer Glasplatte abgeschlossene Schaftende nach vorn in die Blase. Das Gesichtsfeld wird durch einen Spülwasserstrom frei gehalten.

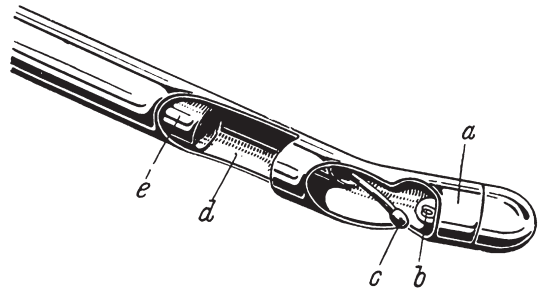


Abb. 1.3 Thomson-Cold-Punch-Instrument. *a* schnabelförmig gebogenes Schaftende, *b* Glühlampe, *c* Koagulationssonde, *d* fensterförmige Öffnung im Schaftende, *e* zurückgezogenes Ringmesser

Wechselweises Schneiden oder Koagulieren erreichte erst Davis 1928. Hierzu wurden mit einem Doppelfußschalter zwei verschiedene Stromqualitäten aus einem ungedämpften Wechselstromhochfrequenzgerät mit relativ niedriger Spannung und Stromstärke und einem zweiten zusätzlichen Funkenstreckengenerator mit hoher Spannung und Stromstärke auf die Resektoskopschlinge übertragen. Es konnte somit sowohl ein Gewebsschnitt als auch Blutstillung durchführt werden.

Urologen wie Iglesias, Alcock – der den Begriff transurethrale Resektion der Prostata (TURP) prägte – und McCarthy resezierten Anfang 1930 bereits mit dieser Technik des Stern-Wappler-Resektionsinstruments und dem Davies-Bowie-Stromgenerator die Prostata.

Spätere Urologen wie Baumrucker, Nesbit und Barnes verbesserten dann die Resektoskope, insbesondere den Schlingentransporteur (Baumrucker 1943, Iglesias de la Torre 1948, Nesbit 1939). Eine

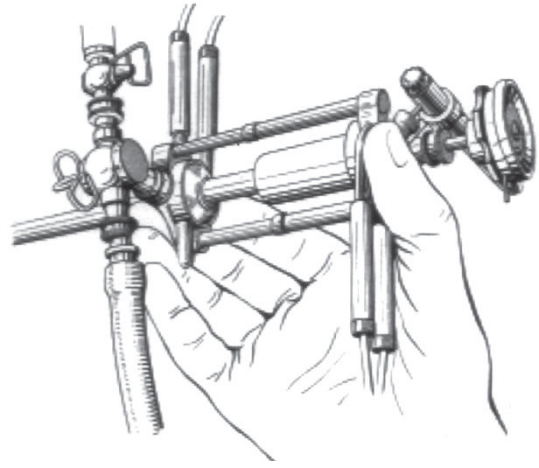


Abb. 1.4 Erstes Schlitteninstrument zur Resektion

Abb. 1.5 Elektroschneidegerät nach Staehler-Heywalt (Fa. Heynemann) in Arbeitsstellung mit angeschlossenen Kabeln für Strom- und Lichtleitung und angeschlossenen Schläuchen

wesentliche Rolle spielt bei diesen Instrumenten der »Schlitten« als Schlingenhalter, der durch Federzug bewegt wird. Im Gegensatz zum umständlich zu bedienenden Zahnradantrieb kann dieser Schlitten einhändig mit dem Mittel- und Zeigefinger oder Daumen bedient werden (Abb. 1.4, Abb. 1.5).

1.2 Aktives versus passives Instrument

Bei Nesbit wird der Transporteur der Schlinge gegen den Federzug mit Daumen und Zeigefinger aus dem Schaft ausgefahren, und unter Federzug schneidet die Schlinge das Gewebe ab (»*passives Instrument*«). Bei Baumrucker ist es genau umgekehrt. Durch eine Feder ist die Schlinge im Ruhezustand ausgefahren und liegt somit außerhalb des Schafts. Gegen den Federzug wird die Schlinge aktiv beim Schneiden in den Schaft eingezogen (»*aktives Instrument*«). Da keines der beiden Prinzipien – aktiver oder passiver Schnitt – entscheidende Vor- oder Nachteile aufweist, haben sich beide Techniken bis heute erhalten (Abb. 1.6). Es ist im Wesentlichen abhängig von der »Schule« des Operateurs, welches Instrument der Einzelne heute noch bevorzugt.

Beim aktiven Instrument ragt in Ruhestellung die Schlinge aus dem Schaft hervor. Dies stellt unter Umständen bei einer Fehlbedienung des Resektionsstroms eine Gefahrenquelle dar. Beim Einführen des Resektoskops durch die Harnröhre muss die Schlinge aktiv in den Schaft hineingezogen und gehalten werden.

1934 wurde von Usadel ein modifizierter Schaft als Dauerspülresektoskop entwickelt, über den ein Spülwasserzu- und -abfluss kontinuierlich möglich war. Er konnte sich aber wegen mangelnder Spülleistung zunächst nicht durchsetzen. 1947 führte Scott einen

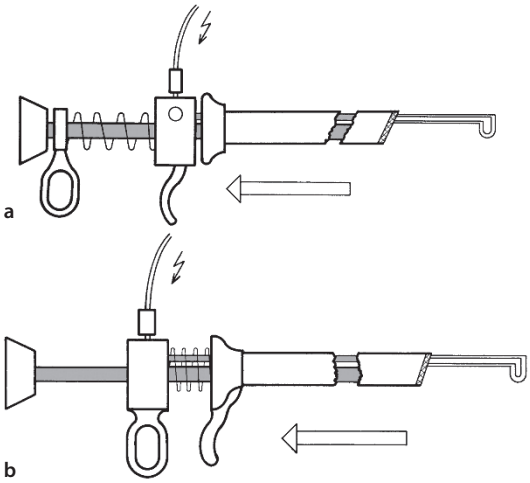


Abb. 1.6 Aktives und passives Instrument. **a** Aktives Instrument (Baumrucker): Durch eine Feder ist die Schlinge im Ruhezustand ausgefahren und wird aktiv – gegen den Federzug – in den Schaft eingezogen. **b** Passives Instrument (Nesbit): Der Schlingentransporteur wird gegen Federzug aus dem Schaft ausgefahren und passiv – mit dem Federzug – in den Schaft eingezogen

drehbaren Schaft ein, sodass nicht das gesamte Resektoskop, sondern nur der Schaft mit der Schlinge in die Resektionsposition gedreht wurde.

In Deutschland beschäftigten sich Hösl in Ulm und Mauermayer in München mit der TUR-Prostata und der Weiterentwicklung der Instrumente (Abb. 1.7) (Mauermayer 1983, Reuter 1963).

Das Instrument besteht heute aus einem gerade abgeschnittenen Metallschaft von 24–28 Charr (24 Charr bevorzugt vom Autor), einem Obturator, einer Optik (0°), einem Elektrotom und einer Schlingenelektrode. An der vesikalen Spitze des Metallschafts befindet sich ein Schaftabschluss aus nicht leitendem Material, z. B. Keramik, um einen Funkenüberschlag von der Schlinge auf den Metallschaft zu vermeiden. Ursprünglich war dieses Ende schnabelartig in einer Art Dachkonstruktion für die ausge-

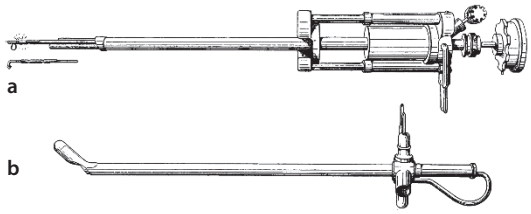


Abb. 1.7 Resektionsinstrument nach Mauermayer. **a** Elektrotom bestehend aus Optik, Resektionsschlinge und Glühlämpchen, **b** Schaft des Resektionsinstruments mit eingeführtem Mandrin

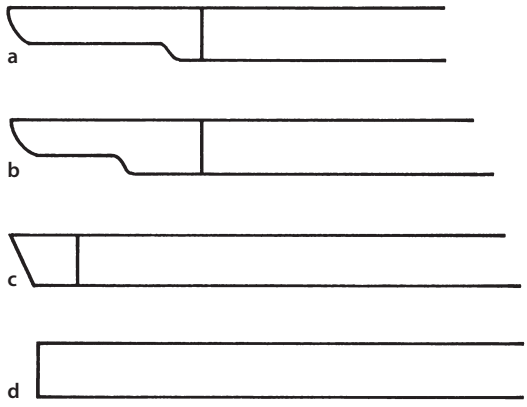


Abb. 1.8 Verschiedene Schaftenden. **a, b** für aktiven Schnitt, **c, d** leicht abgeschrägt bzw. gerades Ende für passive Schnitttechnik und 0°- oder 5°-Optik

fahrene Schlinge zum Schutz des ventralen Gewebes bei aktivem Schnitt ausgebildet. Bei der passiven Schnitttechnik ist ein gerader Schaft und eine 0°- oder 5°-Optik möglich (Abb. 1.8).

Tipps

Als Gleitmittel sollte bei elektrisch leitenden Metallschäften unbedingt elektrisch leitfähiges Gleitmittel benutzt werden, damit zwischen Resektionsschaft und Harnröhrenschleimhaut eine leitfähige Schicht entsteht.

Lediglich für die nicht mehr gebräuchlichen Teflonschäfte (hoher Stromfluss bei Beschädigungen der Isolierung) sind spezielle Gleitmittel notwendig, die auf dem wasserabweisenden Material haften.

Der Schaft wird zum Einführen in die Blase mit einem Obturator verschlossen, der das sonst hohlmeißelartige vordere Schaftende verschließt und durch eine abgerundete Form glättet. Verschiedene Obturatorformen sind in Gebrauch, glatt mit dem Schaft abschließend oder über das vordere Ende des Schaftes herausragend und dann abknickbar, um eine leichtere Passage des Schaftes im bulbären Harnröhrenanteil zu gewährleisten. Heute sollte allerdings ausschließlich ein Sichtobturator verwendet werden. Er rundet das vordere Schaftende ebenfalls ab, hat zentral allerdings eine Führung für eine 0°-Optik und einen Spülwasserkanal.

Elektrotome unterscheiden sich lediglich in der Form der Federelemente für den Schlingentransporteur, einmal als Blattfeder ausgebildet oder als in einen Bügel eingearbeitete Feder, wie sie heute bei den meisten Fabrikaten üblich ist. Ob das »aktive« oder »passive« Schnittverfahren angewendet wird, richtet sich nur nach der Vorspannungsrichtung der Feder (Abb. 1.9).

Die Schneideschlinge besteht aus Wolframdraht mit einer Dicke von 0,25–0,35 mm, je nach Verwendungszweck bei der Prostata- oder Blasenresektion. Spezielle Schlingenformen wie einfache Hakensonden aus Wolframdraht oder mit einem kleinen

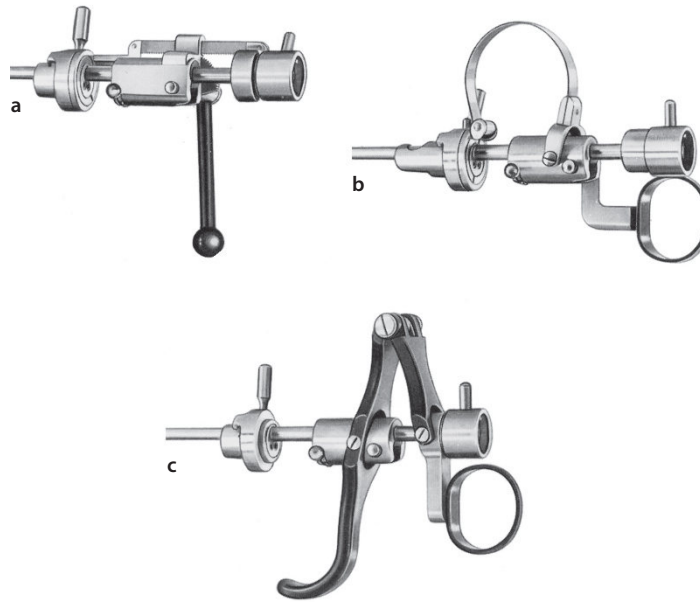


Abb. 1.9 Elektrotome. **a** Zahnradantrieb, **b** passives Instrument, **c** aktives Instrument

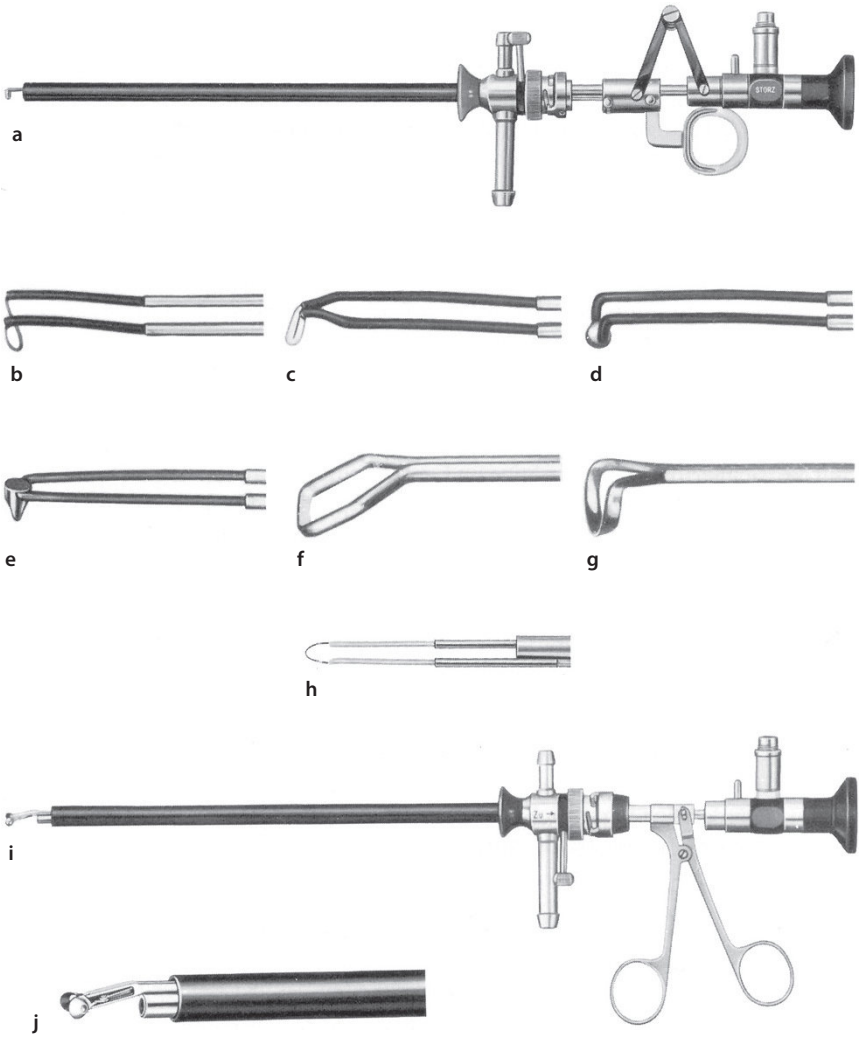


Abb. 1.10 Modernes Resektionsinstrument (**a**) mit verschiedenen Schlingenformen: **b** Resektionsschlinge, **c** Hakensonde, **d** Rollensonde, **e** Kerbsonde, **f** breite Schlinge, **g** breite Schlinge für TURP, **h** »Mähschlinge« für TURB an der Blasenhinterwand, **j** Biopsiezange

Metallblatt zur Gewebskerbung, kugel- oder walzenförmige Rollensonden, teils mit Noppen zur punktuellen Erhöhung des Stromflusses zur breiten Koagulation oder Vaporisation und auch Bandschlingen variabler Breite sind für spezielle Indikationen problemlos im Transporteur gegen die normalen Schlingen auswechselbar (Abb. 1.10).

Ein wesentlicher Fortschritt wurde anfangs der 1960er-Jahre mit der Verbesserung der Optiken durch das Stablinsensystem des englischen Physikers Hopkins erzielt. Diese erreichte ein sehr weites Blickfeld und ein klareres Bild (Fa. Storz). Gleiche Qualität erreichen die Lumina-Optiken von Wolf, die Cantaen-Optiken von Olympus und Microlens-Stablinsen von AMC (Abb. 1.11, Abb. 1.12) (Hartung 1995).

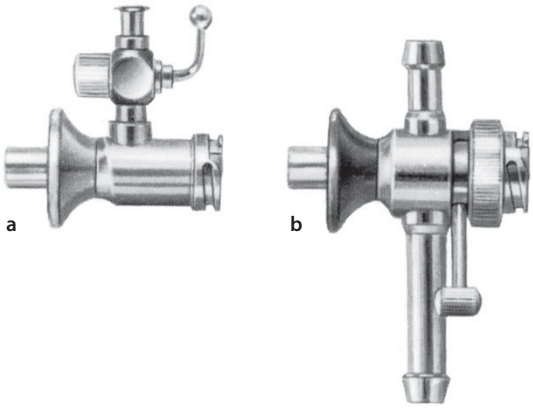


Abb. 1.11 Zu- und Ablaufsysteme. **a** Zulaufsystem, **b** Zentralhahn für Zu- und Ablauf zur Einhandbedienung

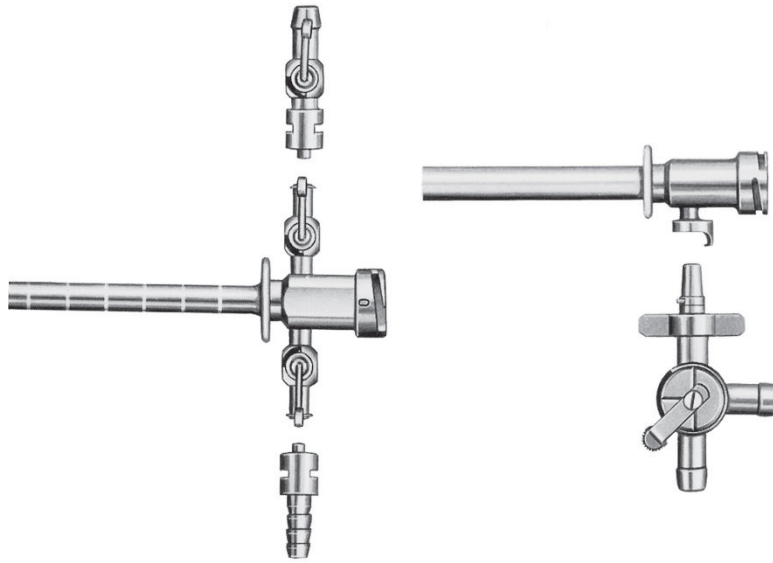


Abb. 1.12 Zu- und Ablauf mit zwei getrennten Hähnen, *rechts* Zentralhahn am Ablaufsystem

1.3 Hochdruck- versus Niederdruckresektion

Die Spülung der Blase erfolgt durch sog. Hochdruck- oder Niederdruckirrigation. Die Irrigation erfolgt mit einer Spülwasserhöhe von 60–70 cm über der Symphyse, d. h. etwa 60–70 cm H_2O. Bei der *Hochdruckirrigation* wird der Spülwasserzufluss mit zunehmender Blasenfüllung geringer, bis der hydrostatische Druck in der Blase dem des Zuflusses entspricht. Für den Operateur macht sich dies durch eine sich verschlechternde Sicht auf das Operationsgebiet bemerkbar. Intermittierend wird die Blase durch Entfernen des Elektrotoms entleert.

Spülwassereinschwemmungen über eröffnete Gefäße lassen sich so nicht immer sicher vermeiden, jedoch ist die Gefahr der Einschwemmung bei einem nicht bemerkten Überdruck nicht sehr hoch und kann von erfahrenen Operateuren vermieden werden. Das Risiko der Spülwassereinschwemmung kann durch Senkung der Irrigationshöhe (40–50 cm) verringert werden.

Eine *Niederdruckresektion* kann erreicht werden durch:

- ein Rückflussresektoskop nach Iglesias oder
- einen suprapubischen Trokar (Abb. 1.13)

Beim Rückflussresektoskop wird permanent Spülflüssigkeit über einen Schaftkanal in die Blase geleitet und durch einen größeren Rückflusskanal zurückgeführt (Iglesias de la Torre 1948).

Tipps

Während der apikalen Resektion ist jedoch darauf zu achten, dass der Rückfluss unterbrochen wird, da sonst nicht optimal parakollikulär und apikal reseziert werden kann, da das Gewebe angesaugt wird.

Druckmessungen ergaben für diese Methode einen zwar erniedrigten mittleren Blasendruck, der jedoch im Durchschnitt weiterhin deutlich über den Venendruck anstieg, insbesondere wenn die seitlichen Perforationen durch Anpressen an das ventrale Prostatagewebe verdeckt sind und Resektionsstücke das vordere Schaftende verstopfen. Ein weiterer Nachteil dieser Dauerspülresektoskope ist der Spülstrahl, der nach Austritt aus dem Iglesias-Reuter-Resektionsschaft sofort wieder aktiv durch diesen abgesaugt

Abb. 1.13 Suprapubische Trokarsysteme

Tab. 1.1 Vor- und Nachteile der Niederdruck- und der Hochdruckresektion

Vorteil	Nachteil
Niederdruckresektion	
Gerichteter Spülstrahl spült Resektionsstücke aus der Resektionshöhle in die Blase	Dicke suprapubische Fistel (Blutung, Peronealverletzung)
Geringe Einschwemmung	Blutung kann durch klare Sicht unterschätzt werden Rückspülresektoskop: – Verstopfen des Abflusses – schwierige apikale Resektion – Resektionsstücke bleiben in der Prostataloge liegen – Schaft 28 Charr
Hochdruckresektion	
Qualität der Blutstillung am Rückfluss beurteilbar	Höhere Gefahr der Einschwemmung (unerfahrener Operateur
Erkennung einer Sinuseröffnung am Rückfluss	Zeitverlust durch intermittierende Blasenentleerung

wird. Die Blase ist während der ganzen Resektion in der Regel kollabiert, und die abgeschnittenen Resektionsstücke bleiben in der Prostataloge liegen und stören den weiteren Resektionsvorgang.

Im Gegensatz zur intermittierenden Spülung und auch zum Dauerspülresektoskop nach Iglesias und Reuter ist die »Blasentrokarresektion« eine bessere »Niederdruckirrigation« mit konstant niedrigem Blasendruck bei mäßig entfalteter Blase und somit einer deutlich erniedrigten Gefahr der Einschwemmung. Die Resektion mit einer suprapubischen Fistel in Form eines Trokars ist die von den meisten Operateuren bevorzugte Spültechnik.

Die Vor- und Nachteile der Niederdruck- und der Hochdruckresektion zeigt Tab. 1.1.

Ein doppeltes Schaftrohr mit drehbarem Innenschaft (Faul 1994) hat den Vorteil einer geringeren Belastung der Harnröhre bei der Instrumentendrehung, nachteilig ist der dickere Schaft (28 Charr) bei gleichbleibender Reibung in der Harnröhre durch die axialen Schaftbewegungen bei der Resektion.

Eine querovale Schaftform (Marberger, Fa. Wolf) hat den Vorteil, dass eine wesentlich breitere Resektionsschlinge in einem Schneidevorgang mehr Material abtragen kann als die halbrunden Schlingenformen. Trotzdem konnte durch diese querovale Bauweise der Gesamtumfang des Schaftes gegenüber einem normalen Rundschaft, der eine gleich große Schlinge aufnehmen könnte, geringer gehalten und somit die Harnröhre geschont werden.

1.4 Breite Schlinge

Bei den Elektroden findet sich die Wiederentdeckung der von Mauermayer schon in den um 1970 verwendeten Rollen- bzw. Kugelsonden mit breiten Auflageflächen und hohen Stromstärken zur Koagulation bzw. Vaporisation und Bandschlinge. Eine konventionelle »runde« Drahtschlinge weist einen Durchmesser von 0,3 mm auf. Beim Schnitt von 2 cm/s beträgt die effektive Stromflussdauer 15 ms. Hiermit können nur kleine Gefäße verschlossen werden. Die Effektivität der Koagulation kann bei der Resektion jedoch vom Operateur durch Verlangsamen der Schneidegeschwindigkeit gesteigert werden. Wird ein flacher Schnitt geführt, so erfolgt der Volumenabtrag sowohl durch Vaporisation als auch durch Resektion. Bei einem tiefen Schnitt erfolgt weitgehend Resektion und kaum noch Vaporisation.

Bei der breiten Schlinge (0,3 mm dick, 1,2 mm breit) ergibt sich lateral eine bis zu 4-mal längere Stromflussdauer als bei der konventionellen Drahtschlinge. Wichtig ist, dass die Elektrode möglichst dünn ist (0,3 mm), da die Energie zur Vaporisation des Schnittspalts abhängig ist von der Stirnfläche der Schlinge und des von hier aus frontal in das Gewebe fließenden HF-Stroms. Die Koagulationseffekte hingegen sind abhängig von der Dauer des lateral in den Schnittspalt fließenden HF-Stroms und damit proportional zur Breite der Schlinge. Die Schlinge kann sowohl mit normaler Leistung (»auto-cut«: Spannungsregelung) als auch mit verstärkter Vaporisation (»high-cut«: Lichtbogenregelung) verwendet werden (Hartung 1995, Faul et al. 1997).

Hieraus ergibt sich, dass es für die Prostataresektion günstig ist, etwas dickere Resektionschlingen zu verwenden und diese langsam durch das Gewebe zu ziehen. Die Verwendung einer breiten Bandschlinge ist nicht notwendig. Für die Resektion in der Blase empfiehlt sich die Verwendung konventioneller 0,3-mm-Schlingen, da meist wenig Gewebeabtrag erforderlich ist.

Nach der ersten Entwicklung echter ablativer Resektionsinstrumente um 1920 und der Verbesserungen und Wiederentdeckungen zwischen 1960 und 1970 hat sich am grundlegenden Prinzip des McCarthy-Resektionsinstruments (1930) nichts Wesentliches verändert. Dauerspülung, Kugelsonden zur Vaporisation, Bandschlingen zur verbesserten Blutstillung wurden wieder »neu« entdeckt. Fortschritte in Bezug auf die intraoperative Blutstillung, Resektionsgeschwindigkeit und Senkung der Harnröhrenstrikturen wurden hauptsächlich durch Verbesserungen der Hochfrequenztechnik erzielt.

1.5 Bipolares Schneiden in NaCl-Lösung

Bipolares Schneiden verwendet das Prinzip zweier dicht hintereinanderliegender Schlingen, von denen die dünnere als Schneideschlinge und die dickere als »Neutralelektrode« dient. Der Strom fließt dabei nicht mehr über den Patientenkörper zu der in der Regel am Oberschenkel befestigten Neutralelektrode, sondern wird direkt über die zweite, dickere Schlinge abgeleitet. Aufgrund dieser dicht aneinander liegenden Schlingen ist es nicht notwendig, eine nicht leitende, elektrolytfreie Spülflüssigkeit zu verwenden (TUR-Einschwemmsyndrom).

Modifikationen der Schlinge zur Erhöhung der Resektionsgeschwindigkeit wurden entwickelt: Die zweite, dickere Schlinge ist nach außen zum Schaft hin gewandt und bremst dadurch den Schnitt der Schneideschlinge nur wenig (Fa. Storz). Bei einem ähnlichen Prinzip wird eine kugelförmige »Neutralelektrode« an den Zu- und Abführungsdrähten der Schlinge verwendet, die den Schnitt nicht beeinträchtigt (Olympus). Dabei kommt es zur Erzeugung einer Plasmaschicht um die Schlinge, die zum Schneiden ausreicht. Der Schnitt und die Koagulation in der Blase sind ausreichend. Bei der Prostataresektion ist im Vergleich zur konventionellen Hochfrequenzresektion nur eine sehr langsame Schnittgeschwindigkeit möglich (geringe Gewebsablation) (Korth W 1997).

Die inzwischen seit einigen Jahren kommerziell erhältlichen Resektionsinstrumente aller bekannten Instrumentenbauer haben noch keine weite Verbreitung gefunden, da die Vorteile der bipolaren Resektion sich in der klinischen Anwendung als nicht so bedeutend herausgestellt haben. Bei der Resektion von Blasentumoren ist die Gefahr der Reizung des N. obturatorius verringert, aber nicht ausgeschlossen. Das TUR-Syndrom lässt sich heute auch bei der monopolaren Resektion weitgehend vermeiden, und die Blutstillung ist gegenüber der monopolaren Resektion erschwert, da die Gefäßanschnitte sehr exakt koaguliert werden müssen. Eine flächige Blutstillung ist kaum durchführbar.

Als wesentlich preisgünstigere Alternative zur Laservaporisation wurden bipolare, großflächige Knopfsonden entwickelt, die das Gewebe analog zum Laserverfahren (Greenlight-Laser) durch Plasmavaporisation abtragen. Diese Methode hat sich auch in unserer Hand als sehr effektiv zur Gewebeabtragung herausgestellt. Inwieweit sie aber wie der Greenlight-Laser bei Patienten mit (medikamentenbedingten) Gerinnungsstörungen eingesetzt werden kann, ist noch nicht definitiv geklärt.

Auch eine Enukleationselektrode analog zur Prostataenukleation mit dem Holmium-Laser ist in Entwicklung, Anwendungsdaten stehen aber derzeit praktisch ausschließlich aus Veröffentlichungen aus China (Zhu et al. 2013, Liu 2010) zur Verfügung. In Deutschland wurden erste Ergebnisse mit einer bipolaren Enukleationselektrode von Wolff berichtet (Bach et al. 2016). Bereits 1983 veröffentlichte Hiraoka eine Methode zur Adenomenukleation mit einer monopolaren Elektrode (Hiraoka 1983), die von Storz auch in Deutschland angeboten wird (Hiraoka 2015). Alle diese Techniken sollen die Ergebnisse der teuren Holmiumenukleation mit günstigeren Materialien möglich machen. Wesentlich ist dabei die Enukleation des Adenoms mit der Spitze des Resektionsinstrumentes analog dem Finger, die Enukleationssonde dient im Wesentlichen der Durchtrennung einzelner Fasern und der Blutstillung. Auch bei der HoLEP dient die Enukleation mit der Instrumentenspitze wesentlich zur Beschleunigung der Operation (Kuntz 2010).

Allen bipolaren Verfahren ist gemeinsam, dass sehr hohe Stromenergien von 280–300 Watt über den Hochfrequenzgenerator zur Verfügung gestellt werden müssen. Über evtl. dabei entstehende Nebenwirkungen wie iatrogene Harnröhrenstrikturen wird man erst bei breiterer Anwendung in einigen Jahren eine Aussage treffen können.

Nach ca. 100 Jahren erweitern sich die Möglichkeiten der transurethralen Resektion der Prostata oder der Blase. Die Entwicklungen sind zum Teil noch experimentell. Grundsätzlich kann man sagen, dass die transurethrale Elektroresektion in ihren Variationen auch in der heutigen Zeit noch den Goldstandard der Operationsverfahren darstellt.

1.6 Punchlithotripter

Zur mechanischen Zerkleinerung von Blasensteinen findet der Steinpunch nach Mauermayer Verwendung. Er besteht aus einem verstärkten Außenschaft (24 Charr) und einem schneidenden Innenrohr, das in den Schaft zurückgezogen wird. Das vesikale Ende des Innenrohrs ist eingekerbt. Der Stein wird in die Aussparung des Innenrohrs gebracht, durch Zusammendrücken der Zange gegen den Außenschaft gedrückt und mechanisch zerkleinert.

Beim Einschieben der Innenzange ist darauf zu achten, dass die Zangengriffe geschlossen sind, da sonst der Innenschaft aus dem Außenschaft herausragt (Perforation der Blasenhinterwand)! Erst nach optischer Kontrolle wird in der *gefüllten Harnblase* die Zange geöffnet.

1.7 Phantome und künstliches Gewebe für transurethrale Operationen

Die Resektion der Prostata ist ein komplexes Verfahren, das große Geschicklichkeit und Erfahrung des Operateurs voraussetzt. Die transurethrale Resektion der Prostata (TURP) ist derzeit eine der am häufigsten durchgeführten endoskopischen Operationen. Eine TURP, insbesondere bei mittelgroßen bis großen Drüsen, ist eine schwierige Operation. Sie wird nicht von allen Urologen in ausreichendem Maße beherrscht und in Ausbildungskliniken gelehrt.

In der Chirurgie und Urologie gibt es Übungsphantome für laparaskopische und thorakoskopische Techniken, vergleichbar außerärztlichen Ausbildungsgängen (Flugtraining, Übung industrieller Arbeitsgänge). Die Video-TUR hat nicht nur die ergonomischen Bedingungen verbessert, sondern v. a. das Lehren und Lernen endoskopischer Eingriffe, durchgeführt – jedoch immer noch direkt am Patienten (Faul 1993).

Endourologische Modelle, wie Rinderherzen, Kuheuter, Leichenblasen, Modelliermasse oder das Ausresezieren eines Apfels, haben sich als Modelle nicht durchgesetzt. Angeboten werden verschiedene künstliche Übungsmodelle mit Gewebe aus Hydrogelen oder Viskoseschwämmen, die einer »Life-Situation« bereits erheblich näher kommen (Bücker et al. 1998, Sökeland et al. 1997).

Wichtig erscheint beim Erlernen der TUR, die verschiedenen diagnostischen und operativen Techniken nach dem Bildschirm zu erlernen und standardisierte Vorgehensweisen und eine Systematik sowohl in der Diagnostik als auch besonders bei der TURP einzuhalten. Nach dem *Erwerb von Grundmustern* wie Orientierung und Ausrichtung des Instruments und der *Übungsphase* mit Erlernen der Schnitt- und Koagulationstechniken ist die *Phase der Automatisierung* der Fertigkeiten entscheidend.

Literatur

Baumrucker GO (1943) Prostatic resection in vitro and in vivo. J Urol 49: 660

Iglesias de la Torre (1948) Modification of the resectoscope. J Urol 59: 890

Nesbit RM (1939) A modification of the SternMcCarthy resectoscope, permitting threedimensional perception during transurethral prostatectomy. J Urol 41: 646

Barnes RW (1959) Handbuch der Urologie, Endoskopie VI 152. Berlin Heidelberg New York: Springer

Mauermayer W (1983) Transurethrale Operationen. Berlin Heidelberg New York: Springer

Reuter HJ (1963) Atlas der urologischen Endoskopie. Stuttgart: Thieme

Hartung R (1995) Die BPH – ein altes Krankheitsbild neu betrachtet. Urologe A 34

Faul P, Farin G, Reich O (1997) Verbesserung der Hämostase bei der TUR-P durch eine modifizierte Resektionstechnik und Elektrode (Bandschlinge). Urologe B 37: 569–576

Korth W (1997) TUR-P: »Bipolare« Resektion mit intravesikaler Neutralelektrode. Urologe B 37: 577–581

Zhu L, Chen S, Yang S, Wu M, Ge R, Wu W, Liao L, Tan J. Electrosurgical enucleation versus bipolar thranurethral resection for prostates larger than 70 ml: a prospective, randomized trial with 5-year follow up. J. Urol. 2013 189(4): 1427-31

Liu C, Zheng S,Li H, Xu K. Transurethral enucleation and resection of prostate in patients with benign prostatic hyperplasia by plasmakineticsJ. Urol. 184,: 2440-2445

Bach T, Filippow N, Juerss A, Shabayev A. BipoVEP - Bipolar Vapoenucleation of the prostate. Step-by-step video and early outcome. Abstract AUA 2016

Hiraoka Y. A. A new method of prostatectomy, transurethral detachmentand resection of benign prostatic hyperplasia, Nihon Ika Daigaku Zasshi, 1983:50(6): 896-898

Hiraoka Y. Prostate enucleation electrode and transurethral enucleation of the prostate along the false capsule, 2015 Endo Press, 6-19

Kuntz R (2010) persönliche Mitteilung
Mauermayer W, Hartung R (1976) Der Stein-Punch, ein neues Prinzip zur Sichtlithotripsie. Urologe A 15: 164
Faul P (1993) Video TUR: Raising the golden standard. New aspects, techniques and tendencies to minimize invasiveness. Eur Urol 24: 256–261
Bücker M, Luttmann A, Möbius C, Sökeland J (1998) Künstliches Gewebe zum Training an Ausbildungssimulatoren. Urologie B 38: 551–552
Sökeland J, Luttmann A, Farin G, Seidel-Fabian B (1997) Zur Entwicklung von Phantomen für transurethrale Operationen. Urologe B 37: 582–587

Videoendoskopie

J. Braun

2.1 Historische Entwicklung – 14

2.2 Videoübertragung – 14

2.3 Ergonomie – 17

Literatur – 18

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_2

2

2.1 Historische Entwicklung

Endoskopische Operationen waren früher – um mit den Worten des Instrumentenbauers Heynemann zu sprechen – eine »einäugige Kunst ohne Zeugen« und schwierig, fast nur autodidaktisch zu erlernen. Starre Mitbeobachtungsoptiken, wie sie bereits anfangs des letzten Jahrhunderts entwickelt und um 1940 verbessert wurden, waren bei einer Zystoskopie noch tolerabel, bei dem dynamischen Vorgang einer transurethralen Operation der Blase oder Prostata jedoch nicht verwendbar. Erst flexible Glasfaserspionoptiken, entwickelt zwischen 1963 und 1965, erlaubten es einem einzelnen Mitbeobachter, die Operation live zu verfolgen (Abb. 2.1, Abb. 2.2).

Vorteil einer solchen flexiblen Glasfaseroptik war das geringe Gewicht und die fast uneingeschränkte Beweglichkeit des Operateurs. Nachteilig war, dass der Bildteiler im Okular einen großen Teil des Lichts umlenkte, sodass die Beobachtung des Operationsfeldes für den Operateur erheblich erschwert und der Bildausschnitt verkleinert war. Der Lichtverlust war in den damals noch sehr grobfaserigen Lichtbündeln hoch, sodass auch der Mitbeobachter nur ein relativ dunkles und wenig differenziertes Bild hatte. Die Mitbeobachtung einer kompletten Resektion war somit kaum zu verantworten.

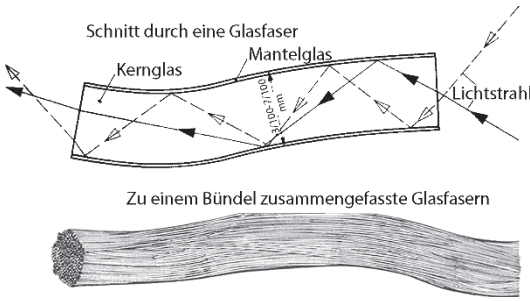


Abb. 2.1 Schnittbild der Glasfaserübertragung

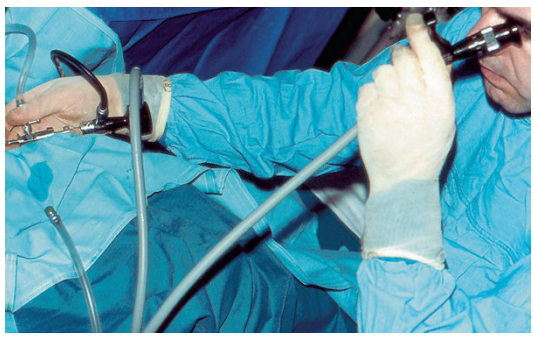


Abb. 2.2 Glasfaserspion

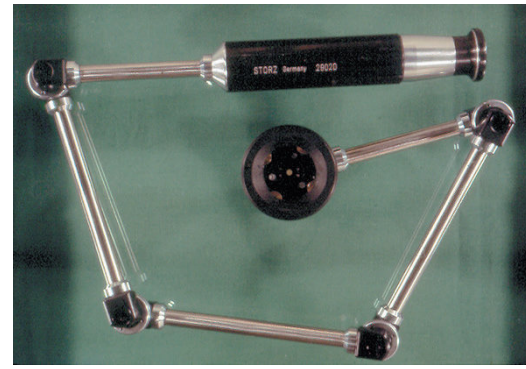


Abb. 2.3 Hopkins-Gliederoptik

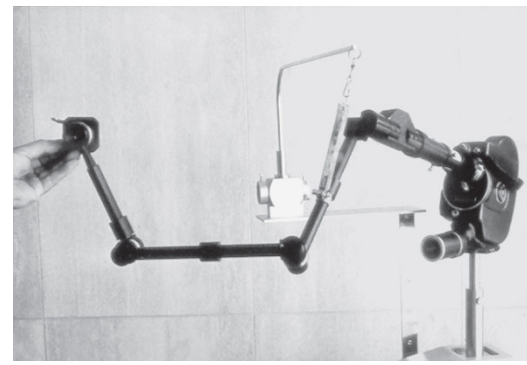


Abb. 2.4 Haltearm mit Federzug

Ein wesentlich schärferes und klareres Bild ermöglichte die von Wittmoser und Storz Ende 1960 entwickelte sog. Gliederoptik, ein 4- oder 5-teiliges System aus starren, mit Prismengelenken verbundenen Hopkins-Staboptiken (Abb. 2.3, Abb. 2.4).

Großer Nachteil dieses Beobachtungsinstruments war einerseits das Gewicht, andererseits die frei beweglichen Gelenke, die durch die Bewegung des Operateurs zu einem sich drehenden Bild für den Beobachter führten. Dieser hatte somit nur schwer einen korrekten Eindruck der Position der Resektionsschlinge im Operationsfeld. Trotzdem war mit diesen beiden Geräten – der flexiblen Glasfaserspionoptik oder der Gliederoptik – ein erster Schritt getan, die endoskopische Operation für einen Mitbeobachter dynamisch sichtbar zu machen.

2.2 Videoübertragung

Für eine Übertragung endoskopischer Operationen vor vielen Zuschauern wurde eine Fernsehkamera an das Resektoskop angeschlossen und das Bild auf

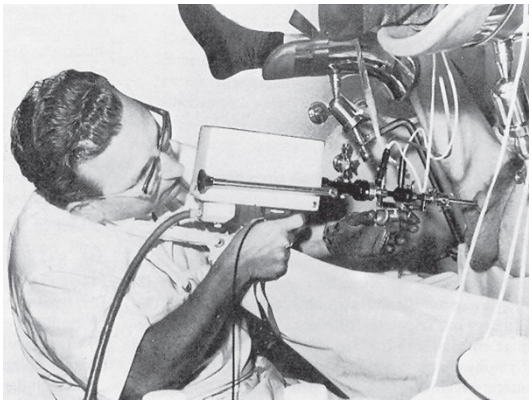


Abb. 2.5 Prof. Dr. Reuter mit Schwarz-Weiß-Kamera der Fa. Siemens (Reuter 1984 , mit freundlicher Genehmigung des Thieme Verlages)

einen Monitor übertragen. Dies gelang bei einer Zystoskopie erstmalig 1957, und zwar Dichart als Schwarz-Weiß-Bild- und Jompitre als Farbbilddarstellung.

Die Übertragung einer Prostataresektion auf Monitore in einen Hörsaal führte 1964 Reuter erstmalig in Stuttgart durch. Dabei war eine 2 kg schwere, auch in der Größe unhandliche Kamera der Fa. Siemens über Zusatzoptiken direkt starr mit dem Resektoskop verbunden. Eine Belichtungsautomatik verhinderte Überblendungen, die durch die stark variierenden Abstände zwischen Resektionsoptik und Gewebe in Harnröhre, Prostata oder Blasenbereich gegeben sind. Allein durch das Gewicht und die Größe dieser Ausrüstung war die Übertragung auf einzelne Ereignisse beschränkt, da der Operateur bei der Resektion durch das Equipment stark in seiner Beweglichkeit eingeschränkt war (Abb. 2.5).

Von diesem Stand der Technik ausgehend befassten sich Prof. Mauermayer und Mitarbeiter seit 1973 damit, transurethrale Operationen live zu übertragen. Die Fernsehtechnik ermöglichte sowohl eine Liveübertragung als auch eine kostengünstige Aufzeichnung der Operation mit einem Videorekorder.

In Zusammenarbeit mit der Fa. Lemke wurde ein Videoaufzeichnungs- und Übertragungssystem entwickelt, das leicht und mit dem Standardinstrumentarium verwendbar war und eine Aufzeichnungsmöglichkeit bot.

Eine Fernsehkamera, die semiprofessioneller Qualität in Bildschärfe und Auflösung entsprach, wurde vom Resektionsinstrument abgekoppelt. Eine große Philipps-3-Röhren-Studiofarbkamera wurde über eine Hopkins-Gliederoptik und einen Zwischenadapter an das Resektoskop angeschlossen. Die

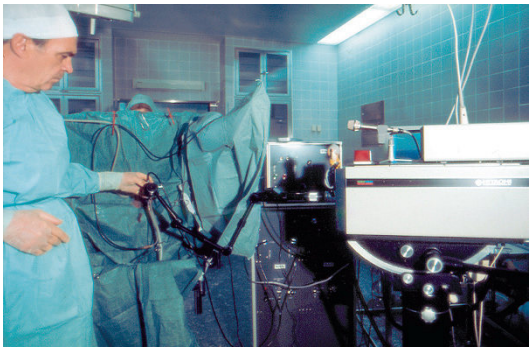


Abb. 2.6 Studiokamera mit Gliederoptik

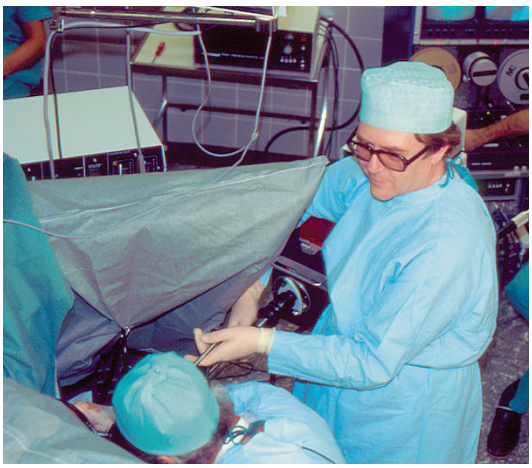


Abb. 2.7 Nachführen der Gliederoptik

Lichtzufuhr wurde durch ein Zwillingsglasfaserlichtkabel erhöht, das an 2 starke Quecksilberdampflampen als Kaltlichtquellen angeschlossen wurde. Eine Zoomoptik der Kamera mit einer Brennweite zwischen 70 und 140 mm erlaubte eine optimale Wiedergabe und lineare Vergrößerung des Operationsfeldes (Abb. 2.6, Abb. 2.7).

Um den größten Nachteil der Gliederoptik – das sich drehende Bild – auszugleichen, musste ein erfahrener Mitarbeiter immer die Lage des Resektionsinstruments beobachten und an einem drehbaren Ausgleichselement der Gliederoptik das Monitorbild an die reale Lage des Resektionsinstruments angleichen (Abb. 2.6, Abb. 2.7).

Die Aufzeichnungs- und Verstärkereinheit mit einem 1-Zoll-Videorekorder, Taktgeber, Kamerakontrolleinheit und Mischpult erlaubte den Anschluss von bis zu 6 weiteren Kameras. Es wurde daher eine zusätzliche externe Kamera genutzt, um das Umfeld, die Instrumente und die Bewegungen des Operateurs aufzuzeichnen. Das Bild konnte dann in das endos-

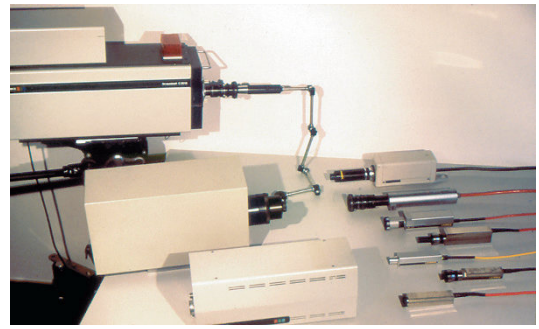
kopische Monitorbild eingeblendet oder überblendet werden. Die gesamte Kamera-Übertragungs-Einheit war fahrbar, jedoch unförmig groß. Allein die Kaltlichtquelle mit den doppelten Lichtauslässen hatte die Größe und das Gewicht eines Kühlschranks (Hartung und Tammen 1978, Mauermayer 1980, Matouschek 1980).

Mit diesem Stand der Technik begann eine Unterrichtung der Assistenzärzte in endoskopischen Techniken. Mit der Übertragungstechnik in einen Hörsaal und Gegensprechmöglichkeit begannen durch Mauermayer Fortbildungsveranstaltungen in Endourologie.

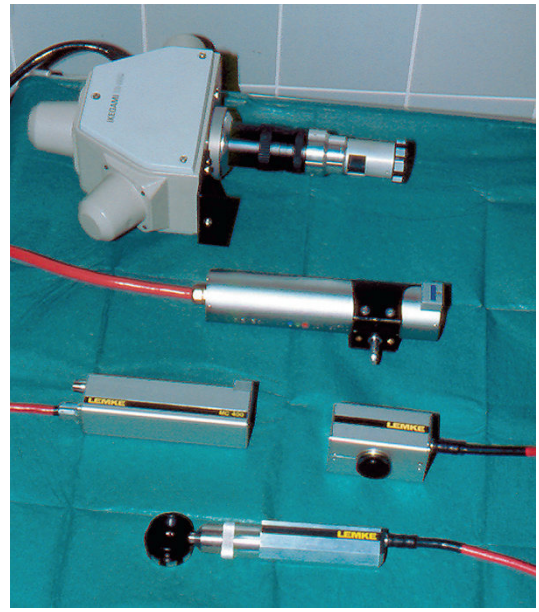
In der weiteren Entwicklung erfolgte eine Verkleinerung der 3-Röhren-Studiokamera. 1-Zoll-1-Röhren-Kameras führten dazu, dass die Kameras durch Gewichtsreduktion handlich wurden, sodass sie direkt auf das Resektoskop aufgesetzt werden konnten. Anfangs wurde dabei das Gewicht noch über Federzüge, die am Operationstisch befestigt waren, aufgefangen. ACMI brachte 1975 die erste »handliche« Endokamera mit einem Durchmesser von 5 cm, einer Länge von 20 cm und einem Gewicht von 450 g auf den Markt (◘ Abb. 2.8, ◘ Abb. 2.9) (Braun et al. 1981, Pongratz 1984).

Die zunehmende Verbesserung der Lichtempfindlichkeit der Röhrenkameras auf unter 100 Lux erlaubte eine Verkleinerung der Kaltlichtquellen. Die elektronische Steuerung der Lichtintensität der Kaltlichtquellen in Verbindung mit schnellen Kamerablenden verbesserte die Bildqualität weiter.

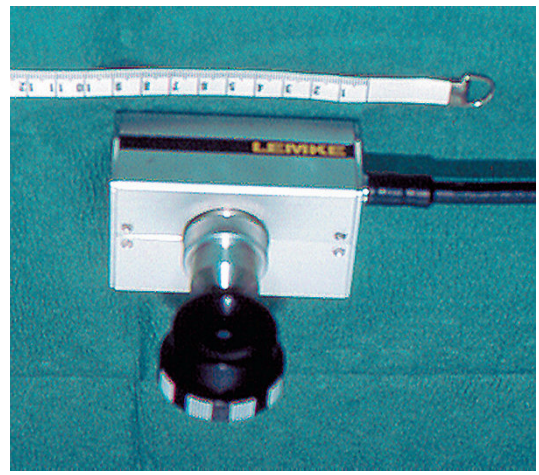
Mit Entwicklung von ½-Zoll- bzw. ⅓-Zoll-Saticon- und -Newiconröhren, die die bis dahin gebräuchlichen Vidiconröhren ablösten, die zwar eine gute Auflösung, aber eine nur geringe Lichtempfindlichkeit besaßen, begann eine neue Ära der Miniaturisierung der Endokameras. Endpunkt dieser Kameratechnik war 1983 eine ½-Zoll-Newicon-Röhrenkamera mit den Maßen $3 \times 3 \times 20$ cm inklusive der Beobachtungsoptik, die mit einem Gewicht von 170 g letztlich nur noch die Hälfte der früher verwendeten Gliederoptik wog. Die Miniaturisierung konnte auch dadurch erreicht werden, dass die gesamte Bildverarbeitungselektronik aus dem Kameragehäuse ausgelagert und in die Monitoreinheit integriert wurde. Das Verbindungskabel, das die Kamerasignale zum Monitor übertrug, wurde von ursprünglich 3 cm Durchmesser – dies entspricht der Größe der heute verwendeten Kameras! – auf 5 mm verkleinert (◘ Abb. 2.10, ◘ Abb. 2.11 und ◘ Abb. 2.12) (Braun et al. 1984, Blandy und Fowler 1984, Nouira et al. 2002).



◘ **Abb. 2.8** Kameraminiaturisierung



◘ **Abb. 2.9** Miniaturisierung: Lemke-Kameras



◘ **Abb. 2.10** Erste Lemke-Chipkamera

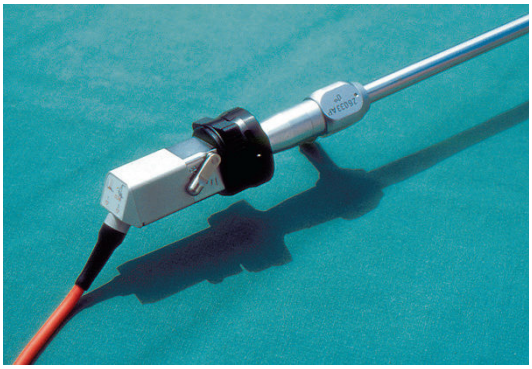


Abb. 2.11 Chipkamera mit Zoomobjektiv

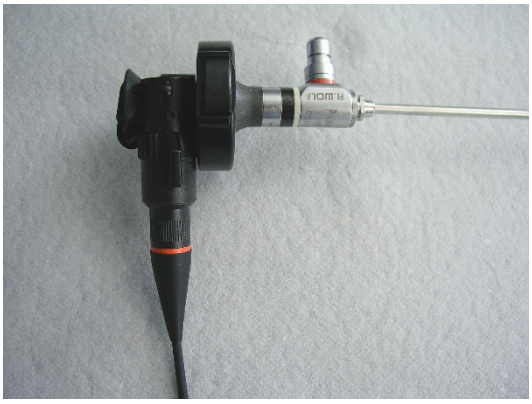


Abb. 2.12 Minikamera

Meilenstein in der Entwicklung der Endovideokamera war seit 1983 jedoch der Wechsel von Farbvideoröhren auf Farbvideomikrochipkameras. Ein daumennagelgroßer CMOS-Chip (CMOS = »complementary metal oxide semiconductor«) konnte die gesamte Farbbildaufnahme und -übertragung bewältigen. Chipkameras sind wesentlich weniger störanfällig gegen Strahlungen des Hochfrequenzstroms aus dem Stromkabel, das wie eine Antenne wirkt. Nachteilig gegenüber der Röhrenkamera waren die deutlich geringere Bildauflösung und die schlechte Lichtempfindlichkeit mit einer Helligkeit im Resektionsgebiet von Minimum 100 Lux. Um eine gefüllte Blase auszuleuchten, bedurfte es Lichtstärken bis zu 2.000 Lux. Dies konnte durch Verbesserung der Chiptechnologie ausgeglichen werden. Heute weisen Chips eine so hohe Lichtempfindlichkeit auf, dass eine 250-W-Halogenkaltlichtquelle ausreicht, das gesamte Operationsgebiet auch bei gefüllter Harnblase vollständig auszuleuchten.

Weitere Verbesserungen betrafen nur noch Details des Umlenkspiegels des Resektionsokulars und die Miniaturisierung der Kameraeinheit selbst. Diese »schrumpfte« letztlich bis heute so, dass sie als etwa 45 g schweres »Anhängsel« einschließlich des Winkelokulars für den Operateur nicht mehr störend ist.

Spätestens zu diesem Zeitpunkt wandelte sich die Videoendoskopie vom Ausbildungs- und Lehrverfahren zur individuellen Operationstechnik der Videoendoskopie (Faul 1993).

2.3 Ergonomie

Bei endoskopischen Operationen besteht ein Problem in der korrekten Einschätzung der räumlichen Tiefe. Beidäugiges dreidimensionales Sehen wird durch einäugige Direktsicht oder zweidimensionale Videosicht ersetzt. Bewegungsausführung und endoskopische Handhabung können somit diskrepant sein.

Bei der Direktsicht sieht der Operateur immer dorthin, wo er gerade arbeitet. Bei Videosicht ist es schwieriger, eine räumliche Vorstellung vom Operationsgebiet zu entwickeln, da die visuelle Rückmeldung der durchgeführten Bewegung an anderer Stelle erfolgt als die eigentliche Bewegungsausführung. Dies kann zu Problemen bei der Augen-Hand-Koordination führen (mentale Transformation). Diese Transformationen sind abhängig von der Einführtiefe des Endoskops und steuern die Informationsverarbeitung zwischen der Bewegung der Hand und der Endoskopspitze.

Trotzdem bietet das Erlernen der Videoendoskopie im Rahmen der Ausbildung erhebliche Vorteile: Nicht nur aus Gründen der Schonung der Wirbelsäule, dem Schutz des Gesichts des Operatuers vor Blutkontakt (HIV, Hepatitis), sondern auch wegen der klaren, stark vergrößerten und detailreichen Bilddarstellung und damit verbesserter operativer Präzision gehen heute auch viele erfahrene Endoskopiker zur routinemäßigen Videoendoskopie über.

Für die Bevorzugung der Videotechnik spricht auch die visumotorische Seitenbevorzugung. 20 % aller Urologen erwiesen sich als linkshändig, ca. 17 % als links- oder beidfüßig, lediglich 4 % als linksäugig. Die Seitenbevorzugung war bei 69 % kongruent (Auge, Hand und Fuß links oder rechts). Lediglich Chirurgen mit kongruenter Linksbetonung bevorzugen die Direktsicht, während rechtskongruente sowie inkongruente Urologen die Videoendoskopie bevorzugen und nur rechtskongruente Personen mit Direkt- oder Videoendoskopie arbeiten können.

Der Verzicht auf die Direkteinsicht ermöglicht außerdem auch bei schwer zu lagernden Patienten,

z. B. Patienten mit spastischen Lähmungen, Endoprothesen oder Arthrosen, einen sicheren endoskopischen Zugangsweg, da damit nicht mehr zwingend eine Steinschnittlage erforderlich ist und der Operateur nicht mehr unbedingt zwischen den Beinen, sondern auch seitlich vom Patienten stehend agieren kann.

Aufrechtes Sitzen während der Operation führt beim Operateur zu deutlich geringeren Ermüdungserscheinungen. So konnte elektromyografisch nachgewiesen werden, dass die Ermüdung des M. trapezius von 80 % auf 42 % nach Redesign des Arbeitsplatzes mit Videoendoskopie gesenkt werden konnte (Luttmann et al. 1998, Arnold-Schulz-Gahmen et al. 1998).

Sieht man von der Verwendung als Operationsendoskop, z. B. als Resektoskop, ab, gibt es heute auch flexible dünne Zystoskope, bei denen der bilderfassende Chip nicht mehr am Okular, sondern miniaturisiert an der Spitze des Videoendoskops sitzt. Vorteil eines solchen Endoskopiesystems ist, dass statt relativ voluminöser Glasfaserbündel zur Bildübertragung nur dünnkalibrige Drähte vom Chip in der Instrumentenspitze zur Übertragungseinheit führen müssen. Das störende Moiréemuster der Glasfaserbündel entfällt und der Querschnitt des Endoskops kann für einen besseren, dickeren Glasfaserlichtleiter und für einen größeren oder mehrere Arbeitskanäle verwendet werden.

Auch die Bilddarstellung wandelte sich dahingehend, dass die digitale Bilderzeugung, die bis ins Jahr 2000 in ein analoges Signal für den Monitor und die Bandaufzeichnung umgewandelt werden musste, bei den modernsten Kamera-Wiedergabe-Einheiten ein rein digitales Bild erzeugt und wiedergibt. Damit kann ein praktisch verlustfreies Signal verarbeitet, digital auf Speicherchips oder Festplatte gespeichert und über ein Glasfasernetz oder Funk als Bild ausgegeben werden (Telemedizin).

Die rasant fortschreitende Weiterentwicklung der digitalen Bildtechnik sorgt inzwischen für extrem hochauflösende Bilder (»high definition television«, HDTV), die auch durch die Möglichkeiten der digitalen Bildverarbeitung in Echtzeit zur verbesserten Darstellung operationswichtiger Details durch Kantenanhebung, verbesserte Darstellung von Kapillargefäßen und Schleimhautoberflächen durch Narrow Band Imaging (NBI) die Sicherheit der Eingriffe deutlich verbessert hat.

In den Hintergrund getreten ist in letzter Zeit allerdings wieder die (Pseudo-)3-D-Technik, bei der mithilfe zweier zeitversetzter und leicht in der Parallaxe verschobener Bilder mit einer Shutterbrille ein räumlicher Eindruck des Operationsfeldes vermittelt wurde.

Aus der »einäugigen Kunst ohne Zeugen« ist somit innerhalb von 40 Jahren ein Operationsverfahren geworden, das mehr Einblicknahme in das Operationsfeld gestattet als die meisten »offen-chirurgischen« Operationen.

Literatur

Reuter HJ (1984) Atlas der urologischen Endoskopie, Bd 1. Stuttgart: Thieme

Hartung R, Tammen H (1978) Teaching attechments bei der TUR. Verhandlungsberichte Deutsche Gesellschaft für Urologie, 30. Tagung. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, S 489–490

Mauermayer W (1980) Lernen und Lehren transurethraler Operationen. Urologe B 20: 129–131

Matouschek E (1980) Video-Technik in der Urologie. Verhandlungsberichte Deutsche Gesellschaft für Urologie, 31. Tagung. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, S 519

Braun J, Mauermayer W, Hartung R (1981) Fernsehen in der urologischen Ausbildung. Acta Mediotech 29: 252–253

Pongratz G (1984) The application of Color-CCTV cameras in urological endoscopy. Endourology. Steinbrück, S 362–363

Braun J, Mauermayer W, Schütz W, Hofmann R (1984) A light-sensitive, miniature TV-Camera, progress in teaching TUR. Endourology. Steinbrück, S 363–364

Blandy J.P, Fowler C.G (1984) Endoscopic television as a method of teaching endoscopic urological operations. Endourology. Steinbrück, S 365–366

Nouira Y, Kbaier I, Attyaoui F, Horchani A (2002) How did the endoscopic video camera change our practice in transurethral resection of the prostate? A retrospective study of 200 cases. J Endourol 16 (10): 763–765

Faul P (1993) Video TUR: Raising the golden standard. New aspects, techniques and tendencies to minimize invasiveness. Eur Urol 24: 256–261

Luttmann A, Sökeland J, Laurig W (1998) Muscular strain and fatigue among urologists durch transurethral resections using direct and monitor endoscopy Eur Urol 34: 6–14

Arnold-Schulz-Gahmen BE, Ehrenstein WH, Schweingruber T et al. (1998) Laterality of eye, ear, hand and foot: distribution and implications for sensory-motor performance. Eur J Physiol 435: 228

Physik und Technik der Hochfrequenzchirurgie

K. Fastenmeier

3.1 Einleitung – 20

3.2 Schneiden mit Hochfrequenzstrom – 20

3.2.1 Hochfrequenzstromkreis bei monopolarer Operationsanordnung – 20

3.2.2 Maßnahmen zur Vermeidung von gefährlichen Stromkonzentrationen – 21

3.2.3 Physikalische Vorgänge an der Schneidelektrode beim Schneiden – 23

3.3 Steuerung und Regelung der physikalischen Wirkung des Hochfrequenzstroms – 24

3.3.1 Zeitliche Modulation des Hochfrequenzstroms – 24

3.3.2 Regelung des Hochfrequenzstroms – 25

3.4 Entwicklungstendenzen bei der Hochfrequenzchirurgie – 25

3.4.1 Vaporisation der Prostata – 25

3.4.2 Bipolare Operationsanordnungen – 26

Literatur – 26

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_3

3.1 Einleitung

Die hochfrequenzchirurgischen Methoden werden seit vielen Jahrzehnten erfolgreich angewandt. Sie waren ein wichtiger Baustein zur Entwicklung der endoskopischen Operationstechniken in der Urologie. Die Erfahrung zeigt, dass die von den hochfrequenten Strömen ausgehenden Gefahren gering sind, solange die hochfrequenztechnischen Methoden mit einem Mindestmaß an Vorsicht und Verständnis angewandt werden. Dazu ist es allerdings unerlässlich, dass der Anwender die grundlegenden physikalischen Vorgänge und die möglichen Gefährdungen kennt und mit den Möglichkeiten und Grenzen der jeweils benutzten Techniken vertraut ist.

3.2 Schneiden mit Hochfrequenzstrom

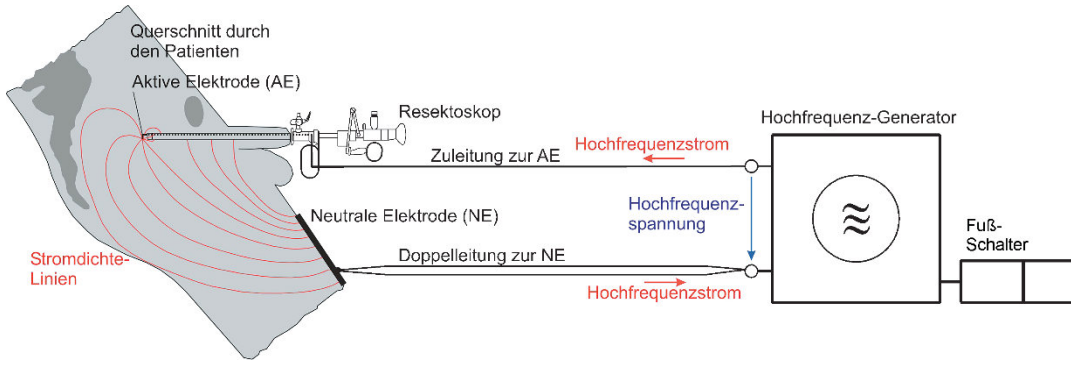
Die Grundlage der Hochfrequenzchirurgie ist die von Nernst um 1900 entdeckte Gesetzmäßigkeit (Nernst 1908), dass die von einem Strom ausgehenden Reizwirkungen auf stromdurchflossenes Körpergewebe umso geringer sind, je höher die Frequenz des Stroms ist (◘ Abb. 3.3). Bei Frequenzen über 100.000 Hz (100 kHz) können durch einen Körper Ströme von mehreren Ampère geleitet werden, ohne dass die unter dem Begriff elektrischer Schlag zusammengefassten Effekte von Muskel- und Nervenreizungen auftreten. Was bleibt, ist die Wärmewirkung des fließenden elektrischen Stroms, die in der HF-Chirurgie zum Schneiden und Koagulieren genutzt wird.

In der Urologie wurde in der Vergangenheit, wenn mit Hochfrequenzstrom geschnitten wurde, ausschließlich die sog. monopolare Operationsanordnung benutzt. Deshalb werden die in der Hochfrequenzchirurgie auftretenden physikalisch und elektrotechnisch relevanten Effekte zunächst anhand dieser monoplaren Operationsanordnung vorgestellt und daraus die wichtigsten Vorsichtsmaßnahmen abgeleitet, die zu beachten sind, um die Gefährdungen für Patient und Arzt zu minimieren.

3.2.1 Hochfrequenzstromkreis bei monopolarer Operationsanordnung

◘ Abb. 3.1 zeigt schematisch den grundsätzlichen elektrischen Stromkreis bei der monopolaren Operationsanordnung. Dieser Begriff ist aus elektrotechnischer Sicht eigentlich falsch. Der HF-Chirurgiegenerator ist immer über 2 Elektroden mit dem Patienten in Verbindung. Allerdings soll nur an einer dieser Elektroden, der aktiven Elektrode, ein merklicher physikalischer Effekt auftreten. An der zweiten Elektrode, die meist außen am Patienten angebracht ist, soll dagegen keine erkennbare Wirkung auftreten. Sie wird deshalb neutrale Elektrode genannt.

Wird nun über den Fußschalter der Generator aktiviert, so stellt er an seinem Ausgang eine elektrische Spannung zur Verfügung. Diese treibt dann, wenn die aktive Elektrode das Gewebe am Operationsort berührt, einen Hochfrequenzstrom durch den Patienten. Der Patient ist somit ein wesentlicher Teil des elektrischen Stromkreises. Spannung und Strom sind beim Schneiden, wie das Oszillogramm von ◘ Abb. 3.2 beispielhaft zeigt, in der Regel annähernd sinusförmig und müssen laut deutschen und internationalen Vorschriften mehr als 300.000 Perioden pro Sekunde besitzen, die Frequenz des Hochfrequenzstroms muss also über 300 kHz betragen. Damit ist die von Nernst entdeckte Regel erfüllt,



◘ **Abb. 3.1** Prinzipschaltbild des Hochfrequenzstromkreises bei »monopolarer Operationsanordnung«

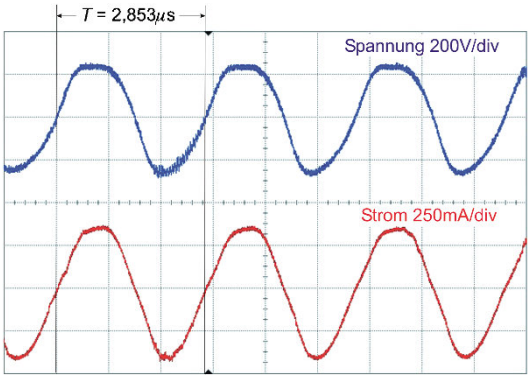


Abb. 3.2 Typischer Zeitverlauf von Hochfrequenzspannung und -strom zum Schneiden in der HF-Chirurgie (Frequenz f = 1/Periodendauer = 1/2,853 µs = 350 kHz)

und der Strom verursacht nur eine Erwärmung des Gewebes ohne Muskelstimulation.

Die Wärmewirkung im Gewebe ist dabei davon abhängig, wie viel Strom pro Flächeneinheit fließt; diese Größe wird Stromdichte genannt. An der aktiven Elektrode mit ihrer kleinen Oberfläche ist die Stromdichte groß, dort tritt die stärkste Erhitzung auf. Dann verteilt sich der Strom im Gewebe auf einen größeren Bereich auf. Im Idealfall ist die Stromdichte im gesamten übrigen Bereich des Körpers so gering, dass die dort auftretende Wärme vernachlässigt werden kann. Einige Vorsichtsmaßnahmen müssen beachtet werden, sodass Stromkonzentrationen außerhalb des Operationsbereichs mit der Gefahr von Verbrennungen vermieden werden.

3.2.2 Maßnahmen zur Vermeidung von gefährlichen Stromkonzentrationen

Kein Arbeiten an kleinvolumigen Körperteilen

Bei Schnitten an Gewebeteilen, die vom Rest des Körpers isoliert sind, wie z. B. bei Schnitten im vorderen Bereich des Penis, kann sich der Strom nicht sofort zu hinreichend niedrigen Werten verteilen. Dann können größere Bereiche mit konstant hoher Stromdichte durchflossen und damit thermisch verändert werden.

Das Arbeiten an kleinvolumigen Körperteilen ist unbedingt zu vermeiden.

Guter elektrischer Kontakt der neutralen Elektrode

Ansonsten ist die wichtigste Maßnahme, die neutrale Elektrode großflächig und elektrisch gut leitend am Patienten anzubringen. Das vermeidet zunächst Verbrennungen beim Übergang des Stroms vom Patienten zur neutralen Elektrode.

Um den Bereich im Patienten, der vom Strom durchflossen wird, möglichst gering zu halten, sollte die neutrale Elektrode möglichst nahe am Operationsort körperabwärts angebracht werden. Dies gilt insbesondere für Patienten mit Herzschrittmacher, bei denen ein Stromfluss Richtung Herz unbedingt vermieden werden soll.

Unter der neutralen Elektrode muss eine hinreichend dicke Schicht gut durchbluteten Gewebes vorhanden sein. Ideal bei Operationen im Bereich von Harnröhre und Blase ist der Oberschenkel. Ein Anbringen der neutralen Elektrode am Gesäß ist auch möglich. Es muss grundsätzlich aber sichergestellt werden, dass sich die Auflagefläche der neutralen Elektrode während der Operation durch Bewegungen des Patienten nicht verringert. Ein bloßes Auflegen des Patienten auf die neutrale Elektrode genügt nicht. Die Elektrode muss entweder mit einem Gummiband fixiert werden, oder es muss eine selbstklebende Elektrode verwendet werden.

Es ist sicherzustellen, dass keine sonstigen Gegenstände wie Tücher zwischen neutraler Elektrode und der Haut des Patienten die großflächige Auflage verhindern. Stark behaarte Stellen sind vorher zu rasieren.

Es sei noch angemerkt, dass nicht alle Schäden, die nach einer Operation unter der neutralen Elektrode evtl. sichtbar werden, strombedingte Verbrennungen sind. Gelangt Desinfektionsmittel unter die neutrale Elektrode, kann es zu einer chemischen Schädigung der Haut kommen, und bei langem Liegen des Patienten auf der neutralen Elektrode können Drucknekrosen entstehen. Die so verursachten Schäden sind nachträglich kaum mehr von thermischen Schäden zu unterscheiden.

Der gute elektrische Kontakt der neutralen Elektrode ist auch wichtig, um die Gefahr zu verringern, dass der Strom einen nicht geplanten Weg vom Patienten zum Generator nimmt. Die Gefahr besteht insbesondere deshalb, da alle sonstigen Teile im Operationssaal, mit denen der Patient in Verbindung kommen kann, wie z. B. die Maske des Beatmungsgeräts, elektrisch leitend sind. Die Leitfähigkeit muss zumindest hoch sein, dass keine statischen Aufladungen entstehen. Ein Kontakt des Patienten mit metal-

lischen Teilen des Operationstisches ist zu vermeiden, da hierüber sonst auch bei gut angelegter neutraler Elektrode ein relativ großer Anteil des in den Patienten eingespeisten Stroms fließt. Die EKG-Kontakte sind in der Regel hochohmig genug, dass bei gut kontaktierter neutraler Elektrode der über sie abfließende Hochfrequenzstrom hinreichend gering ist.

Weil der Anschluss der neutralen Elektrode so wichtig ist, wird bei allen im Handel befindlichen Generatoren zumindest überwacht, dass die neutrale Elektrode an den Generator mit intakter Verbindungsleitung angeschlossen ist. Dazu ist diese Leitung immer als Doppelleitung ausgeführt. Einige Generatoren überwachen zusätzlich, ob die neutrale Elektrode hinreichend gut kontaktiert am Patienten angebracht ist. Zur Nutzung dieser Funktion müssen dann allerdings die unterteilten Spezialelektroden des Generatorherstellers verwendet werden.

Einfluss des Resektoskops

Das in die Harnröhre eingeführte Resektoskop besteht größtenteils aus Metall und besitzt zumindest in Europa vorzugsweise einen metallenen Schaft. Durch ihn wird der Stromfluss im Körper des Patienten stark beeinflusst. Messungen (Flachenecker und Fastenmeier 1976) zeigen, dass etwa 10 % des bei der Operation in den Patienten eingespeisten Stroms dem Resektoskop im vorderen Teil zufließt. Dieser Strom fließt dann entlang des Instruments und verlässt es wieder im mittleren Teil der Harnröhre. Somit fließt Strom über die Harnröhre. Die Erfahrung zeigt, dass die Harnröhre diesen Strom in der Regel toleriert, wenn er nicht durch zusätzliche Effekte erhöht ist oder sich an einzelnen Stellen der Harnröhre konzentriert.

Tipps

Um sicherzustellen, dass der Stromübertritt homogen verteilt über die gesamte Länge des Instruments geschieht, muss das Gleitmittel, mit dem das Resektoskop vor dem Einbringen in den Patienten bestrichen wird, eine hinreichend hohe elektrische Leitfähigkeit (Flachenecker et al. 1977, Flachenecker et al. 1979) besitzen.

Erhöhter Stromfluss stellt sich auch ein, wenn das Instrument über eine leitende Verbindung auf definiertes elektrisches Potenzial gelegt ist. Das kann z. B. passieren, wenn die Verbindung zu einer aufgesetzten Kamera elektrisch leitend ist und das Kameragehäuse auf Massepotenzial liegt.

Besonders hohe Ströme können auftreten, wenn die Schlingenzuleitung im Inneren des Resektoskops beschädigt ist. Überschläge im Inneren des Rektoskops sind häufig als zischendes Geräusch zu hören. In einem solchen Fall ist sofort die Schneidschlinge auszuwechseln.

Eine weitere für den Patienten gefährliche Situation kann entstehen, wenn die Schneidschlinge die metallische Fassung der Optik berührt. Aktive Elektroden mit verbogener Schlinge sind auszuwechseln. Außerdem werden die Schlingen im Laufe der Nutzung durch Funkenerosion immer dünner. Sie können dann während der Operation brechen und einen Kontakt zur Optik herstellen. Deshalb sind die Elektroden vor der Nutzung zu beurteilen, ob sie noch stabil genug sind.

Diese genannten Effekte könnten alle verringert werden, wenn der Schaft des Instruments gegenüber dem Patienten isoliert wäre. Dann treten aber andere Probleme auf. So ist bei Isolationsschwierigkeiten im Instrument der Patient zwar nicht mehr gefährdet, es kann dann jedoch zu Verbrennungen an den Augenbrauen des operierenden Arztes kommen. Um dies zu vermeiden, sollte bei Verwendung von isolierten Schäften das Okular hinreichend gut zum Arzt hin isoliert sein.

Kunststoffschäfte aus glasfaserverstärktem Kunststoff, wie sie in den USA üblich waren, bekommen durch das Sterilisieren des Instruments eine immer rauere Oberfläche, und es besteht die Gefahr, dass die Harnröhre mechanisch geschädigt wird. In Deutschland wurde deshalb der Versuch unternommen, ein isoliertes Instrument dadurch zu realisieren, dass ein metallischer Schaft durch einen Überzug mit einem Teflonrohr isoliert wurde. Diese teflonisolierten Schäfte haben sich nicht in größerem Umfang durchgesetzt, obwohl bei ihrer Verwendung der Patient vor thermisch bedingten Schädigungen der Harnröhre geschützt ist. Die gängigen Gleitmittel sind nicht in der Lage, die Teflonoberfläche hinreichend gut zu benetzen, sodass die Gefahr einer mechanischen Beschädigung der Harnröhre wieder wächst. Außerdem muss sichergestellt sein, dass die Isolation nicht beschädigt ist.

Der Schaft muss unmittelbar vor der Operation auf unversehrte Isolation überprüft werden. Ein spezielles Gerät, mit dem die Isolation unter sterilen Bedingungen geprüft werden kann, wurde entwickelt.

Werden Instrumente mit isolierten Schäften verwendet, besteht besondere Gefahr, wenn die Sterilisation durch Gassterilisation durchgeführt wird. Die notwendigen Ausgaszeiten bei Kunststoffen sind wesentlich länger als bei Metallteilen. Wird dies nicht beachtet, kann es zu Verätzungen der Harnröhre kommen.

3.2.3 Physikalische Vorgänge an der Schneidelektrode beim Schneiden

Zu Schnittbeginn berührt die Schneidelektrode, wie in Abb. 3.3a gezeigt ist, das Gewebe direkt. Der Strom tritt entlang der gesamten Drahtoberfläche in das Gewebe über. Das Gewebe erhitzt sich, bis schließlich die Zellflüssigkeit zu sieden beginnt und verdampft.

Es entsteht in dem unmittelbar an der Schneidelektrode anliegenden Gewebe eine dünne Dampfschicht, die zunächst die Schneidelektrode von dem Gewebe isoliert. Ist die Generatorspannung hoch genug, wird allerdings diese isolierende Schicht sofort von Funken durchschlagen (Abb. 3.3b). Der gesamte Strom fließt jetzt über die Übertrittsorte der Funken, die insgesamt nur einen Bruchteil der Fläche aufweisen, die zuvor die Oberfläche der Schneidelektrode besaß. An den Übertrittstellen der Funken herrscht damit eine sehr hohe Stromdichte, und die Erhitzung des Gewebes an diesen Stellen ist so hoch, dass die Zellflüssigkeit in den umliegenden Zellen explosionsartig verdampft. Die Zellen werden durch den entstehenden Dampfdruck aufgerissen, der Spalt zwischen Gewebe und Elektrode wird an der Stelle breiter.

Die Übertrittsorte der Funken wandern nun weiter zu den Stellen, an denen jetzt die Isolationsschicht am dünnsten ist. Es wird so die gesamte Scheitellinie der Elektrode abgetastet und die Zellstruktur entlang der gesamten in das Gewebe eintauchenden Elektrodenlänge zerstört. Die Elektrode kann nahezu ohne Kraftaufwand durch das Gewebe geführt werden.

Durch die durch den Funken hervorgerufene Stromkonzentration wird die zum Schneiden notwendige Leistung wesentlich verringert. Allerdings können die Funken auch negative Effekte hervorrufen. Zum einen brennen die Funken zwischen sehr unterschiedlichen Materialien, in denen der Stromtransport auf völlig unterschiedlichen physikalischen Effekte beruht: Im Metall der Schneidelektrode wird der Stromfluss durch eine Bewegung von Leitungselektronen bewirkt, während im Gewebe der Strom durch Ionenbewegung in der elektrolytischen Zellflüssigkeit getragen wird. Aufgrund dieser Unterschiede ist die Ausbildung der Funken bei positiver und bei negativer Halbwelle der Spannung nicht exakt gleich, und ein Teil des Hochfrequenzstroms wird in Gleichstrom umgewandelt. Der so entstehende Gleichstrom kann nun Muskel- und Nervenreizungen hervorrufen. Bekannt geworden sind insbesondere Stimulationen des Obturatorius bei Schnitten in der Blase und die dadurch verursachten Zuckungen des Patienten während der Operation.

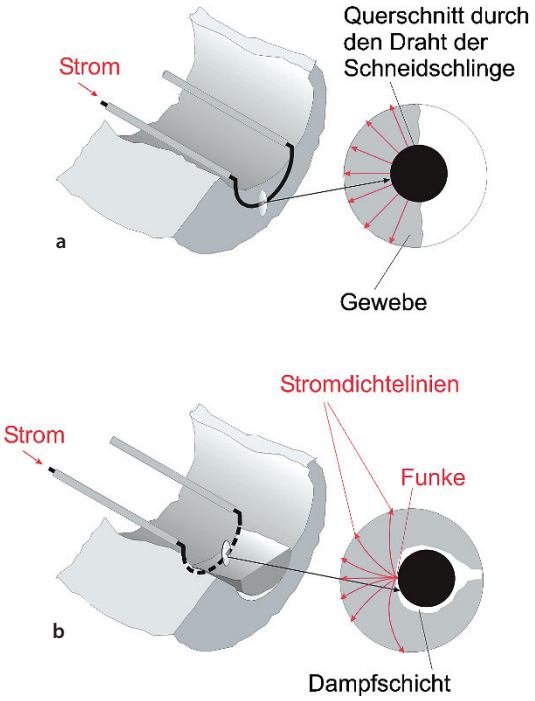


Abb. 3.3 Stromübergang beim Schneiden. **a** Vor Schnittbeginn: Kontakt über die gesamte am Gewebe anliegende Drahtoberfläche, **b** während des Schneidens: isolierende Dampfschicht und Stromübergang über Funke

Zum anderen besitzen die Funken selbst eine sehr hohe thermische Energie. Auch dies ist zunächst ein Vorteil, da dadurch evtl. noch stehengebliebene Zellwände zerstört werden. Es kann aber auch eine thermische Zersetzung größerer Mengen des Gewebes und sogar eine thermische Dissoziation der Spülflüssigkeit mit Knallgasbildung stattfinden. Sammelt sich dieses dabei entstehende Gasgemisch in größerer Menge in der Blase, kann es dort zu Verpuffungen kommen (Ning et al. 1975).

3.3 Steuerung und Regelung der physikalischen Wirkung des Hochfrequenzstroms

3.3.1 Zeitliche Modulation des Hochfrequenzstroms

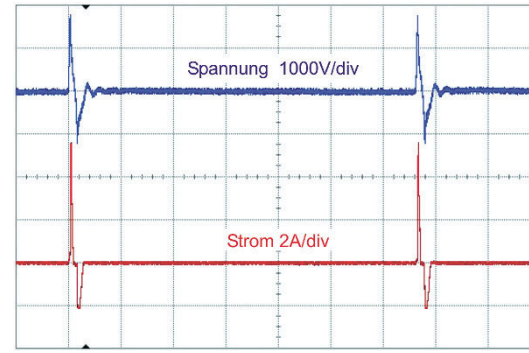
Ein besonderer Vorteil der Hochfrequenzchirurgie besteht darin, dass man den im Gewebe auftretenden Effekt durch den zeitlichen Verlauf des applizierten Hochfrequenzstroms steuern kann. Wird das Gewebe langsamer erwärmt, ohne dass die Zellflüssigkeit explosionsartig verdampft, ist der Trenneffekt deutlich reduziert. Durch die Erwärmung kommt es dann zur Blutstillung.

Koagulationsstrom

Dieses langsamere Erwärmen ohne Schneideffekt kann auf verschiedene Weise erreicht werden. Zum einen kann ein Strom verwendet werden, der den gleichen zeitlichen Verlauf besitzt wie der in ◘ Abb. 3.2 vorgestellte Schneidstrom. Dann muss allerdings die Amplitude von Strom und Spannung geringer eingestellt sein, und die Funkenbildung muss unterdrückt sein. Bei der geringen Spannung darf dann aber auf keinen Fall eine Dampfschicht zwischen Schlinge und Gewebe entstehen, sonst kommt der Stromfluss zum Erliegen, und es geschieht keine weitere Erwärmung des Gewebes.

Da die für diesen Effekt notwendige Spannung kaum im Voraus bestimmt werden kann, wird in Generatoren, die diese oft »soft coagulation« genannte Koagulationsart bereitstellen, die Spannungsamplitude von sehr niedrigen Werten aus langsam erhöht, bis ein plötzlicher Widerstandsanstieg die Bildung einer Dampfschicht anzeigt. In diesem Moment ist jedoch die Koagulation bereits erfolgt. Für spezielle Anwendungen kann diese besonders gewebeschonende Form der Koagulation vorteilhaft sein.

Bei Operationen, bei denen größere Mengen von Gewebe entfernt werden und bei denen häufiger Blutungen auftreten, geht man einen anderen Weg. Man leitet nun keinen kontinuierlichen Strom mehr in das Gewebe ein, sondern einen Strom, der aus einzelnen Pulspaketen besteht. Durch den zeitlichen Abstand der Pulse zueinander ist die im zeitlichen Mittel eingebrachte Energie gering. Aufgrund der dann möglichen hohen Spannung kann über Funkenüberschlag auch noch Energie beim Vorhandensein einer Dampfschicht oder bei Schichten ausgetrockneten Gewebes eingebracht werden.



◘ **Abb. 3.4** Typischer Zeitverlauf von Spannung und Strom für »spray coagulation«

Tipps

Dabei zeigt die Erfahrung, dass sich die koagulierende Wirkung umso deutlicher vom Schneideffekt unterscheidet, je kürzer und höher die Pulse sind. Deshalb verwendet man oft sogar nur einzelne Pulse hoher Spannung (◘ Abb. 3.4). Diese Art der Koagulation wird üblicherweise »spray coagulation« genannt.

Als weitere Maßnahme zur Vermeidung des Schneideffekts beim Koagulieren kann man anstelle dünner Drahtelektroden Elektroden mit größerer Oberfläche verwenden. Üblicherweise sind dies kugel- oder walzenförmige Elektroden.

Mischstrom

Manchmal möchte man einen Schnitt, bei dem das Gewebe während des Schneidens zugleich koaguliert wird, dass also die Effekte Schneiden und Koagulieren gemischt sind. Je nach Generatorhersteller wird versucht, diese Funktionalität durch unterschiedlichste Zeitverläufe des Stroms zu erzielen. Das Spektrum reicht von gepulstem Sinusstrom (◘ Abb. 3.5a) bis hin zu kontinuierlichem Sinusstrom mit aufgesetzten Pulsen (◘ Abb. 3.5b).

Die Folge ist immer ein Schnitt, dessen Schnittränder mehr oder weniger verschorft sind. Viele Operateure lehnen diesen Mischstrom ab und bevorzugen, wie bei einer herkömmlichen Operation, definierte Schneidephasen mit kaum vorhandener thermischer Schädigung der Schnittoberfläche und Perioden, in denen gezielt die Blutungen gestillt werden.

Unterstützen kann man den Koagulationseffekt während des Schneidens noch durch Verwendung von Elektroden mit größerer räumlicher Ausdeh-

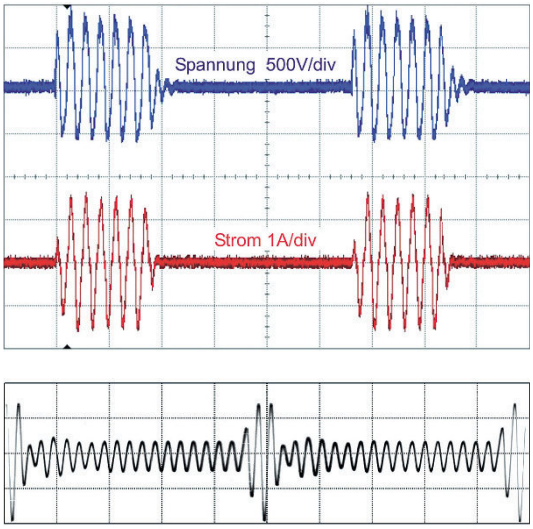


Abb. 3.5 Typische Zeitverläufe von Strom und Spannung für Schnitte mit gleichzeitigem Koagulationseffekt. **a** Gepulstes sinusförmiges Signal, **b** Sinussignal mit aufgesetzten Pulsen

nung in Schneidrichtung, z. B. durch Elektroden, die anstelle des Drahtes ein Metallband benutzen. Mit diesen Elektroden kann allerdings nicht mehr in alle Richtungen gleich gut geschnitten werden.

3.3.2 Regelung des Hochfrequenzstroms

Definiertere und weitergehende Beeinflussung des Schneid- und Koagulationsvorgangs erhält man, wenn man den momentanen Zustand der physikalischen Effekte am Operationsort misst und den Generator durch eine Regelung darauf reagieren lässt.

Lichtbogenregelung

Einen besonders reizfreien und nekrosearmen Schnitt erhält man, wenn man die Generatorspannung in jedem Moment auf den Wert einregelt, der gerade zum Schneiden ausreichend ist. Es konnte gezeigt werden, dass man Anzahl und Ausmaß der zum Schneiden notwendigen Funken im Generator durch Analyse der durch die Funken hervorgerufenen Verzerrungen des elektrischen Signals ermitteln kann. Als Messgröße werden dabei entweder die durch die Funken entstehenden Oberwellen oder der durch die Funken entstehende Gleichstrom verwendet. Bei optimaler Gestaltung der Regelung kommt ein Schnitt zustande, bei dem die durch den Schnitt entstehende Gewebefläche thermisch nicht verändert ist. Die durch die Funken entstehenden Reizströme sind minimiert. Allerdings ist der während des Schneidens stattfindende Koagulationseffekt ebenfalls gering.

Regelung des Koagulierens

Da optimales Schneiden am Zustand der Funken am Operationsort erkannt werden kann, ist es auch möglich, das Schneiden nahezu völlig zu unterdrücken, indem man den Generatorstrom beim Auftreten eines Funkens sofort unterbricht. Auf diese Weise erhält man wiederum ein gepulstes Signal. In diesem Fall ist aber die Pulsbreite nicht mehr konstant. Solange das Gewebe noch kühl ist, wird relativ lange Leistung eingespeist. Mit wachsender Erwärmung des Gewebes werden die Pulse immer schmaler.

Koagulierendes Schneiden

Natürlich ist es möglich, durch Regelung von Amplitude und Zeitverlauf des Hochfrequenzstroms den Verschorfungsgrad genauer zu bestimmen, als dies bei einem ungeregelten Mischstrom möglich ist. Unterschiedliche Ausführungen befinden sich momentan in der klinischen Erprobungen.

3.4 Entwicklungstendenzen bei der Hochfrequenzchirurgie

Mit der Lasertechnik wurden neue physikalische Verfahren in die endoskopischen Operationstechniken eingeführt. Dies führte dazu, dass auch die herkömmlichen Operationsmethoden, wie die Hochfrequenzchirurgie, neu überdacht und neue Varianten untersucht werden. Es sollen die bekannten Nachteile der bisherigen Operationsmethoden verringert und ihre Vorteile möglichst beibehalten werden. Eine abschließende Beurteilung dieser Methoden ist noch nicht möglich. Es muss sich erst zeigen, welche der neuen Entwicklungen sich im klinischen Alltag wirklich durchsetzen.

3.4.1 Vaporisation der Prostata

Ein Problem der Elektroresektion der Prostata ist der relativ hohe Blutverlust. Mit der sog. Vaporisation soll der Blutverlust verringert werden. Dabei wird mit kugel- oder walzenförmigen Elektroden das Gewebe im Operationsgebiet so stark erhitzt, dass es schrumpft. Dabei wird zunächst die Flüssigkeit im Gewebe verdampft, dann werden unter Umständen auch die festen Bestandteile des Gewebes zersetzt.

Für diese Art der Behandlung des Gewebes ist relativ hohe eingespeiste Energie notwendig, da das gesamte zu entfernende Gewebe thermisch zerstört werden muss.

3.4.2 Bipolare Operationsanordnungen

Ein weiteres Problem der Hochfrequenzchirurgie besteht darin, dass große Bereiche des Patienten von Hochfrequenzstrom durchflossen werden. Dieses Problem versucht man durch die Entwicklung bipolarer Operationsanordnungen zu verringern. Außerdem sieht man dabei die Möglichkeit, statt der ionenfreien Spülflüssigkeit, die man bei der monopolaren Operationsanordnung üblicherweise benutzt, Kochsalzlösungen zu verwenden.

Im Gegensatz zum Koagulieren, wo mit der bipolaren Pinzettenkoagulation eine echte bipolare Technik möglich ist, können alle bisher bekannt gewordenen Methoden höchstens als quasibipolar bezeichnet werden. Alle Methoden beruhen darauf, dass eine zweite Elektrode, die sich in unmittelbarer Nähe der »aktiven Elektrode« befinden kann, den von der »aktiven Elektrode« abfließenden Strom wieder aufnimmt und zum Generator zurückführt. Diese Elektrode kann eine zusätzliche Elektrode in der Blase sein oder eine zweite Elektrode, die mit der aktiven Elektrode bewegt wird wie eine zweite Schlinge vor oder hinter der Schneideschlinge. Auch Teile des Resektionsinstruments werden als zweite Elektrode genutzt.

Alle diese Methoden reduzieren tatsächlich den Bereich, in dem Hochfrequenzstrom im Körper des Patienten fließt. Mit allen Methoden treten aber zugleich auch zusätzliche Probleme auf. Wird als Spülflüssigkeit Kochsalzlösung verwendet, ergeben sich Schwierigkeiten in den Situationen, bei denen der größte Teil der Schneideschlinge nicht in das Gewebe eingetaucht ist. Das ist v. a. beim Anschneiden der Fall und wenn zum Ende der Operation hin zur Glättung des Operationsgebiets noch kleine Gewebestücke entfernt werden müssen.

Über die leitfähige Spülflüssigkeit wird dann sehr viel Strom abgeleitet, der so für den Schneidevorgang nicht mehr zu Verfügung steht. Der Generator muss dann, um dennoch schneiden zu können, relativ hoch eingestellt sein. Damit steigen wieder viele der bei der monopolaren Operationsanordnung aufgezählten Gefährdungen des Patienten, obwohl der Stromfluss auf einen kleineren Gewebebereich beschränkt ist.

Die Anschneideprobleme bei Nutzung leitfähiger Spülflüssigkeit können reduziert werden, wenn der zum Schneiden notwendige Funke bereits vor dem Berühren des Gewebes zwischen Elektrode und Spülfüssigkeit gezündet wird. Um den Funken zu zünden, muss eine isolierende Dampfschicht zwischen Elektrode und Spülflüssigkeit erzeugt und aufrecht erhalten werden. Bei dieser oft als Plasmaschneiden bezeichneten Methode benötigt man allerdings noch höhere Ströme und Leistungen.

Werden als neutrale Elektrode Teile des Resektionsinstruments genutzt, so ist dies aus elektrotechnischer Sicht eigentlich nur verantwortbar, wenn diese Teile gegenüber dem Patienten isoliert sind. Ist das nicht der Fall, ist wie bei einer Erdung des Instruments bei monopolarer Operationsanordnung der über die Harnröhre fließende Strom erhöht. Inwieweit dies zu Schäden für den Patienten führen kann, ist zurzeit noch nicht endgültig geklärt.

Literatur

Nernst W (1908) Zur Theorie des elektrischen Reizes. Pflügers Arch 122: 275–315

Flachenecker G, Fastenmeier K (1976) Die transurethrale Prostataresektion mit Hochfrequenzströmen aus elektrotechnischer Sicht. Urologe A 15:167–172

Flachenecker G, Fastenmeier K, Schmiedt E, Eisenberger F (1977) Zur Frage des Gleitmittels bei der transurethralen Prostataresektion unter Verwendung von Metallschäften. Urologe A 16: 168–171

Flachenecker G, Fastenmeier K, Gminder F (1979) Elektrische Eigenschaften von Gleitmitteln für die TUR. Urologe B 19: 296–297

Ning TC, Atkins DM, Murphy RC (1975) Bladder explosions during transurethral surgery. J Urol 114: 536–539

Flachenecker G, Fastenmeier K (1987) Hochfrequenzgenerator mit automatischer Stromreglung für optimalen Schnitt. Urologe B 27 (H1): 1–4

Diagnostische Urethrozystoskopie

A. Hegele

4.1 Einleitung – 28

4.2 Instrumentenkunde – 28

4.2.1 Starre Instrumente – 28

4.2.2 Flexible Instrumente – 29

4.3 Indikationen – 29

4.4 Kontraindikationen – 29

4.5 Ablauf und Durchführung einer Urethrozystoskopie – 30

4.5.1 Anästhesie – 30

4.5.2 Urethrozystoskopie beim Mann – 30

4.5.3 Urethrozystoskopie bei der Frau – 33

4.6 Komplikationen – 33

Literatur – 33

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_4

4.1 Einleitung

Die moderne Endoskopie, basierend auf der Pionierarbeit von Philipp Bozzini, Maximilian Nitze und Julius Bruck, stellt eines der wichtigsten Gebiete der urologischen Diagnostik dar und dient der Inspektion von Körperhöhlen (Nitze 1907). Gleichzeitig ist die diagnostische Endoskopie Voraussetzung für endourologische Manipulationen und Eingriffe. Speziell die endoskopische Beurteilung der Harnröhre und der Harnblase stellt heutzutage eine in der Regel ambulant durchgeführte Standarduntersuchung dar und ist bis heute das am häufigsten durchgeführte endoskopische Verfahren in der Urologie.

Um das Missempfinden der Untersuchung für die Patienten zu verringern, sollten die Vorbereitung der Untersuchung und diese selbst in einer ruhigen, angenehmen Atmosphäre und einer adäquaten Räumlichkeit stattfinden. Inwieweit unterstützende Maßnahmen, wie z. B. die Möglichkeit der »Live«-Betrachtung der Untersuchung durch den Patient via Monitor, das Einspielen von entspannender Musik oder die Inhalation von Lachgas hilfreich sein können, Missempfinden und Schmerzen während der Urethrozystoskopie zu verringern, ist noch unklar – sie schaden jedoch im Normalfall auch nicht (Koenig et al. 2015, Raheem et al. 2015, Calleary et al. 2007).

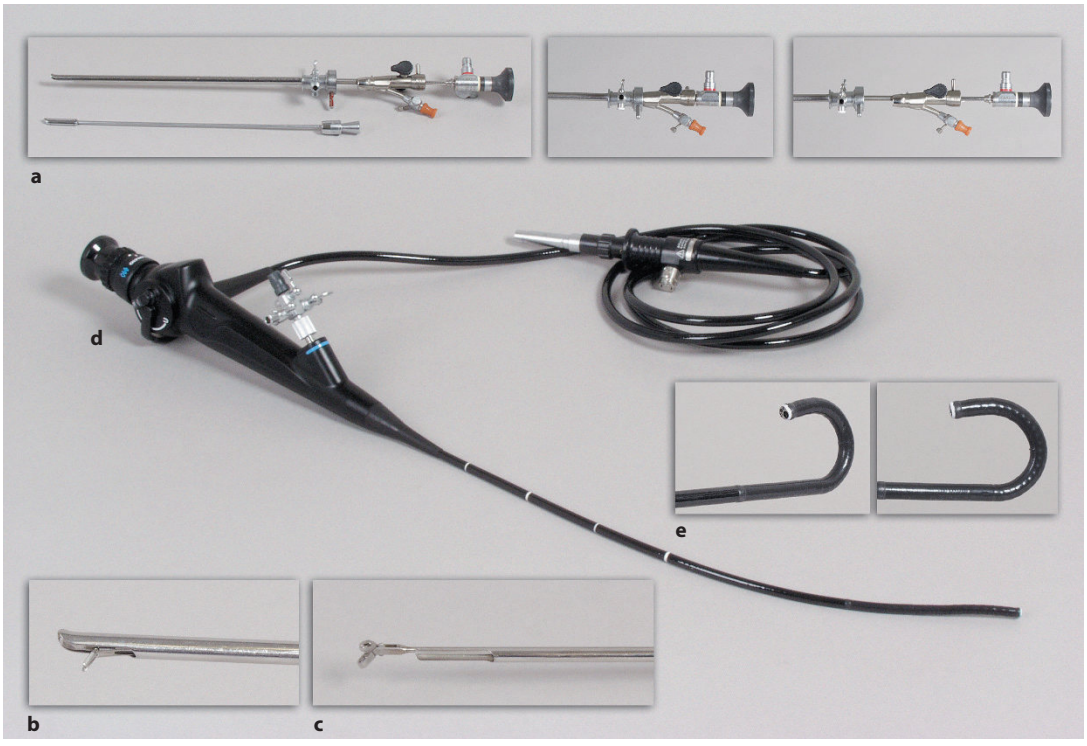
4.2 Instrumentenkunde

4.2.1 Starre Instrumente

Das typische Urethrozystoskop besteht aus 3 Teilen (◘ Abb. 4.1a):

- Metallschaft,
- Obturator,
- Optik.

Der Außendurchmesser des Schaftes beträgt bei Erwachsenen 15,5–23,5 Charr. Bei Kindern und Säuglingen kommen Miniaturzystoskope mit einem Durchmesser zwischen 8 und 11 Charr zur Anwendung. Der Schaft ist am proximalen Ende geöffnet, am distalen Ende werden die Optiken eingeführt und via eines Adapters/einer Arretierung fixiert (◘ Abb. 4.1a). Um während der Endoskopie die Option einer dauerhaften oder intermittierenden Spülung zu besitzen,



◘ **Abb. 4.1 a–e** Instrumentarium. **a** Aufbau eines starren Urethrozystoskops: Metallschaft, Obturator, Optik, Arbeitseinsatz, **b** Albarran-Lenkhebel, **c** Biopsiezange; erleichtert das Einbringen z. B. von Ureterenkathetern; der jeweilige Katheter kann zwischen 0 und 30° gekippt werden, **d** flexibles Urethrozystoskop, **e** abwinkelbare Spitze des flexiblen Urethrozystoskops

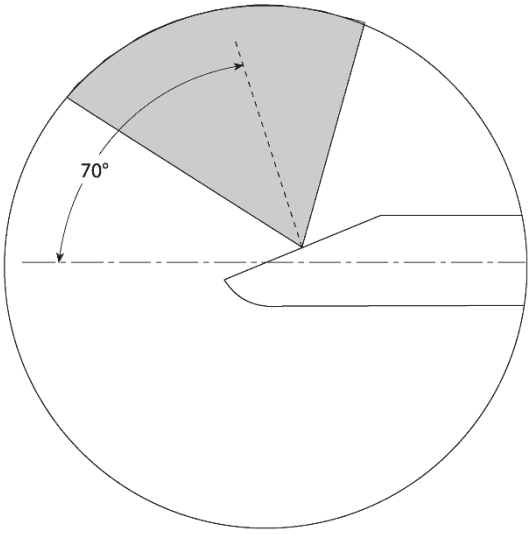


Abb. 4.2 Blickrichtungen der Optiken. Die verschiedenen Winkelbezeichnungen beschreiben die Auslenkungen des Mittelstrahls aus der Schaftachse.

befinden sich am Instrumentenschaft Anschlüsse für einen Spülwasserzulauf und einen -ablauf.

Zur genauen Beurteilung der verschiedenen Areale existieren unterschiedliche Optiken mit variierenden Blickrichtungen (Abb. 4.2):

- 0°-Optik (Geradeausoptik): lässt lediglich den Blick nach vorn zu, bei Drehung des Instruments ändert sich das Blickfeld nicht
- 30°-Optik: lässt den Blick nach vorn zu, zusätzlich wird bei Drehung das Blickfeld nach lateral erweitert
- 70/120°-Optik: Blick nach vorn nicht möglich, v. a. seitlich und rückwärts gelegene Areale können beurteilt werden

Einige Zystoskope verfügen zusätzlich über einen oder mehrere Instrumentenarbeitskanäle, die für das Einbringen von Hilfsinstrumenten (z. B. Fasszangen, Biopsiezange, Splints) in die Harnblase von Nutzen sind (Abb. 4.1b, c).

4.2.2 Flexible Instrumente

Der Gebrauch flexibler Endoskope führt zu einer deutlichen Reduktion von Schmerzen und ist für die Patienten deutlich angenehmer. Zusätzlich ist die instrumentenbedingte Traumatisierung geringer (Kavoussi und Clayman 1988). In den letzten Jahrzehnten hat sich die Qualität der flexiblen Instrumente sowohl in Bezug auf die optische Leistung als auch die leichte Bedienbarkeit stetig verbessert, sodass die flexiblen Instrumente zwischenzeitlich gleichwertig sind. Der Durchmesser eines flexiblen Urethrozystoskops beträgt zwischen 15 und 20 Charr. Die Länge variiert zwischen 30 und 70 cm. Das distale Ende des flexiblen Urethrozystoskops kann vom Untersucher in einem Bereich von bis aufwärts 210° und abwärts 150° abgewinkelt werden. Dadurch wird eine nahezu lückenlose Inspektion der Harnblase gewährleistet. Der Arbeitskanal lässt das Einführen von bis zu 8 Charr messenden Hilfsinstrumenten zu (Abb. 4.1d, e).

4.3 Indikationen

Jeder instrumentelle Eingriff sollte einer strengen Indikationsstellung unterliegen. Die in der Übersicht genannten Befunde rechtfertigen die Durchführung einer diagnostischen Urethrozystoskopie.

Indikationen für eine diagnostische Urethrozystoskopie

- Mikro- und Makrohämaturie
- Verdacht auf Vorliegen eines Blasentumors
- Lokale Kontrolle nach Durchführung einer transurethralen Elektroresektion eines Blasentumors
- Verdacht auf eine Tumorinfiltration von außen in die Harnblase (z. B. Kolonkarzinom, Zervixkarzinom)
- Verdacht auf Blasen-Darm-Fistel oder Blasen-Scheiden-Fistel
- Verdacht auf urethrale und/oder vesikale Fremdkörper (z. B. nach autoerotischen Handlungen)
- Abklärung rezidivierender Harnwegsinfekte
- Abklärung einer subvesikalen Obstruktion
- Beurteilung der Ureterostienlokalisation und Ureterostienbeschaffenheit (z. B. bei vesikoureterorenalem Reflux)
- Beurteilung der Harnröhre (z. B. Striktur, Fistel, Tumor)

4.4 Kontraindikationen

Auf die Durchführung einer Urethrozystoskopie sollte verzichtet werden bei akuten Entzündungen des Untersuchungsareals, wie z. B. akute Urethritis,

akute Epididymitis und akute Prostatitis. Falls in diesen Fällen die Untersuchung zwingend notwendig ist, muss auf eine hochdosierte antibiotische Therapie geachtet werden, um eine Zunahme und Ausdehnung der Entzündung bis hin zum septischen Krankheitsbild zu vermeiden.

Bei einer akuten Zystitis sollte die Urethrozystoskopie erst nach Rückgang der klinischen Symptomatik, testgerechter antibiotischer Therapie und erneuter Kontrolle des Urinbefunds erfolgen.

4.5 Ablauf und Durchführung einer Urethrozystoskopie

4.5.1 Anästhesie

Eine Allgemeinanästhesie ist lediglich bei Kindern notwendig. Bei sehr ängstlichen Patienten ist eine Prämedikation empfehlenswert, in Extremfällen auch eine Analgosedierung mit anästhesiologischem Stand-by.

Beim Mann sollte immer eine lokale Betäubung der Harnröhrenschleimhaut mit einem anästhesierenden Gleitmittel erfolgen, dies ist auch bei der Frau empfehlenswert (Aaronson et al. 2009). Um eine optimale anästhesiologische Wirkung zu erzielen, muss das Mittel nach urethraler Applikation mehrere Minuten einwirken. Hier empfiehlt sich die Anwendung einer Penisklemme, die das Herausfließen des Gleitmittels verhindert. Zusätzlich empfiehlt es sich, das Endoskop vor dem Einführen mit Gleitmittel zu benetzen, um ein für den Patienten schmerzhaftes Hängenbleiben des Instruments im Bereich des Meatus externus urethrae zu vermeiden.

4.5.2 Urethrozystoskopie beim Mann

Tipps

Vor jeder Urethrozystoskopie sollte man sich mit der Funktion der Instrumente vertraut machen. Es empfiehlt sich, diese vor Beginn der Untersuchung auf ihre Funktionstüchtigkeit zu überprüfen.

Starre Urethrozystoskopie

Der Patient liegt in Steinschnittlage auf dem Untersuchungstisch. Der Eingriff muss nach streng sterilen Kautelen erfolgen. Zur Abdeckung der Genitalregion sind industriell angefertigte Lochtücher zu empfehlen. Nach Durchführung einer gründlichen Desinfektion des gesamten Penis und v. a. der Glansregion beginnt die eigentliche Zystoskopie, die beim Mann immer als Urethrozystoskopie durchgeführt werden sollte.

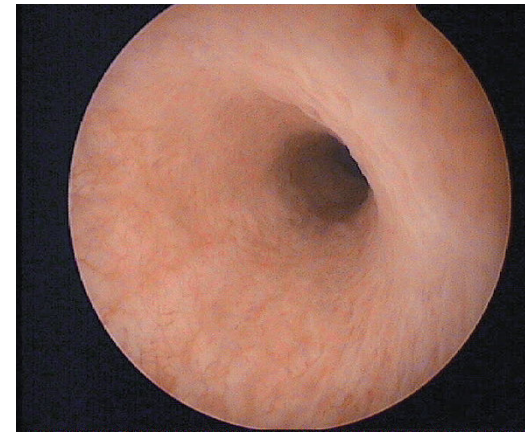


Abb. 4.3 Endoskopisches Bild der bulbären Harnröhre. Das Lumen sollte immer mittig zur Darstellung kommen.

Primär wird über den Meatus externus urethrae der Metallschaft bei einliegendem Obturator in die Harnröhre eingeführt. Danach wird der Obturator entfernt und die 0°-Optik eingesetzt, um eine optimale Sicht nach vorn zu garantieren. Bei manuell gestreckter Harnröhre wird nun das Instrument vorsichtig unter visueller Kontrolle vorgeführt. Hier ist darauf zu achten, das Lumen der Harnröhre mittig darzustellen, sodass durch eine optimale Orientierung die Gefahr einer iatrogenen Traumatisierung minimiert ist (Abb. 4.3).

Durch die einfließende Spülflüssigkeit wird die Urethra aufgeweitet. Dies ermöglicht einerseits eine sehr gute Beurteilung der gesamten Urethra, andererseits wird eine Verletzung z. B. im Sinne einer Via falsa erheblich minimiert. Abb. 4.4 zeigt eine schematische Darstellung des Harnröhrenverlaufs.

Tipps

Bei Erreichen des Schließmuskels und beim Eingehen in die prostatische Harnröhre ist es hilfreich, den Patienten aufzufordern, den Beckenboden zu entspannen. Dadurch kann die Passage des nun abgesenkten Instruments über den Schließmuskel in die Harnblase für Patient und Untersucher erleichtert werden.

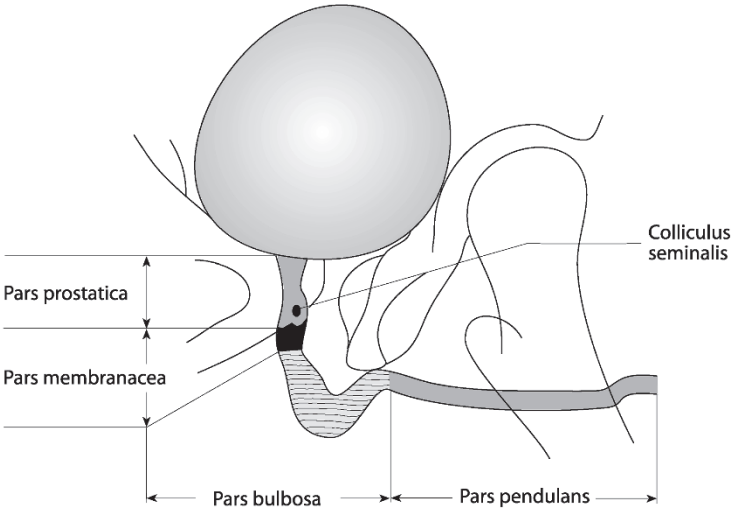


Abb. 4.4 Schematische Darstellung des Harnröhrenverlaufs beim Mann

Neben der Beurteilung der Schleimhautbeschaffenheit und des Lumens inklusive pathologischer Befunde (z. B. Harnröhrendivertikel) kann im Bereich der prostatischen Harnröhre die Beschaffenheit, die Mündung der Samenleiter am Colliculus seminalis und die ungefähre Größe der Prostata mit eventuell bestehender Obstruktion beurteilt werden. Bei der Untersuchung von Kindern ist v. a. auf das Vorhandensein von Harnröhrenklappen zu achten.

Ist die Passage in die Harnblase gelungen, wird nun die 0°-Optik gegen eine 30°- oder 70°-Optik ausgetauscht. Ziel ist es, die komplette Blase einzusehen und zu beurteilen. Bei blutigem oder eitrigem Urin ist es notwendig, die Harnblase ausgiebig über den Spülwasserzu- und -ablauf oder mit einer Blasenspritze zu spülen, um eine optimale Sicht zu erreichen.

Tipps

Um die komplette endoskopische Inspektion der Harnblase zu garantieren, ist es wichtig, systematisch vorzugehen. Es empfiehlt sich, die Blasenschleimhaut mäanderförmig zu inspizieren, um kein Areal auszusparen.

Die Zystoskopie beginnt mit der Beurteilung des Trigonumbereichs. Dieser kann – vor allem bei noch unerfahrenen Untersuchern – sehr gut als Orientierungspunkt während der gesamten Zystoskopie dienen. Danach werden beide Ureterostien aufgesucht und nach Anzahl, Lage, Form und Beschaffenheit des austretenden Urins beurteilt. Es schließt sich die Inspektion von Blasenboden, linker und rechter Blasenseitenwand, Blasenhinterwand, Blasendach und Blasenauslass an. Aufgrund der geometrischen Gegebenheiten einer Kugel ist die exakte Beurteilung der Blasenvorderwand erschwert.

Tipps

Um dem Patienten Missempfinden und Schmerzen zu ersparen und gleichzeitig keinen Bereich der Harnblase auszusparen, wird durch manuelles Eindrücken der Bauchdecke die Inspektion der Blasenvorderwand unterstützt und erleichtert.

Zusätzlich können eine variable Blasenfüllung, eine Lageveränderung des Patienten (z. B. Kopftieflage) und der Einsatz der 120°-Optik hilfreich für eine exakte und komplette Beurteilung der Harnblase sein.

Die Entfernung des Instrumentes sollte beim Mann unter Sicht erfolgen, um Verletzungen und Schmerzen vorzubeugen. Nach Abschluss der Urethrozystoskopie sollte grundsätzlich der erhobene Befund exakt, systematisch und verständlich sowohl schriftlich als auch in graphischer Form dokumentiert werden.

Flexible Urethrozystoskopie

Im Gegensatz zur starren Urethrozystoskopie wird der Patient beim Einsatz des flexiblen Endoskops in *Rückenlage* untersucht. Dies ist v. a. bei älteren Patienten notwendig, die aufgrund schwerer Kontrakturen und/oder Koxarthrosen nicht in Steinschnitt-

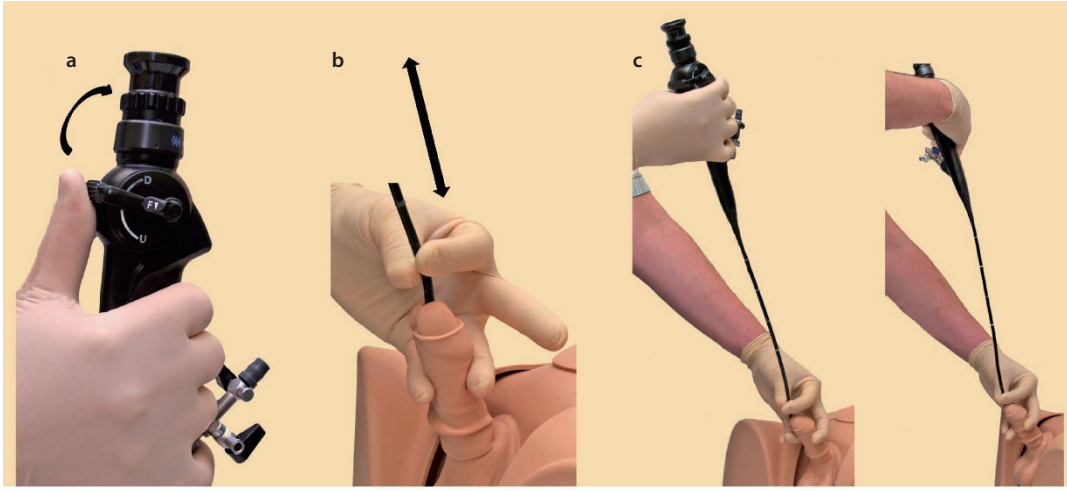


Abb. 4.5 Schematische Darstellung des Einführens des flexiblen Urethrozystoskops. **a** Abwinkeln der Endoskopspitze durch Manipulation des Bügels mit dem Daumen. **b** Fixierung und Streckung des Penis mit dem 4. und 5. Finger. Die restlichen Finger manipulieren das flexible Endoskop in die Harnröhre/Harnblase. **c** Problemloses Drehen des flexiblen Instrumentes während der Untersuchung. Der Penis sollte weiterhin gut fixiert und gestreckt sein.

lage platziert werden können. Nach der oben beschriebenen Vorbereitung wird das Endoskop in den Meatus externus urethrae eingeführt, indem der Penis zwischen viertem und fünftem Finger einer Hand gestreckt wird und die restlichen Finger das Endoskop in die Harnröhre manipulieren (Kavoussi und Clayman 1988). Die andere Hand fixiert das Gerät am Auge des Untersuchers und betätigt den Bügel zum Abwinkeln der Endoskopspitze (Abb. 4.5).

Im Vergleich zum starren Instrument passt sich das flexible Endoskop bei der Harnröhrenpassage den gegebenen anatomischen Verhältnissen besser an und wirkt weniger traumatisierend. Im Bereich der prostatischen Harnröhre kann das flexible Instrument durch dezentes Abwinkeln der Spitzenregion wenig traumatisch und für den Patienten komfortabler über die Prostata in die Harnblase manövriert werden.

Auch bei Einsatz der flexiblen Instrumente muss die Inspektion der Harnblase einem individuellen Schema folgen, welches die komplette Beurteilung der Harnblase gewährleistet. Im Gegensatz zu starren Instrumenten kann die Blasenvorderwand durch die Abwinklung der Endoskopspitze meist problemlos und für den Patienten angenehmer beurteilt werden.

Bei der Entnahme einer Spülzytologie über das flexible Endoskop ist darauf zu achten, dass die Spitze des Instruments keinen Schleimhautkontakt hat. Ist dies der Fall, kommt es beim Absaugen der Flüssigkeit zum Ansaugen der Blasenschleimhaut an das Gerät, was beim Patienten Schmerzen verursacht und zu vermeiden ist.

Tipps

Bei kontinenten (Ileumneoblase, Pouch) und inkontinenten (Conduit) Harnableitungen empfiehlt sich primär die Nutzung eines flexiblen Instruments. Eine komplette Inspektion des Harnblasenersatzes lässt sich mit flexiblen Endoskopen müheloser erreichen, außer bei starker Verschleimung.

Problematisch und in der Aussagekraft eingeschränkt ist die flexible Urethrozystoskopie bei ausgeprägter Makrohämaturie mit Koagelbildung, was eine ausgiebige Spülung der Harnblase zur exakten Inspektion notwendig macht. In diesen Fällen ist primär der Einsatz eines starren Urethrozystoskops zu empfehlen, da hier aufgrund des großlumigeren Spülkanals bzw. des Schafts bedeutend schneller eine ausreichende Übersicht zu erreichen ist.

Die flexible Urethrozystoskopie ist im Vergleich zur Untersuchung mit einem starren Instrument weniger schmerzhaft (Seklehner et al. 2015), Patienten nach flexibler Urethrozystoskopie berichten über deutlich weniger postinterventionelle Beschwerden als Patienten nach starrer Urethrozystoskopie (Flannigan et al. 1988, Denholm et al. 1990).

Tab. 4.1 Vorteile der jeweiligen Endokopieverfahren

Starre Urethrozystoskopie	Flexible Urethrozystoskopie
– Bessere Orientierung während einer Untersuchung durch manuelle Führung – Großlumigere Zu- und Abläufe inklusive Schaft zur Schaffung besserer Sichtverhältnisse – Mehr Möglichkeiten der intravesikalen Manipulation (z. B. Harnleiterschienung) durch zusätzliche Einführung von Hilfsinstrumenten bei großlumigerem Arbeitskanal	– Durch Rückenlage und Flexibilität des Instruments höherer Komfort für den Patienten – Durch Abwinkeln der Endoskopspitze komplette Blaseninspektion problemlos möglich – Kein Optikwechsel nötig – Untersuchung auch bei Kontrakturen, Koxarthrosen und sonstigen Lagerungsproblemen möglich

4.5.3 Urethrozystoskopie bei der Frau

Nach Reinigung und Desinfektion des äußeren Genitale kann das starre Endoskop aufgrund der kurzen Harnröhre problemlos und ohne visuelle Kontrolle in die Harnblase eingeführt werden. Die komplette Inspektion der Harnblase wird, wie beim Mann beschrieben, durchgeführt. Die endoskopische Beurteilung der Urethra erfolgt beim Zurückziehen des Instruments unter vollem Spülstrahl. Aufgrund der kurzen Harnröhre gestaltet sich die Beurteilung pathologischer Befunde, wie z. B. die Identifikation eines Harnröhrendivertikels oder einer Harnröhrenfistel, meist schwierig.

Die Vorteile der jeweiligen Endoskopieverfahren sind in Tab. 4.1 beschrieben.

4.6 Komplikationen

Die häufigste Komplikation ist die Kontamination des Harntrakts. Eine prophylaktische antibiotische Therapie ist aber nicht notwendig (Kamouni et al. 2001, Rane et al. 2001, Grabe 2001, Garcia-Perdomo et al. 2015). Eine postinterventionelle antibiotische Therapie empfiehlt sich allerdings, wenn es während der Untersuchung zu einer ausgeprägten instrumentellen Traumatisierung der Harnröhre und/oder der Harnblase kommt. Seltene Komplikationen sind Makrohämaturie, Urethra- oder Harnblasenperforation.

Als Spätkomplikation ist die Harnröhrenstriktur anzusehen. Bereits kleinste Verletzungen der Harnröhrenschleimhaut können kausal für später auftretende, klinisch relevante und therapiebedürftige Harnröhrenstrikturen sein (Mosbah et al. 1990, Hartung und Mauermayer 1979).

Literatur

Nitze M (1907) Lehrbuch der Kystoskopie. Bergmann, Wiesbaden (Reprint 1978: Springer, Berlin Heidelberg New York)
Koenig J, Sevinc S, Frohme C, Heers H, Hofmann R, Hegele A (2015). Does visualization during urethrocystoscopy provide pain relief? Results of an observational study. BMC Urol 15:56
Raheem OA, Mirheydar HS, Lee HJ, Patel ND, Godebu E, Sakamoto K (2015) Does Listening to Music During Office-Based Flexible Cystoscopy Decrease Anxiety in Patients: A Prospective Randomized Trial. J Endourol 29:791-796
Calleary JG, Masood J, Van-Mallaerts R, et al. (2007) Nitrous oxide inhalation to improve patient acceptance and reduce procedure related pain of flexible cystoscopy for men younger than 55 years. J Urol 178:184–188
Kavoussi LR, Clayman RV (1988) Office flexible cystoscopy. Urol Clin North Am 15: 601–608
Aaronson DS, Walsh TJ, Smith JF, Davies BJ, Hsieh MH, Konety BR (2009) Meta-analysis: does lidocaine gel before flexible cystoscopy provide pain relief? BJU Int 104:506-509
Seklehner S, Remzi M, Fajkovic H, Saratlija-Novakovic Z, Skopek M, Resch I, Duvnjak M, Hruby S, Librenjak D, Hübner W, Breinl E, Riedl C, Engelhardt PF (2015) Prospective multi-institutional study analyzing pain perception of flexible and rigid cystoscopy in men. Urology 85:737-41.
Flannigan GM, Gelister JS, Noble JG, Milroy EJ (1988) Rigid versus flexible cystoscopy. A controlled trial of patient tolerance. Br J Urol 62: 537–540
Denholm SW, Conn IG, Newsam JE, Chisholm GD (1990) Morbidity following cystoscopy: comparison of flexible and rigid techniques. Br J Urol 66: 152–154
Kamouni T, Bensalah K, Alva A, Patard JJ, Lobel B, Guille F (2001) Role of antibiotic prophylaxis in ambulatory cystoscopy. Prog Urol 11: 1239–1241
Rane A, Cahill D, Saleemi A, Montgomery B, Palfrey E (2001) The issue of prophylactic antibiotics prior to flexible cystoscopy. Eur Urol 39: 212–214
Grabe M (2001) Perioperative antibiotic prophylaxis in urology. Curr Opin Urol11: 81–85
Garcia-Perdomo HA, Jimenez-Mejias E, Lopez-Ramos H (2015) Efficacy of antibiotic prophylaxis in cystoscopy to prevent urinary tract infection: a systematic review and meta-analysis. Int Braz J Urol 41:412-424
Mosbah A, Kane A, Zhani R, Hattab C (1990) Iatrogenic urethral strictures of the male urethra. Acta Urol Belg 58: 87–93
Hartung R, Mauermayer W (1979) Urethral strictures following transurethral instrumentation: causes, prevention, results. Urologe A 18: 64–67

Bildatlas Zystoskopie

A. Hegele, R. Hofmann

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_5

Harnröhre

Abb. 5.1 – Abb. 5.11

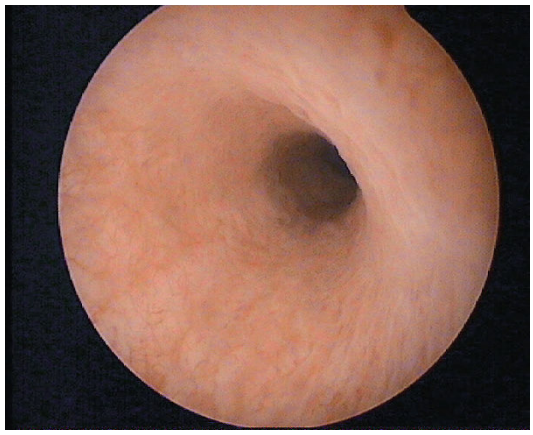


Abb. 5.1 Unauffällige penile Harnröhre

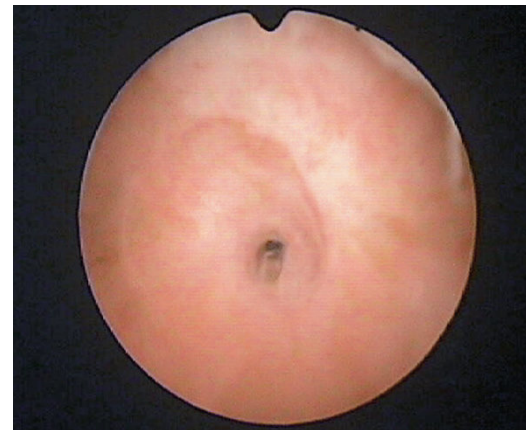


Abb. 5.2 Nahezu komplette Harnröhrenenge mit Fibrinsegel

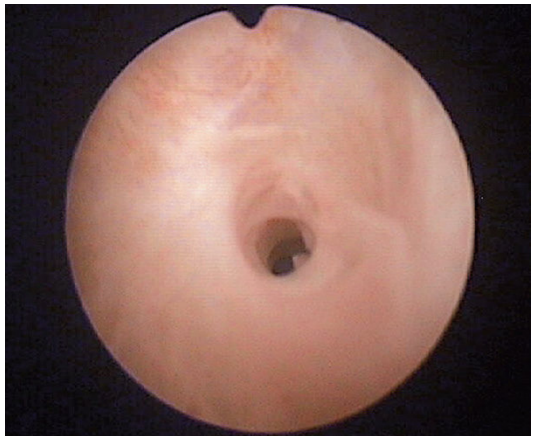


Abb. 5.3 Ringförmige Harnröhrenenge im bulbären Abschnitt

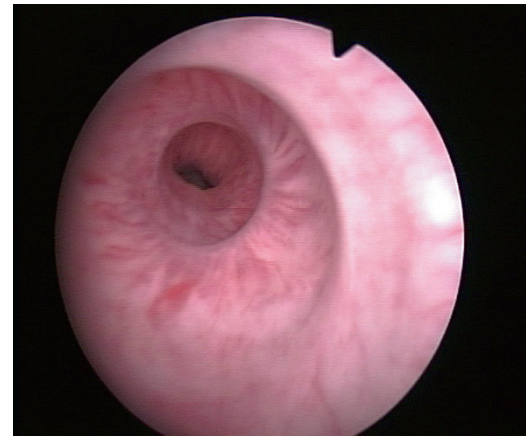


Abb. 5.4 Langstreckige Harnröhrenenge der penilen Harnröhre mit narbigen Engstellen

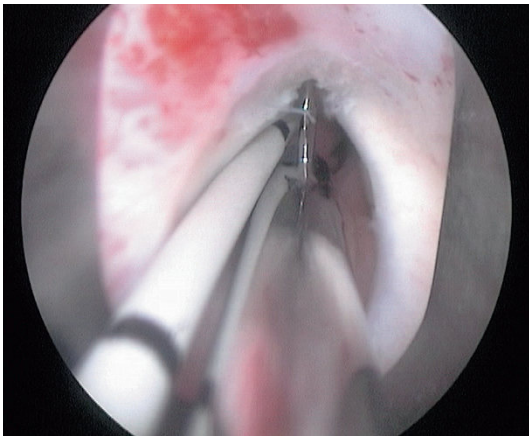


Abb. 5.5 Operative Erweiterung der Harnröhre bei 12 Uhr nach Vorlage eines Katheters

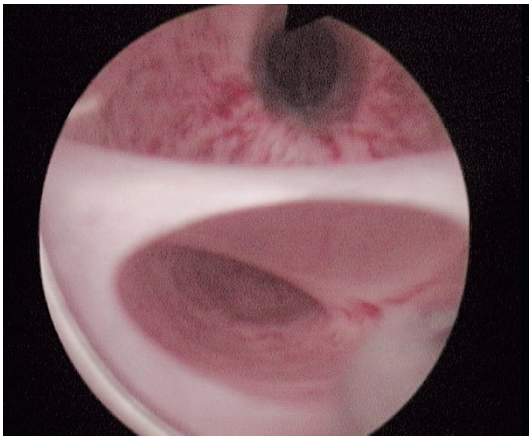


Abb. 5.6 Ausgeprägte Via falsa der Harnröhre

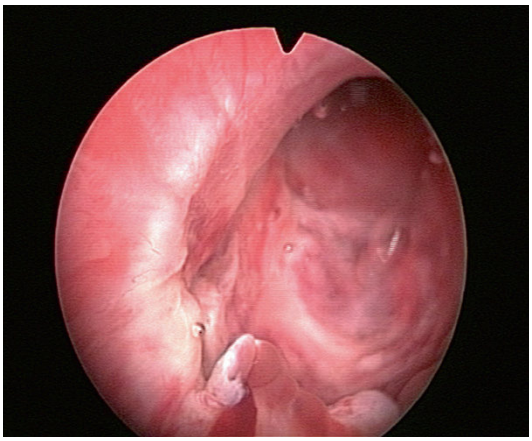


Abb. 5.7 Verletzung der Harnröhre nach Straddle-Trauma

Abb. 5.8 Von einem Patienten selbst abgeschnittener Dauerkatheter, welcher sich in die Harnröhre retrahiert hat und endoskopisch geborgen werden musste.

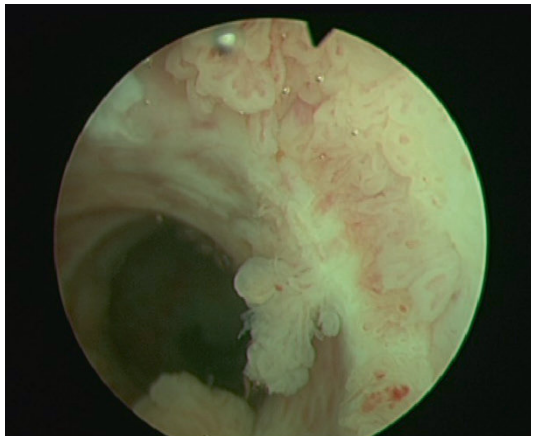


Abb. 5.9 Multiple kleinste exophytische Harnröhrentumoren

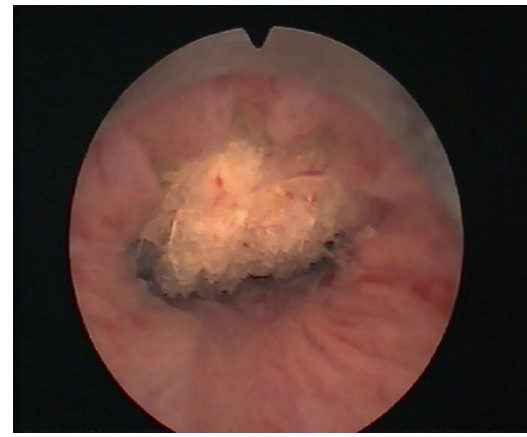


Abb. 5.10 In der Harnröhre eingeklemmtes Harnröhrenkonkrement

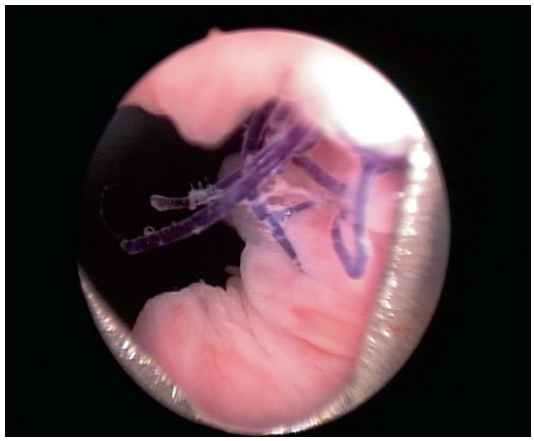


Abb. 5.11 In die Harnröhre eingewandertes transobturatorisch eingebrachtes suburethrales Band

Prostata

Abb. 5.12 – Abb. 5.16

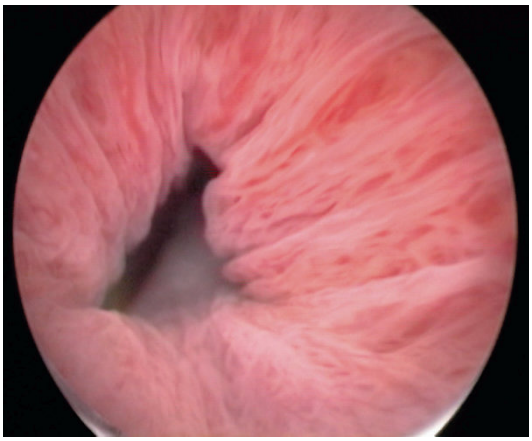


Abb. 5.12 Darstellung des M. sphincter externus

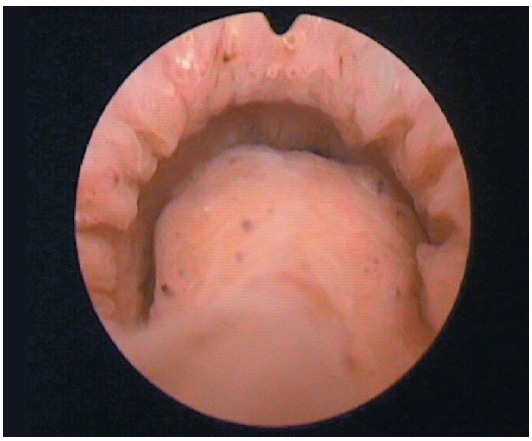


Abb. 5.13 Sicht auf den Samenhügel

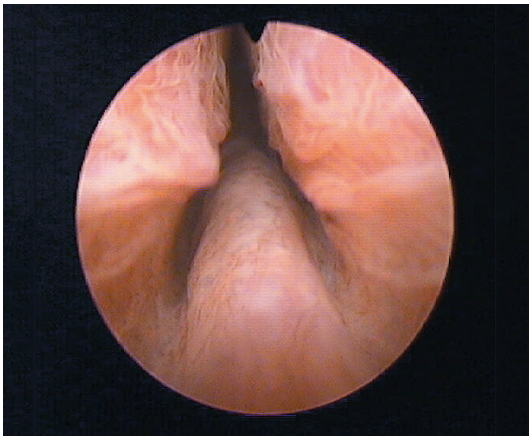


Abb. 5.14 Prostatische Harnröhre mit ausgeprägten Prostataseitenlappen bei BPS und Sicht des Samenhügels

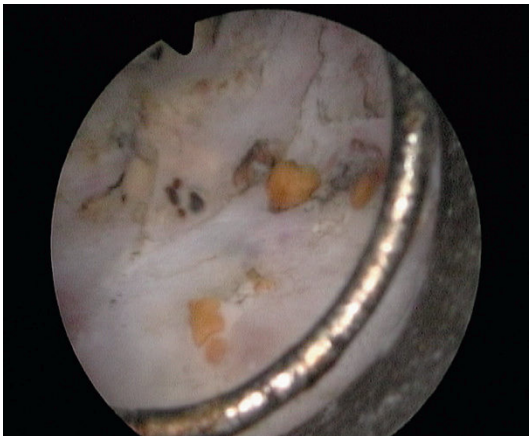


Abb. 5.15 Prostatasteine im Rahmen einer Prostataresektion

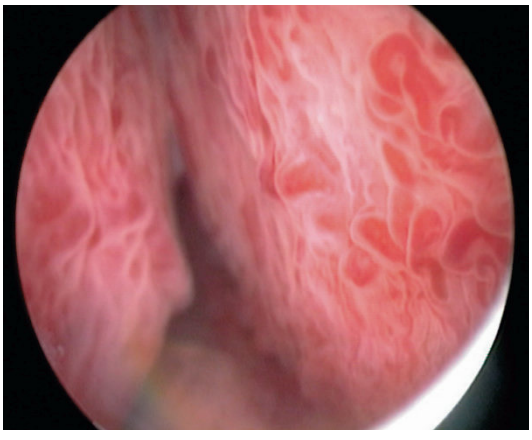


Abb. 5.16 Variköse, leicht vulnerable Prostatavenen im Bereich der Seitenlappen

Harnblase

Abb. 5.17 – Abb. 5.61

Abb. 5.17 Normales endoskopisches Bild der Harnblasenschleimhaut

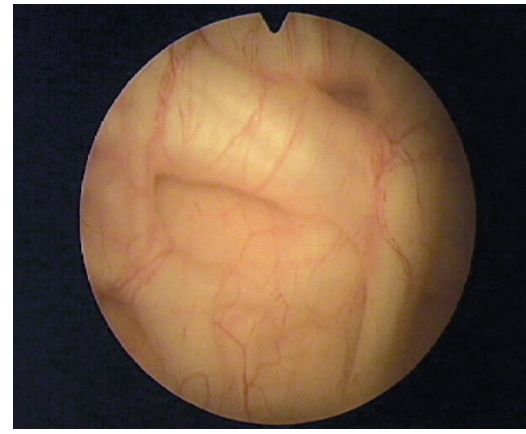


Abb. 5.18 Ausgeprägte Trabekulierung bei Balkenblase bei BPS

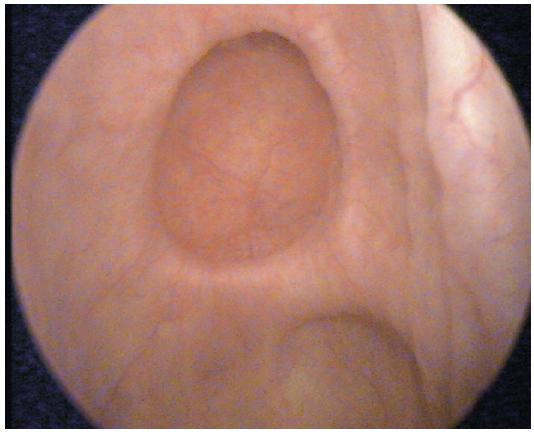


Abb. 5.19 Pseudodivertikel bei ausgeprägter Trabekulierung der Blasenschleimhaut bei BPS

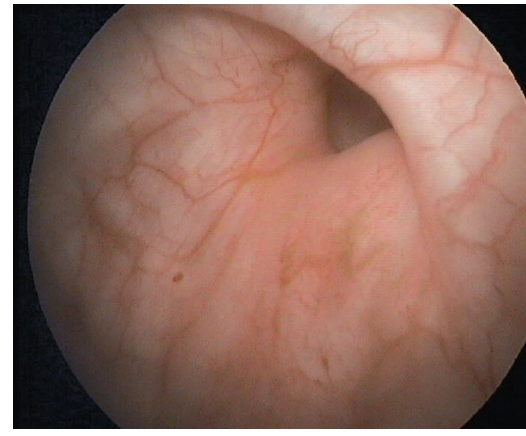


Abb. 5.20 Echtes Divertikel mit Randwulst und dargestelltem Divertikelhals

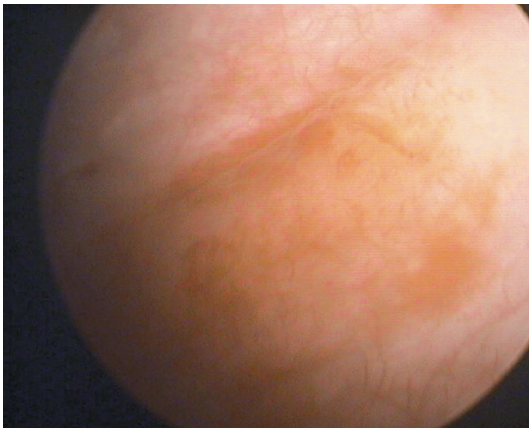


Abb. 5.21 Akute Zystitis

Abb. 5.22 Hamorrhagische Zystitis mit bullösen, teils blutig belegten Arealen

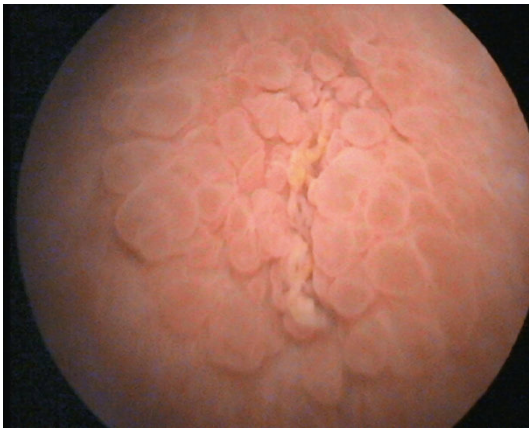


Abb. 5.23 Trigonumzystitis

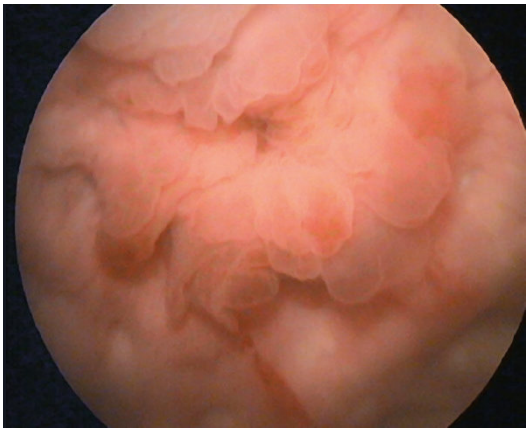


Abb. 5.24 Chronische Zystitis mit bullös-zottigen, pseudotumoralen Arealen

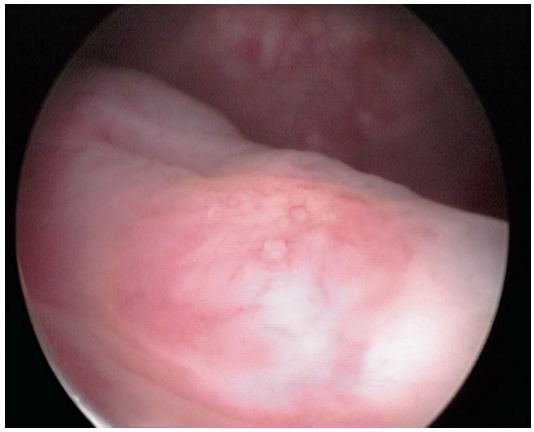


Abb. 5.25 Zystitis follicularis

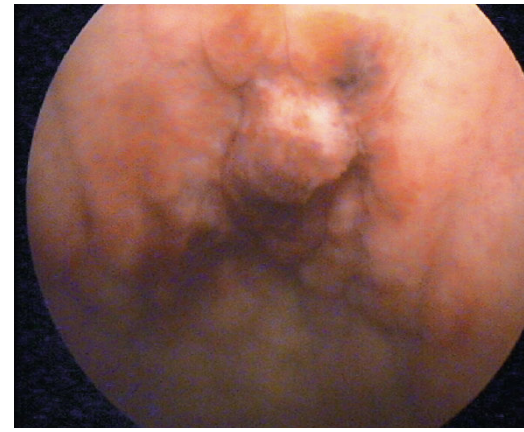


Abb. 5.26 Hamorrhagisch-bullöse Schleimhautaffektionen der Blasenhinterwand nach 4-wöchiger Dauerkatheranlage transurethral

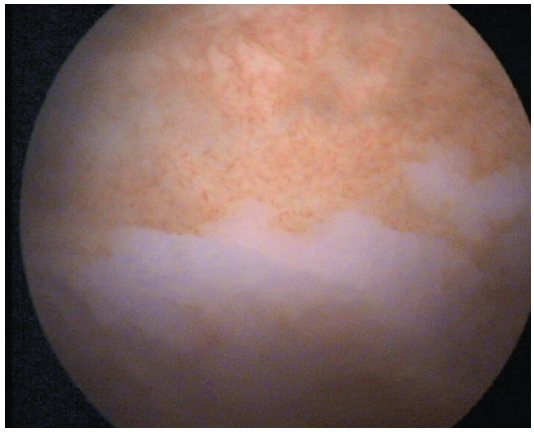


Abb. 5.27 Leukoplakie der Harnblase

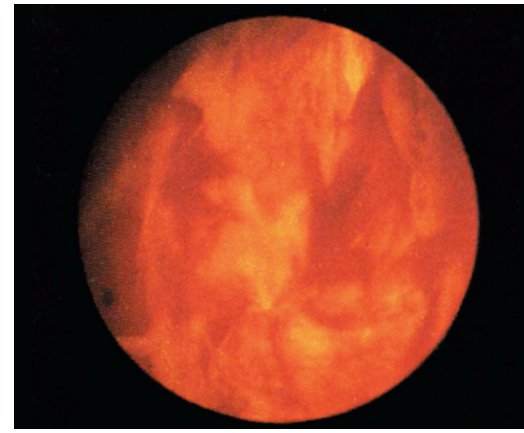


Abb. 5.28 Frischer ulzeröser Herd bei tuberkuloser Zystitis

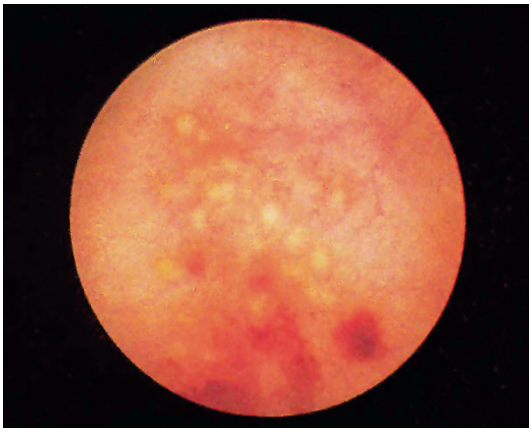


Abb. 5.29 Aktive Bilharziose mit mehreren angeordneten Ova

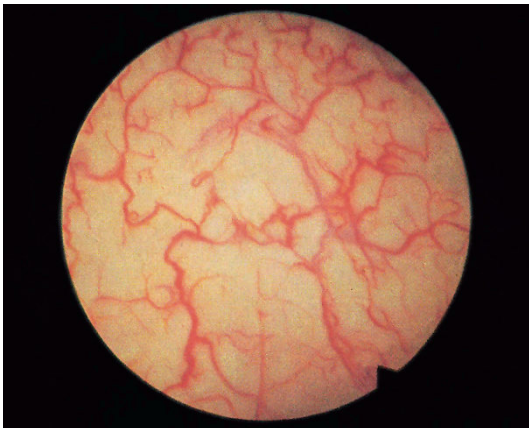


Abb. 5.30 Teleangiektasien nach externer Radiotherapie eines Rektumkarzinoms

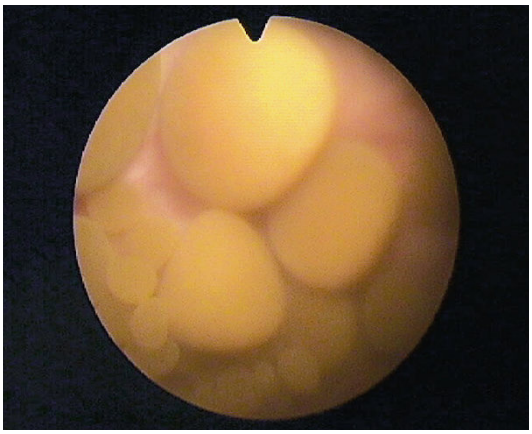


Abb. 5.31 Multiple kleine, abgerundete Blasensteine

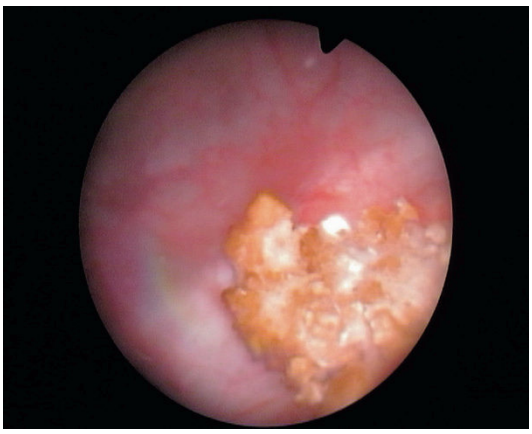


Abb. 5.32 Singulärer zackiger Blasenstein

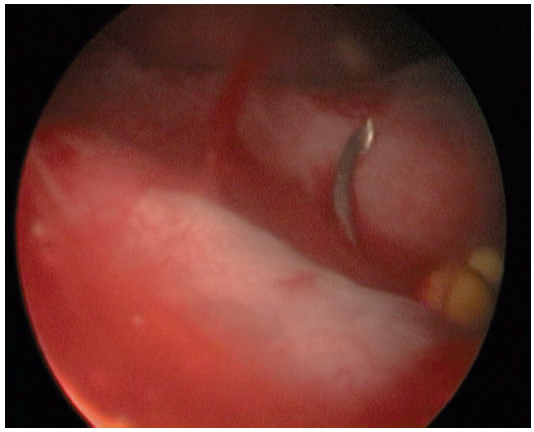


Abb. 5.33 Darstellung einer abgebrochenen Resektionsschlinge in der Harnblase neben vereinzelten Blasensteinen

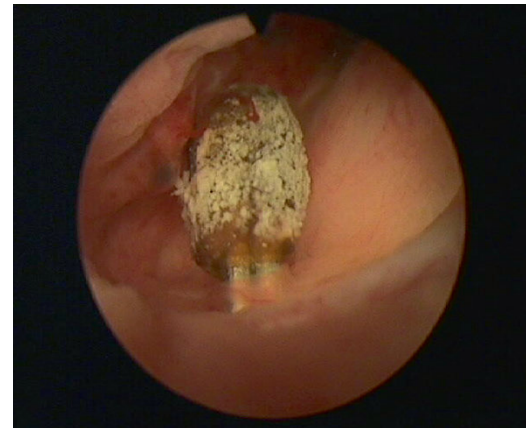


Abb. 5.34 Durchgewanderter, verkalkter Clip im Bereich einer vesico-urethralen Anastomose 3 Jahre nach erfolgter radikaler Prostatektomie

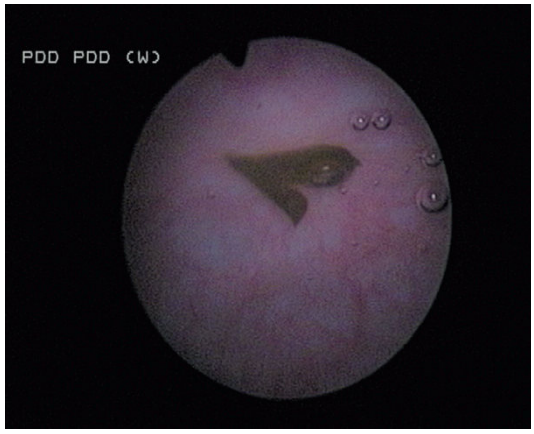


Abb. 5.35 Intravesikale Kotstückchen bei in die Harnblase perforierter Sigmadivertikulitis

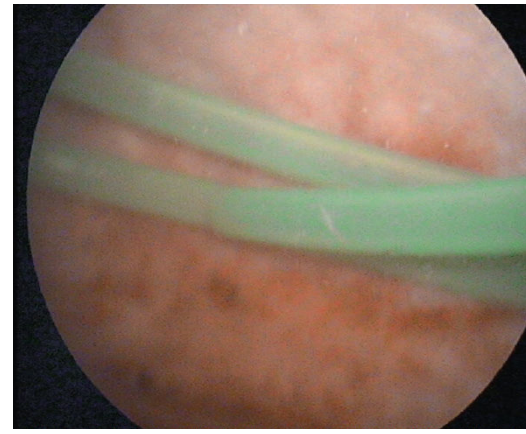


Abb. 5.36 Fremdkörper (Silikonschlauch) in der Harnblase nach autoerotischer Manipulation

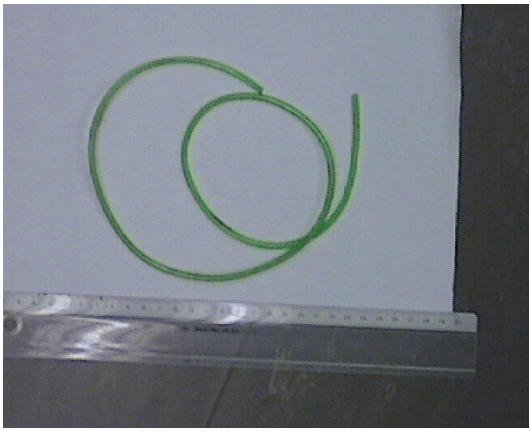


Abb. 5.37 Kompletter Fremdkörper aus Abb. 5.36 nach endoskopischer Entfernung aus der Harnblase

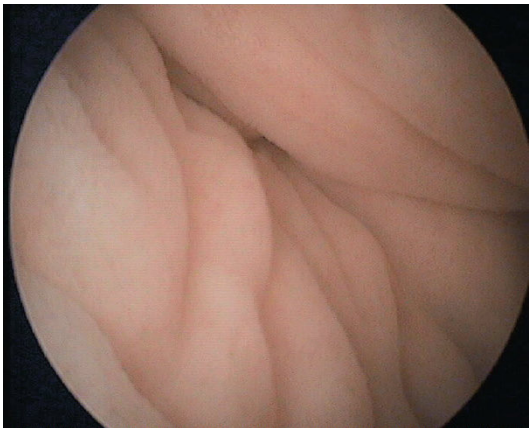


Abb. 5.38 Endoskopisches Bild einer Ileumneoblase mit Darstellung von Schleimhautfalten

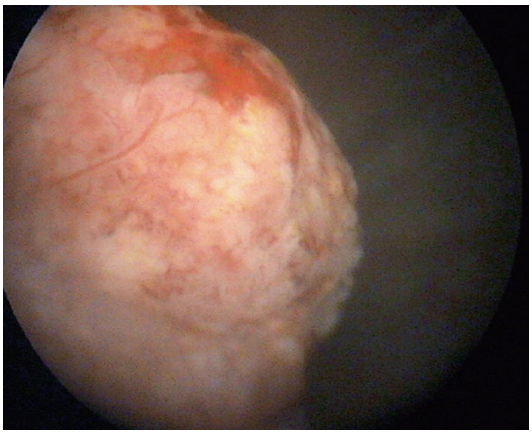


Abb. 5.39 Prostatakarzinom, das in die Harnblase infiltriert

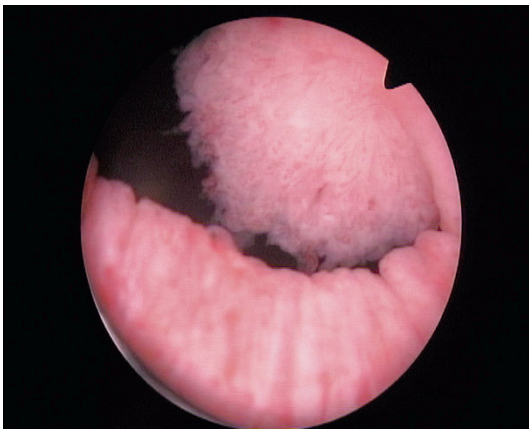


Abb. 5.40 Großer papillärer, exophytischer Harnblasentumor im Blasenauslassbereich

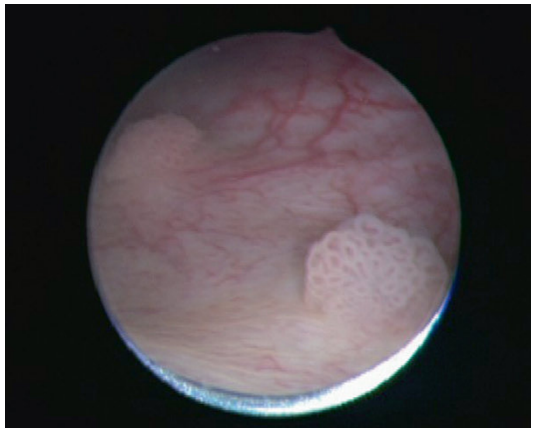


Abb. 5.41 Zwei kleine exophytische Blasentumoren

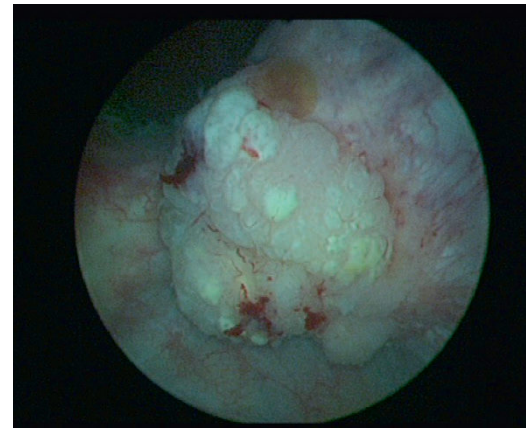


Abb. 5.42 Exophytisch solide imponierender Blasentumor

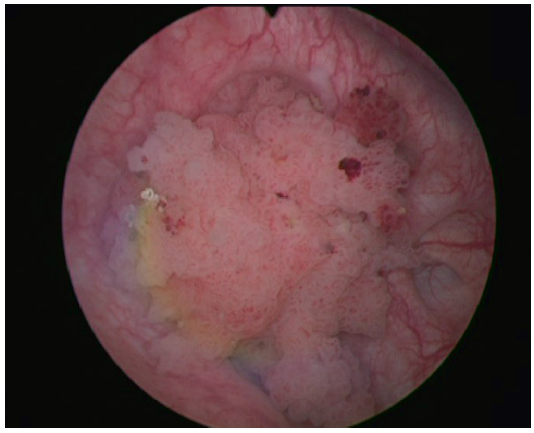


Abb. 5.43 Großer exophytischer, partiell eingebluteter Blasentumor

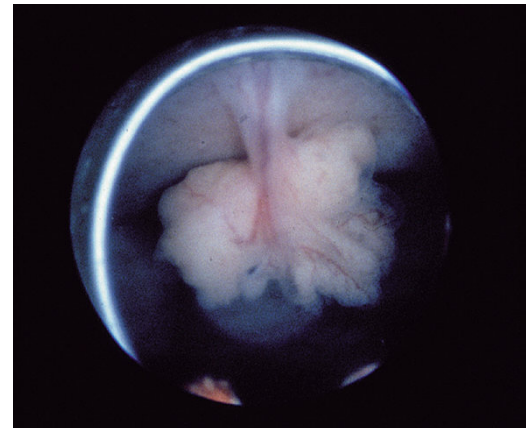


Abb. 5.44 Kleiner gestielter Harnblasentumor

Abb. 5.45 Periostialer Harnblasentumor

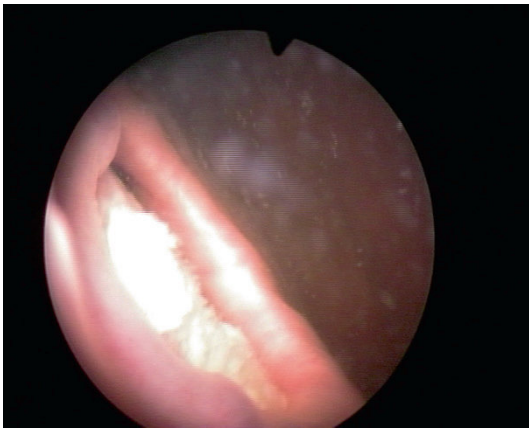


Abb. 5.46 Solider in einem Harnblasendivertikel gewachsener und aus diesem hinausragender Harnblasentumor

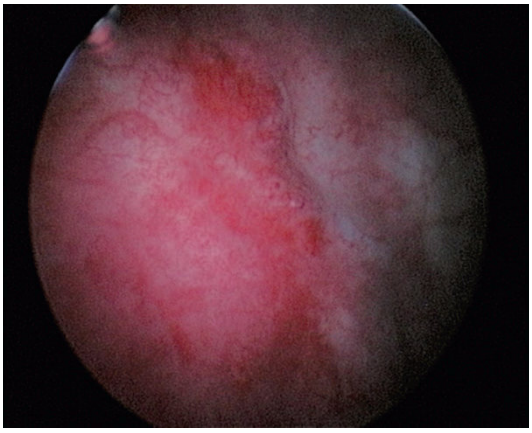


Abb. 5.47 Carcinoma in situ der Harnblase, typisch rasenartig

Abb. 5.48 Carcinoma in situ der Harnblase

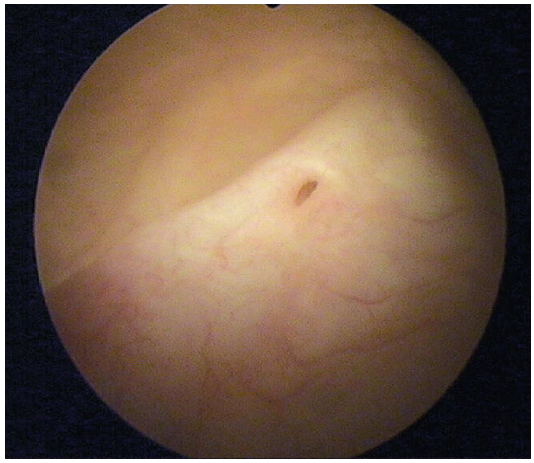


Abb. 5.49 Schlitzförmiges, orthotop gelegenes Harnleiterostium

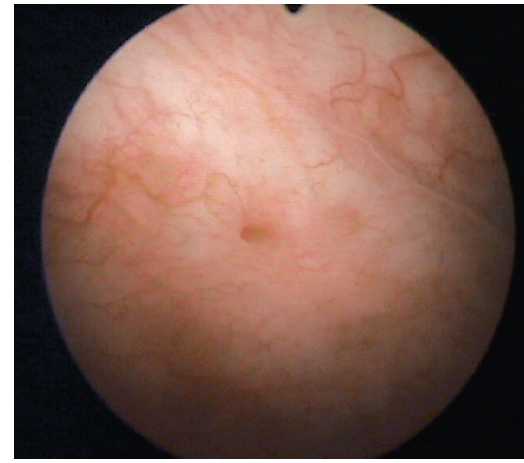


Abb. 5.50 Golflochartige Ostiumkonfiguration

Abb. 5.51 Aufgeworfenes Harnleiterostium bei intramuralem Konkrement

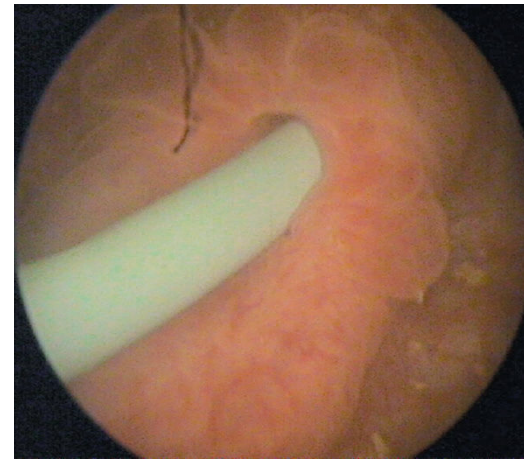


Abb. 5.52 Ostium mit einliegender Harnleiterschiene

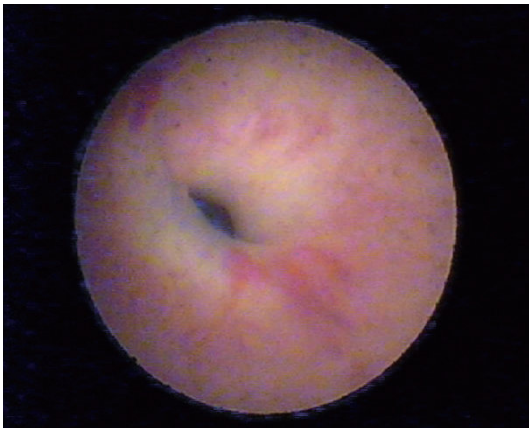


Abb. 5.53 Klaffendes, vernarbtes Ostium nach Überresektion im Rahmen einer TURB

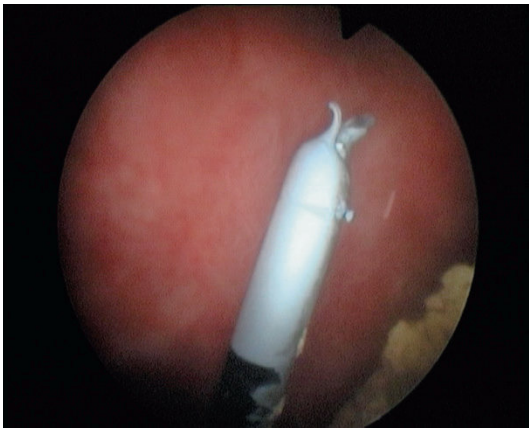


Abb. 5.54 Abgerissene Harnleiterschiene, in die Harnblase hineinragend

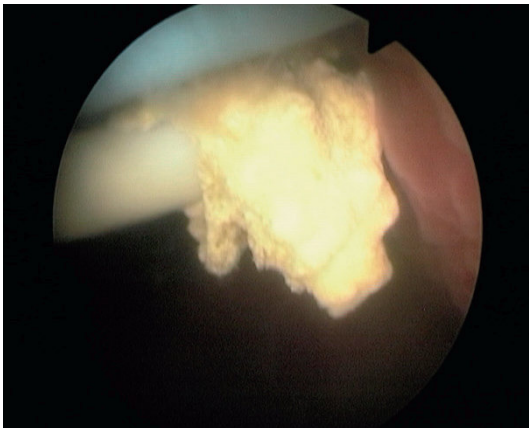


Abb. 5.55 Massiv verkrustete, bereits seit mehreren Monaten einliegende Harnleiterschiene

Abb. 5.56 Blasenschleimhaut nach TURB mit Perforation bis in das perivesikale Fett, welches durchschimmert

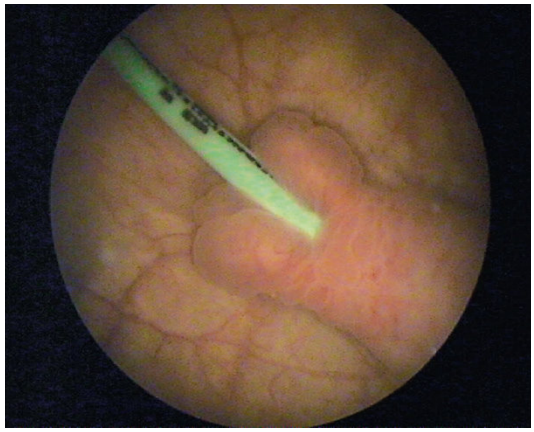


Abb. 5.57 Ureteroneostomie (nach Psoas-hitch-Technik) mit einliegender Harnleiterschiene

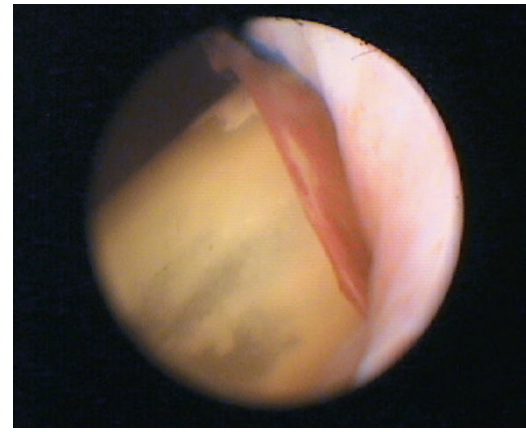


Abb. 5.58 Implantationsstelle eines extraanatomischen Harnleiterbypasses in der Harnblase

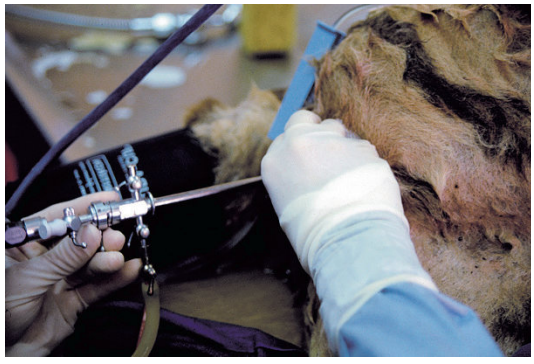


Abb. 5.59 Eine Urethrozystoskopie ist nicht schwer ...

Abb. 5.60 ... doch ab und zu ...

Abb. 5.61 ... empfiehlt sich doch eine Narkose ...

Endoskopische Behandlung von Harnröhrenstrikturen

A.J. Schrader

6.1 Grundlagen – 52

6.2 Indikationen – 52

6.3 Präoperative Diagnostik und perioperatives Vorgehen – 52

6.3.1 Präoperative Diagnostik – 52

6.3.2 Vorbereitung und Lagerung des Patienten – 53

6.4 Durchführung der Urethrotomia interna – 53

6.4.1 Urethrotomia interna nach Otis – 53

6.4.2 Urethrotomia interna nach Sachse – 54

6.4.3 Urethrotomie bei der Frau – 56

6.5 Postoperatives Vorgehen – 56

6.6 Komplikationen der Urethrotomia interna – 56

6.7 Ergebnisse der Urethrotomia interna – 57

6.8 Alternative operative Therapiemöglichkeiten der Harnröhrenstriktur – 57

6.8.1 Harnröhrenbougierung – 57

6.8.2 Endoskopische Behandlung des kompletten Harnröhrenverschlusses – 58

Literatur – 59

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_6

6.1 Grundlagen

Die männliche Harnröhre hat eine Länge von etwa 25 cm sowie eine durchschnittliche Weite von 7–9 mm (21–27 Charr). Physiologische Engen liegen am:

- Orificium externum,
- Übergang der Fossa navicularis zur penilen Urethra,
- Bulbus urethrae (Pars membranacea der Urethra).

Die weibliche Harnröhre hat eine Länge von 3–4 cm und einen Durchmesser von 8 mm (24 Charr) (Sökeland et al. 2001). Aufgrund ihrer Lage und geringeren Länge sind therapiebedürftige Strikturen der weiblichen Harnröhre selten.

6.2 Indikationen

Die Ätiologie der Harnröhrenstrikturen hat sich im Verlauf der letzten Jahrzehnte deutlich geändert. Bis zur Antibiotikatherapie der Gonorrhö und anderer bakterieller Entzündungen waren über 70 % aller Strikturen postentzündlicher Natur. Ursächlich sind heute meist Verletzungen der Harnröhre aufgrund transurethraler Eingriffe wie Kathetereinlagen, Zystoskopien und Resektionen. Auch traumatische Harnröhrenläsionen gibt es überwiegend bei Männern. So finden sich Straddle-Traumata im Bereich der bulbären Urethra oder Harnröhrenrupturen infolge einer Beckenfraktur in der membranösen oder prostatischen Harnröhre.

Grundsätzlich gilt, dass nur urodynamisch wirksame Strikturen behandlungsbedürftig sind. Bei geringgradiger Stenose sollte die Indikation in Abhängigkeit von Anamnese, subjektiver Beeinträchtigung des Patienten und den Ergebnissen der Diagnostik (▶ Kap. 6.3) gestellt werden.

6.3 Präoperative Diagnostik und perioperatives Vorgehen

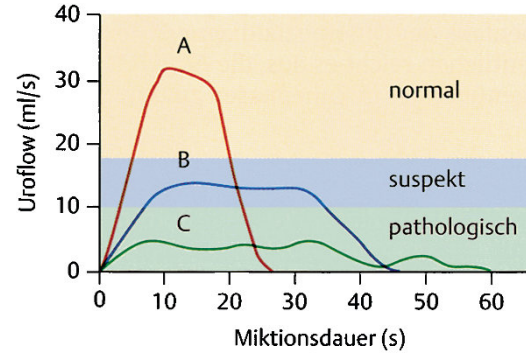
6.3.1 Präoperative Diagnostik

Standarddiagnostik

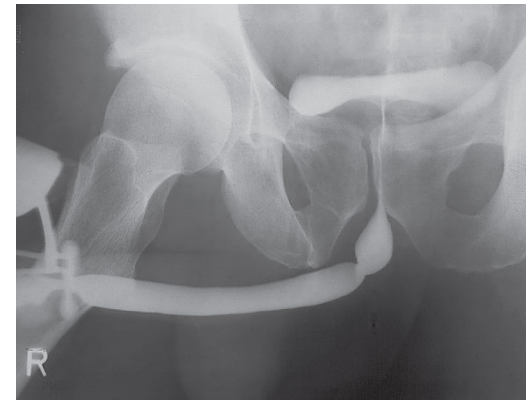
Die präoperative Standarddiagnostik umfasst:

- *Anamnese* einschließlich Medikamentenanamnese (α-Blocker, 5-α-Reduktasehemmer, Psychopharmaka), Feststellung etwaiger Begleiterkrankungen (neurologische, rheologische und endokrine Erkrankungen), vorangegangene Erkrankungen des Genitalbereichs sowie transurethrale Manipulationen
- *Harnstrahlmessung* zur Qualität und Quantität des Harnflusses (◘ Abb. 6.1)
- *Abdominelle Sonographie* zur Bestimmung des Restharns und der Blasenwanddicke
- Retrogrades *Urethrozystogramm (UCG)*; wichtig ist hier das langsame Einbringen des Kontrastmittels ohne Überdruck unter intermittierender Durchleuchtung, um Artefakte sowie das Risiko aufsteigender Infektionen zu minimieren (◘ Abb. 6.2, ◘ Abb. 6.3)
- *Miktionszystourethrogramm* (MCUG) bei Männern und Frauen
- *Urethrozystoskopie* mit der 0°-Optik

Beim UCG sind sterile Kautelen zu beachten; ein Harnwegsinfekt muss präinterventionell ausgeschlossen sein, da anderenfalls die Gefahr einer Bakteriämie durch Einschwemmung besteht.



◘ **Abb. 6.1** Schema zur Beurteilung von Uroflowkurven. *A* normal, *B* suspekt, *C* pathologisch



◘ **Abb. 6.2** Urethrozystogramm (UCG) einer kurzstreckigen, bulbären Harnröhrenenge

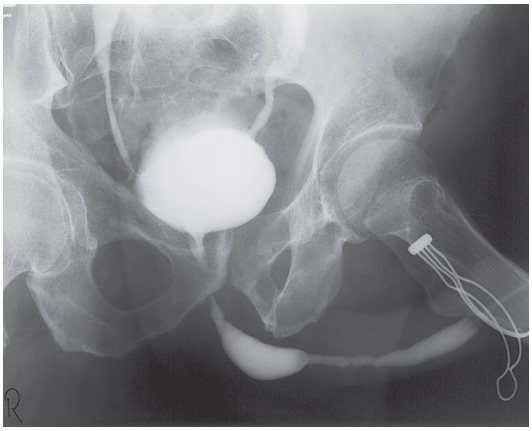


Abb. 6.3 Urethrozystogramm (UCG) einer langstreckigen, penilen Harnröhrenenge

Bei der Frau kann eine Striktur auch durch einfache *Harnröhrenkalibrierung* nachgewiesen werden. Hier kommen Kunststoff- oder Metallbougies aufsteigenden Durchmessers zum Einsatz (»bougie à boule«). Elastische Widerstände, z. B. eine Meatusstenose, die beim Einführen glatter Instrumente leicht überwunden werden, spannen sich beim Herausziehen des Bougie an.

Fakultative Diagnostik

Harnröhrensonographie mit einem hochauflösenden Schallkopf (mindestens 8,5 MHz) nach retrograder Auffüllung der Harnröhre mit Flüssigkeit (Pavlica et al. 2003).

6.3.2 Vorbereitung und Lagerung des Patienten

Bakterielle Harnwegsinfektionen sollten präoperativ ausgeschlossen oder antibakteriell behandelt werden. Perioperativ ist die Gabe von Trimethoprim-Sulfamethoxazol oder eines Gyrasehemmers bis zur Entfernung des Katheters, üblicherweise am ersten postoperativen Tag, indiziert (Sachse et al. 1985).

Es ist meist nicht nötig, den Patienten präoperativ zu rasieren. Die Desinfektion erfolgt unmittelbar vor dem Eingriff durch eine desinfizierende Lösung. Der Patient wird in einer Lithotomieposition gelagert.

6.4 Durchführung der Urethrotomia interna

Es stehen 2 endourologische Standardverfahren zur Verfügung: die Urethrotomie nach Otis und nach Sachse. Bei beiden Verfahren wird im Gegensatz zu bougierenden Techniken das Harnröhrenlumen durch einen kontrollierten Längsschnitt, in der Regel bei 12 Uhr, erweitert. Die so gesetzte längliche Inzisionswunde epithelialisiert sich rasch unter Bildung einer längsverlaufenden und damit nur gering stenosierenden Narbe (Abb. 6.4)

6.4.1 Urethrotomia interna nach Otis

Die Otis-Urethrotomie wird zur Behandlung mittelgradiger Strikturen der vorderen Harnröhre verwendet. Nach Einbringen eines Gleitmittels wird das Otis-Urethrotom (Abb. 6.5) vorsichtig über die Striktur geführt. Gelingt dies nicht, so muss mit Bougies bis 16 Charr aufbougiert werden. Der Penis wird mit der linken Hand gestreckt und das Instrument mit rechts eingeführt (Abb. 6.6). Anschließend wird das Instrument mit beiden Händen gehalten, und die Branchen des Urethrotoms werden auf die gewünschte Schnitttiefe (maximal 30 Charr) aufgeschraubt.

Durch Zug am Instrument wird der Penis gestreckt. Die Schnittführung erfolgt bei 12 Uhr (Abb. 6.7). Bei hochgradigen Engen ist die Wiederholung des Vorgangs erforderlich, wenn sich die

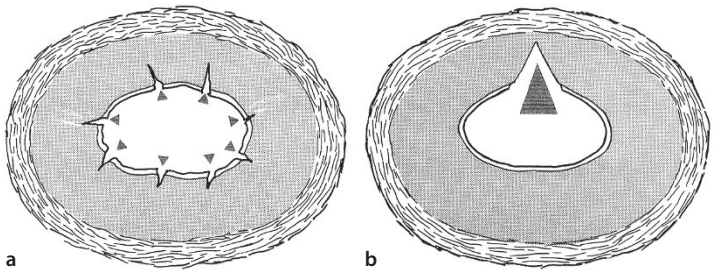


Abb. 6.4 Stumpfe Dehnung versus Urethrotomia interna. **a** Durch die Bougierung kommt es fast immer zu multiplen Einrissen. **b** Durch die Urethrotomia interna entsteht ein scharfer, glattrandiger Schnitt.

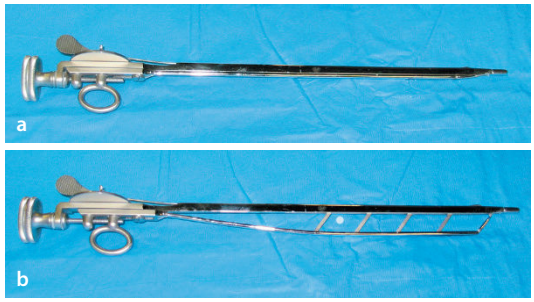


Abb. 6.5a,b Otis-Urethrotom im geschlossenen (**a**) und geöffnetem Zustand (**b**). Das Messer ist dachförmig geschnitten für Schnitte in beiden Richtungen.

Branchen beim ersten Mal nicht auf die nötige Weite öffnen lassen. Anterogrades und retrogrades Schneiden sind durch den dachförmigen Schliff möglich.

Tipps

Beim Mann sollte das Instrument vorsichtig bei nach oben gerichtetem oder am Bauch anliegendem Penis zugeführt werden, damit eine transsphinktäre Lage des Instruments sicher vermieden wird.

6.4.2 Urethrotomia interna nach Sachse

Die Urethrotomia interna nach Sachse erfolgt unter Sicht und wird zur Behandlung mäßig ausgeprägter bis hochgradiger Strikturen verwendet. Das Sachse-Urethrotom beinhaltet eine Optik (meist 0°-Optik), einen das Messer führenden Instrumentenkanal sowie einen weiteren Kanal zum Einbringen verschiedener Arbeitssonden.

Nach Einbringen eines Gleitmittels wird das Instrument bei eingezogenem Messer vorsichtig an die Striktur geführt und diese dargestellt. Falls problemfrei möglich, wird die Stenose überwunden und die Harnröhre in ihrem proximalen Verlauf sowie die Blase ausgespiegelt. Anschließend erfolgt die Urethrotomie: Das Messer wird proximal der Läsion angesetzt und nach distal bei 12 Uhr gespalten (Abb. 6.8).

Schneiden ist grundsätzlich prograd oder retrograd möglich. Bei prograd em Schneiden ist die vorherige Einlage eines Ureterkatheters (UK) und Schneiden entlang der Leitschiene empfohlen. Vorsichtiges Absenken des Instruments beim retrograden Schnitt kann den Schnitt vertiefen und die Effektivität steigern.

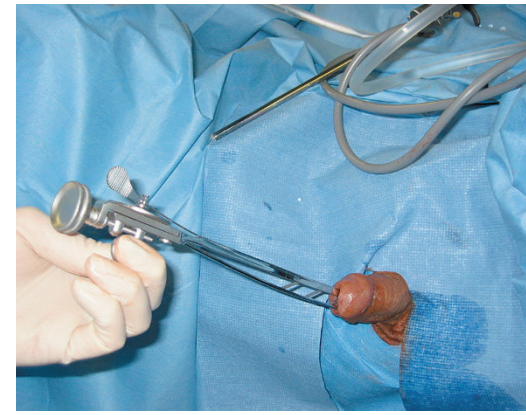


Abb. 6.6 Otis-Urethrotom in der distalen Harnröhre. Strecken der Harnröhre durch leichtes Aufdrehen des Urethrotoms

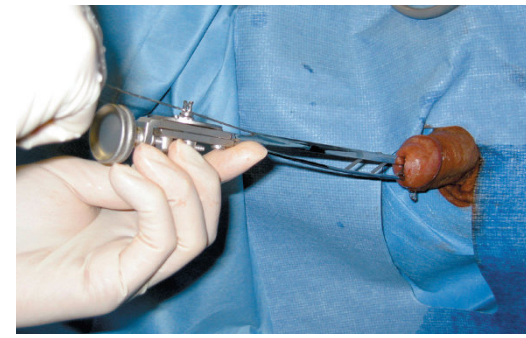


Abb. 6.7 Durchziehen des Messers mit Schnitt bei 12 Uhr

Tipps

Der Schnitt kann in der gesamten Harnröhre bei 12 h erfolgen, bei bulbären Strikturen ist ein Schnitt bei 4 h und 8 h erlaubt.

Bei sphinkternaher Striktur ist besondere Vorsicht geboten. Es empfiehlt sich, nur die in das Lumen hineinragende Enge aufzuschneiden und das Lumen der Hanröhre nicht zu überschreiten.

Bei hochgradigen, mit dem Gerät nicht überwindbaren Strikturen wird die Einlage eines Ureterkatheters (5 Charr) oder eines Drahtes als »guide wire« über das Instrument bis in die Blase empfohlen. Dies erleichtert die Orientierung und minimiert Komplikationen wie Viae falsae und Perforationen der Harnröhre (Abb. 6.9, Abb. 6.10, Abb. 6.11, Abb. 6.12).

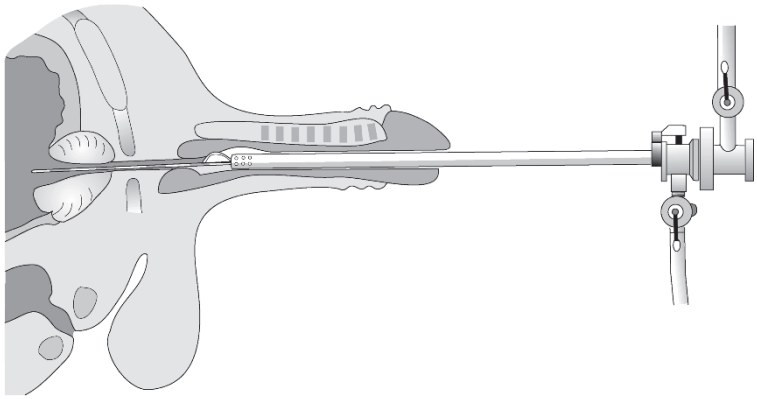


Abb. 6.8 Schlitzung der Harnröhrenstriktur im bulbären Bereich durch Urethrotomia interna

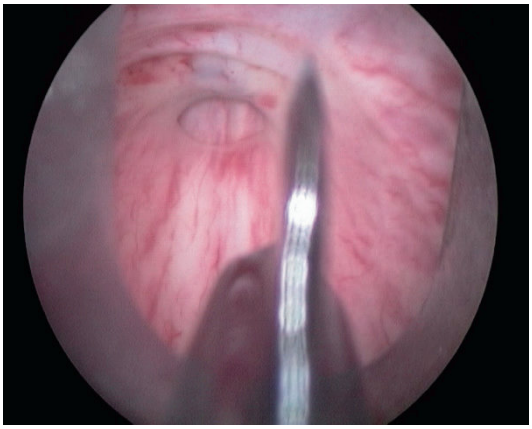


Abb. 6.9 Harnröhrenstriktur bulbär

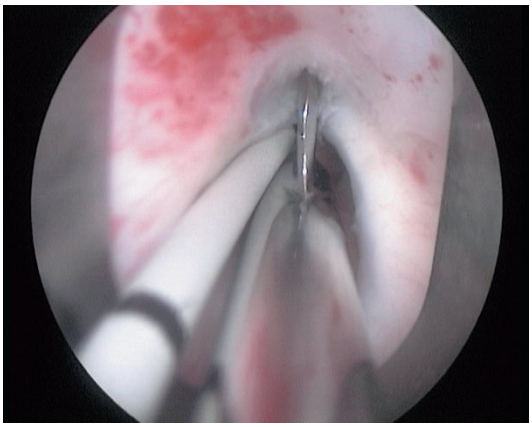


Abb. 6.10 Vorlegen eines 5-Charr-Harnleiterkatheters (UK) durch die Striktur

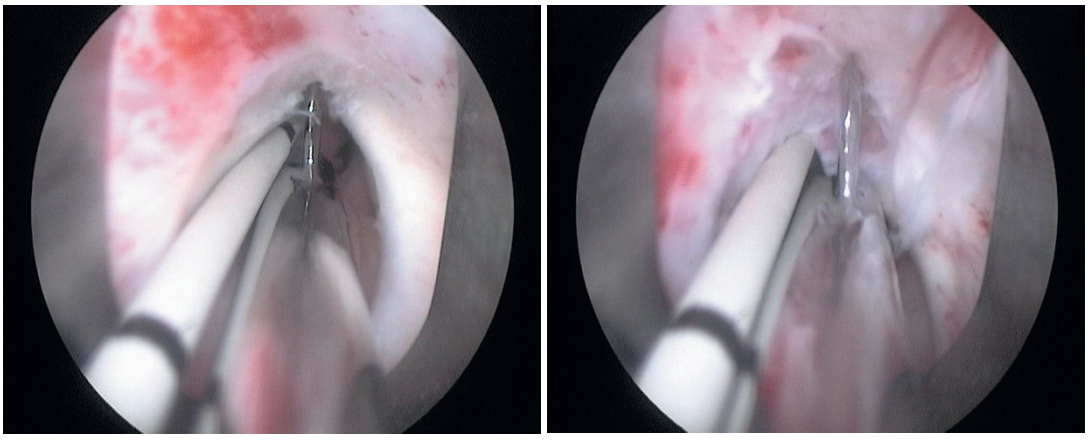


Abb. 6.11 Schneiden der Striktur bei 12 Uhr entlang des Harnleiterkatheters

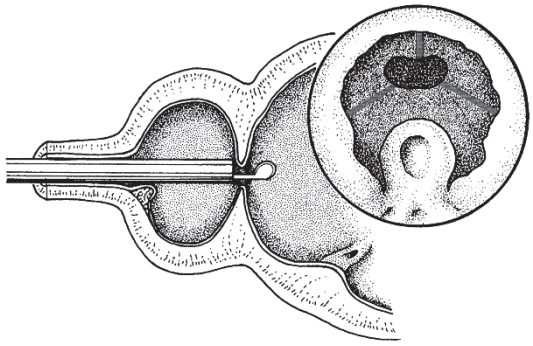


Abb. 6.12 Prinzip der Sichturethrotomie einer narbigen Blasenhalsstenose

Tipps

Wird die Urethrotomie in Lokalanästhesie durchgeführt (2 % Lidocaingel), so ist die Einlage eines Ureterkatheters hilfreich, da sich das Gel entlang des Ureterkatheters verteilt.

6.4.3 Urethrotomie bei der Frau

Bei einer Meatusstenose sollte eine Meatoplastik in Lokalanästhesie durchgeführt werden. Eine Uretrotomia interna mit dem Otis-Urethrotom ist wegen der Sphinkterverletzung gefährlich und sollte nicht durchgeführt werden.

6.5 Postoperatives Vorgehen

Unmittelbar postinterventionell wird transurethral ein Silikonkatheter eingelegt. Sofern es intraoperativ nicht zu einer Perforation der Harnröhre gekommen ist, kann der Katheter problemlos nach 1–3 Tagen entfernt werden. Den Katheter längere Zeit (z. B. 3 Wochen) zu belassen, wird nicht empfohlen.

Die Instillation von antiseptischen und ggf. kortisonhaltigen Emulsionen kann sinnvoll sein. Um die Haftung der Emulsion am Gewebe zu verbessern, sollte die Applikation postmiktionell erfolgen.

Eine hydraulische Selbstbougierung (Zukneifen des Meatus während der Miktion) sollte nicht durchgeführt werden, da der Wundheilungsprozess durch wiederholtes Aufreißen des Urothels gestört und die Striktur höhergradig werden kann.

6.6 Komplikationen der Urethrotomia interna

Perioperative Komplikationen wie Blutungen, Infektionen oder Einschwemmung sind insgesamt selten.

Blutungen Sie werden bei der Otis-Urethrotomie in der Regel durch Kathetereinlage und Anlage eines Peniskompressionsverbands (»Wickeln über dem eingelegten Katheter«) beherrscht. Bei nicht kontrollierbaren oder im Rahmen der Sachse-Urethrotomie auftretenden Blutungen kann gezielt transurethral endoskopisch koaguliert werden. Hier kann z. B. der zweite Arbeitskanal des Sachse-Urethrotoms genutzt werden, über den dann eine Koagulationssonde eingeführt wird.

Infektionen Perioperative Wundinfektionen sollten testgerecht antibiotisch behandelt werden.

Einschwemmung von Spülflüssigkeit Dies kann bei der Sachse-Urethrotomie auftreten. Lokale Einschwemmungen führen zu Penis- und Skrotalödemen, die durch Hochlagerung behandelt werden.

Perforationen und Viae falsae Perforationen treten v. a. bei von der 12-Uhr-Postition abweichender Schnittführung auf und können mit Verletzungen von Corpus spongiosum und cavernosum einhergehen. Wird beim prograden Schneiden eine Via falsa gelegt (keinen Ureterkatheter eingelegt!), so ist ein Zurückfinden in das Harnröhrenlumen gelegentlich schwierig, da sich das Lumen deckelförmig verschließen kann und der präformierte Weg im Corpus spongiosum immer wieder beschritten wird.

Vorgehen bei Perforationen und Viae falsae

- Zurückziehen des Urethrotoms in das Harnröhrenlumen und Sondierung mit einem gebogenen 5-Charr-Ureterkatheter entlang der nicht perforierten Seite der Harnröhre
- Gabe von Methylenblau i.v. oder bei voller Blase durch suprapubische Punktion. Patienten zur Miktion auffordern oder Crede-Handgriff. Bei Miktion Sondieren der Harnröhre mit Ureterkatheter
- Wenn retrograde Sondierung nicht möglich ist: suprapubische Punktion und Aufbougierung des Stichkanals

- Meist endoskopische Darstellung des Blasenhalses und antegrades Vorschieben eines Drahtes (»Durchzugsschiene«)
- Retrograde Einlage eines Dauerkatheters über die Schiene

Schließmuskelverletzungen Bei Strikturen im Sphinkterbereich nur oberflächliches Schneiden. Besser ist Aufbougieren.

Erektionsstörungen (1,5–10,6 %) Es besteht eine enge örtliche Beziehung zwischen Harnröhre und den kavernösen Nerven: Im Bereich der proximalen bulbären Harnröhre kommen sie bei 1 und 11 Uhr in Steinschnittlage an der Urethra zu liegen und verzweigen sich distal davon in den Corpora cavernosa. Mögliche Ursachen einer Erektionsstörung sind eine direkte Schädigung der kavernösen Nerven durch die Operation, die Extravasation von Spülflüssigkeit und Urin mit konsekutiver Infektion oder eine Shuntbildung zwischen Corpora cavernosa und spongiosum. Patienten mit langstreckigen oder multiplen Strikturen sowie Patienten mit Strikturen in der Pars pendulans der Urethra sind gefährdet (Schneider et al. 2001).

6.7 Ergebnisse der Urethrotomia interna

Abhängig von der Ausdehnung der vorhandenen Spongiofibrose wird die Erfolgsrate der Urethrotomie mit 56–95 % angegeben.

Das Ergebnis einer Urethrotomie ist v. a. vom nachbeobachteten Zeitintervall abhängig: Bei objektiver Bewertung des postoperativen Peak-flow-Werts in der Harnstrahlmessung sind nach 6 Monaten 81–85 % der behandelten Patienten rezidivfrei, jedoch nach 60 Monaten nur noch 26–32 % der Patienten. Heute geht man davon aus, dass gut die Hälfte aller Rezidive innerhalb des ersten postoperativen Jahres auftritt, ein Viertel aller Rezidive im zweiten, 10 % im dritten und weitere 10 % nach dem dritten Jahr (Pansadoro und Emiliozzi 1998).

Einfluss auf die Erfolgsrate der Urethrotomie hat auch die Lokalisation der Striktur: Bei bulbären Strikturen ist sie mehr als doppelt so hoch als bei penilen Strikturen (44 % vs. 16 % nach 98 Monaten).

Signifikant unterschiedliche Erfolgsquoten bei bulbären Urethralstenosen werden berichtet in Abhängigkeit von:

- der Länge der Striktur (71 % vs. 18 % bei einer Länge von <1 cm oder >1 cm bei einem Nachbeobachtungszeitraum von 98 Monaten),
- der Anzahl der Strikturen (multiple Strikuren 16 %, eine Striktur 50 %),
- dem Durchmesser der Striktur (>15 Charr 69 %, <15 Charr 34 %) und
- der Anzahl der bereits vorangegangenen Rezidive (Niesel et al. 1998).

6.8 Alternative operative Therapiemöglichkeiten der Harnröhrenstriktur

6.8.1 Harnröhrenbougierung

Die urethrale Dilatation (Bougierung) stellt selten eine endgültige Behandlung der Harnröhrenstriktur dar und ist kontraindiziert bei schwereren ringförmigen Stenosen mit ausgeprägter Spongiosafibrose, bei rezidivierenden, posttraumatischen, längerstreckigen Läsionen sowie Viae falsae, Fisteln, Divertikeln und Harnröhrensteinen.

Bei kurzstreckigen Strikturen, die bei gesundem spongiösem Gewebe lediglich Mukosa und Submuskosa betreffen, kann hingegen eine Dilatation erfolgreich sein. Dies wird durch progressive Dehnung der Striktur erreicht, d. h. die Dilatation wird durch Einführung von Urethalbougies ansteigenden Kalibers durchgeführt. Während penile Strikturen besser mit Kathetern gedehnt werden, erfordern bulbäre und membranöse Strikturen meist Metallsonden. Schmale Bougies können leichter eine Via falsa hervorrufen als breitere. Insgesamt ist es wichtig, das traumatische Einreißen der urethralen Mukosa zu vermeiden, was zu einer zusätzlichen Fibrosierung des die Harnröhre umgebenden spongiösen Gewebes führen würde. Bougierungen sollten einen Durchmesser von 18–20 Charr nicht überschreiten. Meist werden mehrere aufeinander folgende Behandlungen benötigt, um eine Verletzung der Harnröhre zu vermeiden.

Während der ersten Passage eines Bougies gilt es, die Drehrichtung in den einzelnen Partien der Striktur im Gedächtnis zu behalten, damit man beim Einführen der nächst größeren Bougie diese Drehungen erneut durchführen kann. Meist kommen heute weiche Bougies mit Tiemann-Spitze zum Ein-

satz. Diese haben gegenüber soliden geraden Bougies den Vorteil, dass die Spitze gedreht und so der Eingang in die Engstelle leichter gefunden werden kann. Außerdem können sie im Bedarfsfall als Dauerkatheter für einen oder mehrere Tage in der Harnröhre belassen werden, um diese mild aufzudehen.

Insgesamt liegen bei der Harnröhrendilatation die Rezidivraten über denen bei konventioneller Urethrotomie (bis zu 16 %), sodass diese Technik v. a. bei älteren oder nicht operablen Patienten Anwendung finden sollte. Das Vorgehen ist in der Übersicht dargestellt.

Vorgehen bei Harnröhrenbougierung

- Gewaltfreies Vorgehen zur Vorbeugung unkontrolliert auftretender Läsionen und Blutungen.
- Bei höhergradigen oder unnachgiebigen Strikturen ist zur Vermeidung tiefgehender Läsionen und damit steigendem Rezidivrisiko die sequenzielle progressive Dilatation in mehreren Sitzungen indiziert.
- Eine gute Lokalänasthesie und Lubrikation erhöhen die Erfolgsrate und verringern die Beschwerden des Patienten.
- Bei dammnahen Strikturen hilft unter Umständen ein Entgegendrücken des Damms von außen, um den Weg durch die Striktur sicherer zu finden.

6.8.2 Endoskopische Behandlung des kompletten Harnröhrenverschlusses

Mittels »Cut-to-the-light«- oder »Core-through«-Verfahren kann alternativ zu offen-chirurgischen Verfahren beim kompletten Harnröhrenverschluss die Kontinuität der Harnröhre wiederhergestellt werden. Dies ist möglich für Verschlusslängen von bis zu 3 cm, da mit zunehmender Länge das Risiko von Blutung, Inkontinenz und Verletzung des Rektums zunimmt.

Zunächst wird ein suprapubischer Zugang aufdilatiert und ein flexibles Zystoskop durch den Blasenhals vor dem proximalen Ende der Enge platziert. Ein starres Zystoskop mit einer 0°-Optik wird transurethral vor das distale Ende der Striktur geschoben. Das Licht des transurethralen Zystoskops wird ausgeschaltet, sodass das Licht aus dem flexiblen Zystoskop dann transurethral durch das Narbengewebe hindurch gesehen werden kann (Cut-to-the-light-Technik).

Alternativ zum Zystoskop kann beim Core-through-Verfahren auch ein Metalldilatator benutzt werden, um eine Ausbuchtung zu bewirken. Unter radiologischer Durchleuchtung wird ein Urethrotomiemesser dann durch das Narbengewebe in Richtung des Lichts (»cut to the light«) oder in Richtung der Ausbeulung (»core through«) vorgeschoben. Sobald die Verbindung zwischen Blase und Harnröhre wiederhergestellt ist, wird ein Führungsdraht über die

Tab. 6.1 Alternative Therapiemöglichkeiten bei komplettem Harnröhrenverschluss

Methode	Indikation	Vorteile	Nachteile	Fazit
Ballondilatation	Kurzstreckige Engen nach radikaler Probeexzision	Wenig traumatisch, ambulant	Hohe Rezidivrate, teuer	Ungünstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis
Laserurethrotomie	Kurzstreckige Engen	Wenig Gewebetraumatisierung	Teuer	Ungünstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis
Endourethroplastik (freie Hautplastik auf Katheter)	Rezidivierende Strikturen	Wenig invasiv	Selten Angehen des freien Hautlappens	Obsolet
Stent	Rezidivierende Strikturen, kurzstreckige Engen nach radikaler Probeexzision	Einfach	Migration, Abkippen des Stents, 50 % Durchwachsen mit hyperplastischem Gewebe, Schmerzen bei Erektion, fast unmöglich endoskopisch wieder zu entfernen, Nachträufeln	Sehr seltene Indikation

Enge geschoben und anschließend eine Resektion oder Dilatation des Narbengewebes durchgeführt. Komplikationen dieses Eingriffes sind Verletzungen des äußeren Schließmuskels (Inkontinenzraten je nach Publikation bis zu 40 %), Erektionsstörungen (17 %) und Rezidivstenosen (25 %). Bei rezidivierend auftretender Enge sollte eine offene Harnröhrenplastik erwogen werden (Niesel et al. 1998).

Weitere alternative Therapiemöglichkeiten sind in ◘ Tab. 6.1 zusammengefasst.

Literatur

Sökeland J, Schulze H, Rübben H (2001) Urologie: Verstehen – Lernen – Anwenden, 12. Aufl. Stuttgart: Thieme

Pavlica P, Barozzi L, Menchi I (2003) Imaging of male urethra. Eur Radiol 13: 1583–1596

Sachse H, Tiefel W, Sachse L (1985) Causes and prevention of complications in transurethral interventions. Interventions in the urethra. Urologe A 24: 189–194

Schneider T, Sperling H, Lummen G, Rubben H (2001) Urethrotomia interna nach Sachse. Ist die erektile Dysfunktion eine mögliche Komplikation? Urologe A 40: 38–41

Pansadoro V, Emiliozzi P (1998) Die Urethrotomie interna. Urologe A 37: 21–24

Pansadoro V, Emiliozzi P (1996) Internal urethrotomy in the management of anterior urethral strictures: long-term followup. J Urol 156: 73–75

Niesel T, Moore RG, Hofmann R, Kavoussi LR (1998) Alternative endourologic methods for treatment of urethral stricture. Urologe A 37: 56–65

Klammert R, Schneede P, Kriegmair M (1994) Laser treatment of urethral strictures. Urologe A 33: 295–298

Dogra PN, Nabi G (2002) Neodymium-YAG laser core through urethrotomy in obliterative posttraumatic urethral strictures after failed initial urethroplasty. Urol Int 68: 265–267

Milroy E (1998) Stents in der Therapie von Harnröhrenstrikturen. Urologe A 37: 51–55

Transurethrale Resektion (TURP) und transurethrale Inzision (TUIP) der Prostata

R. Hofmann mit einem Beitrag von C. Frohme

7.1 Indikationen – 63
7.1.1 Benignes Prostatasyndrom – 63

7.2 Präoperative Diagnostik und perioperatives Vorgehen – 63
7.2.1 Präoperative Diagnostik – 63
7.2.2 Perioperative Antibiotikagabe – 71
7.2.3 Antikoagulation und Antidiabetika – 71
7.2.4 Vorbereitung und Lagerung des Patienten – 72

7.3 Monopolare versus bipolare TURP – 73

7.4 Durchführung der transurethralen Resektion der Prostata (TURP) – 78
7.4.1 Einführen des Resektionsschafts – 78
7.4.2 Inspektion von Blase und Prostata – 78
7.4.3 Hydraulischer Sphinktertest – 79
7.4.4 Haltung des Instruments bei Direktsicht – 79
7.4.5 Regulierung des Spülwassers – 80
7.4.6 Gewebeerkennung als Voraussetzung zur Resektion – 81
7.4.7 Resektion der Prostata – 83
7.4.8 Entleerung des Spülwassers und der Resektionsstücke – 90
7.4.9 Blutstillung – 94
7.4.10 Einlegen des Dauerkatheters – 97

7.5 Komplikationen der transurethralen Resektion der Prostata – 99
7.5.1 Intraoperative Komplikationen – 99
7.5.2 Postoperative Komplikationen – 105
7.5.3 Spätkomplikationen – 107

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_7

7.6 Modifikationen der transurethralen Resektion der Prostata – 109

7.6.1 Transurethrale Elektrovaporisation der Prostata – 109

7.6.2 Transurethrale Resektion der Ductus ejaculatorius – 110

7.7 Ejakulationsprotektive Resektion – 110

7.8 Transurethrale Inzision der Prostata (TUIP) – 110

7.9 Ergebnisse der TURP, TUIP und der offenen Adenomenukleation – 110

Literatur – 112

7.1 Indikationen

7.1.1 Benignes Prostatasyndrom

Indikationen zum operativen Vorgehen

Indikation zur Therapie sind obstruktive und irritative Beschwerden, die zu einer Einschränkung der Lebensqualität des Patienten führen.

1989 wurde von der American Urological Association ein Guideline Panel for Diagnosis and Management of Benign Prostatic Hyperplasia gegründet. Mithilfe eines Fragebogens wurde ein Symptomenscore entwickelt (AUA-7-Symptom-Index) (Barry et al. 1992). Bei geringen Beschwerden (Internationaler Prostata-Symptomenscore [IPSS] <7) soll keine Therapie erfolgen. Kommt es zur Zunahme der Beschwerden, kann eine Therapie notwendig werden. Patienten mit moderaten (IPSS 8–19) und schweren Symptomen (IPSS 20–35) sollen therapiert werden (Roehrborn 2003).

Operationsindikationen beim benignen Prostatasyndrom

- Absolute Operationsindikationen
  - Rezidivierende Harnwegsinfektionen
  - Konservativ nicht beherrschbare Makrohämaturie
  - Rezidivierender Harnverhalt
  - Dilatation des oberen Harntrakts, eingeschränkte Nierenfunktion, Niereninsuffizienz
  - Blasensteine
  - Restharn über 100 ml oder steigender Restharn unter medikamentöser Therapie
- Relative Operationsindikation
  - Wunsch des Patienten, der durch zunehmende Beschwerden belastet ist (Roehrborn 1996)

Differenzialindikation der TURP, TUIP und offenen Adenektomie

Die Grenze der transurethralen Resektionsfähigkeit eines Adenoms wird dadurch festgelegt, wie gut und sicher der Operateur transurethral resezieren kann. Im Allgemeinen wird bis zu einem Resektionsgewicht von etwa 80 g transurethral vorgegangen und bei größeren Adenomen die offene Adenomektomie angestrebt. Diese Grenzen können jedoch sowohl nach unten (bis 60 g transurethral) als auch nach oben (bis etwa 100 g transurethral) variieren.

Die »1-h-Grenze« für die Operationszeit ist willkürlich gewählt und resultiert aus der Erfahrung, dass mit zunehmender Operationszeit die Gefahr von stärkeren Blutungen durch Eröffnung von Venensinus, einer Kapselperforation oder einer intravasalen Einschwemmung zunimmt. Bei konsequenter Orientierung durch gute Übersicht, ausreichende Blutstillung und Vermeidung einer Einschwemmung durch Eröffnung großer Venen kann die Operationsdauer auch deutlich länger als 1 h dauern. Erfahrene Operateure resezieren etwa 1–1,2 g/min Prostatagewebe, sodass auch größere Adenome in 1 h operierbar sind.

Für kleine Adenome mit einem Adenomgewicht von maximal 20 g kommt als Alternative zur TURP die transurethrale Inzision der Prostata (TUIP) in Frage. Operationsstrategien bei Vorliegen von weiteren urologischen Befunden und häufigen Grundkrankheiten sind in den Tab. 7.1 und Tab. 7.2 zusammengefasst. Weitere Indikationen zur TURP zeigt Tab. 7.3.

7.2 Präoperative Diagnostik und perioperatives Vorgehen

7.2.1 Präoperative Diagnostik

Standarddiagnostik

Die präoperative Standarddiagnostik umfasst (McConnell et al. 1994):

- Genaue *Anamnese* einschließlich Medikamentenanamnese (Anticholinergika, Psychopharmaka), Anamnese der Miktionssymptomatik (Symptomenscore wie IPSS) sowie Feststellung von Begleiterkrankungen (M. Parkinson, Diabetes mellitus, Apoplex etc.)
- *Digital-rektale Untersuchung (DRU)* als einfache und den Patienten wenig belastende Methode zur groben Abschätzung der Größe und Dignität
- *Transrektaler Ultraschall (TRUS)* zur Bestimmung der Adenomgröße und der Gesamtgröße der Prostata (s. unten)
- *Transabdomineller Ultraschall* für die exakte Größenbestimmung der Prostata ungeeignet, *Abdomenultraschall* jedoch indiziert zur Abklärung des oberen Harntraktes und des Restharns
- *Laboruntersuchungen:* Harnstoff und Kreatinin im Serum, Urinstatus und Urinsediment sowie PSA ab dem 45. Lebensjahr.

Tab. 7.1 Operationsstrategie bei benigner Prostatahyperplasie und weiteren urologischen Befunden

Benignes Prostatasyndrom	Empfohlenes Vorgehen
Divertikel	Zuerst TURP, bei bestehendem Restharn: offen-chirurgische Abtragung des Divertikels, bei engem Divertikelhals Kerbung des Divertikelhalses vor der TURP in gleicher Sitzung, bei Vorliegen eines großen Divertikels und Adenomgewicht über 60–70 g suprapubische Adenomektomie
Dilatation der oberen Harnwege	Suprapubische Punktionsfistel bis zur Normalisierung der Retentionswerte oder bis zum Erreichen einer kompensierten Niereninsuffizienz (2–4 Wochen), dann TURP, bei Restharn nach TURP: Belassen des suprapubischen Katheters bis zur Rekompensation der Blase
Kleine Blasentumoren	Resektion vor der TURP in gleicher Sitzung, tiefe Resektion bei TURB vermeiden (**Cave:** Dissektion der Blasenwand)
Größere Blasentumoren	Resektion der Blasentumoren, TURP später in 2. Sitzung
Blasensteine bis 3 cm Durchmesser	Blasensteindisintegration, dann TURP
Blasensteine über 3 cm Durchmesser, kleines Adenom (<60 g)	Sectio alta, später TURP
Blasensteine über 3 cm Durchmesser, großes Adenom (>60–80 g)	Sectio alta, suprapubische Adenomektomie
Leistenhernie	In gleicher Narkose zuerst Operation der Hernie (Sterilität!), dann TURP (Dauerspülung post-op. notwendig), im Fall eines zweizeitigen Vorgehens zuerst TURP (Vermeidung einer Rezidivhernie durch Pressen bei der Miktion)

Tab. 7.2 TURP bei Vorliegen häufiger Grundkrankheiten

Benignes Prostatasyndrom	Bewertung
Schwere Ankylose eines oder beider Hüftgelenke	Je nach Schweregrad Kontraindikation für TURP, präoperative Probelagerung, evtl. TURP »unterhalb« der Beine
Herzschrittmacher	Keine Kontraindikation
Diabetes mellitus, M. Parkinson	Keine Kontraindikation zur Operation: vorangehende urodynamische Untersuchung der Obstruktion
Erhebliche Zerebralsklerose, Debilität oder schwere Psychose	Absolute Kontraindikation (**Cave:** Durchgangssyndrom, postoperative Inkontinenz)

Tab. 7.3 Weitere Indikationen zur TURP

Indikation	Bewertung
Chronische Prostatitis ohne Obstruktion	Sinnvoll nur bei bakterieller Entzündung, wenig Besserung bei TURP der Prostatodynie
Prostataabszess	Primäre TURP, wenn harnröhrennah gelegen (TRUS), rektal palpable Fluktuation: perineale Eröffnung mit Tru-cut-Nadel, später evtl. TURP der chronischen Prostatitis
Lokalisiertes Prostatakarzinom	Nur mit palliativer Zielsetzung (**Cave:** postoperative Inkontinenz, starrer Sphinkter, Pseudokontinenz durch Obstruktion)

Nur in speziellen Situationen sind erforderlich:

- *Zystoskopie* zur Entscheidung zwischen TURP oder TUIP, wenn durch digital-rektale Untersuchung und TRUS die Größe der Prostata und ihre Konfiguration nicht abschätzbar sind
- *Infusionsurogramm (IVP)* bei Patienten mit Hämaturie, rezidivierenden Harnwegsinfekten, vorausgegangener Chirurgie am Harntrakt oder Harnsteinen
- *Miktionszystourethrogramm (MCU)* zur Abklärung bei neurogener Blasenentleerungsstörung, Reflux oder Harnröhrenstenosen
- *Urodynamische Untersuchung* (s. unten) und *Miktionsprotokoll* bei unklarer Miktionssymptomatik, Detrusorinsuffizienz und neurologischen Begleiterkrankungen
- *Urethrozystogramm (UCG)* unnötig, kann durch Manipulation an der Harnröhre zu Läsionen und Strikturen führen

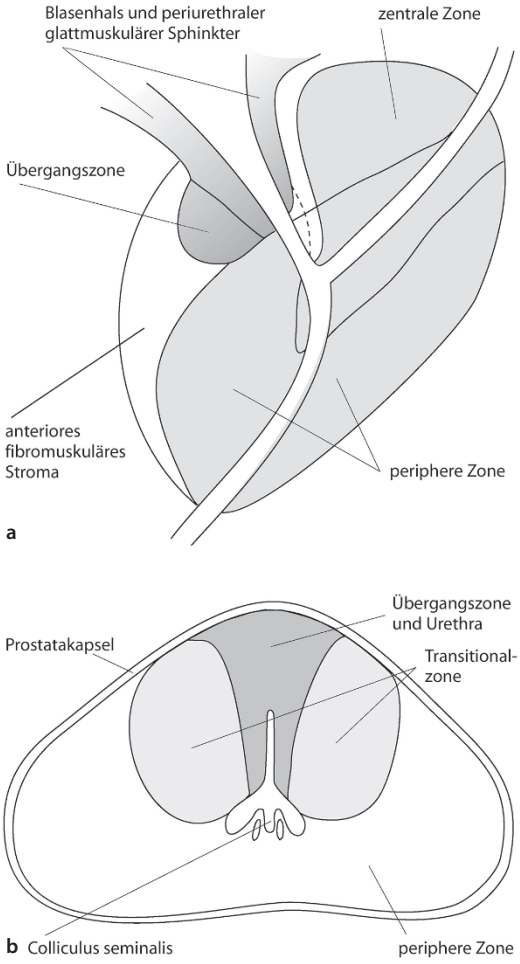
Transrektaler Ultraschall (TRUS) und sonografische Differenzialdiagnose

Der transrektale Ultraschall (TRUS) ermöglicht einerseits die Größenbestimmung der Prostata zur Indikation der TURP versus offen chirurgischen Verfahren sowie andererseits die Darstellung der zonalen Anatomie. Die Prostata besteht nach McNeal in der Transitionalzone, dem anterioren fibromuskulären Stroma wie der zentralen und peripheren Zone (McNeal J 1988). Die T-Zone, von der die benigne Prostatahyperplasie (BPH) ausgeht, lässt sich sonografisch von der Außenzone differenzieren (◘ Abb. 7.1, ◘ Abb. 7.2 und ◘ Abb. 7.3).

Die BPH ist gekennzeichnet durch:

- Glatt begrenzte Kapsel
- Homogenes echoreiches Parenchym
- Etwas echoärmere innere Zone
- In der farbkodierten Doppler Sonografie (FKDS) symmetrische Perfusion mit kräftigen Kapselgefäßen.

Mit Hilfe der Elastografie (Messung der Gewebefestigkeit) und der Kontrastmittel (KM) gestützten Sonografie (KUS) lassen sich weitere Qualitäten der Prostata darstellen. Die KM verstärkte Sonografie verwendet ein Gas-Flüssigkeitsgemisch, das aus Mikrobläschen von 2–6 µm Durchmesser besteht. Bei der BPH tritt zunächst eine Kontrastmittelverstärkung der peripheren Zone, danach der gesamten Prostata auf (Correas et al. 2001).



◘ **Abb. 7.1a,b** Zonale Anatomie der Prostata nach McNeal. **a** Horizontalschnitt, **b** Sagittalschnitt

Prostatakarzinome (PCa) sind meist kapselnah lokalisiert und zeichnen sich sonografisch durch echoarme Areale in der peripheren Zone teilweise mit Vorwölbung der Kapsel aus (◘ Abb. 7.2). 40 % der Prostatakarzinome können jedoch auch isoechogene oder echoreiche Schallmuster aufweisen.

Festere Gewebe (PCa) bewegen sich meist als Einheit, sodass die Dehnung des Gewebes bei Kompression (Elastografie) null oder sehr wenig ist. Weichere Gewebe wie BPH werden wie ein Schwamm komprimiert, d. h., die Dehnung des Gewebes ist höher. Im Elastogramm werden festere Gewebe dunkler und weichere Gewebe heller dargestellt (◘ Abb. 7.3). Prostatakarzinome sind elastografisch meist härter darstellbar sowie häufig mit einem vermehrten – diffusen – Fluss innerhalb der Läsion (Rifkin et al. 1993).

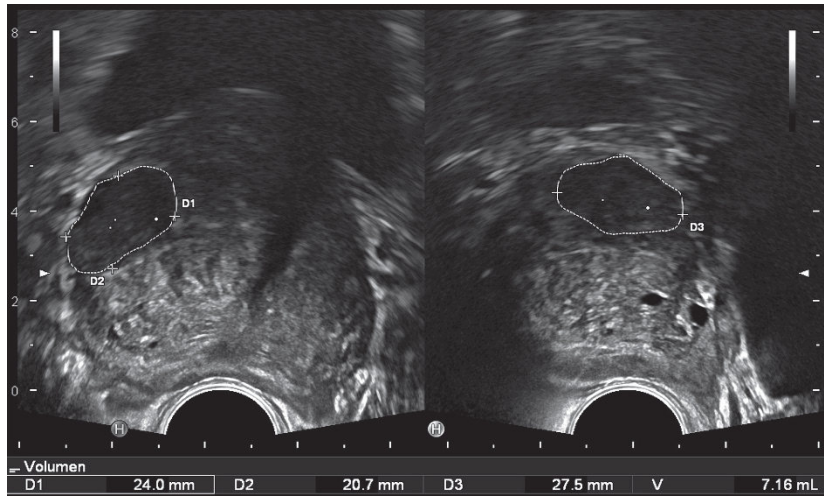


Abb. 7.2 Sonografische Darstellung eines PCa mit kapselnaher, echoarmer Raumforderung

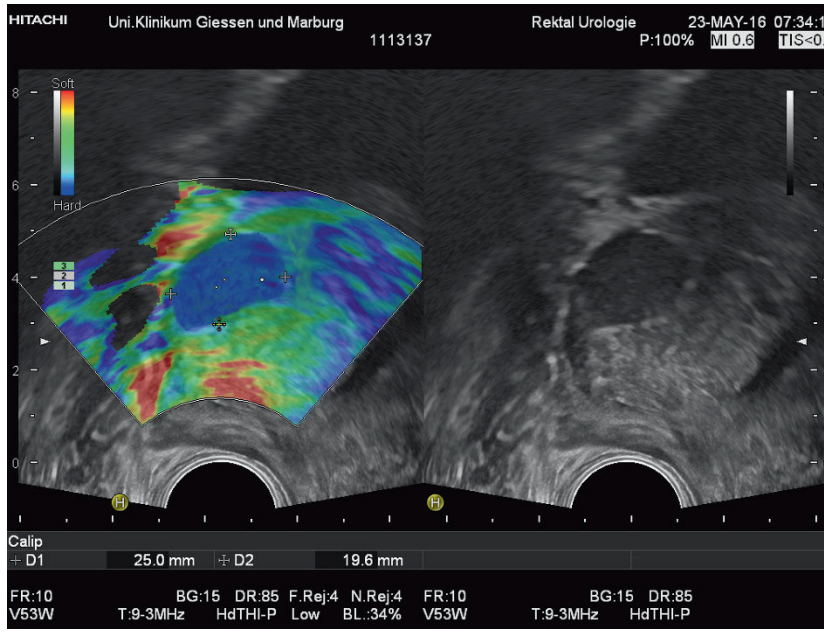


Abb. 7.3 Elastografie des PCa mit blauer Darstellung des härteren Gewebes

Bei der benignen Hyperplasie sind häufig intraprostatische Verkalkungen als echoreiche Verkalkungen mit dorsaler Schallauslöschung sowie sog. Corpora amylaceae, Verkalkungen an der Grenze zur chirurgischen Kapsel darstellbar (Loch et al. 2007).

Prostatakarzinome sind sonografisch gekennzeichnet durch:

- Echoarme Raumforderung, meist kapselnah
- Hyperperfusion (FKDS, KUS)
- Hartes Gewebe (Elastografie)
- Evtl. Unterbrechung der Kapselkontinuität oder Überschreitung der Kapsel
- Evtl. Samenblasenstau, Infiltration der Samenblasen
- Evtl. Rektuminfiltration

Methoden zur Größenbestimmung der Prostata durch TRUS

Drei-Achsen-Methode Dieses Verfahren wird im klinischen Alltag am häufigsten verwendet, da es einfach

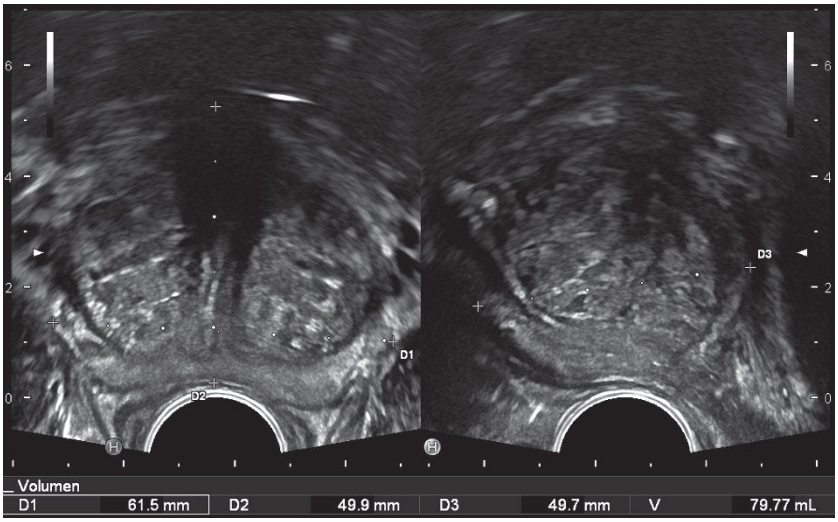


Abb. 7.4 Ausmessung der 3 größten Durchmesser in der Transversal- *(links)* und Sagitalebene *(rechts)*

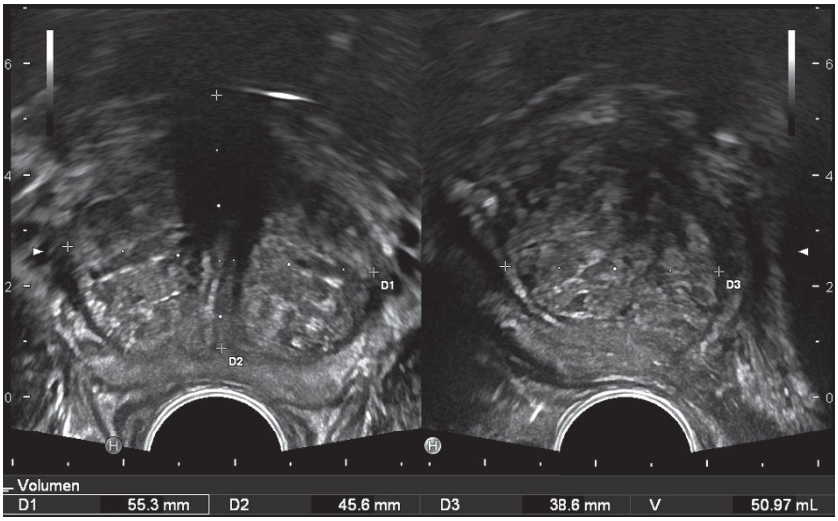


Abb. 7.5 Darstellung der T-Zone in der Transversalebene

und relativ zügig durchzuführen ist. Der Transversalschnitt mit dem größten Transversaldurchmesser wird eingestellt und dann der größte dorsoventrale und der größte laterolaterale Durchmesser der Prostata festgelegt. In der Sagittalebene wird der längste kraniokaudale Durchmesser bestimmt (Abb. 7.4).

Die T-Zone wird in gleicher Weise vermessen. Diese lässt sich als symmetrische, kugelige und etwas echoreichere Formation identifizieren, deren Grenze zur peripheren Zone durch einen echoarmen Saum markiert wird (Abb. 7.5) (Alkan et al. 1996).

Volumen und Gewicht der Prostata

Das Volumen der Prostata, das an ein Ellipsoid angenähert ist, errechnet sich nach der Formel: $0{,}52 \times d_1 \times d_2 \times d_3$, wobei d den jeweils größten Durchmesser für jede Dimension angibt. Meist sind entsprechende Rechenformeln in der Software der Sonografiegeräte integriert.

Da das spezifische Gewicht der Prostata etwa 1,05 g/ml beträgt, kann aus dem Volumen das Gewicht berechnet werden.

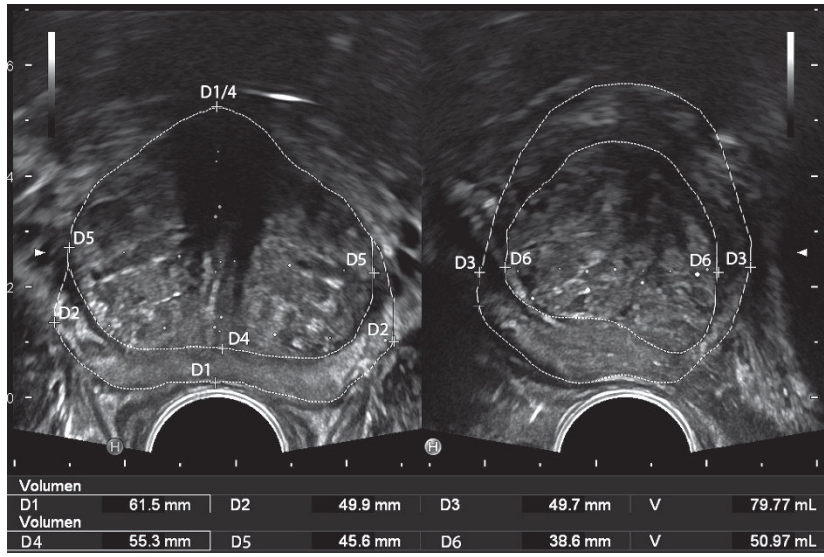


Abb. 7.6 Markierung der gesamten Prostata und der T-Zone zur Größenvermessung

Rotationsellipsoidmethode Im Transversalschnitt wird die ventrale und dorsale Begrenzung der Prostata markiert (Abb. 7.6). Ein Rotationsellipsoid wird eingeblendet und so lange verändert, bis es mit der Prostatakontur deckungsgleich ist. Anschließend errechnet ein Programm das Volumen. Das Verfahren ist ungenau, da es die kranio-kaudale Ausdehnung der Prostata nicht berücksichtigt.

Planimetrische Volumetrie Die Planimetrie ist die exakteste Volumenberechnung, jedoch zeitaufwändig. Transversalschnitte werden in kurzen Abständen (z. B. alle 5 mm) von apikal bis zum Blasenhals hin aufgenommen, die Organgrenzen definiert und die einzelnen Flächen gespeichert. Nach Addition aller Flächenmaße kann das Volumen individuell – je nach Kontur der Prostata – berechnet werden. Für die Vermessung ist ein »Stepper« notwendig, der die definierten Schnittflächen reproduzierbar bestimmt (Aus et al. 1994).

Urodynamik beim benignen Prostatasyndrom (BPS)

C. Frohme

Unter dem benignen Prostatasyndrom versteht man die subjektiven Beschwerden und objektiven Veränderungen, die entstehen, wenn die Prostata die Blasenentleerung behindert. Es kann durch obstruktive Symptome, wie verzögerten Miktionsbeginn, schwachen Harnstrahl, Nachträufeln, unvollständige Entleerung bis hin zum akuten Harnverhalt, sowie durch irritative Symptome, wie Pollakisurie, imperativen Harndrang bis hin zur Dranginkontinenz und Nykturie, gekennzeichnet sein.

Sowohl Harnspeicher- als auch Entleerungsstörungen können dabei auf eine Fehlfunktion des Detrusors oder Blasenauslasses zurückzuführen sein. Als Mischformen kommen detrusor- und auslassbedingte Störungen von Speicher- und Entleerungsfunktion in allen denkbaren Kombinationen vor. Störungen bei der Harnspeicherung lassen sich mit der Messung des Detrusordruckes in der Füllphase (Zystomanometrie) und Störungen bei der Blasenentleerung mit der Messung des Detrusordruckes während der Entleerungsphase (Druckflussmessung) diagnostizieren.

In Analogie zu den drei klinischen Komponenten Symptomatik, Prostatavergrößerung und Blasenauslassobstruktion lassen sich bei urodynamischen Untersuchungen von Männern mit Funktionsstörungen des unteren Harntraktes drei prinzipiell voneinander unabhängige Hauptbefunde abgrenzen, nämlich

- Blasenauslassobstruktion,
- Detrusorhypokontraktilität und
- Detrusorüberaktivität,

die ebenso wie die klinischen Merkmale isoliert oder in unterschiedlicher Kombination nachweisbar sein können. Hinzuzufügen sind auch noch die Blasenhypersensitivität und Blasenhyposensitivität, die

über ein vermehrtes bzw. vermindertes Blasenfüllungsgefühl Symptome verursachen können. Diese urodynamischen Befunde können sowohl auf eine mechanische Blasenauslassobstruktion als auch auf andere Ursachen wie altersbedingte Veränderungen oder altersassoziierte neurogene Veränderungen zurückzuführen sein, ohne dass im Einzelfall mit den diagnostischen Verfahren eine sichere Abgrenzung möglich ist (Oelke et al. 2012).

Indikationen

Wie bei anderen invasiven Eingriffen ist auch zur urodynamischen Untersuchung eine klare Indikationsstellung und Patientenselektion erforderlich. Bei folgenden Konstellationen sollte eine urodynamische Untersuchung vor invasiver Therapie erwogen werden (Abrams et al. 2003, Gratzke et al. 2015):

- Reproduzierbares Miktionsvolumen < 150 ml
- Reproduzierbare maximale Harnflussrate (Q_{max}) > 15 ml/s in der Uroflowmetrie
- Spontanmiktion mit reproduzierbarem Restharnvolumen > 300 ml
- Männer jünger als 50 Jahre oder älter als 80 Jahre
- Bilaterale Harnstauungsnieren (± Nierenfunktionsstörung)
- Nach Radikaloperation oder Bestrahlung im kleinen Becken
- Bei evidenter neurologischer Erkrankung oder neurologischen Ausfällen
- Persistenz von Blasensymptomen trotz bereits stattgefundener invasiver Therapie

Uroflowmetrie Die Uroflowmetrie gibt wertvolle Informationen über Miktionsvolumen sowie maximalen und durchschnittlichen Harnfluss. Von großer Wichtigkeit ist aber auch der eigentliche Verlauf der Harnflusskurve. Diese gibt Hinweise auf das Vorliegen einer obstruktiven Blasenentleerungsstörung (Abb. 7.7) oder einer Harnröhrenstriktur (Abb. 7.8). Für eine aussagekräftige Uroflowmetrie sollte das Miktionsvolumen mindestens 150 ml betragen. Die Vorteile der Uroflowmetrie bestehen in der einfachen und schnellen Durchführbarkeit. Allerdings kann die Uroflowmetrie nicht sicher bei reduziertem maximalem Harnfluss zwischen Obstruktion oder hypokontraktilem Detrusor unterscheiden. Des Weiteren schließt eine normale Uroflowmetrie eine Obstruktion nicht aus (sog. High-flow-Obstruktion).

Durch die Uroflowmetrie allein kann eine Obstruktion nicht sicher bestimmt werden.

Zystomanometrie Durch Registrierung des intravesikalen Druckes unter kontinuierlicher Blasenfüllung (Füllungsphase) lassen sich Aussagen zu Sensorik, Motorik und Dehnbarkeit des Detrusors als Funktion des Volumens treffen.

Der **Blasendehnungskoeffizient (Compliance)** errechnet sich aus dem Quotienten der Füllungsvolumenzunahme und dem korrelierenden intravesikalen Druckanstieg zwischen Füllungsbeginn und erstem Harndrang (Tab. 7.4).

Bezüglich der Blasenkapazität unterscheidet man zwischen funktioneller und zystometrischer Blasen-

Abb. 7.7 Uroflowmetrie bei obstruktiver Blasenentleerungsstörung. Typisch sind der verzögerte Anstieg, der verminderte maximale Flow und die glockenförmige Kurve bei verlängerter Miktionszeit

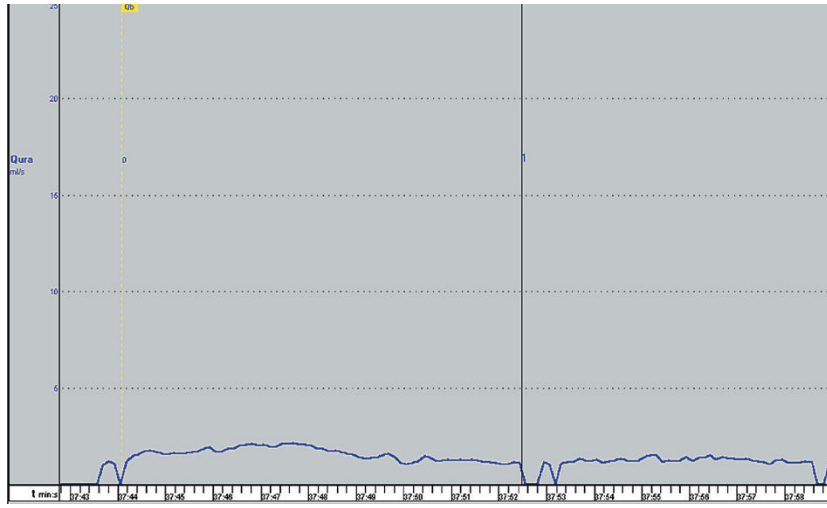


Abb. 7.8 Uroflowmetrie bei Harnröhrenstriktur. Typisch sind der schnelle Anstieg, die Plateauphase und die verlängerte Miktionszeit

Tab. 7.4 Normalbefunde der zystometrischen Füllungsphase (Anhaltswerte)

Parameter	Befund
Erster Harndrang	150–200 ml
Zystometrische Blasenkapazität	350–550 ml
Unwillkürliche Detrusorkontraktion	Keine
Blasendehnungskoeffizient	>25 ml/cmH_2O

Tab. 7.5 Anhaltswerte für Männer in der Entleerungsphase

Miktionsdruck (p mikt)	80 cmH_20
Detrusorkontraktionsdruck (p det)	65 cmH_20
Maximaler Harnfluss (Q max)	> 15 ml/s

kapazität. Die zystometrische Blasenkapazität bezeichnet das Volumen, bei dem ein Patient ein nicht mehr unterdrückbares Harndranggefühl angibt. Die funktionelle Blasenkapazität bezeichnet die Differenz zwischen der zystometrischen Blasenkapazität und dem verbliebenen Retentionsvolumen nach Miktion.

Handelt es sich um eine **detrusorbedingte Speicherstörung**, kann während der Füllungsphase eine unwillkürliche Detrusorkontraktion, in den meisten Fällen mit einhergehendem Harndranggefühl, dokumentiert werden. In Bezug auf Häufigkeit, Intensität und Dauer zeigt die Detrusoraktivität einen phasischen Verlauf. Eine weitere Form besteht darin, dass es bei Erreichen der meist verminderten zystometrischen Blasenkapazität zur nicht kontrollierbaren Blasenentleerung kommt. Diese bezeichnet man als terminale Detrusorüberaktivität.

Die urodynamisch **kleinkapazitäre Harnblase** ist dadurch gekennzeichnet, dass während der Füllungsphase ein kontinuierlicher Anstieg des intravesikalen Druckes auftritt, der im Sinne eines Elastizitätsverlustes der Harnblasenwand auf eine erhöhte Wandspannung zurückzuführen ist. Des Weiteren ist die kleinkapazitäre Harnblase durch einen verfrühten ersten Harndrang bzw. verminderte zystometrische Blasenkapazität charakterisiert.

Druck-Fluss-Studie Mit der Druck-Fluss-Studie kann gegenüber der freien Uroflowmetrie auch die Kontraktilitat des Detrusors und der Grad einer Obstruktion beurteilt werden (Tab. 7.5) (Gratzke et al. 2015, Parsons et al. 2011).

Die ausschließlich visuelle Interpretation der Beziehung zwischen Druck und Fluss aus der Druckflusskurve lässt nur grobe quantitative Rückschlüsse auf den bestehenden Obstruktionsgrad zu:

- Hoher Flow, niedriger Druck (normal)
- Niedriger Flow, hoher Druck (Obstruktion)
- Niedriger Flow, niedriger Druck (Detrusorinsuffizienz)
- Hoher Flow, hoher Druck (High-Flow-Obstruktion)

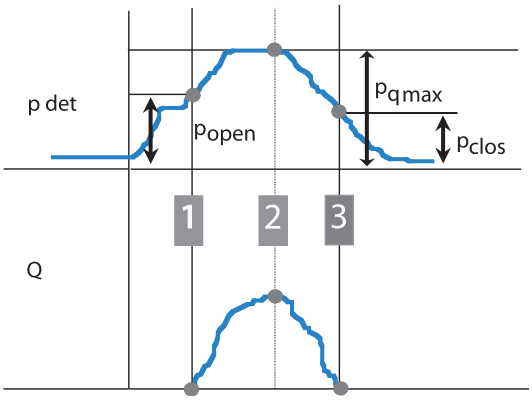


Abb. 7.9 Schema einer Druckflussmessung in der Zeitachse. Bei dem Druck p_{open} (1) öffnet sich die Harnröhre und der Flow beginnt. Die Miktion erreicht bei ansteigendem Uroflow und steigendem Detrusordruck den Punkt p_{qmax} (2). Bei simultanem Abfall von Detrusordruck und Uroflow schließt sich die Harnröhre am Punkt p_{clos} (3), wo auch der Flow endet.

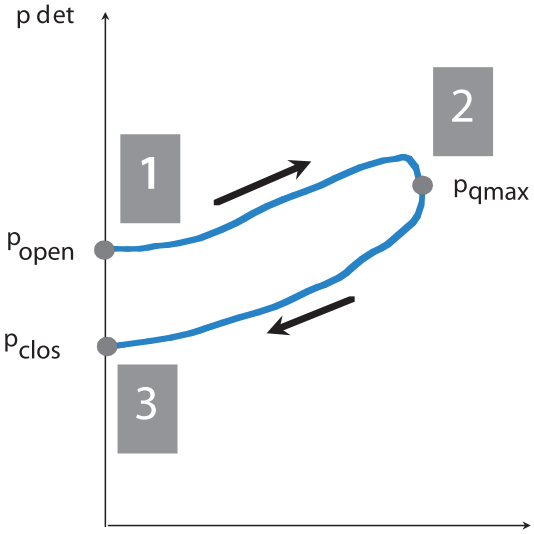


Abb. 7.10 Druckflussplot als xy-Diagramm aus Uroflow und Detrusordruck

Soll zwischen unterschiedlichen Obstruktionsgraden, Hypo- und Hyperkontraktilität oder deren Kombination unterschieden werden, ist eine Druckflussanalyse erforderlich. Hierzu wird die Darstellung von Druck und Fluss im Diagramm als Druckflussrelation oder Druckflussplot genutzt. In dieser Darstellung entsteht eine Miktionsschleife ohne Zeitachse. Die korrespondierenden Druckflusswerte p_{open} , p_{qmax} und p_{clos} sind jedoch weiter erkennbar und zeigen die Richtung der Entwicklung der Schleife an. Der Druckflussplot ist die Basis jeder weiteren Druckflussanalyse zur Quantifizierung des urethralen Widerstandes und der Detrusorkontraktilität (Abb. 7.9, Abb. 7.10).

Zur Beurteilung des **Obstruktionsgrades** und der **Kontraktilität** dienen verschiedene Analysemethoden. Prinzipiell sind numerische Größen oder Nomogramme und deren Kombination möglich. Zu nennen sind hier das ICS-Nomogramm, der Bladder-Outlet-Obstruction-Index, das Schäfer-Nomogramm sowie die CHESS-Klassifikation (Gratzke et al. 2015, Oelke et al. 2012, Parsons et al. 2011).

Moderne computerunterstützte Messplätze sind in der Lage Druckflussplots zu liefern und haben damit die Möglichkeit, diese Konzepte zur Klassifikation darzustellen.

7.2.2 Perioperative Antibiotikagabe

Harnwegsinfektionen werden bei 8–24 % aller Patienten präoperativ gefunden und sollten vor der TURP therapiert werden. Eine perioperative Antibiotikatherapie durch Gabe von Cephalosporinen oder Trimethoprim-sulfamethoxazol wird empfohlen (Knopf und Funke 2000, Knopf et al. 1999).

7.2.3 Antikoagulation und Antidiabetika

Metformin enthaltende Medikamente (Azidose während der Narkose) sollten mindestens 2 Tage vor der TURP abgesetzt werden. Nicht medikamentöse Basismaßnahmen zur Prophylaxe tiefer Beinvenenthrombose (TVT) beinhalten frühe Mobilisierung des Patienten, Tragen von Thromboseprophylaxestrümpfen (MTPS) und eine gute Hydrierung postoperativ. Das Risiko einer TVT kann einerseits durch dispositionelle Risikofaktoren (vorbestehende Gerinnungsstörungen) oder expositionelle Faktoren (Beckenchirurgie) bedingt sein und sollte individuell beurteilt werden. Für eine TURP tragen Patienten MTP-Strümpfe und erhalten niedermolekulares Heparin (z. B. Clexane®) während des stationären Aufenthaltes.

▪ Plättchenaggregationshemmer (PAH)

Das Blutungsrisiko steigt unter Gabe von ASS um 20 %, bei Gabe von dualer Plättchenhemmung um 50 %. Morbidität und Mortalität postoperativ ist jedoch unter Monotherapie von ASS nicht erhöht. Die Einnahme von Tebonin (Thrombozytenaggrega-

tionshemmer) muss bei den Patienten meist speziell erfragt werden. Ein elektiver Eingriff wie die TURP sollte unter Clopidogrel (Plavix®) **nicht** durchgeführt werden.

Nicht selten wissen Patienten nicht, wie lange sie einen Plättchenhemmer einnehmen sollen. Dies sollte beim behandelnden Kardiologen – auch kritisch – hinterfragt werden. In der Sekundärprophylaxe benötigen Patienten PAH's (Stent nach Myokardinfarkt, Apoplex …). Eine duale Plättchenhemmung (ASS + Clopidogrel) ist bei einer Ballonangioplastie für zwei Wochen, nach Insertion eines Bare-metal-Stents (BMS) für 6–12 Wochen und nach Drug-eluting-Stent für 6–12 Monate empfohlen.

▪ Niedermolekulares Heparin (NMH)

Monitoring Ein Monitoring von NMH ist über die Anti-Xa-Aktivität gegeben. Bei Niereninsuffizienz (Clearance < 30 ml/min) kommt es zu einer Überdosierung. Alternativ kann dann unfraktioniertes Heparin eingesetzt werden. ASS eignet sich nicht zur TVT-Prophylaxe.

Verabreichung Die letzte Gabe sollte 24 Std. vor dem Eingriff und frühestens 6 Std. nach dem Eingriff stattfinden. Bei einer TURP ist die Applikation für die Dauer des Krankenhausaufenthaltes ausreichend (sonst bis 6 Wochen post-op.).

▪ Vitamin-K-Antagonisten – Bridging

Patienten unter Vitamin-K-Antagonisten (z. B. Phenprocoumon-Marcumar®) – meist gegeben zur Dauertherapie bei Vorhofflimmern, Z. n. Lungenembolie, künstliche Herzklappen, Z. n. Apoplex – können nach Absetzen der Medikation und Bridging mit Heparin operiert werden. Der Beginn des Bridging erfolgt meist ab einem INR (international normalized ratio) von 2,0 bis zur vollständigen Aufhebung der Gerinnungshemmung. Die Gabe von NMH's erfolgt gewichtsadaptiert (**Cave**: Niereninsuffizienz mit GFR < 30 ml/min). Mit der Verabreichung von Vitamin- K-Tropfen (drei Tropfen/Tag) kann die gerinnungshemmende Wirkung schneller aufgehoben werden.

▪ Orale Antikoagulanzien

Nicht Vitamin K abhängige orale Antikoagulanzien (NOAK's), wie Rivaroxaban (Xarelto®), Dabigatran (Pradaxa®) und Apixaban (Eliquis®) können mit einer festen Dosis täglich eingenommen werden und benötigen keine »Einstellung«. Nachteilig ist jedoch, dass kein Monitoring möglich ist, da fast alle Gerinnungsparameter (aPTT, INR, Prothrombinzeit, Anti-Xa-Aktivität) erhöht sind. Auch bei Niereninsuffizienz ist ein Kumulationsrisiko gegeben, das bei Rivaroxabin am höchsten ist, gefolgt von Dabigatran.

Spezifische Antidots beim Notfall (selten massive Blutung aus der Prostata ohne vorausgegangene TURP) sind nur für Dabigatran (Idaruzicumab – ein hochspezifisches Antikörperfragment Fab) verfügbar, jedoch kann bei allen drei Medikamenten Tranexamsäure, PPSB oder rekombinanter Faktor VIIa (Novoseven® – sehr teuer) gegeben werden. Andexanat alfa für Faktor-Xa-Inhibitoren befindet sich in klinischer Erprobung. Das Faktor-Xa-Molekül wurde so verändert, dass es seine katalytische Aktivität verloren hat und indirekte Faktor-Xa-Inhibitoren (Rivaroxaban, Apixaban, Edoxaban) binden kann. Ein weiteres synthetisches Molekül ist in klinischer Entwicklung: Ciraparantag. Es bindet über Ladungsbeziehungen alle NOAK's und Heparine, niedermolekulare Heparine und Fondaparinux. Dabigatran ist dialysierbar, Rivaroxaban ist nicht dialysierbar (◘ Tab. 7.6).

7.2.4 Vorbereitung und Lagerung des Patienten

Der Patient muss nicht rasiert werden, wird 5 min mit einer desinfizierenden Lösung abgewaschen und in einer Lithotomieposition gelagert. Es ist darauf zu achten, dass das Gesäß bis zum Ende des Operationstisches vorgezogen wird und die Unterschenkel in den Fußhaltern gut abgepolstert werden. Ein O'Connor-Schild wird in das Rektum eingeführt und dient zur digitalen transrektalen Führung des transurethralen Katheters am Ende der TURP.

◘ **Abb. 7.11** Klettverschluss mit Wasserzufuhr, Licht- und Kamerakabel

Tab. 7.6 Umgang mit Gerinnungshemmern prä- und postoperativ

Präparat	Absetzen vor TURP	Wirkungsweise	Bridging auf NMH	Monitoring	Erneute Gabe post-op	Antidot im Notfall
Acetylsalizylsäure (ASS)	wenn möglich 7 Tage	Thrombozytenaggregationshemmer	nein	nein	2 Wochen	
Clopidogrel (Plavix®)	Ja 7 Tage	Thrombozytenaggregationshemmer	nein	nein	3 Wochen	Blut , PPSB Tranexamsäure
Niedermol. Heparin	24 Std.	Faktor-Xa-Antagonist	nein	Anti-Xa aktivität	6 Std	PPSB
Rivaroxaban (Xarelto®)	24 Std.	Faktor-Xa-Antagonist	Nein (HWZ 7–11 Std.)	unspezifisch	3 Wochen	PPSB, rekomb. Faktor VIIa (Novoseven®) Tranexamsäure
Dabigatran (Pradaxa®)	48 Std.	Faktor-II-Antagonist	24 Std. vorher (HWZ 14–17 Std.)	unspezifisch	3 Wochen	PPSB, rekomb. Faktor VIIa (Novoseven®) Tranexamsäure Idaruzicumab
Apixaban (Eliquis®)	48 Std.	Faktor-Xa-Antagonist	24 Std. vorher (HWZ 12 Std.)	unspezifisch	3 Wochen	PPSB, rekomb. Faktor VIIa (Novoseven®) Tranexamsäure
Vit.-K-Antagonisten (Marcumar®)	7–10 Tage	Faktor-Xa-Hemmer	Ab INR mit 2,0	Anti-Xa-Aktivität	3 Wochen	PPSB Tranexamsäure

Es ist darauf zu achten, dass der Zeigefinger mit Gleitmittel eingeschmiert ist und dann in den Fingerling des Rektalschildes eingeführt wird. Der Fingerling wird außen nicht eingeschmiert. Wird das Rektalschild dagegen außen mit Gleitmittel eingeschmiert, so wird es beim Herausziehen des Fingers aus dem Gummifingerling und dem Rektum immer wieder aus dem Rektum mit herausgezogen.

Die zu-und abführenden Schläuche und Kabel werden locker mit einen Klettverschluss an der Abdeckung des Patienten befestigt.

7.3 Monopolare versus bipolare TURP

Bei der Elektrochirurgie ist es nicht so wichtig, welche Spannung, Stromstärke oder Energie letztendlich appliziert wird, sondern die Gewebeeffekte hängen von der im Gewebe erreichten Temperatur ab.

Wärmeeffekte im Gewebe

42 °C	Devitalisierung
60 °C	Koagulation → Verschluss kleiner Gefäße
100 °C	Desikkation → Verschluss größerer Gefäße
200 °C	Karbonisierung
500 °C	Vaporisierung → Gewebeschneiden

Verbesserungen des Schneiden und der Gefäßversiegelung lassen sich durch die Geschwindigkeit des Schneidevorganges (langsameres oder schnelleres Schneiden), die Form der Schneideelektrode (breite Schlinge) sowie des Lichtbogens erzielen.

Durch den Schneidevorgang, vor allem aber durch die Koagulation entsteht an der Oberfläche eine Desikkationszone mit Gewebeschrumpfung und weiter in der Tiefe eine Koagulationszone. Eine Hämostase an Arterien entsteht vor allem durch Einengung des Gefäßlumens und einem Thrombus im Lumen. Die beste Hämostase wird jedoch durch gutes Verschweißen der Gefäßwand miteinander und

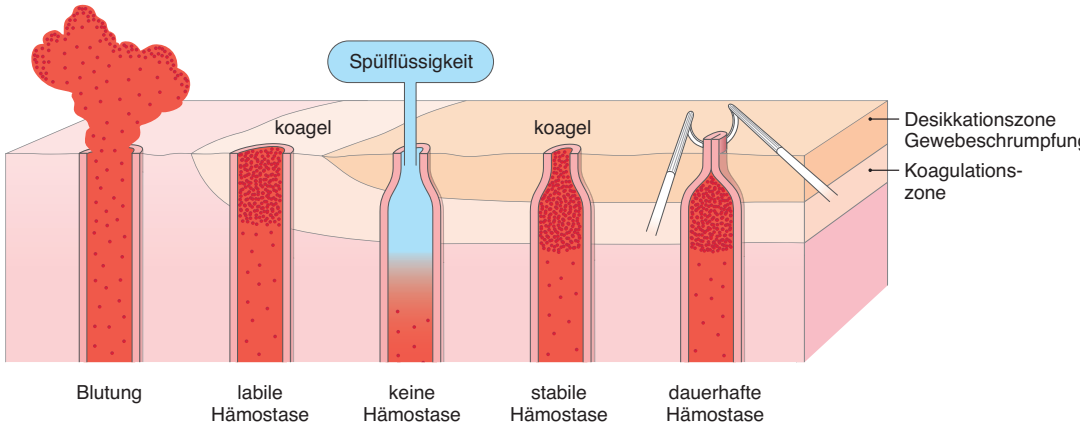


Abb. 7.12 Erzielung einer stabilen Hämostase bei der Koagulation von Arterien

einem darunterliegenden Thrombus erreicht. Instabile Hämostasen durch verminderte Lumeneinengung oder Spülwassereinstrom ins Lumen führen zur Nachblutung.

Modifikationen der automatischen Spannungs- und Lichtbogenregelung dosieren die Leistungsabgabe des Generators und werden bei einzelnen Herstellern von HF-Generatoren in verschiedenen Programmen gespeichert (z. B. auto cut, high cut, dry cut, forced coag., spray coag.)

Als **monopolare** Hochfrequenzstromapplikation wird das Verfahren bezeichnet, wenn der Stromfluss von einer aktiven Elektrode durch den Körper des Patienten zu einer neutralen Elektrode fließt und dann weiter zur Erde. Wichtig ist, dass die Neutralelektrode großflächig beschaffen ist, damit der hochfrequente Strom mit niedriger Dichte durch den Körper fließt und somit wenige physikalische Effekte (Verbrennungen usw.) auftreten.

Bipolar bedeutet, dass 2 aktive Elektroden vorhanden sind und der Stromfluss zwischen den beiden möglichst nahe gelegenen Elektroden erfolgt (z. B. bipolare Pinzette). Die Anordnung der Elektroden bei der sog. »bipolaren transurethralen Resektion« entspricht eher der Definition eines monopolaren Vorgehens, da es nur eine aktive Elektrode gibt und die zweite Elektrode nur dem Rückfluss von Energie mit niedriger Dichte dient (»quasi-bipolar«; Abb. 7.13).

Der Hauptunterschied zwischen beiden Verfahren besteht in der Art der Irrigationsflüssigkeit. Bei der bipolaren TURP werden hoch leitfähige Flüssigkeiten verwendet, damit der Stromfluss von der aktiven Elektrode durch Kochsalz zur abfließenden Elektrode stattfindet und somit nur geringer Stromfluss durch den Körper erfolgt. Bei der monopolaren TURP hingegen wird eine Spüllösung benötigt, die einen höheren Widerstand als das Gewebe aufweist, damit der Stromfluss von der aktiven Elektrode durch das Gewebe zur Neutralelektrode erfolgen kann Abb. 7.14, Abb. 7.15, Tab. 7.7).

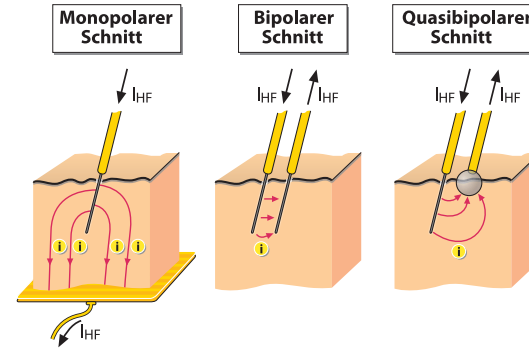


Abb. 7.13 Monopolarer Schnitt mit einer aktiven und einer Neutralelektrode, bipolarer Schnitt mit zwei aktiven Elektroden und »quasi-bipolarer« Schnitt mit aktiver Elektrode und nahe gelegener großer Elektrode

Klinisch ergibt sich durch die »quasi bipolare Anordnung« ein Unterschied zur klassischen monopolaren Anordnung, da die beiden Elektroden nahe beieinander gelegen sind und keine Neutralelektrode benötigt wird (Abb. 7.16, Abb. 7.17 und Abb. 7.18). Wichtiger als die Begriffsdefinition sind jedoch die relevanten physikalischen Unterschiede zwischen beiden Methoden, die Gewebeeffekte und der Sicherheitsaspekt.

Physikalische Unterschiede

- *Offener Kreislauf*: Durch die hohe Leitfähigkeit der Spüllösung (Kochsalz, klinisch besser:

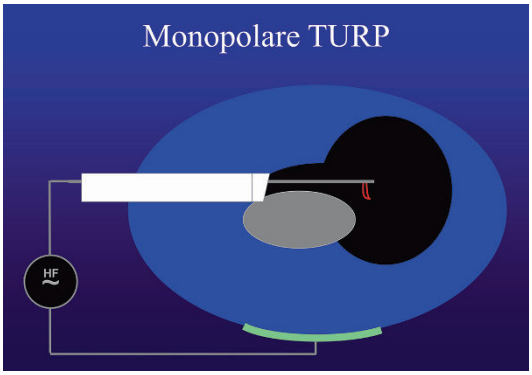


Abb. 7.14 Prinzip der monopolaren TURP

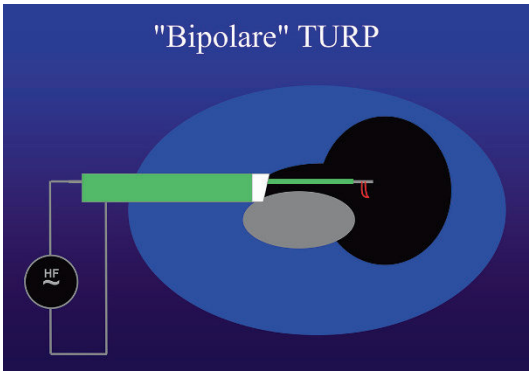


Abb. 7.16 Prinzip der bipolaren TURP

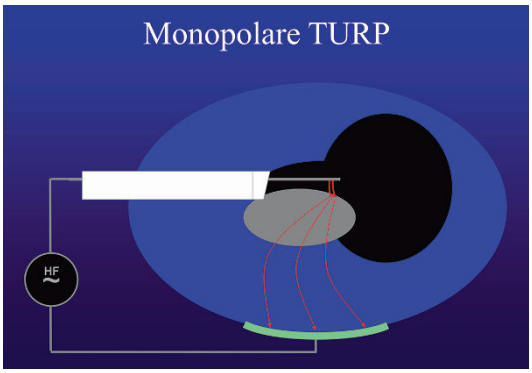


Abb. 7.15 Stromfluss von der aktiven Elektrode durch ein gering leitfähiges Medium zum Körper und dann zur großflächigen Neutralelektrode hin

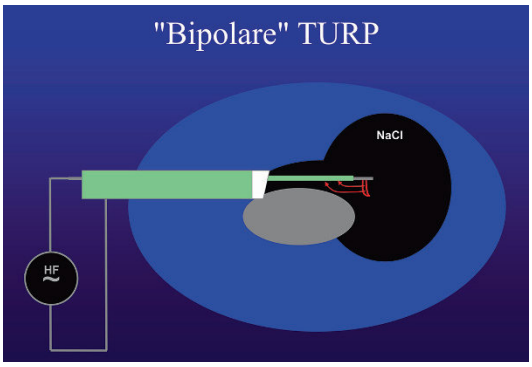


Abb. 7.17 Stromfluss von der aktiven Elektrode durch ein gut leitfähiges Medium zur abfließenden Elektrode hin

Tab. 7.7 Widerstand verschiedener Medien

Medium	Widerstand (Ohm)
Dest. Wasser	1.600
Purisole®	800
Gewebe	500
Isoton. NaCl	40

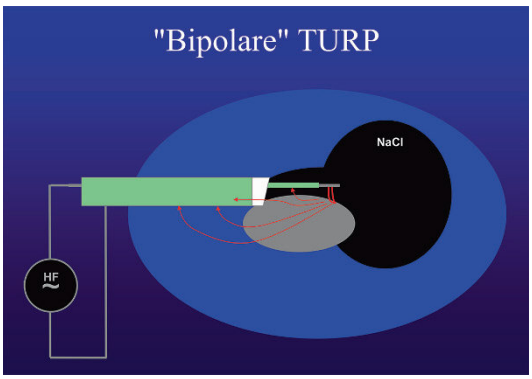


Abb. 7.18 Stromfluss von der aktiven Elektrode durch ein gut leitfähiges Medium zur abfließenden Elektrode und zum Schaft hin

Ringer-Lösung, ▶ Abschn. 7.5.1) kommt es beim *bipolaren Schneiden* zu einer niedrigen Impedanz, selbst wenn kein Kontakt zwischen Gewebe und aktiver Elektrode besteht.

Beim *Schneiden* wird in der bipolaren Anordnung zunächst eine hohe Stromstärke benötigt (>2,5 A), wobei nach der Initiation hinsichtlich der elektrischen Bedingungen während des Schneidevorgangs wenig Unterschied zwischen mono- und bipolar besteht. Der hohe Stromfluss ist meist unkritisch, da er in der Spüllösung außerhalb des Körpers des Patienten erfolgt. Bei guter Spülung während der Resektion wird auch keine Erwärmung der Spüllösung in diesem kleinvolumigen Bereich gesehen.

- Bei der Koagulation kommt es nur zu einem Gewebeeffekt, wenn aktive Elektrode und Gewebe in engem Kontakt sind. Ein »sparking« entsteht nicht *durch* die Spüllösung, sondern *zur* Spüllösung hin.

Gewebeeffekte

- Beim Schneiden mit bipolarem Stromfluss tritt nach initial hoher Stromstärke eine Dampfbildung um die Elektrode auf, wobei eine gute Schneideleistung und Gefäßversiegelung resultiert. Die Impedanz (23–60 Ohm) hängt von der Temperatur der Kochsalzlösung, der Flussrate der Spüllösung und dem Abstand zum Gewebe ab.
- Bei der Koagulation muss auf eine Kontaktkoagulation geachtet werden. Die Gewebeeffekte sind gering, da geladene Ionen nur eine geringe Reichweite aufweisen (etwa 50–100 µm).
- Ist der Schaft Teil der Rückflusselektrode oder die Isolation beschädigt, kann es zu vermehrtem Stromabfluss über die Harnröhre kommen und somit möglicherweise zur thermischen Schädigung.

Der Schneidevorgang bei der *monopolaren Resektion* wird also durch den Stromfluss von der aktiven Elektrode durch das Gewebe bedingt. Zunächst wird das Körpergewebe in Kontakt mit der Elektrode erhitzt. Der Resektionsvorgang erfolgt durch kontinuierlichen Stromfluss in Gewebekontakt durch Erhitzung und Denaturierung. Die Schneideeigenschaft ist bedingt durch die Art des Kontakts zwischen Körpergewebe und Elektrode (▶ Kap. 1; ◘ Abb. 7.19).

Bei der *bipolaren Resektion* erfolgt zunächst durch einen sehr hohen Stromfluss in leitfähiger Lösung eine Erwärmung der Flüssigkeit um die Schlinge herum. Nach Erreichen des Siedepunkts vaporisiert die Lösung und generiert Blasen. Nach zunehmender Blasenbildung entsteht eine Umgebung mit hohem elektrischem Widerstand (500–3.000 Ohm). Die Spannung zwischen Elektrode und Kochsalzlösung steigt, und ein Lichtbogen entsteht (»glühende Elektrode«, Plasmakorona). Nach initialer Zündung generiert die Hitze weitere Blasen und der Schneidevorgang hält an. Das entstehende Plasma benötigt nun weniger Energie (100 W) und die Generatorspannung fällt ab (100–300 Vrms; ◘ Abb. 7.20).

Wichtig für die bipolare Resektion

- Erwärmung der Spüllösung (hilft bei der Bildung der Plasmakorona).
- Optimale Adaptation der Spülung: höhere Spülleistung bei der Irrigation verbessert die Sicht (Abspülung von Blasen), kann jedoch durch Kühlung die Entstehung des Plasmafelds verhindern.
- Verminderung der Resektionsgeschwindigkeit (½ bis ¾ Geschwindigkeit) führt zur verminderten Blutung, da durch die Plasmadampftasche gleichzeitig Schneide- und Koagulationseffekte auftreten und damit die Gefäße während der Resektion versiegelt werden.
- Der Schneidevorgang erfolgt etwas verzögert, da erst eine Plasmatasche gebildet werden muss. Es sollte deshalb die Schlinge langsam und stetig in das Gewebe hineingesenkt werden. Kleine Schnitte, z. B. apikal, gelingen deshalb manchmal nicht.
- Bei der Koagulation sollte der Irrigationsflow reduziert werden, damit die Erwärmung der Spülflüssigkeit besser erfolgen kann.
- Bei der Koagulation ist ein guter Kontakt zwischen Gewebe und Elektrode erforderlich, um größere Blutgefäße zu versiegeln (Eindringtiefe 1 mm!). Durch zu geringen Druck kommt es nur zu einer oberflächlichen Koagulation (kleine Gefäße) mit Weißverfärbung der Resektionsoberfläche.
- Die Schlinge sollte nur nahe an der Blutungsquelle – nicht direkt auf dem Gefäß – platziert werden, da die Koagulation im Kollagen des Gewebes erfolgt und nicht im Blut.

Zwischen monopolarer und bipolarer Schneide- und Koagulationstechnik ergeben sich also operationstechnisch folgende Unterschiede:

- Die *monopolare Resektion* kann etwas schneller erfolgen. Hierdurch kommt es zum Anschneiden von größeren Blutgefäßen. Diese können gezielt durch tiefe Koagulation verödet werden. Die Schlingenbreite ist größer, sodass mehr Gewebeabtrag pro Zeiteinheit erfolgen kann. Die Koagulation erfolgt entweder durch direkte Koagulation auf dem Gefäß oder besser durch Hin- und Herbewegen der Schlinge (»Pinseln«), um eine zu tiefe thermische Wirkung (Eindringtiefe 3–5 mm) zu vermeiden.

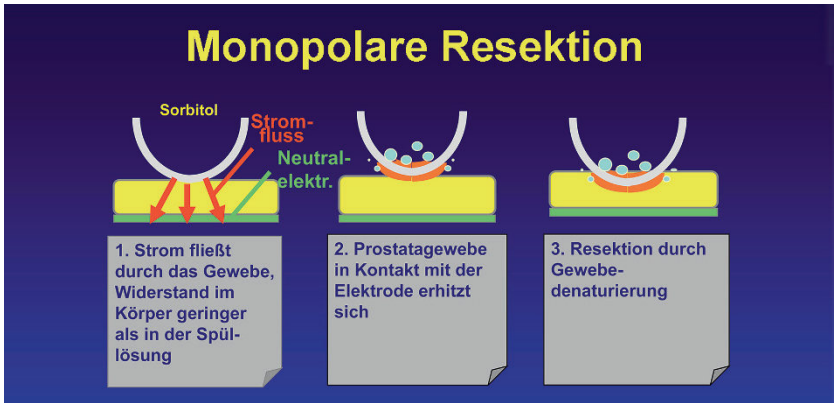


Abb. 7.19 Gewebeeffekte der monopolaren Resektion

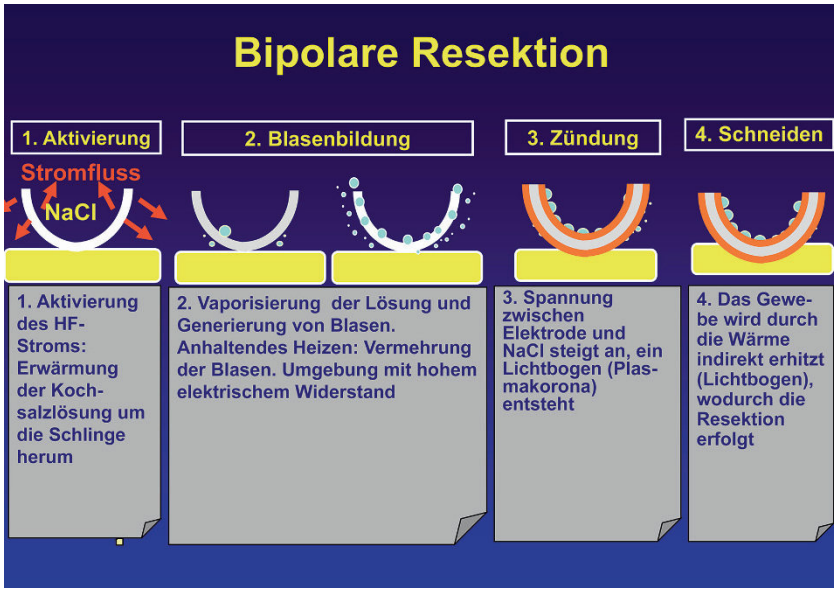


Abb. 7.20 Gewebeeffekte der bipolaren Resektion

- Bei der *bipolaren Resektion* sollte die Resektionsbewegung etwa nur die Hälfte bis Dreiviertel der Geschwindigkeit bei der monopolaren Resektion betragen, damit Plasma initiiert werden kann und eine bessere Koagulation gleichzeitig erfolgt. Die Koagulation größerer Gefäße erfordert guten Kontakt der Schlinge mit dem Gewebe nahe der Blutung (Eindringtiefe etwa 1 mm) und eine reduzierte Spülleistung.

Analogie: Ein Finger wird durch eine Flamme bewegt: Schnelle Bewegung bewirkt keinen Effekt, bei langsamer Bewegung wird das Gewebe (Finger) koaguliert.

Neben unterschiedlichen technischen Aspekten und Gewebewirkungen spielt bei der TURP die faradische Wirkung des monopolaren Stroms (z. B. auf den N. obturatorius) keine Rolle. Wird Kochsalz- oder Ringer-Lösung verwendet, so tritt bei einer Einschwemmung von Irrigationsflüssigkeit kein Hirnödem auf. Die reine Flüssigkeitseinschwemmung kann sowohl bei monopolarer als auch bei bipolarer TURP allein durch Eröffnung eines venösen Sinus hydrostatisch erfolgen.

Die zusätzliche osmotische Wirkung hypoosmolarer Lösungen, wie sie bei der monopolaren TURP Verwendung finden, kann zu einem schwerwiegenderen Einschwemmsyndrom führen. Auch wenn eine klinisch signifikante Einschwemmung bei einem erfahrenen Operateur selten vorkommt und rechtzeitig bemerkt wird, kann diese also auch bei

bipolarer Resektion auftreten, ist jedoch meist nicht bedrohlich im Vergleich zur monopolaren Resektion. Hier treten neben direkt toxischer Wirkung auf das Myokard eine myokardiale Belastung durch Volumeneffekte und eine zerebrale Schädigung durch ein Hirnödem auf.

7.4 Durchführung der transurethralen Resektion der Prostata (TURP)

7.4.1 Einführen des Resektionsschafts

Zunächst werden 4–5 ml eines gut gleitenden Gleitmittels in die Harnröhre eingeführt. Das Gleitmittel wird mit dem Zeigefinger oder der Gleitmittelspritze aus der vorderen Harnröhre nach hinten verstrichen, was zum gleichmäßigen Auskleiden der Harnröhre führt. Es empfiehlt sich, auch den Schaft mit etwas Gleitmittel einzuschmieren.

Ein 24-Charr-Schaft wird zunächst mit dem gut abschließenden Obturator in die vordere Harnröhre eingeführt. Gelingt dies nicht ohne Widerstand, muss der Meatus und die vordere Harnröhre mit dem Otis-Urethrotom bis 30 Charr aufgeschnitten werden. Der Resektionsschaft muss ohne jeden Widerstand in der Harnröhre gleiten, da sonst postoperativ mit Harnröhrenstrikturen zu rechnen ist (Emmett und Winterringer 1954, Hartung und Mauermayer 1979).

Das Instrument sollte einige Zentimeter eingeführt sein, sodass dann der Wechsel des Obturators gegen die Optik möglich ist, ohne aus der Harnröhre wieder herauszugleiten. Das weitere Einführen des Instruments erfolgt unter Sicht, bevorzugt unter Videoendoskopie. Relative Harnröhrenengen, die nicht mit dem Schaft unter Sicht passierbar sind, sollten mit einer Urethrotomia interna bei 12 Uhr inzidiert werden (Hartung und Mauermayer 1979).

Unter vollem Spülstrom wird das Instrument in der bulbären Harnröhre vorgeschoben und über den Beckenbodenbereich geführt. Unmittelbar präsphinktär kann es bei einigen Patienten zu einer relativen Verengung – hauptsächlich durch Zusammenschieben von Schleimhaut – kommen.

Gelingt es nicht, unter Sicht und Spülstrom diese relative physiologische Stenose zu überwinden, sollte keinesfalls das Instrument mit Druck vorgeschoben werden. In diesem Bereich kann es zu Abscherungen der Schleimhaut oder einer Perforation nach dorsal kommen.

Unter Belassung des Instruments in der Richtung des Harnröhrenverlaufs wird nun der Obturator eingeführt und das Instrument in die Blase geführt.

7.4.2 Inspektion von Blase und Prostata

Zunächst erfolgen die sorgfältige Inspektion der Blase und die Beurteilung der Schleimhaut. Liegt ein Zufallsbefund eines oberflächlichen, kleinen, papillären Blasentumors vor, kann dieser reseziert werden und trotzdem anschließend eine Resektion der Prostata erfolgen. Wichtig ist jedoch, den Tumor zuerst zu resezieren, da am Ende der TURP baldmöglichst der Katheter zur venösen Blutstillung eingeführt werden sollte.

Tiefere Resektionen oder Resektion großflächiger Blasentumoren zusammen mit einer TURP empfehlen sich nicht, da Impfmetastasen nach TURB/TURP in der Prostataloge beschrieben sind. Durch wiederholtes Auffüllen der Blase bei der TURP kann es nach tiefer Blasenwandresektion zu einer Dissektion der Blasenmuskulatur kommen.

Die Prostata wird nun inspiziert. Die Lage der Ostien in Relation zum Mittellappen erscheint für die Schonung der Ostien wichtig. Bei einem überhängenden Mittellappen kann durch die ausgefahrene Schlinge ohne Sicht eine Resektion des Ostiums erfolgen. Unter vollem Spülstrom wird die Anatomie der Prostata inspiziert. Die Ausdehnung des Mittellappens, die Lagebeziehung zu den Seitenlappen und v. a. die Darstellung des Kollikels sind für die Planung der Resektion wichtig.

Tipps

Der Kollikel dient als »Landmarke«, als »Leuchtturm« während der gesamten Resektion, um den distal davon gelegenen Sphinkterbereich zu schonen.

Er kann verschiedene Formen haben und ist manchmal schwer zu erkennen, da er in Mittellappen- und Seitenlappengewebe verborgen sein kann. Hier ist die sorgfältige Inspektion wichtig, da durch die Mittellappenresektion der Kollikel erst »ausgegraben« werden muss, um die Resektionsgrenzen einzuhalten. Nach vorausgegangener TURP kann es ebenfalls zu Problemen der Identifikation des Kollikels kommen. Auch hier empfiehlt sich eine vorsichtige Resektion vom Blasenhals beginnend im Mittellappenbereich, um den Kollikel freizulegen.

7.4.3 Hydraulischer Sphinktertest

Distal des Kollikels liegt der Sphinkterbereich, der durch bloße Inspektion der Harnröhre mit und ohne Spülstrom nicht erkannt werden kann. Durch den hydraulischen Sphinktertest kann dieser Bereich dargestellt werden. Bei *leerer Blase* wird unter vollem Spülstrom das Instrument aus dem Prostatabereich über den Kollikel hinaus in die Harnröhre zurückgezogen. Durch Zukneifen und Öffnen des zuführenden Plastikschlauches zwischen Daumen und Zeigefinger der linken Hand kommt es im Harnröhrenbereich zu einer Bewegung der Schleimhaut und des M. sphincter externus. Der Sphinkter kontrahiert durch schnelle Änderung des hydrostatischen Drucks. Ein sich schließender und öffnender Schleimhautwulst im Harnröhrenbereich zeigt den Sphinkterbereich an (Hartung 1979).

Tipps

Der hydraulische Sphinktertest kann während aller Phasen der Resektion durchgeführt werden und sollte v. a. bei parakollikulärer und apikaler Resektion mehrfach wiederholt werden.

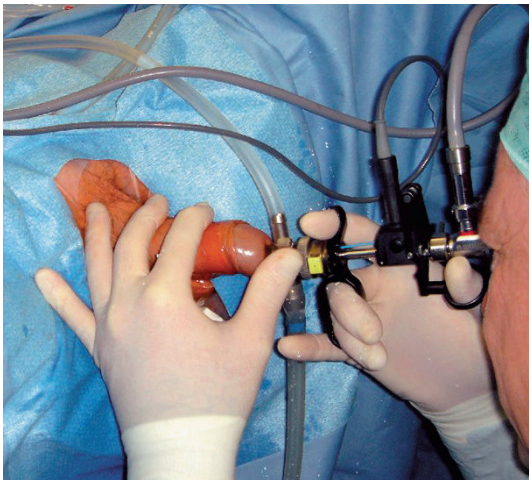
7.4.4 Haltung des Instruments bei Direktsicht

Der rechtshändige Operateur hält mit seiner rechten Hand das Instrument, indem sich die Finger entweder am Ablaufstutzen festhalten oder das Instrument umfassen. Der rechte Daumen führt den ringförmigen Handgriff für die Schlingenbewegung. Die linke Hand fasst den Schaft und bedient den Zu- und Ablaufhahn (◘ Abb. 7.21). Für die apikale Resektion ist eine gute Fixierung des Instruments in der Harnröhre wichtig. Hierzu fixiert der kleine Finger der linken Hand das Instrument am Perineum des Patienten (◘ Abb. 7.22).

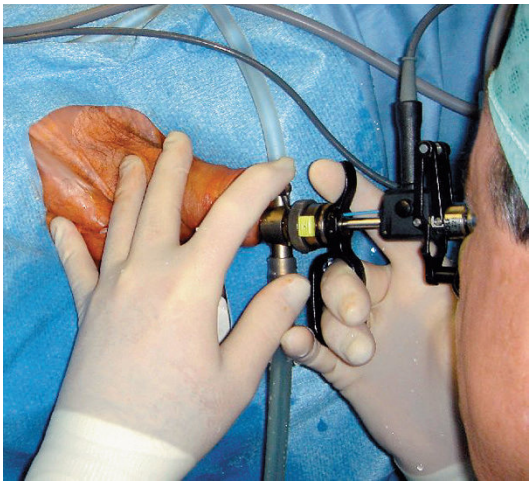
Wird das Instrument um 180° gedreht, um die ventralen Anteile der Prostata zu resezieren, muss umgegriffen werden. Der Kollikel wird zunächst eingestellt und dann das Instrument gegen den Uhrzeigersinn nach oben gedreht. Wichtig ist in diesem Fall, das Instrument gut zu fixieren, um eine Distalbewegung zu vermeiden. Ist sich der Operateur nicht sicher, sollte erneut zurückgedreht, der Kollikel eingestellt und das Instrument in der Position gedreht werden (◘ Abb. 7.23).

Die ventralen Anteile der Prostata können auch erreicht werden, wenn sich der Operateur mit dem Instrument dreht. Diese Methode bietet sich bei direkter Sicht durch das Instrument an. Vorteil ist, dass der Kollikel eingestellt werden kann, das Instrument in der Position gut fixiert wird und kontinuierlich ohne Umgreifen die ventralen Anteile erreichbar sind. Bei größeren Adenomen und damit längerer Resektionszeit bedeutet dies jedoch für den Operateur eine größere Belastung in unphysiologischer Haltung (◘ Abb. 7.24).

Sollen ventrale Anteile der Prostata v. a. blasenwärts reseziert werden, kann bei leerer Blase das Eindrücken des Blasendachs mit der linken Hand helfen.



◘ **Abb. 7.21** Haltung des Instruments bei Direktsicht. Die rechte Hand bedient das Elektrotom, die linke Hand den Zentralhahn zur Regulation des Spülwassers



◘ **Abb. 7.22** Haltung des Instruments mit zwei Händen. Der kleine Finger der linken Hand stützt sich am Damm des Patienten ab, sodass unkontrollierte Bewegungen vermieden werden

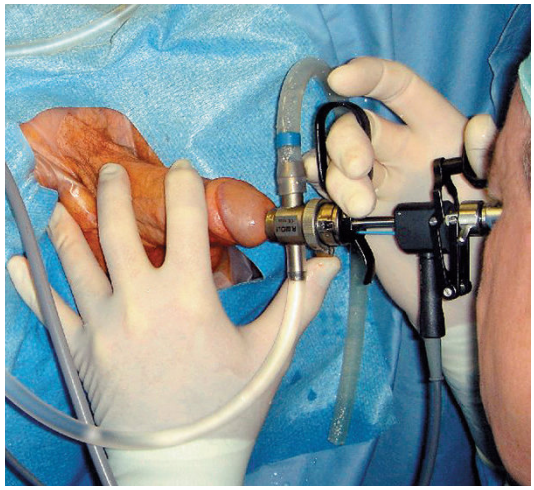


Abb. 7.23 Drehung des Resektoskops um 180° zur Resektion von ventralen Prostataanteilen oder Blasentumoren am Blasendach. Vorsicht ist geboten, beim Drehen des Instruments nicht zu weit nach distal zu drehen (Sphinkter!)

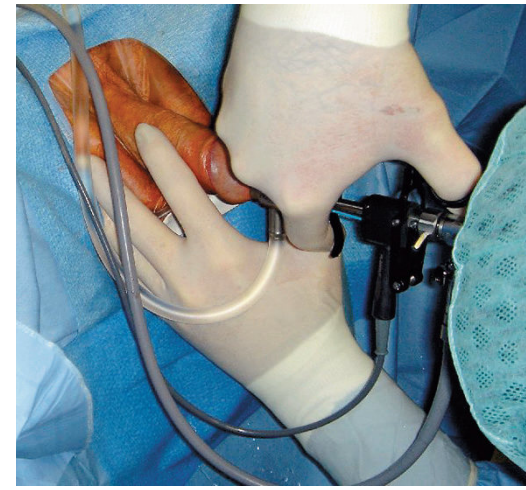


Abb. 7.24 Erreichen der ventralen Anteile durch Körperdrehung des Operateurs. Hierdurch ist ein nahtloser Übergang vom dorsalen in den ventralen Bereich ohne Handwechsel möglich. Die Gefahr, beim Drehen des Instruments zu weit nach distal zu geraten, ist vermindert

Es muss beachtet werden, dass sich durch Eindrücken die natürliche Anatomie verändern kann und bei zu starkem Eindrücken eine Perforation des Übergangs erfolgt.

Wichtig ist, bei Eindrücken des Blasendachs nicht den Übergang von der Blase zur Prostataloge zu tief auszuresezieren, da sonst eine Ablösung der Loge von der Blase erfolgt.

Bei einer Videoresektion, die zu weniger Ermüdung des Operateurs führt, wird das Instrument gedreht, während die Kamera gerade nach unten hängt (Abb. 7.25, Abb. 7.26)

7.4.5 Regulierung des Spülwassers

Spülwasserzufluss

Der Spülwasserzufluss erfolgt mit halbisoosmolarer Lösung (z. B. Purisole: Mannitol + Sorbitol) mit einer Aufhängung 50–70 cm über der Symphyse des Patienten, d. h. mit einem hydrostatischen Druck von 60–70 cm H_2O. Ein ungefähres Richtmaß ist die untere Kante des Irrigators in Höhe des Patientenknies oder bis 20 cm darüber. Die Folgen einer zu niedrigen Irrigationshöhe sind in der Übersicht dargestellt.

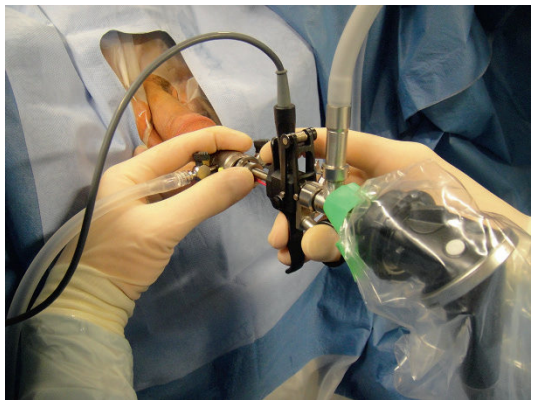


Abb. 7.25 Haltung des Instruments bei Videoresektion

Abb. 7.26 Drehung des Instruments um 180° zur Erreichung ventraler Gewebeanteile bei Videoresektion

Folgen einer zu niedrigen Irrigationshöhe

- Verlängerte Klarspülzeit des Operationsgebiets
- Vorhandensein nur noch eines zentralen Gesichtsfelds und peripher eine Rötung durch nicht irrigiertes Blut
- Starke Trübung des Gesichtsfelds durch arterielle Blutungen

Ist die Blase mit Spülflüssigkeit gefüllt, ist der Blaseninnendruck dem hydrostatischen Druck des Spülsystems gleich. Dies macht sich folgendermaßen bemerkbar:

- Verschlechterung der Sicht, v. a. am Rand des Gesichtsfelds.
- Die Resektionsstücke werden nicht mehr in die Blase hin abgeschwemmt.
- Kleinere Blutungen führen zu einer starken Trübung des Gesichtsfelds.

Nach Ablaufen der Blase wird der Spülstrom mit der linken Hand aufgedreht, sodass Spülflüssigkeit aus dem Instrument austritt. Austritt von Spülflüssigkeit ist wichtig, um das Einbringen von Luft zu vermeiden, da diese sich als Luftbläschen an der Resektionsloge niederschlagen und erst mit vollem Spülstrom in die Blase gespült werden muss. Das Resektoskop wird dann zügig durch den Schaft geführt und verriegelt.

Luftblasen im Gesichtsfeld

Luftblasen sind fast immer durch Lufteintritt im Schlauchsystem bedingt.

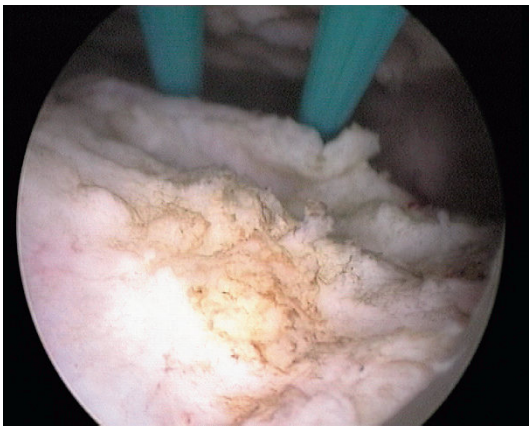
Vermeidung von Luftblasen

- Das Sichtfenster am zuführenden Schlauch sollte entweder komplett mit Spülflüssigkeit aufgefüllt sein oder der Spiegel sehr hoch stehen, damit durch den Wasserstrahl keine Luft in das Schlauchsystem herabgerissen wird.
- Der zuführende Schlauch muss vor dem Anschließen vollständig durchspült sein.
- Bevor das Elektrotom eingeführt wird, muss der Wasserzustrom in voller Stärke angestellt werden.
- Schrauben am Instrument und die Verriegelung müssen fest sitzen.
- Bei stark eingestelltem Schneide- und Koagulationsstrom muss gelegentlich das Dach der Prostataloge und v. a. das Blasendach von Luft evakuiert werden.
- Bei einem Dauerspülresektoskop kommt es im Allgemeinen weniger zur Luftansammlung. Durch Abstellen der Wasserzufuhr und Saugung kann die Luft aus der Blase entfernt werden.
- Luft in der Blase kann auch durch elektrolytische Zersetzung des Wassers entstehen, wenn dieses nicht vollständig entmineralisiert ist. Diese Gasblasen sollten immer durch Anheben des Schaftes vom Blasendach abgesaugt werden, da durch den Stromfluss in der Schlinge eine Explosion entstehen kann.

7.4.6 Gewebeerkennung als Voraussetzung zur Resektion

Adenomgewebe

Das Adenomgewebe zeichnet sich durch eine gelbliche, körnige Gewebestruktur aus. Kleine Unebenheiten wie Körnchen, die durch den Schneidestrom bedingt sind, zeigen Adenomgewebe an. Bei der Resektion v. a. großer Adenome tritt wenig milchartige Flüssigkeit aus dem Gewebe aus. Pastenartige Stränge von Drüsensekret werden ebenfalls beobachtet (◘ Abb. 7.27).



◘ **Abb. 7.27** Adenomgewebe, gekennzeichnet durch eine gelblich körnige Oberfläche. Gelegentlich tritt milchartige Flüssigkeit aus dem Gewebe aus

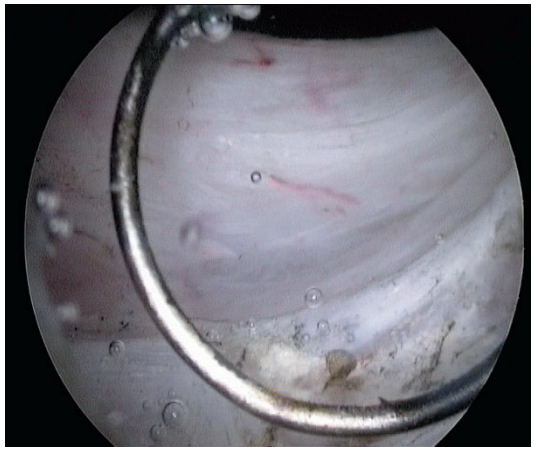


Abb. 7.28 Kapselgewebe der Prostata mit weißlichen, netzartigen Bindegewebsfasern

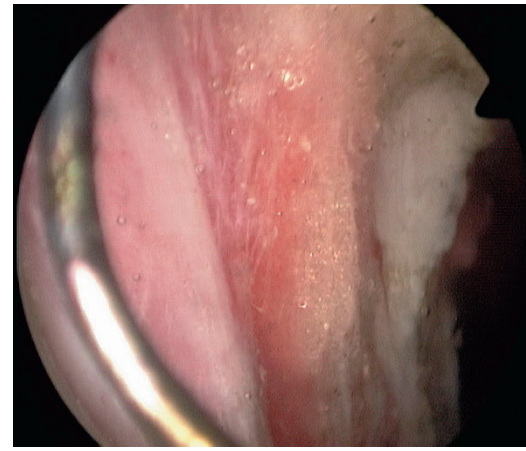


Abb. 7.29 Fettgewebe nach Kapselperforation, gelblich schimmernd und im Licht glänzend. Das Gewebe ist von kleinen Blutgefäßen durchzogen

Die Flüssigkeitsmenge kann gelegentlich so groß sein, dass der Operateur glaubt, einen Abszess angeschnitten zu haben. Abszesssekret ist jedoch gelblicher. Nach Wegspülen des Sekrets wird beim Abszess eine glattwandige Abszessmembran sichtbar.

Tipps

Die Tiefe der Resektion kann nur durch einen Orientierungsgraben bestimmt werden. Hierzu wird Adenomgewebe so lange durch Längsschnitte reseziert, bis weißliches, fadenförmiges Kapselgewebe erscheint. Der Orientierungsgraben wird nun erweitert, die Resektionstiefe ist vorgegeben.

Prostatakapsel

Kapselgewebe zeichnet sich dadurch aus, dass es weißlich, netzartig mit Bindegewebsfasern ist. Wird die Kapsel weiter ausgedünnt, weichen die Kapselfasern auseinander und lassen in der Tiefe gelbliches Fettgewebe hindurchscheinen (Abb. 7.28).

Fettgewebe

Fettgewebe, das infolge einer Kapselperforation sichtbar wird, zeigt sich gelblich schimmernd und im Licht glitzernd. Das Gewebe ist von kleinen Blutgefäßen durchzogen und lässt sich endoskopisch schwer koagulieren, da die Schlinge bei stärkerem Hinpressen einsinkt (Abb. 7.29).

Tumorgewebe

Erfahrenen Operateuren fällt beim Schneiden von atypischem Adenomgewebe auf, dass es sich um ein Karzinom handeln könnte. Die Oberfläche des Schnittes ist gelblich-weiß, weniger gekörnt und »speckig«. Bröckeliges, nekrotisches oder hämorrhagisches Gewebe deutet ebenfalls auf Tumorgewebe – entweder Prostatakarzinom- oder Urothelkarzinomgewebe – hin.

Samenblasen

Bei tiefer Resektion im Mittellappenbereich können die Samenblasen tangenzial angeschnitten werden. Es entleert sich milchiges Sekret. Der Schnittrand ist meist bräunlich. Eine Inspektion der Höhle zeigt das schlauchförmige Lumen und Septen. Eine Anresektion der Samenblasen hat keine nachteiligen Folgen für den Patienten.

Prostatasteine

In den Drüsengängen der Prostata bilden sich Steine. Durch das Wachstum der Transitionalzone wird die periphere Zone nach außen gedrängt und damit auch die Prostatasteine (Mauermayer 1962).

Tipps

Wird die Steinschicht angeschnitten, zeigt dies, dass sich der Operateur noch innerhalb der Prostatakapsel befindet. Vor allem apikal kann das Anschneiden der »Steinnester« oft beruhigend sein, da hiermit angezeigt wird, dass

sicherlich noch keine Perforation vorliegt. Prostatasteine liegen immer intrakapsulär.

Die Steine liegen in einem von Epithel ausgekleideten glatten Bett, ragen beim Anresezieren oft nur teilweise aus der Schicht heraus und lassen sich nur schwer mit der Schlinge herausluxieren. In diesem Bereich sollten dann nur noch oberflächliche Schlingenschläge durchgeführt werden, da die Prostatakapsel nah ist.

Prostataabszess

Während der Resektion kann es zur Eröffnung eines Abszesses kommen. Gelblich-eitriges Sekret entleert sich schwallartig. Die glattwandige Abszessmembran wird nach Klarspülen der Sicht erkennbar. Teilweise tritt eine entzündlich bedingte diffuse Blutung aus der Abszessmembran auf. Pseudoabszesse bestehen aus eingedicktem Prostatasekret und quellen meist nur langsam heraus.

7.4.7 Resektion der Prostata

Systematik

Verschiedene Techniken der Systematik einer transurethralen Resektion der Prostata wurden beschrieben. So wurde von Barnes u. Nesbit (1943) die in den USA geübte Technik entwickelt, zunächst die ventralen Anteile der Prostata zu resezieren (zwischen 11 und 1 Uhr), dann die Seitenlappen von ventral nach dorsal zu resezieren und zuletzt erst den Mittellappen und die apikale Region zu operieren (Nesbit 1943, Nesbit 1947 und Nesbit 1954).

Alcock u. Flocks (1943) beschrieben die Technik, zunächst den Mittellappen zu entfernen und dann die Seitenlappen bei 9 Uhr und 3 Uhr zu teilen. Zunächst werden die unteren Anteile abgetragen und dann die ventralen und apikalen Anteile (Flocks 1937, Flocks und Culp 1954). John Blandy in London favorisierte die Methode, zunächst den Mittellappenbereich zu entfernen, dann die Seitenlappen von 12 Uhr beginnend von ventral nach dorsal zu resezieren (Blandy 1986). Die hier beschriebene Methode basiert auf den Pionierarbeiten von W. Mauermayer und R. Hartung (Hartung und May 2002, Mauermayer 1981).

Entscheidend für den Operationerfolg ist die *Einhaltung der Systematik* des operativen Vorgehens.

Zunächst werden die folgenden 3 Landmarken dargestellt:

- Externer Sphinkterbereich
- Verumontanum
- Blasenhals

Die Orientierung zu diesen 3 Landmarken während der gesamten Operation sollte dem Operateur zu jeder Phase der Operation bewusst sein. Hierdurch ist gewährleistet, dass eine ausreichende Blutstillung zur Fortführung der Resektion und damit eine gute Übersicht gegeben ist, dass die Grenzen der Resektion eingehalten werden und eine vollständige Resektion des Adenoms durchgeführt wird.

Tipps

Sollte zu einem Zeitpunkt der Operation die Orientierung – meist durch starke Blutung – verloren gehen, ist unbedingt darauf zu achten, zunächst die Landmarken zu identifizieren und die Systematik der Operation wiederzugewinnen.

Ein »Verirren« im Resektionsfeld führt zu Perforationen der Kapsel oder schlimmer zu Überschreiten der distalen und proximalen Resektionsgrenzen.

Die Einhaltung der Systematik ist für den Operationserfolg entscheidend und wird auch von geübten Operateuren durchgehalten. Hierdurch lässt sich eine gute Übersicht, systematische Entfernung aller Adenomteile, geringe Blutung durch Koagulation der jeweils resezierten Teilbereiche und zügiges Operieren erreichen.

Die Resektion der Prostata kann in 4 Teilabschnitte eingeteilt werden (Tab. 7.8). Die Resektion des Mittellappens wird bei 6 Uhr begonnen. Eine sorgfältige Inspektion der Blase, v. a. des Rezessus prostaticus, ist erforderlich, um sich die Lage der Ostien einzuprägen. Durch einen voluminösen Mit-

Tab. 7.8 Die 4 Teilabschnitte der Resektion der Prostata

Resektionsphase	Vorgehen
1	Mittellappenresektion bis zum Kollikel
2	Parakollikuläre Resektion
3	Resektion der Seitenlappen und ventralen Anteile
4	Apikale und erneute parakollikuläre Resektion

tellappen können die Ostien angehoben sein und bei der Mittellappenresektion überreseziert werden.

Es können sich nun 2 Situationen ergeben:

- Die Länge der prostatischen Harnröhre ist kürzer, als die Schlinge ausgefahren werden kann: Es erfolgt jetzt eine Resektion mit Kontrolle des Endpunktes, wobei der Kollikel als Endpunkt vom Schaft abgedeckt wird.
- Die prostatische Harnröhre ist länger als der Schlingenweg: Schnitt mit Kontrolle des Einsatzpunktes und Teilung der Schnittlänge bis zum Kollikel.

Eine Resektion durch einen Längsschnitt mit *Bewegung des Schaftes nach distal ist nicht zu empfehlen*, v. a. nicht für ungeübte Resekteure, da dadurch der Kollikel überreseziert werden kann.

Die Resektion erfolgt beim Autor durch eine 0°-Optik, es können jedoch 5°- oder auch 15°- bis 30°-Optiken verwendet werden. Die Geradeausoptik bietet den Vorteil, Unebenheiten gut zu erkennen und eine glatte Resektionsloge zu schaffen.

Erste Phase: Mittellappenresektion bis zum Kollikel

Resektion mit Kontrolle des Endpunktes

Der Colliculus seminalis wird mit dem Schaft abgedeckt, d. h., das Schaftfenster befindet sich in Höhe des Kollikels. Der Kollikel selbst wird gerade nicht mehr gesehen. Durch Ausfahren der Schlinge wird der Rand des Mittellappens erreicht. Unter Senken des Instruments wird die Schlinge über den Mittellappen angehoben. Anschließend wird das okulare Ende des Instruments angehoben. Die Schlinge wird dadurch gesenkt und am Ende des Mittellappens eingesetzt.

Die Resektion wird nun durch Durchziehen der Schlinge bis zum Kollikel begonnen. Je nach Gewebetiefe wird die Schlinge unterschiedlich tief eingesenkt. Bei einem normalen Schnitt versinkt die Schlinge gerade vollständig im Gewebe. Ein flacherer Schnitt ist notwendig, wenn noch wenig Gewebe bis zur Kapsel resektabel ist. Wichtig ist, dass ein Schnitt neben den anderen gelegt wird und somit eine glatte Resektionsfläche entsteht. Der Endpunkt jeden Schnittes ist der Kollikel und der vorangegangene Schnitt. Hierdurch lässt sich eine Resektionsfläche etwa von 5–7 Uhr erreichen mit einem glatten Übergang in die Blase.

Tipps

In dieser Phase ist entscheidend, keinen hohen Übergang in die Blase stehen zu lassen, da dadurch eine Blasenhalsenge resultieren kann. Eine Stufe in diesem Bereich führt auch dazu, dass beim Einführen des Instruments in die Blase mechanisch eine Unterfahrung der Blase typischerweise bei 6 Uhr entsteht.

Durch einen glatten geraden Übergang zwischen reseziertem Mittellappenbereich und dem Blasenboden wird das Instrument ohne Hindernis in die Blase bewegt.

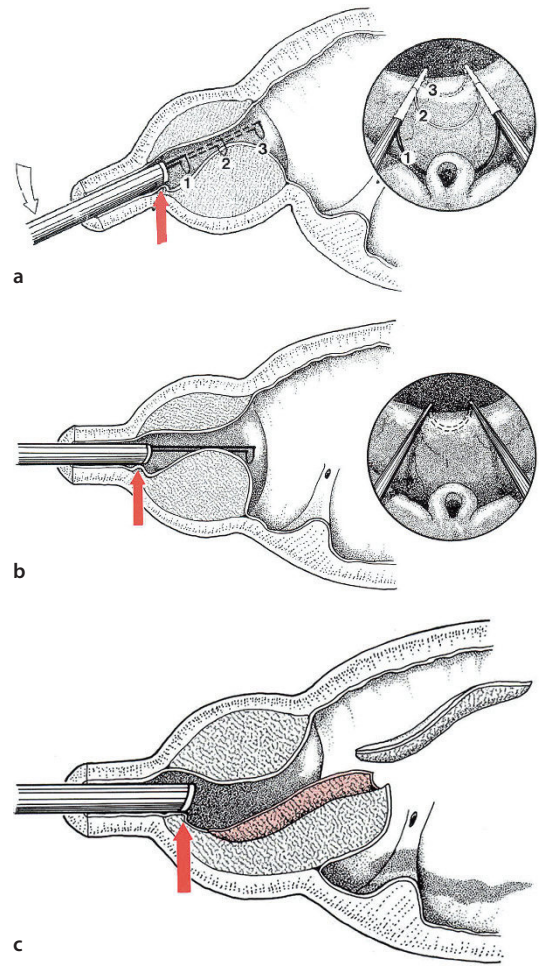


Abb. 7.30a–c Technik des unterteilten Schnittes bei großem langem Mittellappen. **a** Erster Schritt ist die Kontrolle des Einsatzpunktes, **b** dann Verlängerung des Schnittes, **c** schließlich Schnitt mit Kontrolle des Endpunktes

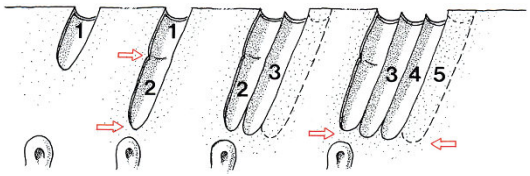


Abb. 7.31 Bestimmung des Endpunktes einer Schnittserie. Technik des unterteilten Schnittes: Bei einem langen Schnitt muss man davon ausgehen, dass mit dem Resektionsinstrument nur eine relativ kurze Strecke überblickt werden kann. Der Schnitt wird zunächst in Einzelschnitte unterteilt, bis der Endpunkt erreicht ist. Dann Langschnitt mit Kontrolle des Endpunktes (Kollikel). Nebeneinanderlegen der Schnitte für eine gleichmäßige glatte Oberfläche.

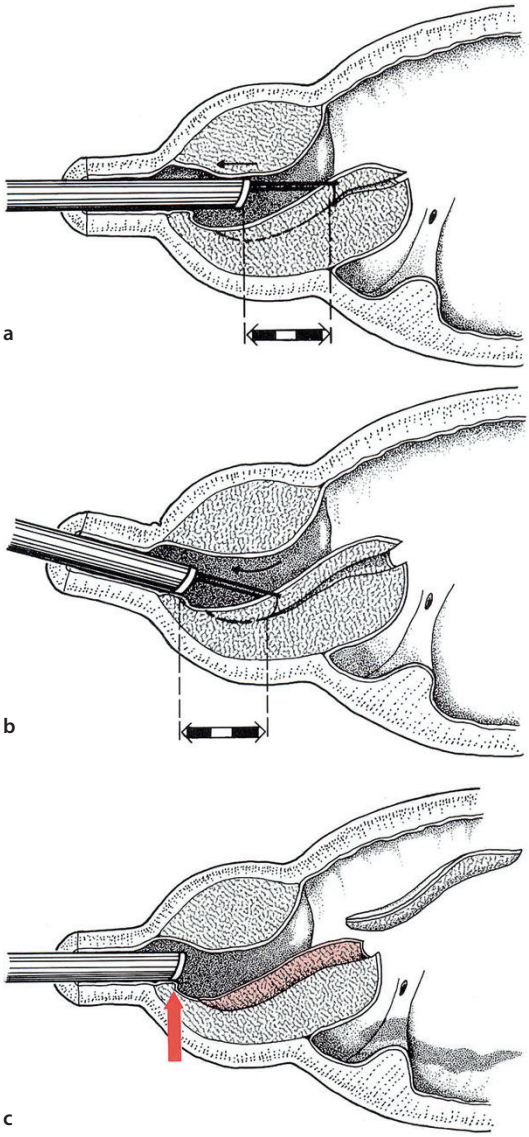


Abb. 7.32a–c Längsschnitt mit Bewegung des Instruments bei ausgefahrener Schlinge (nur für geübte Operateure!). **a** Einsetzen der Schlinge im Mittellappenbereich, **b** Zurückziehen des Instruments mit schneidender Schlinge bis zum Endpunkt, **c** Einziehen der Schlinge mit Kontrolle des Endpunktes (Kollikel). Diese Resektionstechnik kann gefährlich sein, da der Kollikel überfahren werden kann!

Resektion mit Teilung der Schnittlänge

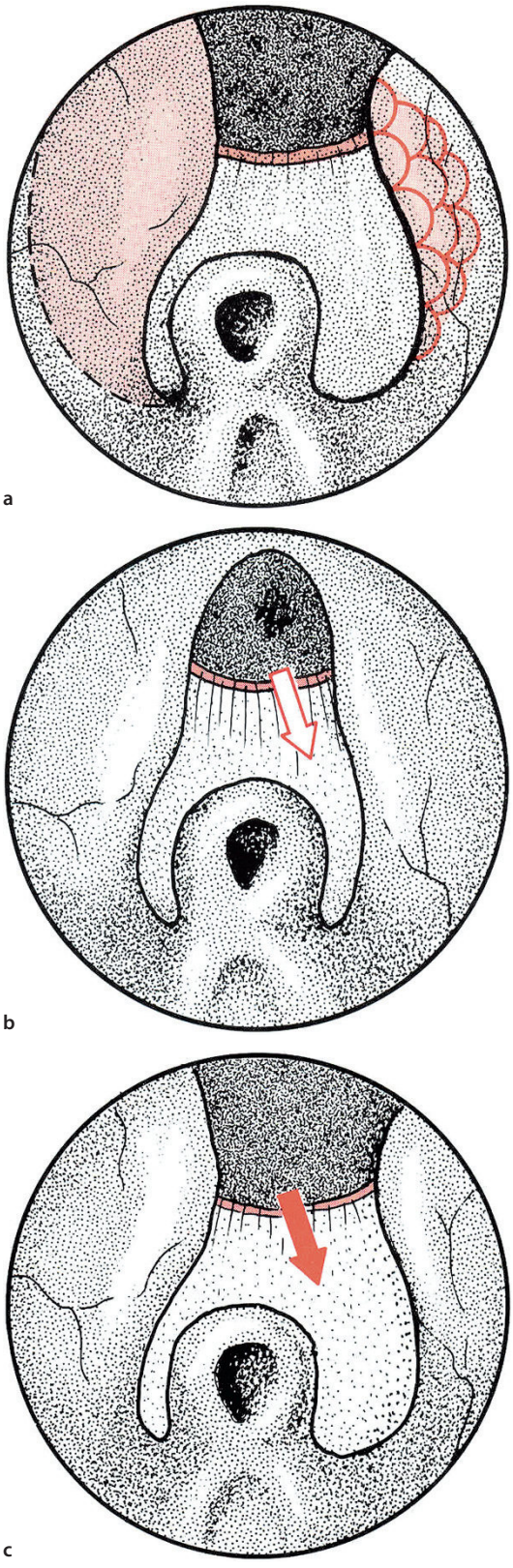
Liegt eine längere prostatische Harnröhre vor, als die Resektionschlinge ausgefahren werden kann, muss der Schnitt unterteilt werden. Die Schlinge wird unter Sichtkontrolle eingesetzt. Dies bringt den Vorteil, dass das zu schützende Gebiet – z. B. das Ostium bei einem überhängenden Mittellappen – geschont wird. Der Schaft wird nun zurückgezogen, und die Resektion beginnt bis zur halben Strecke der prostatischen Harnröhre (Abb. 7.30).

Eine andere Möglichkeit ist, den Schaft in der Mitte der Prostata zu belassen, die Schlinge auszufahren und am Endpunkt vorsichtig abzusenken und die Resektion zu beginnen. Die zu resezierende Strecke wird dadurch geteilt. Auch hier ist es wichtig, eine Resektionsfurche neben die andere zu legen und den Endpunkt zu kontrollieren. Nach Zurückziehen des Instruments in Höhe des Kollikels kann dann die Mittellappenresektion vollendet werden (Abb. 7.31).

Ein *Längsschnitt* erfolgt, indem die ausgefahrene Schlinge im Mittellappenbereich eingesetzt wird, der Schneidestrom eingeschaltet und das Instrument mit ausgefahrener Schlinge bis zum Endpunkt zurückgezogen wird. Ist der Kollikel als Endpunkt erreicht, wird die Schlinge unter eingeschaltetem Schneidestrom zurückgezogen und die Mittellappenresektion vollendet. Diese Technik ist jedoch nur für den geübten Resekteur empfehlenswert, da ansonsten der Endpunkt leicht überfahren werden kann. Die Bewegung des Instruments kann durch bogenförmiges Ausresezieren auch komplex sein (Abb. 7.32).

Zweite Phase: parakollikuläre Resektion

Nach Resektion des Mittellappenbereichs zwischen etwa 5 und 7 Uhr erfolgt die parakollikuläre Resektion. Hierzu wird die Resektion im Mittellappenbereich zwischen 4 und 8 Uhr verbreitert und neben dem Kollikel reseziert. Das Instrument wird in das Gewebe hineingesenkt und eine tiefe Resektion lateral des Kollikels durchgeführt. Der Kollikel steht nun frei (Abb. 7.33, Abb. 7.34).



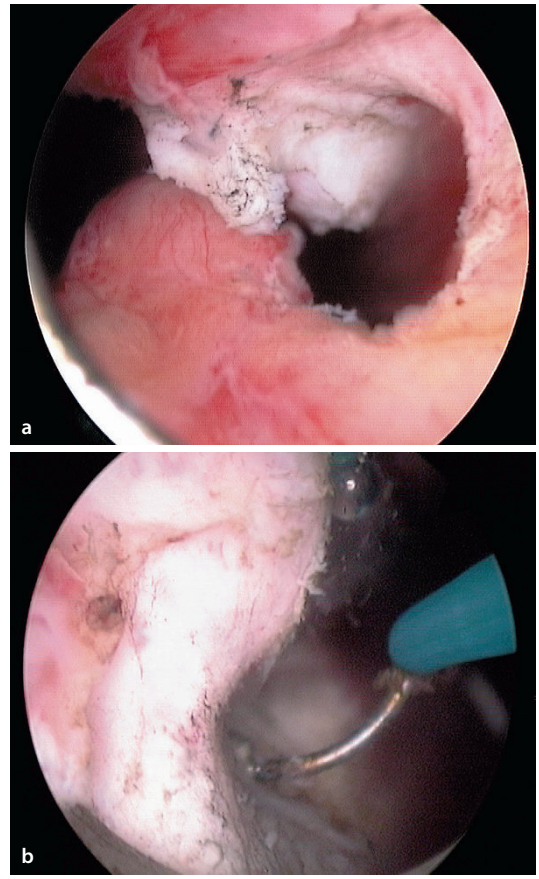


Abb. 7.34a,b Apikale Darstellung. **a** Bei wenig gefüllter Blase (linke Seite), **b** bei vollerer Blase und Hineinsenken der Spitze des Resektionsinstruments in den Apex lateral des Kollikels (rechte Seite mit Schlinge)

Tipps

In dieser Phase der Resektion ist es hilfreich, den hydraulischen Sphinktertest durchzuführen, um sich die Lage des Sphinkterbereichs im Verhältnis zum Kollikel zu vergegenwärtigen. Üblicherweise ist vom Beginn des Kollikels und damit seiner größten Erhabenheit bis zum Sphinkterbereich noch etwa 1–1,5 cm Abstand.

Abb. 7.33a–c Apikale und parakollikuläre Resektion. **a** Beachtung der distalen Grenze definiert durch Kollikel, Gewebeerkennung, Mittellappenreste und hydraulischem Sphinktertest, **b** bei wenig gefüllter Blase Annäherung des Seitenlappens an den Kollikel, **c** bei gefüllter Blase und Absenken des Instruments in den parakollikulären Raum wird das Resektionsgebiet besser dargestellt

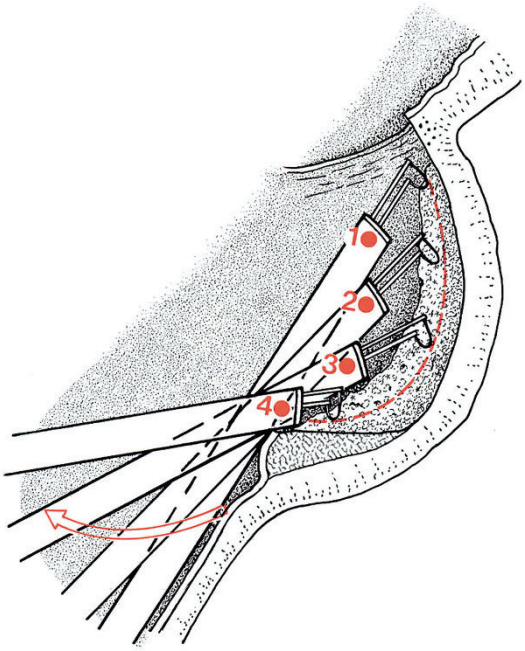


Abb. 7.35 Aushöhlen der Prostatakapsel bei der Seitenlappenresektion. Bewegung des Schaftes sowohl von kranial nach distal als auch bogenförmig. Ein Mitbewegen des Operateurs bei Direktsicht ist notwendig

Eine parakollikuläre Resektion ist damit gefahrlos möglich, jedoch sollte im Individualfall immer ein Sphinktertest durchgeführt werden, um die anatomischen Verhältnisse zu klären.

Dritte Phase: Seitenlappenresektion

Bei einem kleinen Adenom erfolgt die Resektion vom letzten Mittellappenschnitt beginnend nach kranial. Für einen Rechtshänder erscheint die Resektion der rechten Seite gewöhnlich einfacher, sodass der Autor immer zunächst auf dieser Seite beginnt. Eine Resektionsfurche wird neben die andere gelegt, wobei der Endpunkt immer der distale Endpunkt der parakollikulären Resektion ist. Durch kontinuierliche Drehung des Instruments nach jedem Schnitt wird eine glatte Resektionsfläche bis etwa 11 Uhr geschaffen.

Nun erfolgt das gleiche Vorgehen linksseitig ebenfalls bis etwa 1 Uhr. Durch Drehen des gesamten Instruments und Umgreifen kann nun der ventrale Adenombereich reseziert werden. Hier ist v. a. darauf zu achten, dass der Endpunkt der Schnitte nicht nach distal verrutscht, da der Kollikel jetzt nicht mehr gut abdeckbar ist und jederzeit einsehbar wäre (Abb. 7.35, Abb. 7.36 und Abb. 7.37).

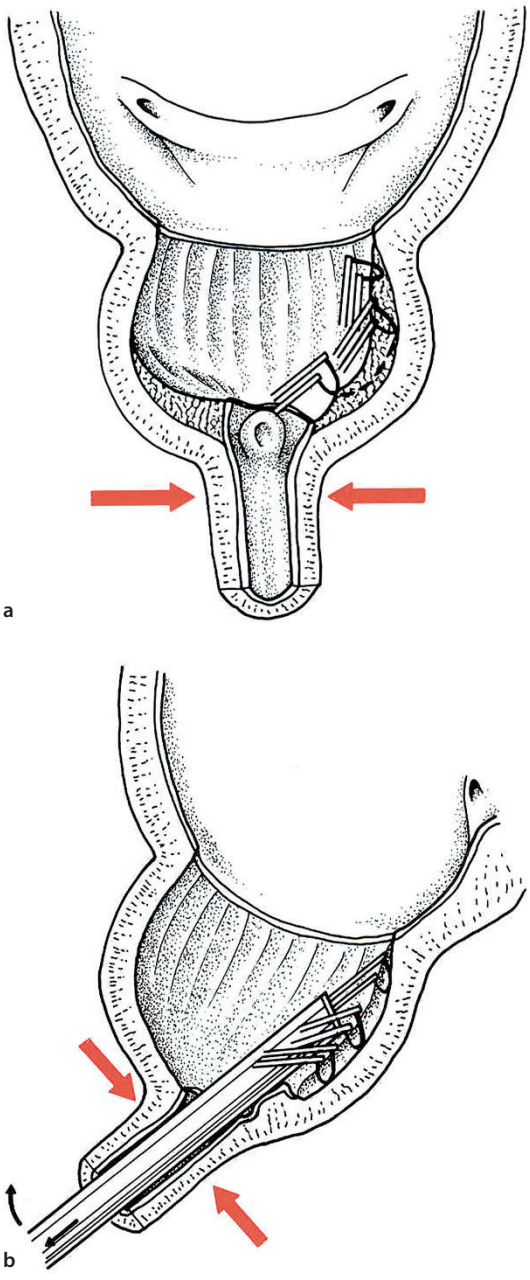


Abb. 7.36a,b Beim Aushöhlen der Loge ist die Drehung des Schaftes erforderlich. (**a**) Heben des Instruments (Okular) führt zu einem tieferen Schnitt, (**b**) Senken des Okulars zu einem flacheren Schnitt

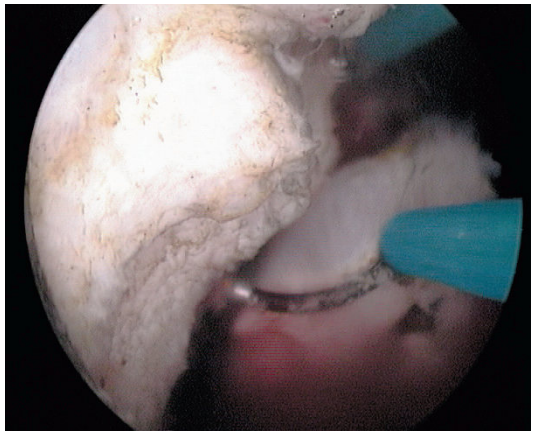


Abb. 7.37 Seitenlappenresektion mit Drehen des Instruments

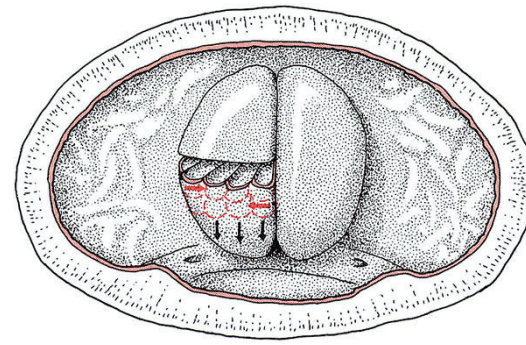


Abb. 7.38 Blick von der Blase auf die Prostata: Resektion bei voluminösem Seitenlappen. Unterteilung des Seitenlappens durch einen Schnitt bei 9 Uhr oder 3 Uhr. Abtragung des Gewebes von ventral nach dorsal zum bereits resezierten Mittellappenbereich (Resektionstechnik nach Alcock u. Flocks)

Tipps

Ein geringeres Risiko für eine zu weit distale Resektion besteht, wenn der Operateur das Instrument und sich selbst dabei verdreht, sodass nicht umgegriffen werden muss. Hierdurch kann die Lage des Instruments jederzeit durch Zurückdrehen überprüft und der Kollikel erneut abgedeckt werden.

Tipps

Bei der Resektion der Seitenlappen ist zu beachten, dass das Instrument seitlich in das Adenomgewebe hineingedreht und das Gewebe bogenförmig ausreseziert wird (»teaspooning«).

Resektion eines voluminösen Seitenlappens

Wird ein großer Seitenlappen reseziert, kann dies genauso wie bei der Resektion von kleinen Seitenlappen von kaudal nach kranial geschehen, jedoch kann es durch überhängendes Gewebe Orientierungsschwierigkeiten geben. Durch die Teilung des Seitenlappens bei 9 Uhr bzw. 3 Uhr wird der Seitenlappen in ein kraniales und kaudales Segment geteilt (Abb. 7.38, Abb. 7.39).

Mit tiefen Schnitten wird vom Blasenhals bis apikal eine Rinne bis zur Kapsel reseziert. Anschließend wird mit langen, schnellen Schnitten von dieser Rinne aus nach kaudal reseziert, wo der Anschluss an den bereits resezierten Mittellappen gefunden wird. Durch die tiefe Resektion und Koagulation bei 8–9 Uhr und 3–4 Uhr werden die zuführenden Arterien zum Adenom frühzeitig koaguliert, sodass dann eine weitere Resektion weniger blutreich ist. Die Resektion der Teilbereiche von 9–7 Uhr, 9–12 Uhr, 3–5 Uhr und 3–12 Uhr erfolgt mit guter Übersicht bis zum streifigen Kapselgewebe.

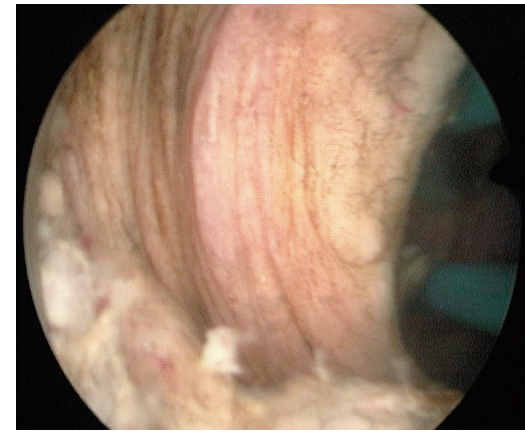


Abb. 7.39 Teilung des Mittellappens in 2 Hälften

Vierte Phase: apikale Resektion

Von parakollikulär beginnend wird nun mit kurzen »Klemmschnitten« das apikale Gewebe ringsherum reseziert, wobei wiederum ein Schlingenschlag neben den anderen gesetzt wird. Wichtig ist hierbei erneut die exakte Kontrolle des Endpunktes, der jetzt etwas distal des proximalen Endes des Kollikels liegt. Die Lagebeziehung zum Sphinkter wird mit dem hydraulischen Sphinktertest überprüft. Bei voller Blase erscheint nun die apikale Öffnung sehr weit und rund, jedoch ist bei leerer Blase immer wieder mit dem Vorfallen des Gewebes von

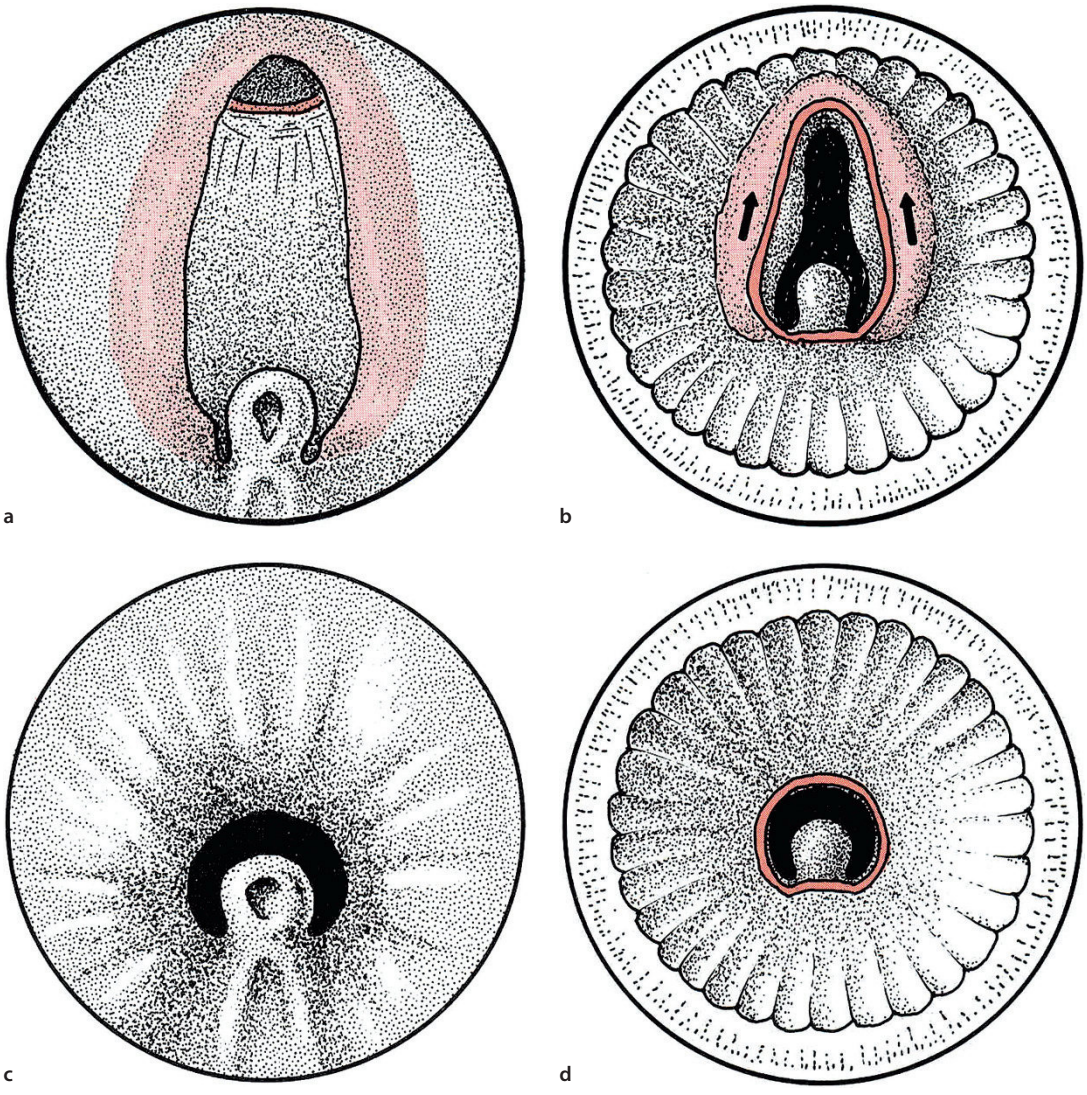


Abb. 7.40a–d Apikale Resektion. **a, b** Zustand vor der apikalen Resektion: **a** Ansicht von distal durch die Loge, **b** Ansicht von der Blasenseite in Richtung Urethra. **c, d** Zustand nach der apikalen Resektion: **c** Ansicht von distal auf die Loge; die distale Harnröhrenöffnung legt sich rundbogenförmig um die Harnröhre, **d** Ansicht von der Blasenseite; die Harnröhrenöffnung nimmt eine runde Form ein

kranial zu rechnen (Abb. 7.40, Abb. 7.41 und Abb. 7.42).

Wackeltest

Am Ende der apikalen Resektion findet sich meist noch etwas apikales Gewebe, das ventilartig v. a. von ventral und ventral-lateral hereinfallen kann. Wird dieses Gewebe belassen, kann es als Hindernis bei der Miktion wirken (Klappen- oder Ventilwirkung; Abb. 7.43).

Tipps

Bei *leerer oder fast leerer Blase* wird das Instrument nun bis zum Ende des Kollikels gezogen. Durch Hin-und Herbewegen des Instruments bei mäßigem Spülstrahl zeigen sich türflügelartige Gewebeanteile, die beim Zurückziehen des Instruments in das Lumen vorragen.

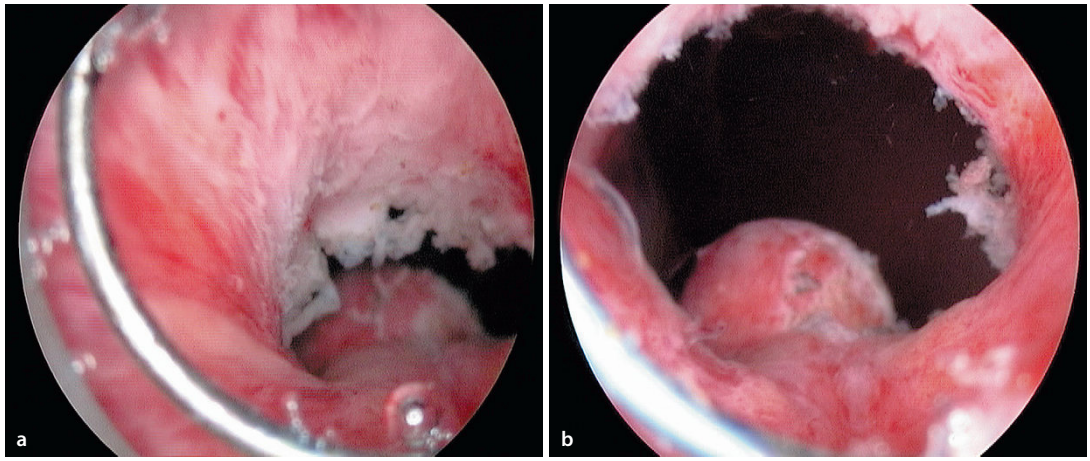


Abb. 7.41a,b Vor (**a**) und nach (**b**) apikaler Resektion bei gefüllter Blase

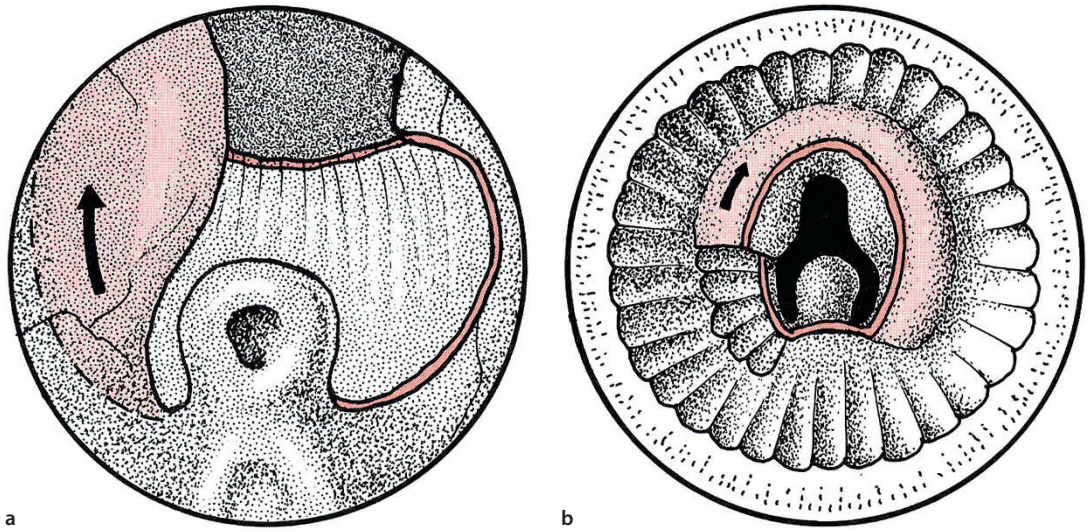


Abb. 7.42a,b Apikale Resektion. Überhängende Gewebereste, die beweglich sind (!), werden mit kurzen Klemmschnitten reseziert. Beginnende apikale Resektion, **a** von distal betrachtet, **b** von der Blase aus betrachtet. Ist noch apikales Gewebe vorhanden, wird die Öffnung schlitzförmig offen gehalten. Nach vollständiger apikaler Resektion ist die Öffnung torbogenartig rund

Tipps

Mit kurzen Klemmschnitten wird dieses Gewebe vorsichtig reseziert und lässt nun auch bei leerer oder gering gefüllter Blase eine bogenförmige apikale Öffnung entstehen. Der Colliculus seminalis steht nun frei in der Öffnung bzw. in der Resektionsloge. Bei voluminösen Adenomen kann die Resektiongrenze distal des Kollikels entstehen.

7.4.8 Entleerung des Spülwassers und der Resektionsstücke

Abfließen des Spülwassers

Durch Entfernen des Elektrotoms aus dem Schaft fließt das Spülwasser durch das Schaftende ab. Mit dem Daumen wird dieses Ende zugehalten, sodass Spülwasser und Resektionsstücke über den Ablaufschlauch in das Kunststoffnetz der Abdeckung fließen können (Abb. 7.44).

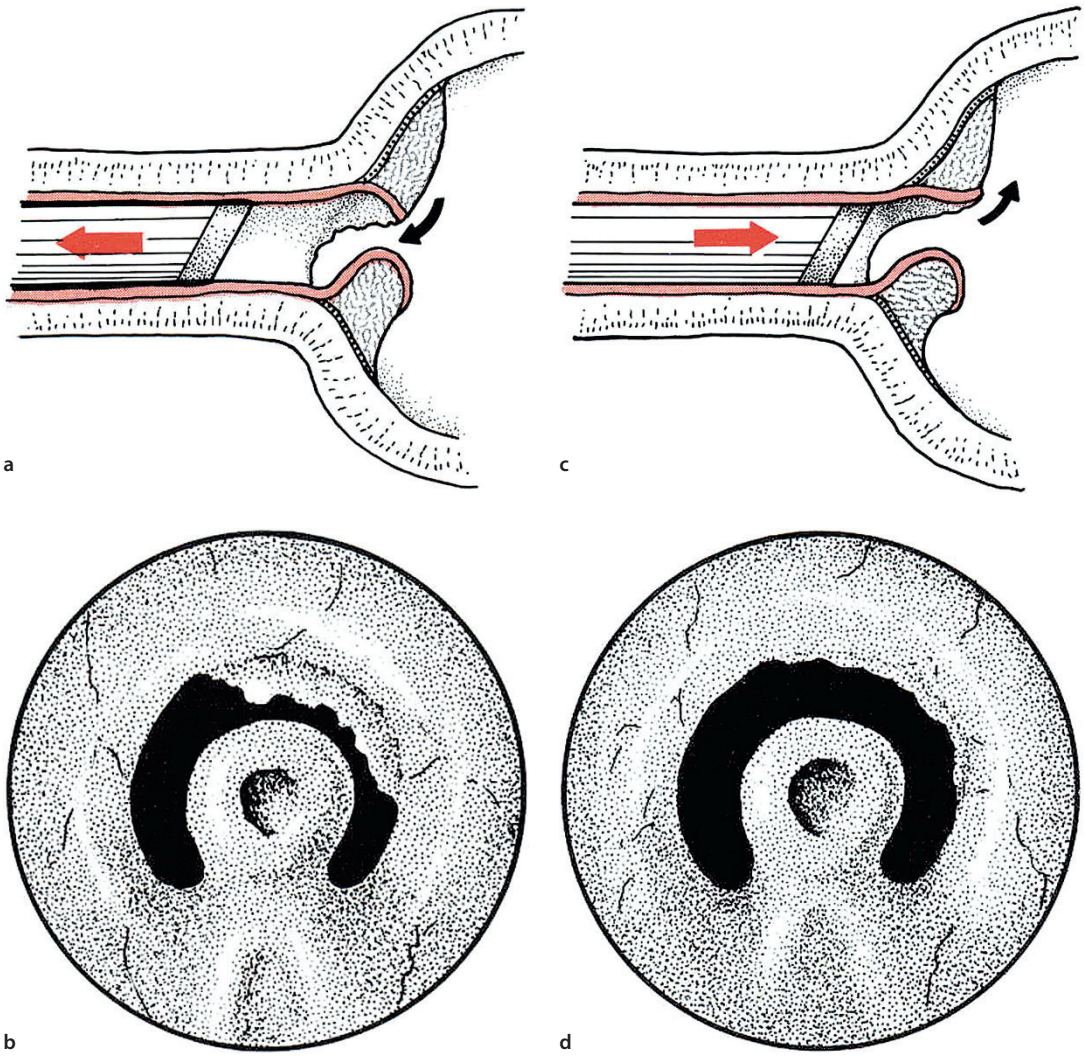


Abb. 7.43a–d Wackeltest zur Identifikation von apikalem Restgewebe. **a** Bei fast leerer Blase wird das Instrument bei mäßigem Spülstrom zum Ende des Kollikels gezogen. **b** Hierdurch fällt apikales Gewebe in das Lumen der Harnröre zurück. **c, d** Beim Vorschieben des Instruments wird das apikale Gewebe wieder zurückgespült und -geschoben. Durch Hin- und Herwackeln des Instruments (leere Blase!) kann somit ein Wackeln des apikalen Gewebes erreicht werden: Nur dieses bewegliche Gewebe durch kurze Schnitte resezieren! Sphinkter!

Es sollte darauf geachtet werden, dass der Schaft frei in das Blasenlumen hineinragt. Will man vermehrt Resektionschips abspülen, empfiehlt es sich, eine kreisende Bewegung mit dem Instrument am Blasenboden auszuführen, da die dort liegenden Chips so leichter aufgenommen werden (Abb. 7.45). Kommt es zu einer Verstopfung des Schaftes mit größeren Resektionschips, hilft meist nur, das Elektrotom wieder einzuführen und das Resektionsstück damit wieder in die Blase zu bringen.

Absaugung mit der Blasenspritze

Die große Glasspritze kann durch den Wasserzulauf des Resektionsschaftes etwa zu einem Viertel aufgefüllt und zur Irrigation der Blase benutzt werden. Die Blase sollte etwa zur Hälfte gefüllt bleiben. Nach Absaugung des Blaseninhalts mit den Resektionschips wird die Spritze vom Schaft abgesetzt und in das Gewebeauffangnetz der Abdeckung ausgespritzt. Gelegentlich lassen sich Chips nicht aus der Spritze ausspülen, sodass der Stempel aus der Glasspritze abschraubt wird und der Glaskolben entleert wird.

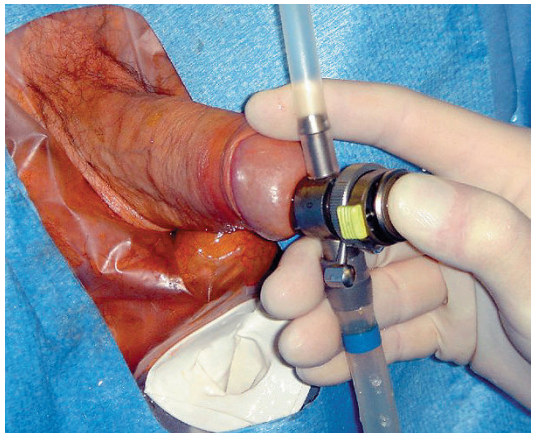


Abb. 7.44 Spülwasserentleerung durch den Ablaufstutzen

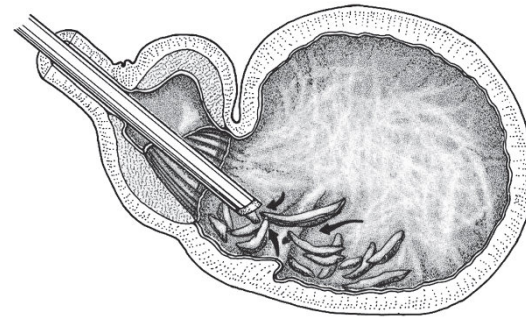


Abb. 7.45 Beim Ablaufen sollte der Schaft des Resektoskops gesenkt werden, um den Blasenboden von Resektionschips abzusaugen. Die plötzliche Unterbrechung des Ablaufens bedeutet entweder ein Verstopfen mit Resektionsstücken oder das Ansaugen des Blasenbodens an die Schaftspitze

Tipps

Der Operateur sollte beim Absaugen aufstehen, damit er einerseits die Glaskolbenspritze besser halten kann und andererseits sich nicht selbst mit Spülwasser anspritzt.

Tipps

Wenn man mit einer Hand das Resektionsinstrument halten muss, damit es nicht aus der Harnröhre herausgleitet, kann der Stempel der Glaskolbenspritze auch mit dem »Bauch« des Operateurs vorgeschoben werden und damit die Glaskolbenspritze entleert werden.

Bluttamponaden und größere Gewebestücke können mit der Glasspritze gut angesaugt und in der Blase durch kräftiges Zu- und Abspülen entfernt werden. Vorteil der Glaskolbenspritze ist auch die feste Verbindung zwischen Schaft und Spritze und damit die gute Beweglichkeit beider Teile miteinander (Abb. 7.46).

Tipps

Nach dem mechanischen Absaugen sollte immer eine Inspektion der Blase, v. a. des Blasenbodens, erfolgen, damit sichergestellt ist, dass alle Resektionsstücke entfernt sind. Hierzu ist es notwendig, sorgfältig den Blasenboden möglichst ohne Spülstrom, der die Chips wieder aufwirbeln würde, zu untersuchen.

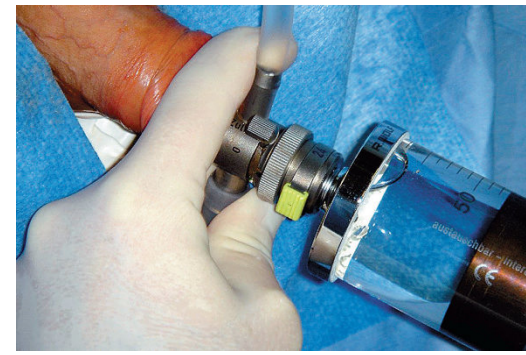


Abb. 7.46 Absaugen der Resektionsstücke mit der Glaskolbenspritze

Zurückgebliebene Stücke führen meist zu chronischen Infekten oder spontanem Ausmiktionieren durch den Patienten, evtl. auch zu einer Harnsperre, wenn sich ein größeres Stück vor den Ausgang legt. Kleinere Resektionsstückchen schwimmen gelegentlich in der Spüllösung herum und lassen sich nur schwer ausspülen. Diese müssen dann zwischen Schlinge und Resektionsschaft eingeklemmt werden und mit dem Arbeitselement durch den Schaft hindurch gezogen werden.

Tipps

Nach dem Absaugen der Resektionschips und der Inspektion des Blasenbodens sollte immer die Resektionshöhle nochmals inspiziert werden, da durch die forcierte Spülung und Manipulation Gefäße neu zu bluten beginnen können.

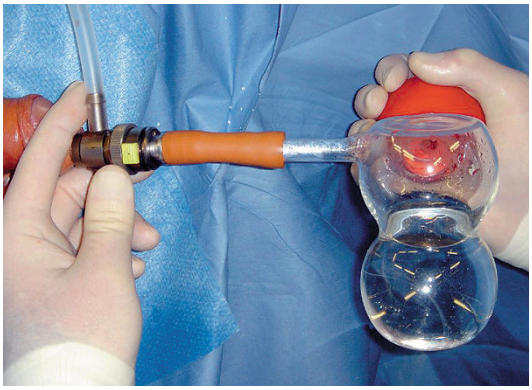


Abb. 7.47 Absaugen mit dem Ellik-Evakuator. Absaugen nur mit kleinen oszillierenden Pumpbewegungen. Das Glasgefäß sollte luftfrei sein (entweder vorheriges Auffüllen oder Entleeren der Luft über den Zentralhahn)

Absaugen mit dem Ellik-Evakuator

Das zweiteilige Glasteil und der Gummiballon sollten frei von Luft sein. Dies kann entweder dadurch erreicht werden, dass der Evakuator in einem mit steriler Flüssigkeit gefüllten Gefäß luftleer gefüllt wird oder nach dem Aufsetzen des Konus auf den Schaft über den Zentralhahn erst luftleer gepumpt wird.

Mit geringen kreisenden Bewegungen wird das Instrument in der Blase bewegt und der Gummiballon mit kurzen oszillierenden Pumpbewegungen betätigt. Hierdurch kommt es zum Ansaugen von Resektionschips, die im zweiteiligen Glasgefäß nach unten fallen. Sind viele Resektionsstücke im Gefäß, muss dieses entleert werden, da sie sonst erneut rückgespült würden (Abb. 7.47).

Gegenüber der Glaskolbenspritze ist das Verfahren der Ellik-Evakuation zeitaufwendiger und umständlicher. Feste, wandadhärente Koagel oder eine feste Blasentamponade lassen sich nicht abspülen wie mit der Kolbenspritze.

Entfernung großer, nicht ausspülbarer Stücke

Durch Laserenukleation oder durch ungleichmäßige Resektion kann ein größeres freies Stück in der Blase entstehen, das sich nicht absaugen lässt. Das in der Blase frei flottierende Stück kann mit 3 Methoden entfernt werden.

Methoden zur Entfernung nicht ausspülbarer Stücke

- Ist das Resektionsstück klein, kann es zwischen Schaft und Schlinge eingeklemmt und mit der Schlinge durch den Schaft gezogen werden.
- Ist das Stück größer, sollte es zunächst bei leerer Blase und anschließend geringem Spülstrom am Blasenboden lokalisiert werden. Mit vorgeschobener Schlinge wird es zwischen Schaft und Schlinge eingeklemmt und dann mit dem Schaft auf den Blasenboden gedrückt. Mit kleinen multiplen Schlingenschlägen wird das Stück zerkleinert. Ist das Stück fast aufgearbeitet, ist große Vorsicht geboten, dass die Blasenschleimhaut nicht anreseziert wird.
- Ist das Resektionsstück kleiner, kann es zwischen Schaft und Schlinge angeklemmt in das Blasenlumen angehoben und dann jeweils mit einem Schlingenschlag verkleinert werden, oder es wird in die Prostataresektionsloge zurückgezogen und dort weiter aufgearbeitet.

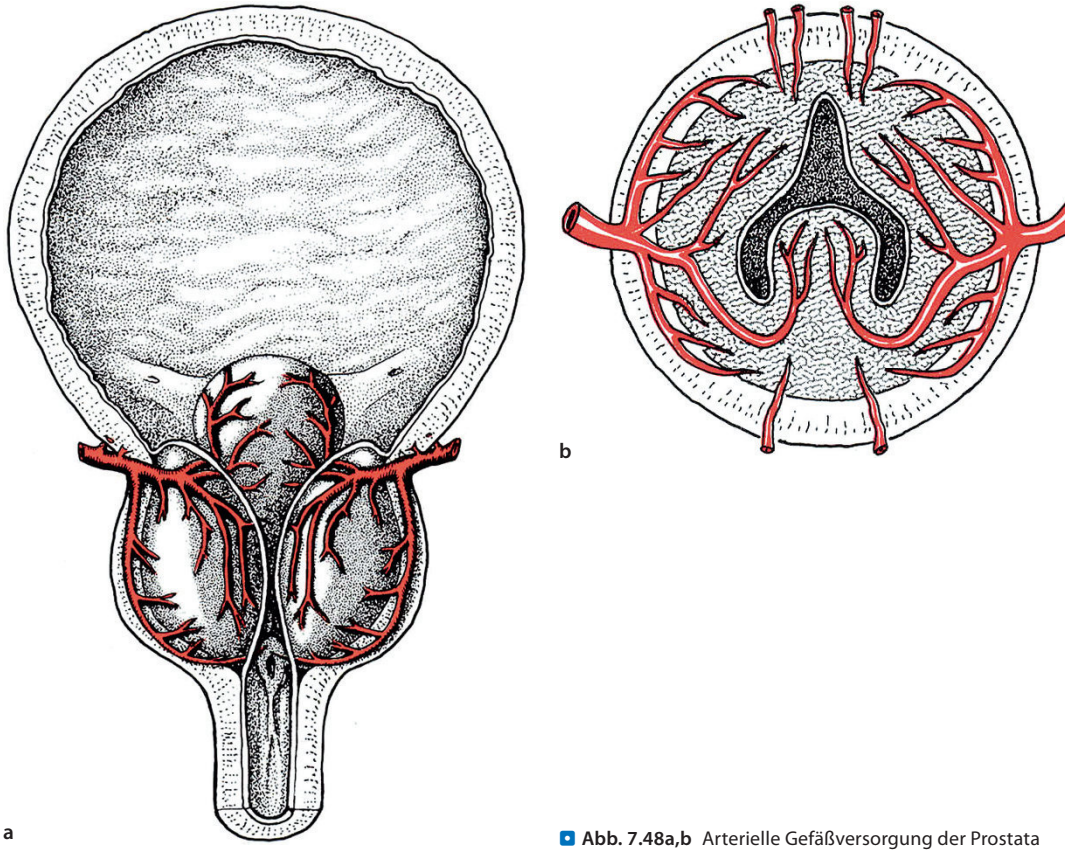
Resektionsstück in Schlinge oder Schaft

Kommt es bei der Resektion zum Einklemmen eines Gewebestücks in die Schlinge oder während der Koagulation zum Festkleben dieses Stücks an der Schlinge, können die in der Übersicht dargestellten Methoden versucht werden.

Methoden zur Entfernung von Resektionsstücken in Schlinge oder Schaft

- Abstreifen des Gewebes an der Wand der Resektionsloge
- Abspülen unter vollem Spülstrom
- Durch Koagulation in der Resektionsloge Befreiung der Schlinge vom Resektionschip

Gelingen all diese Maßnahmen nicht, wird das Resektoskop mit dem Resektionsstück aus dem Schaft herausgezogen und das Gewebestück mit der Hand oder einer Pinzette von der Schlinge entfernt. Kommt es zu einem Verklemmen eines größeren Resektionsstücks im Schaft beim Ausspülen der Blase, muss dieses Stück mit dem Elektrotom wieder in die Blase zurückgeschoben werden, um den Spülwasserabstrom wieder in Gang zu bringen.



a b

Abb. 7.48a,b Arterielle Gefäßversorgung der Prostata

7.4.9 Blutstillung

Die Messung des intraoperativen Blutverlusts sollte bei starker Blutung direkt beim Patienten durch Bestimmung des Serumhämoglobins durchgeführt werden. Nach Ende der Resektion und Ausspülen aller Resektionsstücke erfolgt die abschließende Blutstillung. Hierzu wird zunächst die Resektionsfläche bei sehr geringem Spülstrom abgefahren, und auch kleine arterielle Blutungen werden koaguliert (Abb. 7.48).

Arterielle Blutung

Zur Stillung einer arteriellen Blutung hat sich bewährt, zunächst eine Seite der Arterie zu koagulieren, dann von der anderen Seite und schließlich die Oberfläche vollends zu »verschweißen«. Einen ähnlichen Effekt erzielt man, wenn man das Instrument mit ausgefahrener Schlinge gering hin und her bewegt und somit den Gefäßstumpf von allen Seiten koaguliert. Koagulation mit der meist dickeren Seite der Schlinge kann auch helfen, größere Gefäße zu verschließen (Abb. 7.49).

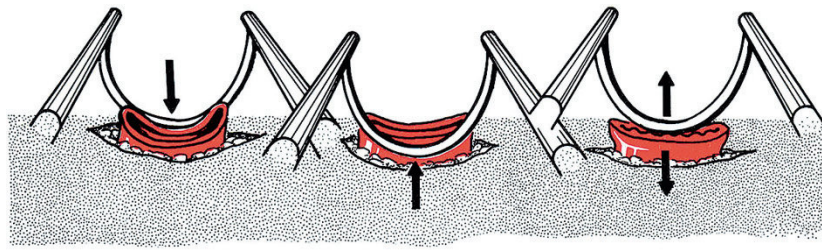


Abb. 7.49 Koagulation einer großen Arterie durch Verschmelzung des Lumens. Wichtig ist die Koagulation von beiden Seiten durch geringes Hin- und Herbewegen der Schlinge sowie langsame Koagulation, um den Verschmelzungseffekt zu erreichen (keine hektische Bewegung der Schlinge!)

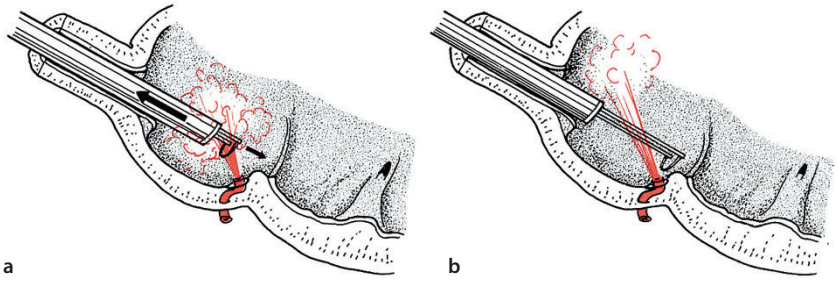


Abb. 7.50 (**a**) Direkt in das Instrument spritzende Arterie. (**b**) Durch Ausfahren der Schlinge und Zurückziehen des Instruments kann die Optik aus dem direkten Blutstrahl gebracht werden

Besondere Aufmerksamkeit ist dem blasennahen und apikalen Bereich zu widmen. Am Übergang zur Blase kann eine spritzende Arterie direkt in die Blase hineinspritzen und übersehen werden.

Für die Blutstillung einer apikal gelegenen Blutung kann es notwendig sein, das Instrument weit distal des Kollikels zu ziehen, um einen Überblick über die distale Resektionsgrenze zu erhalten.

Auch bei 11–13 Uhr werden arterielle Gefäße übersehen, da hier gelegentlich die Systematik der Absuche der Kapsel verlassen wird.

Anschließend erfolgt nochmals eine Inspektion der Loge bei abgestelltem Spülstrom und halb gefüllter Blase. Es findet sich nun meist eine schleierartige Verfärbung der Spülflüssigkeit mit venösem Blut, wobei verschiedene »wabernde« venöse Blutschichten beobachtet werden. Es kann nun ein Katheter eingelegt werden, da diese Blutungen regelmäßig durch den Katheter abgedrückt werden.

Aus verschiedenen Gründen kann es gelegentlich schwierig sein, eine arterielle Blutung zu lokalisieren.

Schwierigkeiten bei der Lokalisation arterieller Blutungen

- Gefäß spritzt direkt auf die Optik
- Aufprallblutung: das Gefäß ist an anderer Stelle, als durch die Blutung scheinbar vermutet wird
- Nicht sichtbare Blutung hinter einem Gewebestück
- Blutung unter einem Koagel
- Blutung am vesikoprostatischen Übergang
- Blutung unter einer Koagulationsstelle
- Durch »Pseudoblutstillung« Abdrücken der Arterien mit dem Schaft

Direkt in das Instrument spritzende Arterie Durch direkte Einspritzung von Blut auf die Optik ist eine exakte Lokalisation der Blutung nicht möglich. Es wird deshalb das Instrument über die Blutungsquelle hinaus geschoben und langsam unter vollem Spülstrahl zurückgezogen. Sobald die Blutung auftritt und die Sicht versperrt, wird in diesem Bereich mit der Schlinge koaguliert. Hierdurch lässt sich durch blindes Koagulieren in einem sehr umschriebenen Bezirk eine Blutstillung oder erhebliche Verminderung erreichen, sodass dann gezielt der arterielle Stumpf nachkoaguliert werden kann.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Schlinge maximal weit auszufahren und das Instrument zurückzuziehen. Hierdurch kann die Optik aus dem direkten Blutstrahl herausgeführt und mit der Schlinge das Gefäß zunächst zugedrückt werden. Beim Einschalten des Koagulationsstroms wird das Gefäß dann »verschweißt« (Abb. 7.50).

Aufprallblutung Spritzt eine Arterie quer durch das Resektionsgebiet, kommt es beim Aufprall auf der anderen Seite der Loge zur Verwirbelung. Es wird deshalb vermutet, dass die Blutungsquelle in diesem Bereich zu finden ist. Durch kreisförmiges Absuchen der Loge unter gleichzeitigem Vor- und Zurückziehen des Instruments kann die Fontäne gefunden und an ihren Ursprungsort zurückverfolgt werden (Abb. 7.51).

Blutung hinter einem Gewebevorsprung Die Blutungsquelle wird hinter einem Gewebestück vermutet, kann jedoch nicht direkt eingesehen werden. Abhilfe wird erreicht durch Resektion dieses Gewebeanteils und Glättung der Loge.

Blutung aus einem Koagel Wird nicht konsequent nach jedem Operationsschritt koaguliert, kommt es v. a. am Boden der Loge am Ende der Operation zu

Abb. 7.51 Aufprallblutung. Blick aus der Blase auf die Resektionsloge: Durch Aufprallen des Blutstrahls auf die Logenwand wird die Blutungsquelle scheinbar an dieser Stelle vermutet

Koagelbildung. Unter dem Koagel kann es zu einer verdeckten Blutung kommen. Abhilfe wird dadurch geschaffen, dass das Koagel entweder mit der ausgefahrenen Schlinge blasenwärts abgeschoben, mit einer dünnen Gewebeschicht reseziert oder mit der Kolbenspritze die Loge massiv ausgespült und ausgesaugt wird.

Blutung am vesikoprostatischen Übergang Spritzt eine Arterie in die Blase hinein, kann sie komplett übersehen werden, oder sie wird bemerkt, aber nicht lokalisiert. Absuchen des vesikoprostischen Übergangs bei leerer Blase und Eindrücken des Blasendachs mit der linken Hand lassen den Ursprungsort erkennen. Eine rektal digitale Tastung kann die Hinterwand der Prostata anheben und ein Blutung sichtbar machen.

Blutung unter einer Koagulationszone Ist eine arterielle Blutung unvollständig gestillt, kann sie unter einem Koagulationsschorf herausquellen. Eine erneute Koagulation im bereits vorkoagulierten Gewebe hilft meist nicht weiter, sodass sich eine oberflächliche Resektion dieses gesamten Bereichs empfiehlt. Hiernach tritt der arterielle Stumpf meist sehr deutlich hervor.

»Pseudoblutstillung« Durch Druck des Instruments auf Gewebe v. a. im apikalen Bereich kann es zu einem Abdrücken der Blutung kommen. Durch Drehen oder Wegbewegen des Instruments wird die Blutung freigegeben. Durch den Versuch, die Blutung zu stillen, wird das Gefäß wiederum abgedrückt und kann nicht mehr bluten. Abhilfe schafft entweder die Resektion des vorspringenden Gewebestücks mit der Arterie oder das Zurückziehen des Schaftes und Ausfahren der Schlinge. Eine Gewebekompression erfolgt nun nicht mehr, sodass die Blutung erneut auftritt.

Venöse Blutung

Zur Erkennung einer venösen Blutung muss der Spülstrahl des Instruments vollkommen reduziert sein. Auch darf die Blase nicht oder nur wenig gefüllt sein, da sonst der hydrostatische Druck in der Wundhöhle größer als der venöse Druck ist. Kleine venöse Sickerblutungen sind bedeutungslos, während die Anresektion eines venösen Sinus zu profuser Blutung führt. Die Eröffnung eines venösen Sinus tritt meist bei Kapselüberschreitung zwischen 7 und 9 Uhr und bei 3–5 Uhr auf.

Erkennen eines eröffneten venöser Sinus

- Beim Absuchen mit Spülung wird ein größeres, 3–5 mm weites, oft ovales Lumen gefunden (Abb. 7.52).
- Wird dieses Lumen mit dem Spülstrom aufgespült, erkennt man die Venenwand.
- Beim Abstellen des Spülstroms fließt zunächst für 1–2 s helle Spülflüssigkeit, die vorher eingeschwemmt wurde, aus dem Lumen zurück.
- Nach wenigen Sekunden fließt eine tiefrote Blutung aus dem Lumen.
- Bei leerer Blase und/oder geringem Spülstrom tritt eine massive Blutung in dicken Wolken aus dem Lumen.

Bemerkt wird die Eröffnung des Sinus manchmal bei einer scheinbar blutarmen Operation bei der Entleerung der Blase. Zunächst läuft helle, leicht blutig verfärbte Rückspülflüssigkeit aus dem Schaft und dann dunkelrotes venöses Blut. Wird der Zuspülstrom aufgedreht, das Elektrotom eingeführt und die Loge betrachtet, ist keine Blutungsquelle zu finden, da Spülwasser eingeschwemmt wird. Bei sorgfältiger Betrachtung ist die angeschnittene Venenwand zu finden.

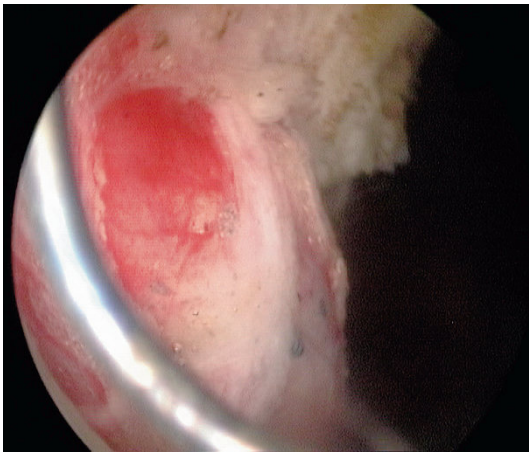


Abb. 7.52 Venensinus bei geöffnetem Spülwasserzulauf. Lediglich ein querovales Gefäßlumen wird dargestellt (intravasale Einschwemmung)

Tipps

Typisch für die venöse Sinusblutung ist also, dass bei Betrachtung der Loge unter Spülstrom keine Blutung, bei Entleerung der Blase eine massive Blutung aus dem Schaft auftritt.

Es kann versucht werden. die Venenwand flach abzukoagulieren, jedoch gelingt dies bei größeren Lumina nicht. Weitere Koagulationsversuche führen meist zu einem Einsinken der Schlinge in das Gewebe und noch größerer Eröffnung des Sinus. Die Operation sollte baldmöglichst beendet werden. Durch Einlage eines Katheters, der bis über den venösen Druck aufgefüllt werden muss, tritt Blutstillung ein.

Sämtliche arteriellen Blutungen, die sich durch hellrotes Verfärben des Rückspülstroms bemerkbar machen, müssen koaguliert werden, da sie nicht durch den Ballonkatheter abgedrückt werden. Nur in Ausnahmefällen kann gelegentlich eine kleine arterielle Blutung durch Abdrücken mit dem Katheter für einige Stunden zum Stillstand gebracht werden. Die abschließende Blutstillung ist in der Übersicht dargestellt.

Abschließende Blutstillung

- Absuchen der gesamten Resektionswand bei nur geringem Spülstrom, am besten ohne.
- Abschieben oder Abkratzen von Koageln, v. a. am Boden der Loge, da sich darunter Blutungsquellen befinden können.
- Koagulation größerer Venen.
- Kleinere Venen brauchen nicht versorgt zu werden, da sie durch den Ballonkatheter abgedrückt werden. Unnötige Koagulation führt nur zu Gewebeschäden.

7.4.10 Einlegen des Dauerkatheters

Zur Katheterdrainage wir ein dreiläufiger fester Katheter von 20 Charr verwendet mit einem Ballonvolumen von 50 bzw. 100 ml. Der Katheter wird zunächst in die penile Harnröhre eingeführt. Es ist bereits jetzt auf die richtige Orientierung des Katheters zu achten.

Tipps

Das Füllventil befindet sich kranial bei 12 Uhr – dadurch wird gewährleistet, dass sich die vordere Krümmung des Katheters nach oben orientiert. Anschließend wird der Katheter langsam von einer Hilfsperson in die Blase vorgeschoben, wobei der Operateur unter rektaler Kontrolle die gebogene Spitze nach kranial führen sollte.

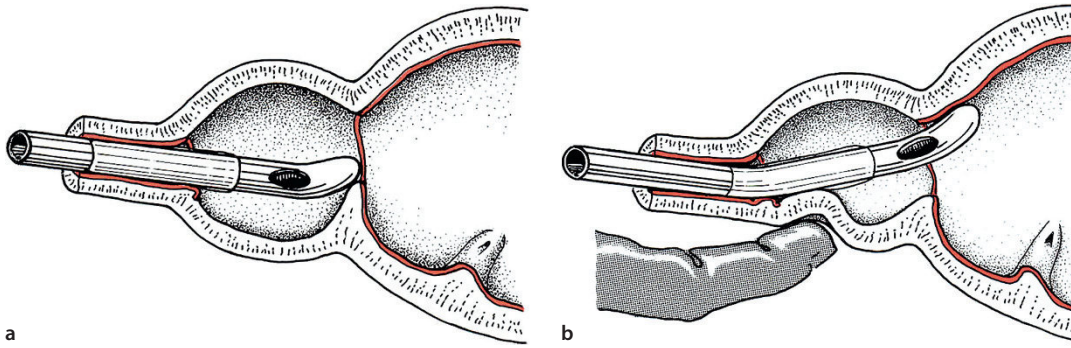
Hierdurch wird eine Unterfahrung der Blase durch Perforation am Prostatalogen-Blasen-Übergang verhindert (Abb. 7.53).

Der Ballon wird nun in der Blase bei einem 50-ml-Ballon mit 20 ml und bei einem 100-ml-Ballon mit 30 ml gefüllt und anschließend in die Loge gezogen. Der Katheter wird so gehalten, dass das Ballonfüllventil sich bei 12 Uhr befindet. Dadurch ist die gebogene Spitze kranial gerichtet. Der Katheterballon wird nun bis zu einer endgültigen Füllmenge von etwa 20 ml plus Resektionsgewicht aufgefüllt.

Es empfiehlt sich das folgende weitere Vorgehen:

- Zunächst vollständiges Entleeren der Blase
- Auffüllen der Blase mit dem Spülsystem über den dickeren Ablaufkanal
- Nach dem Auffüllen der Blase Anheben des Katheterendes über Blasenniveau, damit die Blasenfüllmenge nicht abläuft
- Nach frühestens 5 s ablaufen lassen der Blasenspülflüssigkeit

Ist die Spülung nun klar oder leicht rosé gefärbt, wird eine Mullkompresse unter nur leichtem Zug an der



a **b**

Abb. 7.53a,b Richtige Orientierung des Katheters nach TURP. **a** Einführen des Katheters, **b** Anheben der Katheterspitze durch digitale rektale Palpation. Meist entweicht zunächst Luft, die sich am Blasendach angesammelt hat, zusammen mit Spülflüssigkeit

Penisspitze um den Katheter gebunden, um ein Hineinrutschen des Katheters in die Blase zu verhindern. Die Vorhaut sollte nach vorn gestreift werden, um eine Paraphimose zu vermeiden.

Tipps

Ist die Rückspülflüssigkeit noch rot, empfiehlt sich Folgendes: Zunächst nochmals Spülung der Blase. Weiteres Blocken des Katheters mit 10–20 ml. Heranziehen des Katheters an den Apex durch Verschieben der Schleife zum Penis hin.

Ist die Rückspülflüssigkeit weiterhin stark rötlich verfärbt, Lösen der Schleife am Penis und Freigeben des Katheters. Damit rutscht der Katheter etwas weiter nach kranial in die Loge und deckt dort Blutungen ab. Tritt auch hierdurch keine Besserung der Blutung ein, sollte eine erneute Inspektion der Resektionsloge erfolgen, solange der Patient noch auf dem Operationstisch liegt. 50-ml-Ballons lassen sich meist ohne zu platzen bis etwa 80–100 ml und 100-ml-Ballons bis 150–160 ml füllen.

Nun wird eine Dauerspülung zunächst mit schneller Tropfenfolge angeschlossen. Kommt es zum Zufluss von Spülflüssigkeit über den Zulaufkanal, jedoch zu geringem oder keinem Ablauf der Spülflüssigkeit aus der Blase, kann eine Verstopfung des Ablaufkanals mit Koageln oder evtl. einem verbleibenden Resektionsstück vorliegen. Freispülen des Katheters mit einer Blasenspritze beseitigt die Obstruktion.

Ist der Ablauf und/oder der Zulauf gestört, liegt meist eine Überfüllung des Ballons bei gleichzeitigem starkem Zug am Katheter vor, sodass die Zu- und/oder Ablauflöcher vom Ballon verdeckt werden. Hier muss ein Abblocken des Ballons oder eine Verringerung des Zuges am Katheter erfolgen (Abb. 7.54).

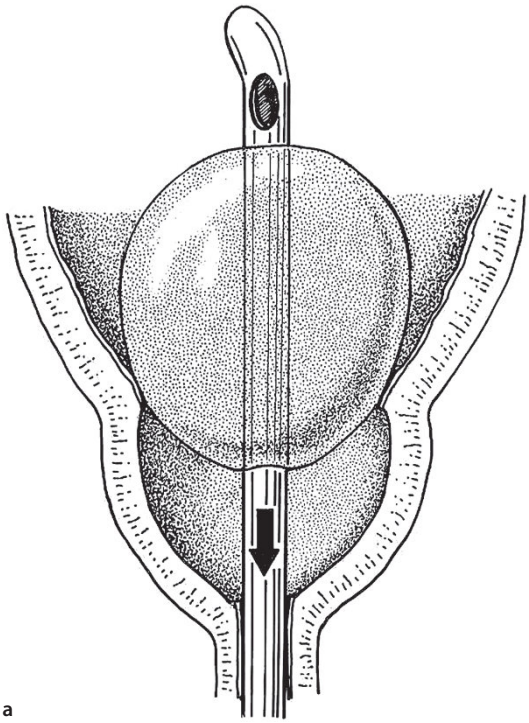
Ist mithilfe des Katheters eine ausreichende Blutstillung erfolgt, werden die Beine des Patienten aus den Beinschalen genommen und ein gerades Fußteil am Operationstisch befestigt. Jetzt ist erneut zu kontrollieren, ob nicht durch die Umlagerung der Katheter zu fest an den Apex gezogen wird. Es ist evtl. der Zug am Katheter durch Lockern der Mullkompressenschleife zu verringern.

Zunächst erfolgt eine Dauerspülung für einen Tag, danach kann je nach Färbung der Rückspülflüssigkeit die Spülung entfernt werden. Führen kleine Koagel zur Verstopfung des Ablaufschlauchs, kann durch Abknicken des Schlauchs und »Pumpen« die Obstruktion beseitigt werden. Größere Koagel müssen mit der Blasenspritze abgesaugt werden. Nur wenn die Blase vollkommen frei von Koageln ist, vermindert sich die »Rötung« der Rückspülflüssigkeit.

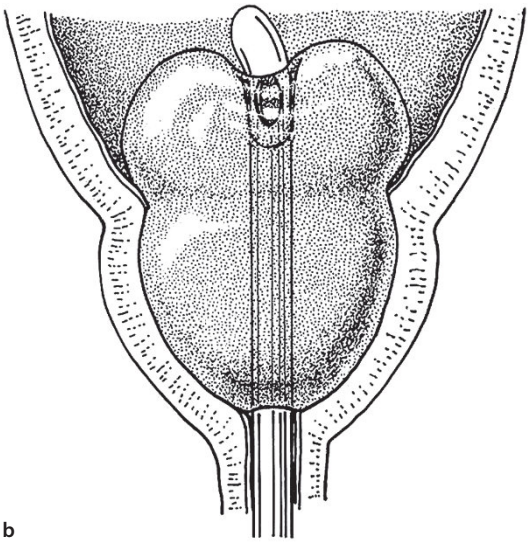
Der Zug am Katheter sollte für 4 h belassen werden. Danach wird die Schleife entfernt. Der Katheter wird im Allgemeinen am zweiten postoperativen Tag entfernt, Entfernung am ersten postoperativen Tag ist möglich bei Resektion kleiner Adenome.

Ist der Ballon bis etwa 80 ml geblockt, kann er ohne vorherige Teilentblockung am zweiten postoperativen Tag entfernt werden. Bei einer Füllmenge über 80 ml empfiehlt sich die Entblockung von 20 ml am ersten postoperativen Tag, um eine Überdehnung der Resektionsloge zu vermeiden.

Bei Ballonkathetern mit einer Füllmenge von 100 ml oder mehr kann es bei Absaugen der Ballonfüllung gelegentlich dazu kommen, dass sich die Ballonhülle nicht mehr glatt um den Katheter zurücklegt, sondern Falten wirft. Der Katheter kann sich so beim Herausziehen »verhaken« oder die Urethralschleimhaut verletzen.



a



b

Abb. 7.54a,b Unkorrektes Einziehen des Ballons in die Loge. Der Ballon ist bereits in der Blase zu stark gefüllt. Er überdeckt die Löcher im Katheter

Tipps

Der Ballon sollte dann mit 1–2 ml erneut gefüllt werden, um eine glatte Oberfläche des Ballons zu erreichen. Danach lässt er sich meist problemlos entfernen.

Vor der Entfernung des Spülkatheters wird die Blase über den liegenden Katheter nochmals gut ausgespült, um Koagel zu entfernen.

7.5 Komplikationen der transurethralen Resektion der Prostata

7.5.1 Intraoperative Komplikationen

Intraoperative Komplikationen

- Intraoperativer Priapismus
- Intravasale Einschwemmung von Spülflüssigkeit (TUR-Syndrom: bis 2,0 %)
- Perforation der Prostatakapsel
- Perforation des Trigonums
- Überresektion des Ostiums
- Perforation der Hinterwand der Blase
- Verletzung des M.-sphincter-externus-Bereichs (bis 1,2%)

Intraoperative Erektion

Während der TURP kann es zu einer Erektion kommen. Diese ist störend, da bei einer großen Prostata der Mittellappen nur mühsam erreicht wird oder das Instrument zu weit distal herausrutschen kann.

Sollte durch vermehrte Relaxation bei einer Vollnarkose keine Detumeszenz erreicht werden, ist die intrakavernöse Gabe von α-adrenergen Substanzen indiziert (z. B. 10 mg Etilefrin, 1 Amp.). **Cave:** Hypertonie! Epinephrin (Suprarenin) oder Metaraminol (Araminum) sollten wegen Nebenwirkungen nicht mehr verwendet werden (Dann et al. 1989, Waldner et al. 1998). Es kann auch der Penisschaft mit Chloräthyl-Kältespray abgesprüht werden. Durch Vasokonstriktion der Penisgefäße erfolgt Detumeszenz.

Intravasale Einschwemmung von Spülflüssigkeit

Die Inzidenz einer Flüssigkeitseinschwemmung bei der TUR beträgt etwa 60 % mit einem Volumen von weniger als 150 ml und etwa 40 % mit einem Volumen von 150–500 ml.

Das TUR-Syndrom besteht aus 3 Faktoren:

- Reduktion der kardialen Auswurfleistung durch Flüssigkeitsüberladung (hypokinetisches, hypotensives Syndrom)
- Zerebrales Ödem durch erniedrigte Serumosmolalität

Tab. 7.9 Schadensscore bei Kaninchen (Herz, Leber, Niere und Gehirn)

Lösung	Schadensscore
Glycin 1,5 %	1,9
Glycin 1 %	2,9
Kochsalz 0,9 %	0,6
Mannitol 3 %	0,3
Sorbitol-Mannitol	1,6

Tab. 7.10 Osmolarität verschiedener Spüllösungen

Spüllösung	Osmolarität (mOsm/kg)
Purisol®	178
Glycin, 1.5%	220
Sorbitol, 3.5%	165
Mannitol, 5%	275
Glucose, 2.5%	139
Harnstoff, 1%	167

- Direkte myokardiale Schädigung durch interstitielle Dilatation, Myoglobin-Leakage, Entzündung und Destruktion der Zytoarchitektur

Die myokardiale Schädigung erfolgt v. a. durch Glycin, während Entzündung und Dilatation durch alle elektrolytfreien Lösungen erzeugt werden kann (Hahn et al. 1996; Tab. 7.9).

Die Einschwemmung von hypotoner Spülflüssigkeit (Sorbit-Mannit-Lösung: Osmolarität 178 mosmol/l) intravasal kann reduziert werden durch Resektion mit dem Rückspülresektoskop (Iglesias), Resektion mit suprapubischer Fistel oder Trokar sowie durch Resektion mit einem tiefhängenden Irrigator bei Verwendung eines Resektoskops ohne Rückspülung (Malhotra 2000, Tab. 7.10).

Das TUR-Syndrom entsteht durch Einschwemmung von Spülflüssigkeit intravasal durch eine Verdünnungshyponatriämie und Hypervolämie (bis 2,0 % Inzidenz).

Klinisch macht sich das TUR-Syndrom durch drei Symptomenkomplexe bemerkbar (Tab. 7.11).

Die Hypervolämie macht sich primär durch erhöhten systolischen und diastolischen Blutdruck bemerkbar. Zunächst treten meist zirkulatorische Symptome auf, während bei protrahierter Einschwemmung von hypotonen Lösungen es später zu zerebralen Erscheinungen durch ein Hirnödem kommt.

Hat der Patient eine Spinalnarkose, ist Gähnen oft ein erstes Anzeichen, dann tritt zunehmende Unruhe und Verwirrtheit und, falls es zur Entwicklung eines Lungenödems kommt, Dyspnoe und Zyanose auf. Übelkeit, Erbrechen, abdominaler Schmerz und Schüttelfrost sind möglich. Akutes Nierenversagen und Hirn- und Lungenödem sind lebensbedrohliche Anzeichen einer Hypervolämie. Bei Patienten in Vollnarkose kann das TUR-Syndrom zunächst verborgen bleiben. Die Diagnose wird durch Erniedrigung des Serumnatriumspiegels auf 120 mval/l gestellt. Besteht der klinische Verdacht, ist sofort zu handeln: Gabe von 250–500 ml 5 %iges NaCl und 40 mg Furosemid i.v.

Im Vergleich zwischen einer NaCl-Einschwemmung und einer Einschwemmung von Glycin 1,5 % tritt bei NaCl ein TUR-Syndrom signifikant weniger auf. Durch die Gabe von NaCl als Spüllösung lässt

Tab. 7.11 Symptomenkomplexe des TUR-Syndroms

Kardiopulmonal	Renal/hämatologisch	Zentralnervös
Hypertonie	Hyperglykämie	Übelkeit/Erbrechen
Bradykardie	Hyperammonämie	Verwirrung/Schwindel
Arrhythmie	Hyponatriämie	Sehverlust
ARDS	Hypoosmolarität	Krämpfe
Zyanose	Hyperkaliämie	Lethargie/Paralyse
Hypotension	Hämolyse/Anämie	Pupillenerweiterung
Schock	ANV	Koma

sich ein zerebrales Ödem verhindern, jedoch kann die Flüssigkeitsüberladung im Körper eher größer sein als bei elektrolytfreien Lösungen. Ein pulmonales Ödem (nicht kardiogen) kann sich ebenfalls entwickeln. Bei der Spülung mit NaCl eignet sich die Messung von Serum-Natrium als Maß der Einschwemmung natürlich nicht (Messung mit NO).

Im Vergleich zwischen NaCl- und Ringer-Lösung erscheint Ringer deutlich weniger Nebenwirkungen aufzuweisen. NaCl expandiert das Plasma um 15 % mehr als Ringer und wird 60 % langsamer ausgeschieden als Ringer. NaCl (Cl) reduziert die glomeruläre Filtrationsrate und erzeugt eine metabolische Azidose. Ringer-Lösung erscheint deshalb als Spüllösung physiologischer im Vergleich zu NaCl.

Eine alternative Messung der Einschwemmung besteht in der Bestimmung des Blutalkoholspiegels. Als Spülflüssigkeit wird Mannit-Sorbitol-Lösung mit 3 % Äthylalkohol verwendet. Bedingt durch die Einschwemmung des Alkohols in die Blutbahn kann mit einem Atemalkoholmessgerät über die Bestimmung des abgeatmeten Alkohols das Volumen der eingeschwemmten Flüssigkeit berechnet werden.

Vermieden werden kann diese Komplikation durch Limitierung des Irrigationsdrucks auf nicht mehr als 60–80 cm H_2O, Gabe von Diuretika bei Resektion großflächiger Adenome (20 mg Furosemid i.v.) sowie durch Information des Anästhesisten bei Kapselperforation mit Eröffnung eines Venensinus und damit Gegensteuerung durch Gabe von Diuretika.

Tritt eine weitere Einschwemmmung auf, da die Operation nicht sofort beendet werden kann, ist Folgendes zu beachten:

Maßnahmen bei einer weiteren Einschwemmung

- Senken der Irrigationshöhe, solange ausreichende Sicht für die Resektion besteht
- Zügiges Beenden der Operation durch einen erfahrenen Operateur
- Prophylaktische wiederholte Gabe von Diuretika
- Elektrolytbestimmung intraoperativ und postoperativ
- Gabe von 5%igem NaCl (250–500 ml)
- Eventuell Nachbeatmung, wenn der Patient instabil oder ausgekühlt ist

Wurde ein Sinus eröffnet, kann intraoperativ versucht werden, flächenhaft die meist ovale Öffnung zu verschließen. Es sollte jedoch darauf geachtet werden, dass durch Koagulationsversuche die Perforation nicht noch weiter vergrößert und die Kapsel großflächig perforiert wird. Hierdurch würde der Ballonkatheter später nicht mehr glatt an der Kapsel anliegen. Das »Einschweißen« eines freien Resektionsstücks in den offenen Sinus wurde beschrieben, kann jedoch als Glücksfall betrachtet werden und sollte nicht unnötig versucht werden.

Bei der Einlage des Katheters in die Loge sollte möglichst ein bis 100 ml auffüllbarer Ballon verwendet werden, um bei einer größeren Resektatmenge ausreichenden Druck auf den Sinus und die Kapsel auszuüben.

Während der Resektion ist die Eröffnung eines Sinus dadurch zu bemerken, sofern das Lumen nicht unmittelbar erkennbar ist, dass tiefrote Rückspülflüssigkeit auftritt, während bei Betrachtung der Loge unter Spülung keine Blutung vorliegt (Spülflüssigkeit wird eingeschwemmt).

Der Ballonkatheter muss in der Loge so weit geblockt werden, dass die venöse Blutung zum Stillstand kommt. Hierzu ist es mitunter notwendig, z. B. bei einem Resektatgewicht von 20 g eine Füllung von 70–90 ml durchzuführen. Der Katheterballon sollte sich bei nur geringem Zug am Katheter gut in der Loge entfalten. Die Erhöhung der Füllmenge erfolgt so lange, bis die Rückspülung hell ist. Eventuell muss nach Umlagern des Patienten der Katheter nochmals »einreguliert« werden.

Kapselperforation und Abtrennung des vesikoprostatischen Übergangs

Eine Perforation der Prostatakapsel entsteht meist durch flächenhafte oder einmalige »zu tiefe Resektion«. Im unteren seitlichen Bereich der Prostatakapsel ist diese Komplikation meist mit Eröffnen eines Sinus verknüpft. Perforationen ohne Blutung können an der Fettstruktur des anresezierten Gewebes erkannt werden und sind harmlos.

Tipps

Eine flächenhafte Ausdünnung, die durch starke Überfüllung der Blase während der TUR noch verstärkt wird, lässt sich durch Auseinanderweichen der weißlichen Kapselfasern erkennen. Wird die Perforation stärker, kann das periprostatische gelbliche, »griselige« Fett gesehen werden, das von einigen spinnengewebeartigen Kapselfasern überdeckt ist.

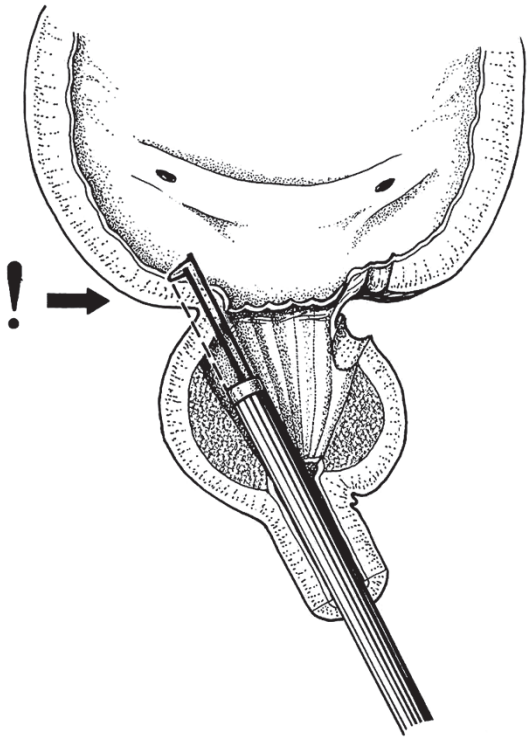


Abb. 7.55 Kapselperforation und Abtrennung des vesikoprostatischen Übergangs. Es erfolgte ein zu tiefer Schnitt am Blasenhals ohne optische Kontrolle

In dieser Situation kann die Resektion unter Beachtung folgender Kautelen fortgeführt werden:

- Vermeidung einer Überfüllung der Blase
- Reduktion des Spülwasserdrucks, sofern eine zügige Resektion damit noch gegeben ist
- Information des Anästhesisten über eine mögliche Einschwemmung
- Prophylaktische Gabe von 20 mg Furosemid
- Schonendes Absaugen der Resektionsstücke und Vermeidung einer wiederholten Perforation des Schaftes durch die Kapsel hindurch

Eine freie Kapselperforation tritt fast nur am Übergang der Blase zur Resektionsloge auf bedingt durch einen zu tiefen Schnitt an der Übergangsstelle ohne optische Kontrolle (Abb. 7.55).

Unter guter Sicht und Wegdrücken des Gewebes mit dem Schaft kann die Perforation des vesikoprostatischen Übergangs vermieden werden. Ist die Perforation größer, kommt es zu einem Spülwasserdefizit und Einschwemmung größerer Mengen von Spülflüssigkeit in den Retroperitonealraum und später durch Osmose intraperitoneal. Diese Komplikation erfordert, wenn die Abtrennung der Blase

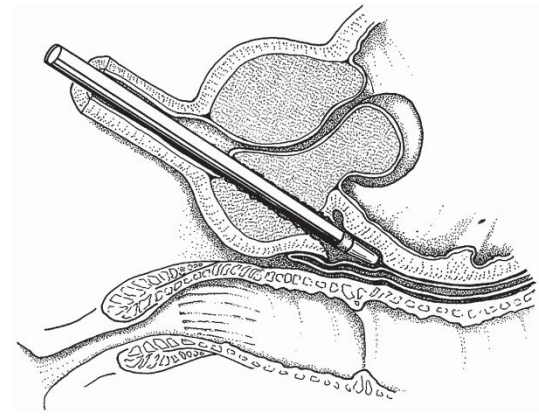


Abb. 7.56 Perforation unter das Trigonum; Einführen des Schaftes mit Obturator ohne Sichtkontrolle und Perforation des Mittellappens

großflächig erfolgte, evtl. eine operative Intervention durch extraperitoneale suprapubische Freilegung und Übernähung der Kapsel.

Perforation unter das Trigonum

Eine Perforation unter das Trigonum kann sowohl beim Einführen des Instruments, während der Resektion als auch beim Einlegen eines Katheters erfolgen (Abb. 7.56).

Wird der Schaft ohne Sichtkontrolle eingeführt und am Übergang der bulbären Harnröhre zur Prostata forciert vorgeschoben, kann entweder eine Perforation der Harnröhre im bulbären Bereich oder eine Perforation des Mittellappens unter das Trigonum erfolgen. Diese iatrogene Komplikation tritt nur auf, wenn das Instrument kraftvoll vorgeschoben wird, um eine vermeintliche Stenose zu überwinden. Normalerweise sucht sich das Instrument selbst seinen Weg, es sollte nur leichter Druck ausgeübt und das Instrument bei einem großen Mittellappen tief abgesenkt werden.

Eventuell hilft Absenken des Kopfendes des Tisches. Die Resektion kann begonnen werden, sofern die Übersicht problemlos wieder zu gewinnen ist.

Während der Resektion wird am Übergang der Prostata zur Blase häufig die Kapsel durch Resektion ausgedünnt. Durch den Spülstrom und durch unachtsames Einführen des Instruments (die Schaftspitze muss beim »blinden« Einführen in die Blase zur Entleerung des Spülwassers etwas angehoben werden!) werden die Kapselfasern am Übergang ausgedünnt. Dies zeigt sich zunächst durch einen schlitzförmigen Spalt, der unter das Trigonum reicht.

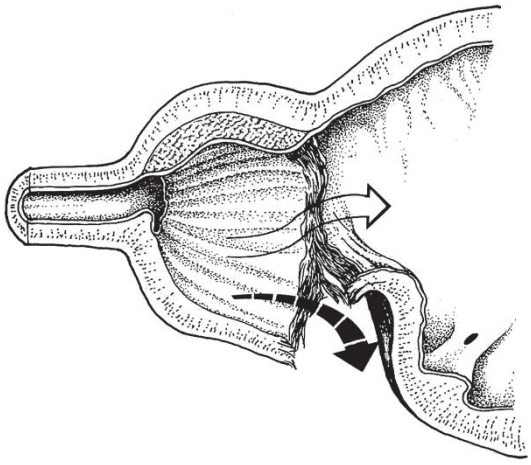


Abb. 7.57 Unterfahrung des Trigonums durch zu starke Freiresektion am vesikoprostatischen Übergang im Verlauf der TURP. Die dorsale Blasenlippe hebt sich an, während der Boden der Loge absinkt. Dadurch entsteht ein Gewebeschlitz unter die Blase. Der schwarze Pfeil zeigt den Weg des Instruments unter das Trigonum an

Diese drohende »Abhebung« ist noch nicht beunruhigend (Abb. 7.57).

Wird die Unterfahrung vergrößert oder weiter aufgespült, sind eine tiefere Höhle mit Fettgewebe und bindegewebeartige Fasern zu sehen. Es ist nun darauf zu achten, den Übergang der Prostata in die Blase nicht noch weiter abzutrennen und die Operation schonend zu Ende zu bringen. Dauerhafte Schäden sich nicht zu erwarten, sofern das Problem der bestehenden Einschwemmung während der Operation erkannt wird und anschließend der Katheter sicher in die Blase und Loge eingeführt wird.

Wichtig ist, dass bei einer Unterfahrung oder Ausdünnung der Kapselfasern am vesikoprostatischen Übergang der Katheter korrekt mit der Spitze in der Blase platziert wird.

Tipps

Es empfehlen sich zwei Möglichkeiten der Kathetereinlage: eine geringe Perforation durch Anheben der Katheterspitze beim Einführen mit dem Zeigefinger von rektal oder eine Ausdünnung breitflächig dorsal durch Einführen des Katheters über eine Leitschiene.

Liegt der Katheter subtrigonal, ist entweder ein Spülwasserdefizit durch retroperitoneale Einschwemmung auffällig, oder es entleert sich zunächst helle Rückspülflüssigkeit, da die blutige Resektionsloge nicht drainiert wird. Zunächst fällt auch kein Spülwasserdefizit auf, da der Subvesikal- und Retroperitonealraum erst aufgespült wird.

Eine komplett klare Rückspülflüssigkeit bei vorher intraoperativ bemerkter Ausdünnung des vesikoprostatischen Übergangs ist immer verdächtig bezüglich einer Fehllage der Katheterspitze unter der Blase (eine etwas rot gefärbte Rückspülflüssigkeit kann auch beruhigend sein!).

Ist eine größerflächige Perforation erfolgt, sollte der Katheter mit einer Führungshilfe eingeführt werden. Zunächst wird das Resektionsinstrument unter Sicht in die Blase vorgeführt und diese gefüllt. Das Elektrotom wird entfernt und über den Schaft ein fester Draht (Lunderquist-Draht) oder eine feste, glatte Metallstange mit gerundetem Ende eingeführt. Flexible Drähte oder Ureterenkatheter sind zu weich. Die Katheterspitze wird abgeschnitten und der Metallstab und das Katheterlumen gut mit Gleitmittel bestrichen. Es ist nun die Hilfe einer zweiten Person erforderlich.

Der Metallstab wird durch die Hilfsperson fest fixiert, sodass keine Perforation der Blasenhinterwand erfolgt, da das Vorschieben des Katheters aufgrund des Reibungswiderstands schwer sein kann. Der Penis wird mit der linken Hand gestreckt und der Katheter mit der rechten Hand vorgeschoben. In der Blase wird nun der Katheter gut festgehalten und der Stab entfernt. Blocken des Katheters in der Blase mit 20 ml und vorsichtiges Einziehen in die Loge.

Tipps

Es ist auf die richtige Orientierung der Katheterspitze (Ventil kranial!) zu achten, sodass die Spitze von der Perforation weg kranialwärts in die Blase ragt. Der Ballon sollte möglichst gering befüllt werden, um eine weitere Dissektion zu vermeiden.

Tipps

Ist die Lage des Katheters nicht klar oder liegt eine inadäquate Drainage vor, sollte am besten intraoperativ oder unmittelbar postoperativ ein Zystogramm erfolgen.

Verletzung des Ostiums

Verletzungen der Ostiums kommen bei großem Mittellappen und unkontrolliertem Einsetzen der Schlinge ohne Sichtkontrolle des Endpunktes vor. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass der Operateur die Orientierung verliert und in der Blase reseziert.

Eine oberflächliche Resektion ist unproblematisch, sofern das Harnleiterlumen noch zu sehen ist. Ist das Lumen nicht auszumachen, sollte Methylenblau i.v. gegeben werden, eine sorgfältige Blutstillung im Resektionsbereich erfolgen und ein Doppel-J-Katheter gelegt werden, um eine Stenose zu vermeiden. Der DJ-Katheter wird nach 10–14 Tagen entfernt. Nach Entfernung ist zu prüfen, ob ein Reflux oder eine Restenose aufgetreten ist.

Intraperitoneale Verletzung

Eine intraperitoneale Verletzung durch Resektion der Hinterwand oder Perforation mit dem Instrument ist eine Rarität. Sie tritt nur bei Unachtsamkeit bei der Einführung des Instruments und leerer Blase auf – z.B.mit ausgefahrener Schlinge bei einem aktiven Arbeitselement- oder wenn sich der Operateur aufgrund von Unerfahrenheit, starker Blutung oder fehlender Systematik verirrt und die Hinterwand der Blase reseziert.

Eine intraperitoneale Perforation erfordert die offene Blasenübernähung. Lediglich eine kleine Perforation, verursacht z. B. mit dem Metallstab oder einem Führungsdraht beim Einführen des Ballonkatheters, kann unter strenger Kontrolle des Bauches beobachtet werden.

Verletzung des M. sphincter externus

Die Verletzung des Sphinktermechanismus ist sicherlich eine der schwerwiegendsten Komplikationen der TURP (bis 1,2 %). Differenzialdiagnostisch abzugrenzen sind jedoch Inkontinenzformen, die nicht durch eine Inzision bedingt sind wie die Resektion bei einem Prostatakarzinom, das den Sphinkterbereich infiltriert hat, die Inkontinenz zerebralsklerotischer Patienten sowie die vorübergehende Schädigung durch Dehnung des Gewebes. Diese Form der Inkontinenz kann durch einen zu lange in die Loge eingezogenen Ballonkatheter, der unter Zug belassen wurde, entstehen (Haab et al. 1996, Leach et al. 1996).

Ursache einer »Inkontinenz« kann auch die unvollständige apikale Resektion sein. Durch Belassen eines apikalen oder parakollikulären Adenomanteils oder asymmetrische Resektion kann der Sphinkterbereich nicht konzentrisch schließen und hält das Lumen »halb offen«.

Wichtig für die Schonung des externen Sphinktersystems ist es, sich als Operateur die Lage des Beckenbodens und die anatomischen Resektionsgrenzen zu vergegenwärtigen. Der Kollikulus dient hierbei als Landmarke, da distal des Kollikels, der sich meist verjüngt und flach ausläuft, der Sphinkterbereich liegt. Der Sphinkter selbst kann endoskopisch nicht dargestellt werden. Lediglich der hydraulische Sphinktertest stellt den Bereich des Schließmuskels durch Kontraktion dar.

Besondere Vorsicht ist geboten, wenn der Kollikel nicht gut sichtbar ist. Dies kann bei voluminösen Seitenlappen, bei Dauerkatheterträgern oder nach vorausgegangener Resektion schwierig sein. In diesen Fällen ist es besonders wichtig, den Kollikel darzustellen.

Tipps

Durch Absenken der Spitze des Resektoskops zwischen die Seitenlappen lässt sich der Kollikel einsehen. Durch Palpation mit dem Zeigefinger von rektal wird der Bereich des Kollikels angehoben, und es erfolgt eine bessere Darstellung.

Gelegentlich muss der Kollikel freireseziert werden, besonders bei vorresezierten Patienten. Hierbei ist besondere Vorsicht geboten, indem zunächst der hydraulische Sphinktertest durchgeführt und dann die Resektion im Mittellappenbereich begonnen wird, bis der Kollikel »ausgegraben« wird.

Bei der parakollikulären und gegen Ende der Operation apikalen Resektion ist größte Vorsicht angezeigt. Mehrfache hydraulische Sphinktertests orientieren den Operateur über die Lagebeziehung des Kollikels zum Sphinkterbereich und die Resektionsgrenzen, besonders wenn bei voluminösen Adenomen distal des Kollikels reseziert werden muss. Apikales Restgewebe sollte immer mit dem Wackeltest (▶ Abschn. 7.4.7 Wackeltest) bei klarer Sicht dargestellt werden. Nur Gewebe, das sich im Spülstrom hin- und herbewegen lässt, darf reseziert werden. Vorsicht ist auch bei stark eingestelltem Koagulationsstrom geboten, da sich Gewebe bei der Koagulation apikal in die Schlinge hineinziehen kann.

Der Kollikel selbst ist nie so obstruktiv, dass man ihn wegresezieren sollte. Er dient bei der Resektion immer als Orientierung (»Leuchtturm«) zum unmittelbar distal gelegenen Sphinkter und Beckenboden und sollte erhalten werden, sodass der Resekteur immer hinsichtlich seiner distalen Landmarke orien-

tiert bleibt. Es ist nicht fehlerhaft, den Kollikel wegzuresezieren. Tritt jedoch eine Stressharninkontinenz bei verletztem Sphinkterapparat auf und ist der Kollikel wegreseziert, so ist dies immer ein Zeichen, dass der Operateur – meist durch Blutung bedingt – die Orientierung verloren hat und zu weit distal reseziert hat.

Verletzungen des Sphinkters treten v. a. ventralseitig auf, wenn der Kollikel nicht exakt abgedeckt wird und beim Drehen des Instruments dieses nach distal herausgezogen wird. Gute Fixierung des Instruments mit der linken Hand am Körper des Patienten ist bei der Drehung wichtig, v. a. wenn umgegriffen wird. Wird das Instrument lediglich zusammen mit dem Körper des Operateurs gedreht, ist Umgreifen nicht notwendig und damit die Gefahr des Herausrutschens verringert.

Tipps

Wurde während der Operation bemerkt, dass die Resektion zu weit distal erfolgte, sollte der Ballonkatheter ohne Zug und bei nur geringer Füllung in die Loge gelegt werden, um nicht zusätzlich eine Dehnung des resezierten Gewebes zu bewirken.

Eine Betrachtung des Sphinkterbereichs nach Abheilung der Resektionswunde (4–6 Wochen post operationem) zeigt meist ein starres, im hydraulischen Sphinktertest nicht kontrahierendes Areal. Ist lediglich ein kleiner Abschnitt des zirkulären Sphinkterbereichs vernarbt, kann es gelingen, mit »injectables« wie Makroplastique (Deflux®) diesen Bereich zu überbrücken und ein submuköses Polster zu injizieren. Durch Unterspritzung, evtl. mehrfach wiederholt, kann eine Besserung der Stressharninkontinenz erreicht werden.

Liegen größere Läsionen des Sphinkterbereichs vor oder wurde durch Injektionstherapie keine Besserung erlangt, ist ein artefizieller Sphinkter indiziert.

Zur Abklärung der Inkontinenz ist neben der Zystoskopie durch einen erfahrenen endoskopisch tätigen Urologen eine Zytomanometrie erforderlich, um eine instabile Blase auszuschließen.

7.5.2 Postoperative Komplikationen

Postoperative Komplikationen

- Nachblutung (Transfusionsrate bis 20 %)
- Protrahierte Sickerblutung und kleinere Koagel in der Blase
- Blasentamponade
- Residualgewebe oder apikale Koagel
- Blasentenesmen und Harnwegsinfekt
- Epididymitis

Nachblutung

Das Risiko einer transfusionspflichtigen Blutung steigt mit dem Resektionsgewicht. Die Einnahme von Antikoagulanzien, Harnwegsinfekte und prostatisches »Blutpooling« nach Harnverhalt erhöhen das Blutungs- und Nachblutungsrisiko. Eventuell kann durch präoperative Einnahme von 5-a- Reduktaseinhibitoren (Finasterid, Dutasterid) das Blutungsrisiko gesenkt werden.

Eine arterielle Nachblutung kann durch hellrote gleichmäßige Verfärbung im Ablaufschlauch auffallen. Meist sieht man jedoch eine *wolkige Blutung (»Wolken«)* in der sonst weitgehend klaren Ablaufflüssigkeit. Dieses wiederkehrende »Wolken« in der Ablaufflüssigkeit, die intermittierend nach 10–30 Sekunden auftreten, sind dadurch bedingt, dass sich die Arterie immer wieder kontrahiert und dann erneut öffnet.

Ist die Spülflüssigkeit gleichmäßig tiefrot gefärbt, ist hingegen von einer venösen Blutung auszugehen.

Bei einer *schwachen arteriellen Blutung* oder einer *venösen Blutung* kann zunächst versucht werden, mithilfe des einliegenden Spülkatheters eine Blutstillung zu erreichen. Es empfiehlt sich folgendes Vorgehen:

- Ausspülen der Blase von Koageln mit der Blasenspritze
- Lösen des Zuges und Freigeben des Katheters
- Tritt keine Besserung auf, Nachblocken mit 10–20 ml
- Erneuter Zug am Katheter
- Tritt keine Besserung auf, Zug des Ballonkatheters an den Blasenhals

Die Blutungen aus *kleineren Arterien am Blasenhals* können mit einem in der Blase geblockten Katheter zum Sistieren gebracht werden. Hierzu ist es notwendig, den in der Loge geblockten Katheter vollständig zu entblocken.

Es ist darauf zu achten, dass der Katheter nicht nach distal gezogen wird, da es sonst beim Vorschieben zu einer subtrigonalen Unterfahrung kommen kann.

Tipps

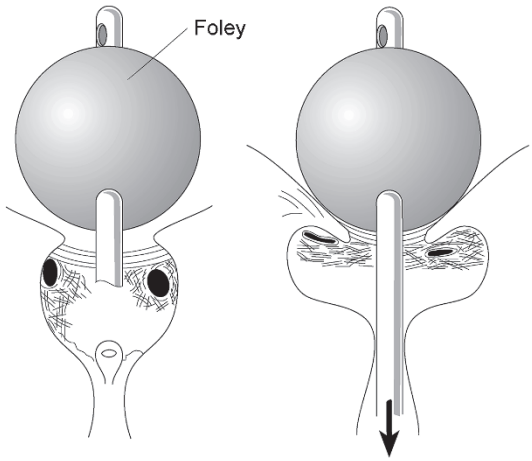
Bereits beim Entblocken der letzen Milliliter der Ballonfüllung sollte der Katheter in die Blase vorgeschoben werden. In der Blase wird der Ballon nun mit 100 ml gefüllt und dann erst an den Blasenhals gezogen.

Tipps

Am Katheter kann mit einer langen Mullbinde, die über das Bettende geführt wird, ein Gewicht (eine mit 500 ml oder 1.000 ml Flüssigkeit gefüllte Infusionflasche) angeknotet werden (◘ Abb. 7.58).

Der Patient sollte nun möglichst ruhig auf dem Rücken liegen bleiben. Hierdurch kann für einige Stunden Zug auf den Blasenhals ausgeübt werden.

Eine digito-rektale Kompression einer Blutung gegen den Ballonkatheter kann helfen, eine diffuse Blutung zu stoppen, ultimativ bei weiterbestehender Blutung ist eine suprapubische Umstechung der Loge oder gar eine transfemorale superselektive Embolisation vonnöten.



◘ **Abb. 7.58** Blockung des Katheters in der Blase und Kompression der Loge durch Zug am Katheter. Vor allem venöse oder kleine arterielle Blutungen am Blasenhals können mit dieser Methode komprimiert werden

Stärkere arterielle Blutungen sollten baldmöglichst endoskopisch versorgt werden, da sonst für den Patienten unnötiger Blutverlust entsteht. Bei der Inspektion der Loge finden sich immer wandadhärente Koagel sowie eine teilweise oder vollständige Blasentamponade. Die Koagel sollten zunächst mit der Blasenspritze aufgewirbelt und abgesaugt werden. In der Loge ist es meist notwendig, die Koagel mit der Schlinge retrograd in die Blase zu schieben oder abzukratzen. Lassen sich feste Koagel nicht abschieben oder in der Blase aufspülen, müssen sie mit dem Schneidestrom reseziert werden. Fast immer dauert die Koagelausräumung, die vollständig erfolgen sollte, relativ lang. Bei klaren Sichtverhältnissen kann dann das spritzende Gefäß – häufig ventral gelegen – schnell gefunden werden. Es empfiehlt sich auch, nochmals eine Nachkoagulation von nicht spritzenden Arterien vorzunehmen.

Wurde intraoperativ ein suprapubischer Katheter gelegt, so kann eine Blutung auch aus der Eintrittsstelle in die Blase resultieren. Wird der suprapubische Katheter bei voller Blase unter zystoskopischer Sicht gelegt, so kann bei einer Blutung sofort an der Einstichstelle koaguliert werden. Gelegentlich kommt es jedoch postoperativ zu einer protrahierten venösen Blutung. Folgendes Vorgehen postoperativ ist sinnvoll:

- Schnelle Spülung: Einlauf über den suprapubischen Katheter und Ablauf über den Dauerkatheter.
- Aufbougieren des Stichkanals, Einlage eines Ballonkatheters und Heranziehen des Ballons an die innere Blasenwand (»Kompressenschleifchen« unter Zug am Katheter).
- Sistiert die Blutung nicht, so sind die Entfernung des suprapubischen Katheters und eine transvesikale Koagulation notwendig.

Protrahierte Sickerblutung und Koagel in der Blase

Ist der Urin 4–5 Tage nach der TURP nicht blutfrei, sollte eine erneute Inspektion durchgeführt werden. Es kann sich entweder um das Färben des Urins durch ein größeres Koagel in der Blase oder Prostataloge handeln oder um eine profuse venöse Blutung unter einem bestehenden Koagel.

Ein größeres Koagel in der Blase kann meist sonografisch dargestellt werden. In Sedierung des Patienten werden die Blase und die Prostataloge ausgespült. Gelingt dies nicht, ist eine Narkose erforderlich, um die Koagel zu resezieren. Nach Entfernung aller Koagel wird meist keine aktive Blutungsquelle

gefunden. Mit dem Absaugen der Koagel ist der Eingriff beendet.

Eine gelegentliche Makrohämaturie bis zu 6 Wochen nach TURP ist möglich, besonders, wenn sich ein Koagulationsschorf abstößt. Eine forcierte orale Flüssigkeitszufuhr ist ausreichend. Tritt eine längerfristige Makrohämaturie auf, muss ein Spülkatheter für 1–2 Tage eingelegt werden.

Acetylsalicylsäurehaltige Präparate können nach zwei Wochen wieder eingenommen werden, bei Clopidogrel und anderen oralen Antikoagulanzien (Marcumar, Pradaxa…) sollten drei Wochen post-op. gewartet werden. Die Patienten sollten Sitzbäder, Saunabesuche oder starke körperliche Anstrengungen für zwei bis drei Wochen post-op. vermeiden.

Blasentamponade

Ein großes organisiertes Koagel oder eine vollständige Blasentamponade erfordert fast immer eine »Ausräumung« in Narkose. Mit einer Glaskolbenspritze gelingt es nur dann, das Koagel mit heftigem Zuspülen und Absaugen (Narkose!) zu teilen, wenn das Koagel höchsten 24 Stunden alt ist. Eine Resektion des organisierten Koagels mit einer Schlinge kann enorm zeitaufwändig sein, da es meist komplett reseziert werden muss, mit der eheblichen Gefahr einer Blasenverletzung. Alternativ kann ein Morcellator, wie er nach einer Holmiumlaser-Enukleation Verwendung findet, eingesetzt werden. Er wird durch ein 28 Char. Dauerspülnephroskop eingesetzt. Wichtig ist der maximale Zufluss von Irrigationsflüssigkeit, am besten durch zwei Zugänge (Nephroskop und Morcellator). Ein Kollaps der Blasenwand mit Blasenverletzung wäre ein Desaster.

Residualgewebe oder apikale Koagel

Bemerkt der Patient, dass er unmittelbar nach Entfernen des Katheters gut miktionieren konnte, jedoch nach der zweiten Miktion oder später einen schlechten Harnstrahl hat, liegt apikales Restgewebe oder Koagel vor. Intermittierende Harnsperren mit plötzlichem Abstoppen des Harnstrahls sind typisch für flottierendes Gewebe, das nach apikal vorfällt.

Der Patient sollte baldmöglichst zystoskopiert werden. Absaug- oder Spülversuche mit Kathetern oder Zuwarten sind sinnlos und verärgern nur den Patienten. Bei der Zystoskopie wird bei leerer Blase das ventilartige Gewebe, das typischerweise ventral hereinfällt, erkannt. Die Blase sollte auch auf residuelle (vergessene) Resektionsstücke abgesucht werden. Apikales Residualgewebe muss nachreseziert werden. Wenige Gramm Gewebe apikal können entfernt werden (2–3 g). Der Katheter wird für einen Tag belassen, sodass sich der Krankenhausaufenthalt des Patienten bei zügiger Indikationsstellung nur um 2–3 Tage verlängert.

Manchmal führen bewegliche Koagel, die von apikal durch die Miktion in die Harnröhre hineinflottieren, zu ähnlicher Symptomatik. Diese Koagel können immer mit heftiger Spülung oder Abkratzen mit der Schlinge abgelöst werden.

Blasentenesmen und Harnwegsinfekt

Viele Patienten weisen unmittelbar nach Katheterentfernung für einige Tage eine Pollakisurie und/oder Urge-Inkontinenz auf. Ein signifikanter Harnwegsinfekt muss ausgeschlossen werden. Durch die Gabe von Anticholinergika können die Symptome, die bis zu 12 Wochen nach TURP anhalten können, verbessert werden. Eine gesteigerte Trinkmenge und damit häufige Miktion führen bei den meisten Patienten zu einer schnellen Besserung der Symptomatik.

Epididymitis

Tage bis Wochen nach einer TURP kann eine Epididymitis auftreten. Bei unklarem Fieber muss immer eine Nebenhodenentzündung palpatorisch und sonografisch ausgeschlossen werden. Eine Vasektomie ist präoperativ nicht notwendig, da Nebenhodenentzündungen nach TURP selten auftreten (0,5–4,0 %). Hochlagern, Kühlen des Skrotalinhalts, antibiotische Therapie, Bettruhe des Patienten und sonografische Verlaufskontrollen zur Erkennung einer eitrigen Einschmelzung sind notwendig.

7.5.3 Spätkomplikationen

Spätkomplikationen
- Harnröhrenstriktur (1,8–12,0 %)
- Blasenhalsstenose (0,9–3,2 %)
- Chronischer Harnwegsinfekt
- Rezidivadenom (12–15 %)
- Retrograde Ejakulation und erektile Dysfunktion

Harnröhrenstriktur

Die wichtigste Maßnahme zur Vermeidung ist die Reduktion der Reibung zwischen der Urethra und dem Instrument.

Regeln zur Vermeidung einer Striktur nach TURP

- Bei relativem Missverhältnis zwischen Meatusweite und Instrument Aufschneiden der vorderen Harnröhre mit dem Otis-Urethrotom bis 30 Charr
- Einführen von gut gleitfähigem Gleitmittel in die gesamte Harnröhre (Verstreichen mit dem Finger oder der Gleitmittelspritze nach proximal)
- Einschmieren des Resektionsschaftes mit Gleitmittel
- Bei relativen Stenosen in der Harnröhre Urethrotomia interna mit einem glatten Schnitt
- Wenige Bewegungen mit dem Instrument in der Harnröhre bei der Resektion (Instrument möglichst ruhig halten, nur Schlinge bewegen)
- Beachten der Isolierung des Instruments. Kein zu hoher Schneidestrom

Unter diesen Vorsichtsmaßnahmen lässt sich die Rate der postoperativen Harnröhrenstrikturen auf etwa 1–3 % senken. In der Literatur werden unterschiedliche Häufigkeiten von 1,8–12 % angegeben. Prädilektionsstellen für das Auftreten sind der Meatusbereich, der penoskrotale Übergang, der Übergang der membranösen in die prostatische Harnröhre sowie der Blasenhals.

Die Behandlung der Strikturen erfolgt zunächst durch eine Urethrotomia interna, bei der Rezidivstriktur durch offene Harnröhrenplastik.

Blasenhalsstenose

Eine Sonderform der Harnröhrenstriktur stellt die narbige Blasenhalsstenose dar. Sie tritt häufiger nach Resektion kleiner Adenome auf.

Tipps

Prophylaktisch sollte daher nach TURP kleiner Adenome bis 30 g eine beidseitige tiefe Blasenhalsinzision mit der Kerbsonde bis zum Kollikel hin durchgeführt werden.

Tipps

Die irisförmige Öffnung von der ausresezierten Loge in die Blase (Blasenhalsstenose) wird entweder mit dem Urethrotom sternförmig inzidiert oder besser das Narbengewebe großflächig mit der Schlinge reseziert.

Chronischer Harnwegsinfekt

Ursachen eines chronischen Harnwegsinfekts nach TURP können sein:

- Unvollständig ausresezierte Loge (»unruhige Loge«) ohne glatte Resektionsflächen (»Kartoffelacker«)
- Nekrotisches oder wenig durchblutetes Restgewebe nach unvollständiger Resektion oder ausgedehnter Koagulation
- Vergessene Resektionsstücke in der Blase
- Harnwegsinfekt mit resistenten Keimen

Die ersten drei genannten Ursachen für einen chronischen Harnwegsinfekt sollten immer – auch wenn der Patient in gutem Strahl restharnfrei miktionieren kann – zu einer Nachresektion mit Glättung der Loge führen. Nach Ausresektion des chronisch entzündeten Gewebes sind die dysurischen Beschwerden beseitigt.

Rezidivadenom

Das echte Rezidiv nach einer vollständigen TURP tritt selten auf. Meist war die vorausgegangene Resektion unvollständig und nicht bis zur Kapsel hin erfolgt, sodass kapselnahes Adenomgewebe als vermeintliches Rezidiv nachwachsen kann. Nach 8 Jahren beträgt die Wahrscheinlichkeit einer Reoperation nach vorausgegangener TURP 12–15%.

Bei der Resektion eines Rezidivadenoms ist besonders die Anatomie zu beachten, da bisweilen bizarre Formen und Verziehungen der Anatomie auftreten können. Darstellung des Kollikels und wiederholte hydraulische Sphinktertests sind entscheidend für ein gutes postoperatives Ergebnis.

Retrograde Ejakulation und erektile Dysfunktion

Postoperativ tritt bei nahezu allen Patienten eine retrograde Ejakulation auf (50–95 %). Dies ist keine Komplikation im eigentlichen Sinne, da bei guter Ausresektion der Loge und damit offenem Blasenhals die retrograde Ejakulation eine Folgeerscheinung ist.

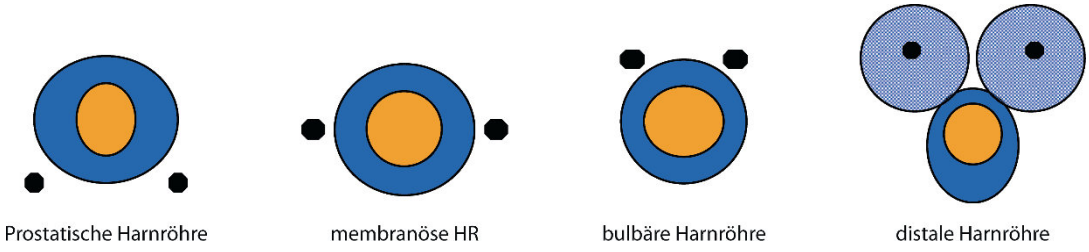


Abb. 7.59 Lagebeziehung der N. erigentes zur Harnröhre. Prostatische Harnröhre - membranöse HR – bulbäre Harnröhre – distale Harnröhre

Bedingt durch den Resektions- und Koagulationsstrom kann eine Schädigung des Gefäß-Nerven-Bündels in der periprostatischen Kapsel auftreten. Eine Kapselperforation bei 5 oder 7 Uhr kann eine erektile Dysfunktion begünstigen (Abb. 7.59).

Die Impotenzrate liegt bei etwa 13 % (3,4–32 %). Dieser Effekt ist bis jetzt nicht in prospektiven Studien bewiesen. Eine postoperative erektile Dysfunktion kann vielmehr auch als Begleiterscheinung eines operativen Eingriffs bei bereits nachlassender Potenz in höherem Lebensalter entstehen (Hanbury und Sethia 1995).

7.6 Modifikationen der transurethralen Resektion der Prostata

7.6.1 Transurethrale Elektrovaporisation der Prostata

Die transurethrale Elektrovaporisation ist eine elektrochirurgische Modifikation der klassischen Schlingenresektion. Durch eine Rollensonde (monopolar) oder eine pilzförmige Elektrode (bipolar) ist eine fast blutungsfreie Gewebeablation möglich. Mit Schneidestrom wird durch eine Schlinge eine schnelle Erhitzung von Gewebe erreicht, sodass die Gewebezellen verdampfen (explosive Vaporisation). Bei der Koagulation oder bei geringem Schneidestrom wird hingegen eine Desikkation der Zellen bewirkt.

Bei der monopolaren Elektrovaporisation wird durch den vorderen Anteil der Rollensonde Gewebe vaporisiert, während das hintere Ende zu einer Desikkation von Gewebe führt. Unter Wasser oder Glycinlösung wird das desikkierte Gewebe rehydriert und damit wieder für eine Elektrovaporisation befähigt. Auf diese Weise wird Gewebe abgetragen, es entsteht nur eine geringe Blutung und unterhalb der Vaporisationszone eine Desikkationszone.

Eine bipolare Vaporisation kann mit einer pilzförmigen Elektrode mit einer zu- und abführenden Elektrode durchgeführt werden (TUVP). Zunächst kommt es zu einer Erzeugung von Blasen um die Elektrode in der Kochsalzlösung. Durch Zündung

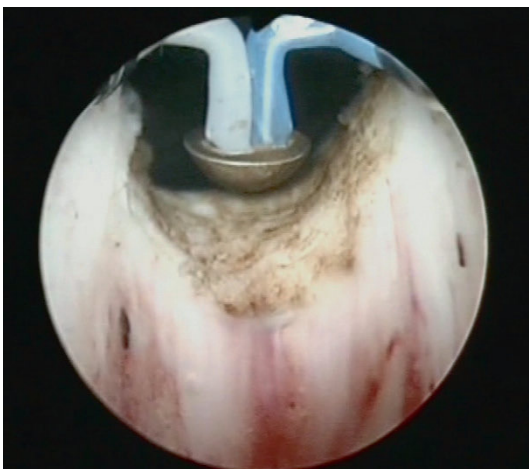


Abb. 7.60 Bipolare transurethrale Vaporisation der Prostata (TUVP) mit einer pilzförmigen Elektrode (Fa. Olympus): Vaporisation im Mittellappenbereich

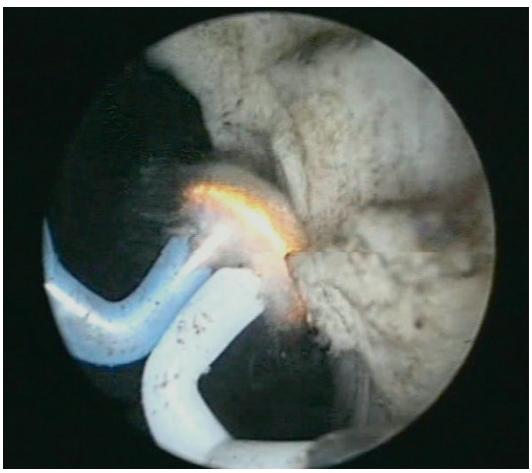


Abb. 7.61 Bipolare transurethrale Vaporisation der Prostata (TUVP) mit einer pilzförmigen Elektrode (Fa. Olympus): Vaporisation kranial bei 1 Uhr

wird die Vaporisation des Gewebes erreicht. Die TUVP wird zügig ähnlich einer TURP durchgeführt, zunächst durch Vaporisation des Mittellappens, anschließend beider Seitenlappen und dann kranial, sodass eine große Vaporisationshöhle entsteht (Abb. 7.60, Abb. 7.61).

Nachteilig ist, dass viele Patienten eine prolongierte Pyurie mit prostatitisähnlichen Symptomen aufweisen und durch den hohen Koagulationsstrom eine apikale und parakollikuläre Vaporisation gefährlich ist. Lange Verläufe mit Urgeinkontinenz und bei exzessiver Vaporisation auch koagulationsbedingte Sphinkterschädigung sind möglich (Ekengren und Haendler 2000, Patel und Fuchs 1999). Eine histologische Aufarbeitung von Gewebe ist nur gelegentlich bei der bipolaren TUVP durch Gewinnung von wenig Gewebe möglich.

7.6.2 Transurethrale Resektion der Ductus ejaculatorius

Bei einer Obstruktion der distalen Ductus ejaculatorius kann eine Resektion des Kollikulus durchgeführt werden. Verkalkungen der Ausführungsgänge oder Vernarbungen nach Prostatitis führen bei der Resektion des Kollikels meist zu schlechteren Ergebnissen als Obstruktionen durch Prostatazysten.

7.7 Ejakulationsprotektive Resektion

Bedingt durch die weite Resektion mit offenem Blasenhals kommt es zur retrograden Ejakulation. Dies wird von jüngeren Männern als störend empfunden. Durch Schonung von apikalem Gewebe parakollikulär-dorsal und gleichzeitig trichterförmiger Resektion zum Kollikel hin kann Gewebe belassen werden (etwa 1 cm proximal des Kollikels). Dieses Restgewebe schließt sich bei der Ejakulation und erzeugt eine prograde Ejakulation.

Im Gegensatz zur vollständigen Ausresektion der Loge wird also Gewebe im apikalen Bereich seitlich und dorsal belassen und ein trichterförmiger Auslass zum Kollikel hin reseziert. Apikales Gewebe kranial in der Loge kann entfernt werden, jedoch sollte keinesfalls neben dem Kollikel tief reseziert werden. Schwierig ist die intraoperative Abschätzung zwischen ausreichender Resektion zur Desobstruktion und Belassung von ausreichend apikalem Gewebe zur ejakulationsprotektiven Resektion.

7.8 Transurethrale Inzision der Prostata (TUIP)

Liegt ein *kleines Adenom* oder eine *Sphinktersklerose* vor – auch primäre Blasenhalskontraktur oder mediane Barre (»median bar«) genannt –, kann eine ein- oder besser beidseitige transurethrale Inzision erfolgen. Die betroffenen Patienten sind meist deutlich jünger als die Patienten mit einem benignen Prostatasyndrom.

Die TUIP sollte nur bis zu einem Adenomgewicht von maximal 20 g durchgeführt werden. Es ist darauf zu achten, dass keine ausgeprägten Seitenlappen oder ein größerer Mittellappen vorliegen, da sich sonst die Gewebeanteile wieder leicht aneinanderlegen können. In diesen Fällen ist eine ausführliche TURP des fibrösen Gewebes bis hin zu weicheren Gewebeschichten durchzuführen.

Während die Inzidenz einer retrograden Ejakulation bei der TURP bei 50–95 % liegt, ist bei einseitiger Inzision mit < 5 %, bei beidseitiger Inzision mit 15 % retrograder Ejakulation zu rechnen (Orandi 1985, Jahnson et al. 1998).

Mit einer Hakensonde wird bei 5 und 7 Uhr das Adenomgewebe, das bei der Sphinktersklerose typischerweise fester und weniger gut durchblutet ist, durchtrennt. Beginnend am Blasenhals wird die Inzision bis parakollikulär geführt. Schrittweise wird das Gewebe durchtrennt, bis zunächst das Adenomgewebe und dann die Kapselfasern auseinanderweichen. Die Inzision sollte so lange in die Tiefe fortgeführt werden, bis die feinen Fasern der äußeren Kapsel sichtbar werden. Die Stillung von Blutungen erfolgt ebenfalls mit der Hakenelektrode und Koagulationsstrom (Abb. 7.62).

7.9 Ergebnisse der TURP, TUIP und der offenen Adenomenukleation

Gegenüber allen alternativen endoskopischen oder perkutanen Verfahren stellt die TURP immer noch den Goldstandard zur Behandlung der benignen Prostatahyperplasie dar. An diesem Referenzstandard haben sich alle neueren und alternativen Methoden zu vergleichen.

Gewebeablative Verfahren, die Adenomgewebe entfernen und damit eine Deobstruktion des unteren Harntrakts erreichen, weisen im Vergleich zu den nicht ablativen Verfahren wie transurethrale Mikrowellentherapie (TUMT), Kontakt- oder interstitielle Laserablation wesentlich bessere Ergebnisse auf. Bei

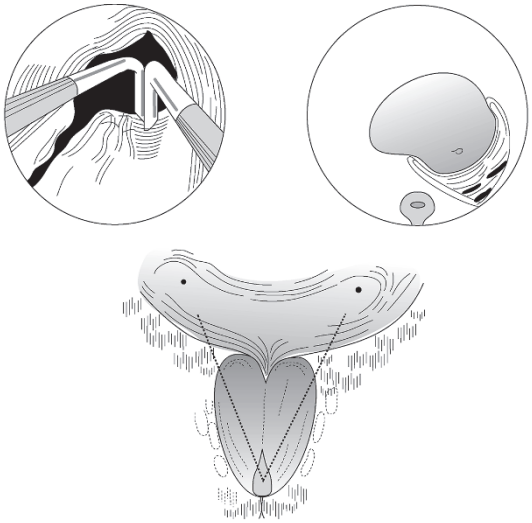


Abb. 7.62 Prinzip der transurethralen Inzision des Blasenhalses. Mit einer Kerbsonde wird Gewebe bei 5 und 7 Uhr bis zur Kapsel hindurch getrennt

Tab. 7.13 Komplikationshäufigkeit bei TUIP und TURP (Angaben in %)

	TUIP	TURP
Morbidität	2,2–33	5,2–30,7
Mortalität (30–90 Tage)	0,2–1,5	0,5–3,3
Inkontinenz total	0,06–1,1	0,68–1,4
Operative Behandlung bei chirurgischen Komplikationen	1,3–2,6	0,68–10,0
Impotenz	3,9–24,0	3,3–34,8
Retrograde Ejakulation	6,0–55,0	55,0–95,0

allen nicht ablativen Verfahren muss mit einer nur geringen Verbesserung oder gar einer Verschlechterung der Miktionssymptomatik bei mindestens 30 % aller Patienten gerechnet werden. Lediglich die offen-operative Adenomektomie der Prostata führt mit einer Symptomverbesserung von 98 % gegenüber 85 % bei der TURP (Abfall des AUA-Symptomindex) und einer Reoperationsrate von 0,4 % versus 3,4 % nach 5 Jahren zu besseren Ergebnissen (Roos et al. 1989, Emberton et al. 1996).

Die offene Operation ist jedoch individuell vom operativen Geschick und der Ausbildung des Operateurs in endoskopischen Techniken abhängig und erst bei etwa 60–80 g Adenomgewicht indiziert. Die Enukleation kleinerer Adenome kann transvesikal erhebliche Probleme bereiten. Die perioperative Morbidität ist für den Patienten durch 7 Tage Dauerkatheter und einen größeren Unterbauchschnitt deutlich höher als durch einen für 2 Tage belassenen Spülkatheter nach der TURP.

Die Ergebnisse der TURP waren bei den Männern am besten, die präoperativ den höchsten Symptomenscore hatten und deren Lebensqualität am meisten durch die obstruktiven oder irritativen Symptome beeinträchtigt war. Durch die TURP lässt sich nach einem Jahr eine Verbesserung von etwa 88 % (70–96 %) und eine Reduktion des Symptomenscores von 85 % erreichen (Tab. 7.12). 91 % der Patienten haben keine Komplikationen bis zu 30 Tage nach der Operation. Die 30-Tage-Mortalität sank nach TURP von 1,2 % 1984 auf 0,77 % im Jahr 1990 (Tab. 7.13) (Holman und Wisniewski 1999, Mebust et al. 1989, Cattolica et al. 1997).

An Nebenwirkungen ist bei der TURP mit bis zu 2,0 % Einschwemmungen intraoperativ sowie einer Sphinkterläsion in bis zu 1,2 % der Fälle zu rechnen. Eine Transfusionsrate von bis zu 20 % wird in der Literatur beschrieben, jedoch liegt die Rate der Transfusionen bei einer Prostatagröße bis 60 g und einem erfahrenen Operateur bei 2–3 %. Spätkomplikationen wie Harnröhrenstriktur (1,8–12 %), Blasenhalsstenose (0,9–3,2 %) sowie Rezidivadenom (12–15 %) nach 8 Jahren werden berichtet (Mebust et al. 1989, Ramsey 2000, Ramsey 2000). Bedingt

Tab. 7.12 Vergleich der verschiedenen Verfahren zur Operation der benignen Prostatahyperplasie (Angaben in %)

	TUIP	TURP	Offene Adenomektomie
Symptomverbesserung	73	85	98
Reduktion im Symptomenscore	73	85	79
Durchschnittliche maximale Flowverbesserung	8–15	8–18	8–23
Wahrscheinlichkeit einer Reoperation innerhalb von 5 Jahren	8,1	3,4	0,4

durch die weite Öffnung des Blasenhalses zur Prostataloge entsteht methodenbedingt fast immer eine retrograde Ejakulation (50–95 %).

Die transurethrale Inzision der Prostata ist lediglich bei einer Blasenhalssklerose ohne ausgeprägte Seitenlappen indiziert. Bei voluminösen Seitenlappen wird der Effekt einer Kerbung unmittelbar postoperativ durch Verklebung der Kerbungsrinnen wieder beseitigt. Vorteil der TUIP ist der Erhalt der anterograden Ejakulation in bis zu 95 % bei einseitiger und 85 % bei beidseitiger Kerbung. Nachteilig ist, dass das Verfahren nicht gewebeablativ und evtl. nach kurzer Zeit erneut indiziert ist bzw. bei wachsendem Adenom eine TURP durchgeführt werden muss.

Durch deobstruierende Verfahren, wie TURP oder Laserablation, lassen sich nachhaltig gute Ergebnisse sowohl in der subjektiven Verbesserung der Symptomatik als auch in Messparametern wie Uroflow oder Restharn erzielen.

Literatur

Barry MJ, Fowler FJJr, O'leary MP (1992) The American Urological Associations symptom index for benign prostatic hyperplasia. J Urol 148: 1549–1557

Roehrborn CG, BPH (2003) Epidemiology and natural history, AUA Postgraduate Course 2003–12–07

Roehrborn GC (1996) Editorial: fine tuning the indication for prostatectomy. J Urol 155: 203–205

McConnell J, Barry M, Bruskewitz R (1994) Benign prostatic hyperplasia. Diagnosis and treatment Clinical practice guidlines, nr. 8, AHCRP publication 94–0582. Rockville MD, Agency for health services

Mc Neal J (1988) Normal histology of the prostate. Am. J. Surg. Pathol.12: 61-633

CorreasJM, Bridal L., Lesavre A. (2001) Ultrasound contrast agents: properties, principles of action, tolerance and artifacts Eur. Radiol. 11, 1316-1328

Rifkin MD, Sudakoff GS, Alexander AA (1993) Prostate: techniques, results and potential applications of color Doppler US scanning. Radiology 186: 509-513

Loch AC, Bannowsky A, Baeurle L.(2007) Technical and anatomical essentials for trasnrectal ultrasound oft he prostate, World J Urol. 25 84): 361-366

Alkan I, Turkeri L, Biren T, Cevik I, Akdas A (1996) Volume determinations by transrectal ultrasonography in patients with benign prostatic hyperplasia: correlation with removed prostate weight. Int Urol Nephrol 28 (4): 517–523

Aus G, Bergdahl S, Hugosson J, Norlen L (1994) Volume determinations of the whole prostate and of adenomas by transrectal ultrasound in patients with clinically benign prostatic hyperplasia: correlation of resected weight, blood loss and duration of operation. Br J Urol 73 (6): 659–663

Abrams P, Cardozol L, Fall M, Griffiths D, Rosier P, Ulmsten U, Kerrebrouck van P, Victor A, Wein A (2003) The standardisation of terminology in lower urinary tract function. Report from the standardisation sub-committee of the International Continence Society. Urology 61: 37-49

Gratzke C, Bachmann A, Descazeaud A, Drake MJ, Madersbacher S, Mamoulakis C, Oelke M, Tikkinen KA, Gravas S (2015) EAU Guidelines on the Assessment of Non-neurogenic Male Lower Urinary Tract Symptoms including Benign Prostatic Obstruction. Eur Urol. 67: 1099-109

Oelke M, Kirschner-Hermanns R, Höfner K (2012) Spezielle Urodynamik des Mannes in Schultz-Lampel D, Goepel M, Haferkamp A (eds) Urodynamik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Parsons BA, Bright E, Shaban AM, Whitehouse A, Drake MJ (2011) The role of invasive and non-invasive urodynamics in male voiding lower urinary tract symptoms. World J Urol. 29: 191-7

Knopf HJ, Funke PJ (2000) Die Bedeutung der bakteriellen Prostatabesiedlung für nosokomiale Harnwegsinfektionen nach transurethraler Prostataresektion. Urol A 39: 432–435

Knopf HJ, Weib P, Schafer W, Funke PJ (1999) Nosocomial infections after transurethral prostatectomy. Eur Urol 36: 207–212

Emmett JL, Winterringer JR (1954) Urethral stricture following transurethral resection prevented by internal urethrotomy: Preliminary report of experience with otis urethrotome. J Urol 72: 867

Hartung R, Mauermayer W (1979) Die Harnröhrenstriktur nach transurethralen Eingriffen: Ursachen, Vorbeugung, Ergebnisse. Urol A 18: 64

Hartung R (1979) Die kontrollierte TUR III – Die hydraulische Stimulierung des M. sphincter externus. Urol A 18: 203

Mauermayer W (1962) Die transurethralen Operationen. München: Lehmanns

Nesbit RM (1943) Transurethral prostatectomy. Springfield: Thomas

Nesbit RM (1947) Some observations on transurethral resection. N Engl J Med 237: 207

Nesbit RM (1954) Transurethral prostatic resection. In: Campbell M. (ed) Urology, vol III. Philadelphia, London: Saunders; p 2015

Flocks RH (1937) The arterial distribution within the prostate gland: its role in transurethral prostatic resection. J Urol 37: 524

Flocks RH, Culp D (1954) Surgical urology. Chicago: Yearbook Publishers

Blandy JP (1986) Transurethral prostatectomy In: Blandy JP, Lytton B (eds) The prostate. London: Butterworths; p 51–61

Hartung R, May F (2002) Die transurethrale Elektroresektion der Prostata. Akt Urol 33: 469–482

Mauermayer W (1981) Allgemeine und spezielle Operationslehre, Bd. VIII: Transurethrale Operationen. Heidelberg: Springer

Dann T, Renner R, Knipper A, Muschter R, Kutscher KR (1989) Etileffrin (Effortil) zur Behandlung der prolongierten erektion nach intrakavernöser Injektion vasoaktiver Substanzen. Urol B 29: 334–335

Waldner M, Pühse G, Hertle L (1998) Rationelle Diagnostik und Therapie des Priapismus. Urol B 38: 23–26

Hahn RG, Nennesmo I, Rajs J, Sundelin B, Wroblevski R, Zhang W (1996) Morphological and X-ray microanalytical changes in mammalian tissue after overhydration with irrigating fluids. Eur Urol 29: 355-361

Malhotra V (2000) Transurethral resection of the prostate. Anaesthesiol. Clin N Am 18: 883–897

Haab F, Yamaguchi R, Leach GE (1996) Post-prostatectomy incontinence. Urol Clin N Am 23: 447–458
Leach GE, Trockman B, Wong A, Hamilton J, Haab F, Zimmern PE (1996) Post prostatectomy incontinence: urodynamic findings and treatment outcomes. J Urol 155(4): 1256–1259
Hanbury DC, Sethia KK (1995) Erectile function following transurethral prostaectomy. Br J Urol 75(1): 12–13
Ekengren J, Haendler L (2000) Clinical outcome one year after transurethral vaporization and resection of the prostate. Urology 55 (2): 231–235
Patel A, Fuchs GJ (1999) Completeness and efficiency of prostate tissue removal: loop resection compared with a new operative technique of transurethral electrovaporization. BJU Int 85(2): 202–210
Orandi A (1985) Transurethral incision of the prostate (TUIP) compared with trannsurethral resection of the prostate (TURP) in 100 matched cases. J Urol 133: 198 A
Jahnson S, Dalen M, Gustavsson G (1998) Transurethral incision versus resection of the prostate for small to medium benign prostatic hyperplasia. Br J Urol 81: 276–281
Roos N, Wennber J, Malenka D (1989) Mortality and reoperations after open and transurethral resection of the prostate for benign prostate hyperplasia. N Engl J Med 320: 1120
Emberton M, Neal DE, Black-Fordham M, Harrison M, Mc Brien MP, Williams RE, McPherson K, Devlin HB (1996) The effect of prostatectomy on symptom severity and quality of life. Br J Urol 77(2): 233–247
Holman CD, Wisniewski ZS (1999) Mortality and prostate cancer risk in 19, 598 men after surgery for benign prostatic hyperplasia. BJU Int 84 (1): 37–42
Mebust WB, Holtgreve HL, Cockett AT, Peters PC (1989) Transurethral prostatectomy: immediate and postoperative complications. Cooperative study of 13 participating institutions evaluating 3885 patients. J Urol 141: 243–247
Cattolica EV, Sidney S, Sadler MC (1997) The safety of transurethral prostatectomy: a cohort study of mortality in 9416 men. J Urol 158: 102–104
Ramsey EW (2000) Benign prostatic hyperplasia: a review. Can J Urol 7: 1135–1143
Ramsey EW (2000) Transurethral resection of the prostate. A review of 1111 cases. Int Urol Nephrol 21: 47–55

Laseranwendung in der Urologie – theoretische Grundlagen der Laserbiophysik

A. Miernik

8.1 Einleitung – 116

8.2 Biologische Wechselwirkung – 117

8.3 Photochemische Prozesse – 119

8.4 Photothermische Prozesse – 119

8.4.1 Photokoagulation – 119

8.4.2 Photothermisches Schneiden und Verdampfen – 120

8.5 Athermische Laserverfahren – 120

8.5.1 Photoablation – 120

8.5.2 Photodisruption – 120

8.6 Physikalische Grundlagen der Harnsteinlaser-lithotripsie – 121

8.6.1 Photoakustischer Effekt – 121

8.6.2 Photothermischer Effekt – 121

Literatur – 121

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_8

8.1 Einleitung

LASER ist ein Akronym und steht für Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, d. h. Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von Photonen. Das theoretische Modell eines Lasers wurde von Albert Einstein im Jahr 1917 vorgestellt. Die experimentelle Bestätigung des Funktionsprinzips konnte 1928 durch Rudolf Ladenburg erbracht werden. Erste medizinische Anwendungen wurden allerdings erst in den 1960er Jahren des letzten Jahrhunderts beschrieben.

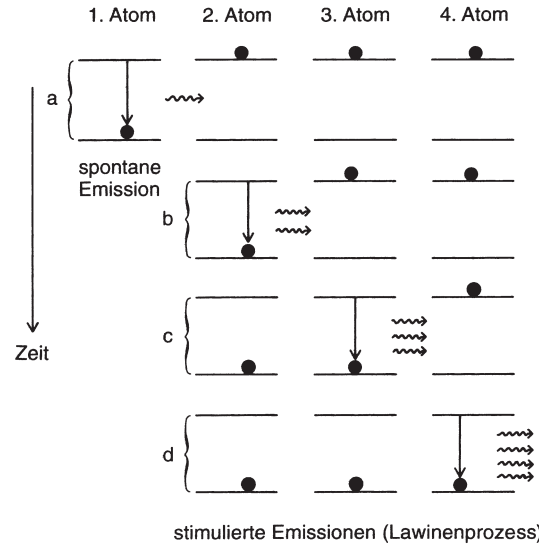
Das physikalische Prinzip einer LASER-Lichtquelle beruht auf der Annahme, Elektronen so stimulieren zu können, dass Atome von einem Grundniveau in einen energetisch höheren Energiezustand wechseln. Die darauffolgende spontane Rückkehr in den Grundzustand verursacht eine hocheffiziente Photonenemission (◘ Abb. 8.1). Dabei müssen mehr Elektronen im angeregten Zustand sein als im Grundzustand. Dieses Phänomen wird als Inversion bezeichnet.

Zur Ermöglichung dieses hochenergetischen Zustandes und Generierung von Licht benötigt ein Lasersystem folgende Bauelemente (◘ Abb. 8.2):

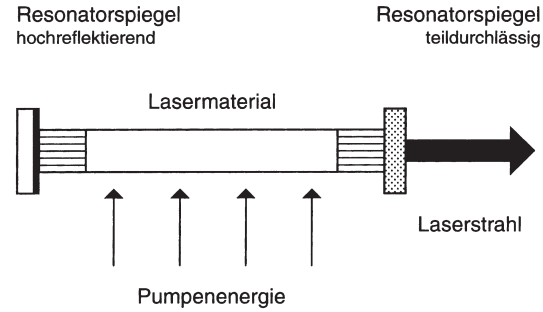
- Aktives Medium
- Pumpquelle
- Resonator

Das **aktive Medium** ist das anzuregende Element. Je nach Bauart kann es aus Gas, Glas, Farbstoff (flüssig) oder Kristallen bestehen. In der Geschichte der Lasertechnologie haben sich verschiedene Trends abgezeichnet. Zunächst konzentrierte sich die Entwicklung auf Gas-basierte Laser (Argon, roter Krypton, CO_2). In der Folge kamen Farbstofflaser auf den Markt (z. B. Coumarin-basiert). Diese Technologie ermöglichte eine verbesserte Anpassung und das Verstellen der Wellenlänge innerhalb eines Systems. Der nächste Schritt war die Entwicklung der Kristalltechnologie. Dies führte wiederrum zur raschen Erweiterung des Spektralbereichs.

Die **Pumpquelle** des Lasers ist das mit Energie versorgende Element, mit der das aktive Medium angeregt und damit zur Photonenemission gebracht wird. Insbesondere in den 1990er Jahren wurden auf diesem Gebiet beachtliche Fortschritte beobachtet. Durch moderne Pumpgeometrien konnten zum ersten Mal Hochleistungslaser realisiert werden. Dies führte zur industriellen Verbreitung solcher Systeme in der Materialverarbeitung. Erwähnenswert sind ebenfalls Halbleiterlaser, die sich in den 1980er Jahren



◘ **Abb. 8.1** Stimulierte Emission (Lawinenprozess), dargestellt an 4 angeregten Atomen. **a** Spontane Emission zur Auslosung, **b–d** stimulierte Emissionen (Hofstetter 1995)



◘ **Abb. 8.2** Aufbau eines Lasers (Hofstetter 1995)

des letzten Jahrhunderts signifikant entwickelt haben. Robuste Laserdioden mit kleiner Leistung wurden massenhaft in CD- und DVD-Laufwerken oder als Lichtemitter in Glasfasernetzen eingesetzt. Interessanterweise können diese auch als Laserpumpquelle, z. B. zur Anregung von Hochleistungssystemen (meistens Festkörperlaser), dienen.

Der **Resonator** ist ein substanzieller Bestandteil eines Lasersystems und legt die Richtung der Lichtemission fest. Zum einem findet im Resonator eine Mehrfachreflexion von angeregten Photonen statt. Dadurch erhöht sich maßgeblich die Lichtintensität. Zum anderen kann ein Teil der Photonen den Resonator in bestimmter Anordnung (in Längsrichtung) als Laserlicht verlassen. Sekundär werden dadurch auch weitere Emissionen stimuliert, die in diese Richtung erfolgen. Im einfachsten Fall ist daher ein Laserresonator eine Anordnung von zwei Spiegeln,

wobei der erste komplett und der zweite nur einen Teil der auffallenden Photonen reflektiert und einen Teil durchlässt.

Aus physikalischer Sicht ist das Laserlicht eine elektromagnetische Welle. Durch die spezifische Konstruktionsart eines Lasersystems ergeben sich wichtige Eigenschaften dieser Welle (des Laserlichtes):

a. **Hohe Intensität**: »Der Energiegehalt« des Laserlichtes ist in der Regel sehr hoch und kann skaliert werden.
b. **Enger Frequenzbereich**: Dadurch wird möglichst monochromatisches Licht erzeugt.
c. **Kollimierung**: Theoretisch ist der Laserstrahl ins Unendliche fokussiert und hat daher einen fixen Durchmesser.
d. **Kohärenz**: Das Laserlicht ist phasengleich.

Diese Eigenschaften machen das Laserlicht auch für medizinische Zwecke interessant. Die Möglichkeit der Erzeugung von monochromatischem Licht kann z. B. für diagnostische Zwecke genutzt werden. Die Generierung von kurzen Pulsen erlaubt, eine hohe Energieintensität (z. B. für therapeutische Zwecke) zu realisieren (Tab. 8.1).

Aufgrund dieser Tatsachen werden seit Jahrzehnten Lasersysteme in der Medizin eingesetzt. In der Urologie hat die Lasermedizin eine lange Tradition. Als Beispiele können Krypton-, Argon-, Neodym-YAG-, Holmium-YAG-, Halbleiter-, KTP-Laser sowie Farbstofflaser genannt werden (Tab. 8.2).

8.2 Biologische Wechselwirkung

Die Wechselwirkung eines Laserstrahles mit Gewebe führt zu einer Reihe von biophysikalischen und chemischen Prozessen, deren Grundlagen jedem Mediziner bekannt sein sollten, der diese Art der Energiequelle in der täglichen Praxis einsetzt.

Ähnlich wie bei fast allen anderen Medien kann das einfallende Laserlicht auch im Gewebe

- absorbiert,
- reflektiert oder
- gestreut werden.

Tab. 8.1 Wichtigste Medizinlaser

Laser	Aktives Medium	Wellenlange [nm]
Festkörperlaser		
Neodym-YAG	Neodym-Ionen (Nd^{3+}) in Yttrium-Aluminium-Granat ($Y_3Al_5O_{12}$)	1.064
Holmium-YAG	Holmium-Ionen in YAG	2.127
KTP	Kaliumtitanylphosphat (Frequenzverdoppelung der Nd-YAG-Strahlung)	532
Halbleiterlaser		
Galliumarsenid	pn-Ubergangszone	850–910
Gaslaser		
Excimer	Edelgas-Halogenid XeF	351
	XeCl	308
	KrF	248
	ArF	193
Helium-Neon	Neonatome + Helium (Ne-He)	633
Krypton	Krypton-Ionen (Kr^+)	Linien (324–858)
Argon	Argon-Ionen (Ar^+)	Linien (351–525)
Kohlendioxid	CO_2-Moleküle	10.600
Stickstoff	N_2-Moleküle	337,1
Flüssigkeitslaser		
Farbstofflaser	Organische Farbstoffe, z. B. Stilben, Cumarin	310–1280

Tab. 8.2 Die wichtigsten Laser und ihre Anwendung in der Urologie

Laser	Gewebewirkung	Bedeutung/Hauptindikation
Krypton	Fluoreszenz	Abgelöst durch UV-Lichtquellen
Argon	Koagulation (oberflächlich), PDT	Teilweise abgelöst durch Weislichtquellen
Nd-YAG	Koagulation, Schneiden, Vaporisation	Volumenkoagulation (Tumoren des Urogenitaltrakts, entzündliche Veränderungen)
Ho-YAG	Koagulation, Schneiden, Vaporisation	Multifunktional
Dioden	Koagulation, Vaporisation	Volumenkoagulation (wie Nd:YAG)
KTP	Vaporisation, Koagulation	Tumoren (Prostata)
CO_2	Schneiden, Vaporisation	In der Urologie keine Bedeutung
Excimer	Narbensprengung	Urethrastrikturen
Dye	Lithotripsie	Gut geeignet
Freddy	Lithotripsie	Gut geeignet
Alexandrit	Lithotripsie	(Wenig geeignet)
Stickstoff	»Zellchirurgie«	(Geeignet)

KTP Kaliumtitanylphosphat, PDT photodynamische Therapie

Zur Einschätzung dieser Effekte müssen die **Eigenschaften des aktiven Mediums im Lasersystem selbst** berücksichtigt werden. Da der menschliche Körper vorwiegend aus Wasser besteht, muss daher die Spezifikation des Laserstrahls in Anlehnung an den Wasserabsorptionskoeffizient abgestimmt werden.

Generell gilt, dass im sichtbaren Spektralbereich die Energieabsorption durch Wasser gering ist. Im Infrarotbereich wird hingegen die Laserenergie zunehmend besser absorbiert und hierdurch Wassermoleküle in Bewegung versetzt. Das Absorptionsspektrum erreicht sein Maximum bei 2.9 µm Wellenlänge. Zudem lässt sich auch die Eindringtiefe des Laserstrahls anhand von Absorptionskurven im Wellenlängenverlauf ablesen.

Eine weitere wichtige Rolle spielt die Energieaufnahme anderer biophysikalisch relevanter Absorber des menschlichen Körpers, wie z. B. Hämoglobin oder Melanin (Aby), die als zusätzliche Absorptionskoeffizienten berücksichtigt werden müssen.

Einen weiteren Parameter stellt die Streuungseigenschaft des jeweiligen Zielobjektes dar. In Abhängigkeit von der molekularen Zusammensetzung

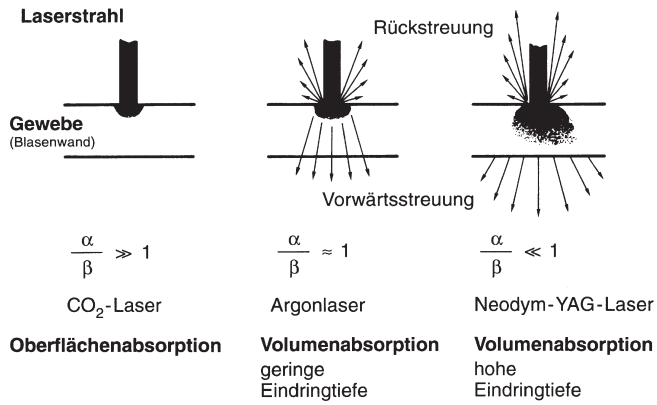


Abb. 8.3 Wellenlängenabhängige Strahlschwächung im Gewebe durch Absorption α und Streuung β. CO_2-Laser: starke Absorption, Nd-YAG-Laser: starke Streuung, Argon-Laser: Absorption und Streuung im Verhältnis 1:1 (Hofstetter 1995)

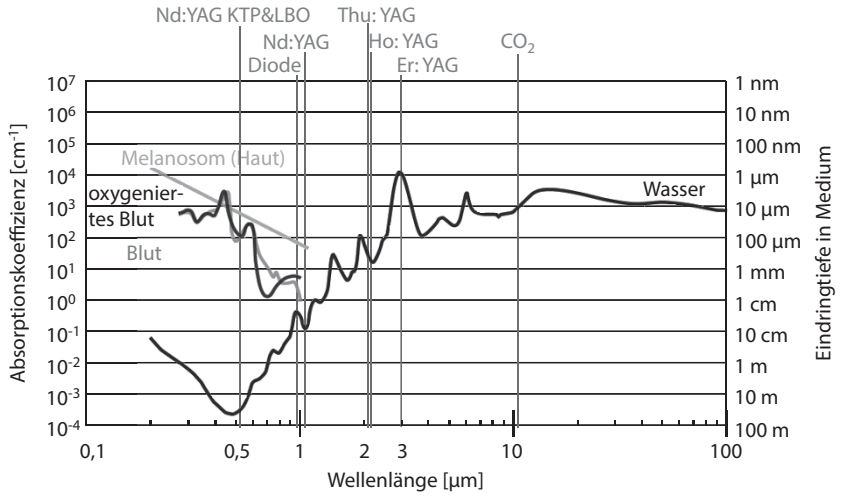


Abb. 8.4 Absorptionskoeffizient für Wasser, oxygeniertes Blut, nicht oxygeniertes Blut sowie Wasser

des Gewebes, Wellenlänge des Lasers sowie dessen Intensität können einfache oder mehrfache Streuungseffekte auftreten (Abb. 8.3). Aus medizinischer Sicht ist dies insofern relevant, als ein bestimmter Anteil an Photonen das Gewebe wieder ohne gewünschten Effekt verlässt (Abb. 8.4).

Für medizinische Anwendungen sind folgende Effekte der biophysikalischen Laserlichtwechselwirkung mit Gewebe von Bedeutung:

- **Photochemische Wechselwirkung**
- **Photothermische Wechselwirkung** (Photokoagulation, photothermisches Schneiden und Verdampfen)
- **Photomechanische Wechselwirkung**
- **Photodisruption**

In der Urologie sind photochemische Prozesse (bei niedrigen Energiedichten des Laserstrahls) von marginaler klinischer Relevanz. Diese Effekte werden z. B. in der Schmerztherapie, zur Beschleunigung der Wundheilung und in der Allergiebehandlung eingesetzt.

8.3 Photochemische Prozesse

Im Allgemeinen führt eine Bestrahlung des Gewebes mit niedrig energetischem Laserlicht zur Absorption der Energie ohne Umwandlung in Wärme. Diese Reaktion wird über chromophore Substanzen im Gewebe vermittelt. Diese Substanzen können entweder physiologisch im Körper vorkommen oder, wie im Falle der photodynamischen Diagnostik und Therapie, von außen zugeführt werden. Hinzugegebene Photosensibilisatoren erzeugen bei Bestrahlung mit Licht ausgeprägte Fluoreszenzsignale, die für diagnostische Zwecke genutzt werden. Abhängig von der applizierten Substanz entstehen durch die chemische Reaktion mit dem Laserlicht darüber hinaus auch freie Radikale, deren Anwendung für therapeutische Zwecke genutzt wird.

Um eine photoinduzierte, chemische Reaktion zu erzeugen, muss die Wellenlänge des Lichtes an das Absorptionssektrum (Absorptionseigenschaften) des Zielmoleküls abgestimmt sein. Neben chemischen Umwandlungen finden im bestrahlten Medium auch photophysikalische Deaktivierungsprozesse statt, die als Photoemission bezeichnet werden. Hier unterteilt man weitere Zustände wie Fluoreszenz (Deaktivierung aus angeregtem Singulett-Zustand) und Phosphoreszenz (Deaktivierung aus angeregtem Triplett-Zustand) und die strahlungslose Deaktivierung.

8.4 Photothermische Prozesse

8.4.1 Photokoagulation

Die Behandlung von Gewebe mit einer Laserleistung über 100 W/cm^2 erzeugt den sog. thermischen Effekt, der auch medizinisch genutzt werden kann.

Im Gegensatz zu photochemischen Prozessen führt die Energiezufuhr bei der Photokoagulation zu einem messbaren Anstieg der Gewebstemperatur. Dies ist wiederrum von einigen Faktoren, wie z. B.

Ausgangstemperatur, Wärmekapazität, Wärmeleitung und Konvektion, abhängig:

- **Bis 45° Celsius**: nur reversible Veränderungen des Gewebes
- **45°–55° Celsius**: Schädigung des Enzymapparates der Zelle, Teilzerstörung der Zellwand sowie Ausbildung eines Ödems
- **Ab 60° Celsius**: Eiweißdenaturierung

Diese Effekte haben eine koagulierende und blutstillende Wirkung, daher werden sie zum Verschluss offener Gefäße und zum Schrumpfen von Gewebe eingesetzt. Aus biophysikalischer Sicht eignen sich hierfür Systeme, bei welchen die Eindringstiefe des Strahls größer und die Energieverteilung möglichst homogen ist (z.B. Neodym-YAG:Laser).

8.4.2 Photothermisches Schneiden und Verdampfen

Der menschliche Körper besteht zu ca. 75 % aus Wasser. Die Temperaturerhöhung über 100°C des mit Laser behandelten Gewebes führt zum Sieden von Wasser und weiteren biophysikalischen Wechselwirkungen.

- Ab 100° Celsius: Platzen der Zellen und Gewebeschrumpfung
  Interessanterweise erzeugt die kontinuierliche Energiezufuhr während der Laserapplikation in Siedetemperatur zunächst keine weitere Temperaturerhöhung. In dieser Phase wird das Wasser verdampft und das Gewebe schrumpft. Erst nach lokaler Entwässerung des behandelten Areals kommt es zum weiteren Temperaturanstieg.
- Ab 150°Celsius: Karbonisierung von Gewebe
  Nach Entwässerung wird die Laserenergie (in Abhängigkeit von der Wellenlänge) auch an festen Gewebeelementen abgegeben. Dies führt zu deren molekularen Veränderungen, die als Karbonisierung sichtbar werden.
- Ab 400° Celsius: Vaporisation und Verbrennung
  Hier erfolgt eine komplette lokale Destruktion des Gewebes, die sich in einer Verbrennung äußert.

In der Urologie werden aktuell einige Laserenergiequellen zur Erzeugung der o.g. Effekte eingesetzt:

- **CO_2-Laser:** gut zum Schneiden wasserhaltiger Gewebe (keine flexible Laserfaser, daher in der Urologie nur marginale Bedeutung)
- **Nd-YAG**: Koagulation, Schneiden, Vaporisation Volumenkoagulation (Tumoren des Urogenitaltrakts, entzündliche Veränderungen)
- **Holmium-YAG**: Koagulation, Schneiden, Vaporisation, Multifunktional (auch Harnsteine)
- **Thulmium-YAG:** Koagulation, Schneiden, Vaporisation
- **Diodenlaser**: Koagulation, Vaporisation Volumenkoagulation (wie Nd:YAG)
- **KTP Laser**: Vaporisation, Koagulation Tumoren (Prostata)
- **Argon-Laser**: nur sehr oberflächliche Koagulation und Vaporisation (da Hämoglobin- und Melaninabsorption, geeignet für Behandlung von Hämangiomen des äußeren Genitals sowie zur Thermodestruktion von Endometrioseherden)

8.5 Athermische Laserverfahren

8.5.1 Photoablation

Bei hohen Leistungsdichten von über $10^6 W/cm^2$ wird eine Photoablation erreicht. Dieser Prozess gehört zu den photomechanischen Wechselwirkungen. Hier wird die Energie dem Zielobjekt (z. B. Gewebe) rapide zugeführt. Das Medium wird aufgeheizt und verdampft, ohne thermische Energieübertragung auf umliegende Strukturen. Solche Systeme werden in der Augenchirurgie angewendet. In der Regel werden sehr kurze Pulse generiert, um eine hohe Energiedichte pro Puls zu erreichen.

Aus biochemischen Sicht werden in diesem Prozess direkt molekulare Verbindungen in der mit Laserlicht behandeln Struktur angegriffen und zerstört. Dabei findet das sog. »kalte Verdampfen« statt. Der große Vorteil der Photoablation sind sehr präzise, »scharfe« Schnitte unter Schonung des umliegenden Gewebes (◘ Abb. 8.5).

Ein wichtiger Begriff ist die »Ablationsschwelle«. Damit wird die minimale Laserleistung definiert, bei welcher der Effekt der Photoablation auftritt.

8.5.2 Photodisruption

Wird eine sehr hohe Laserpulsenergie erzeugt, kann der photodisruptive Effekt auftreten. Hier entsteht zunächst eine instabile Plasmaformation in Form einer Blase. In der Folge kommt es aber zu rapiden Implosion dieser Struktur mit Entstehung von Sekundäreffekten wie z. B. einer Stoßwelle.

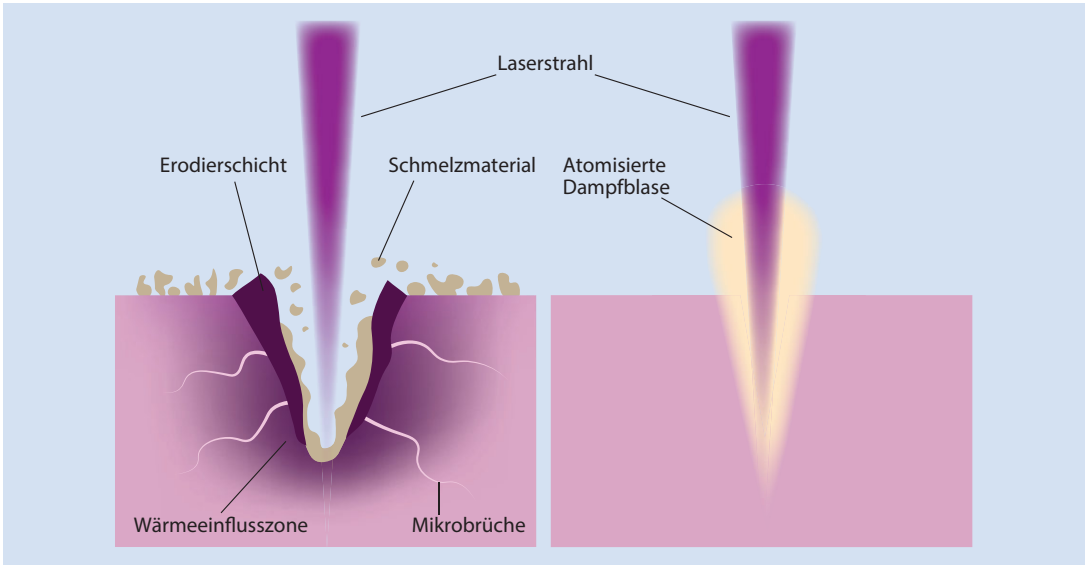


Abb. 8.5 Unterschied zwischen photothermischem Schneiden (links) und Photoablation (rechts)

8.6 Physikalische Grundlagen der Harnsteinlaserlithotripsie

8.6.1 Photoakustischer Effekt

Der gepulste **Farbstoff-** (modelabhängig Wellenlänge zwischen 310-1280nm) und der **FREDDY-**(Frequenz verdoppelter Dualpuls-Nd:YAG-Laser, Wellenlänge 532 und 1.064 nm) **Laser** nutzen zur Zertrümmerung von Harnsteinen den photoakustischen Effekt. Hier werden kurze Pulse < 10 µs erzeugt. Diese führen zur Generierung einer hochenergetischen Plasmablase. Deren Instabilität führt zur sofortigen Implosion und partiellen Umwandlung der Energie in eine hochenergetische Stoßwelle. Durch die Ausbreitung kann die Energie auch an Harnsteine übertragen werden. Diese führt ähnlich wie bei der extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie zur mechanischen Fragmentierung der Konkremente.

8.6.2 Photothermischer Effekt

Der bereits angesprochene photothermische Effekt wird beim Einsatz des Holmium-Lasers (Wellenlänge 2127 nm) in der Steintherapie genutzt. Die Pulslänge beträgt zwischen 100–1000 µs. Hier kommt es zum raschen Anstieg der Wassertemperatur innerhalb des Steines und zur Entstehung einer Wasserdampfblase. Diese sprengt wiederum die kristalline Struktur des Konkrementes und führt zu seiner Zertrümmerung. Dadurch können trockene Steine oder Konkremente mit einer sehr hohen Substanzdichte (z. B. Straßensteine) mit dem Holmium Laser kaum fragmentiert werden.

Literatur

Dołowy Ł, Krajewski W, Dembowski J, Zdrojowy R, Kołodziej A. The role of lasers in modern urology. Cent European J Urol 2015; 68(2): 175-82

Gravas S, Bachmann A, Reich O, Roehrborn CG, Gilling PJ, De La Rosette J. Critical review of lasers in benign prostatic hyperplasia (BPH). BJU international 2011; 107(7): 1030-43

Herrmann TRW, Liatsikos EN, Nagele U, Traxer O, Merseburger AS, EAU Guidelines Panel on Lasers T. EAU guidelines on laser technologies. Eur Urol 2012; 61(4): 783-95

Hofstetter AG. Lasergestützte Operationsverfahren in der Urologie, 2003, Georg Thieme Verlag

Hofstetter AG (Hrsg) Laser in der Urologie – Eine Operationslehre, 1995, Springer Verlag

Johnson DE, Cromeens DM, Price RE. Use of the holmium: YAG laser in urology. Lasers in surgery and medicine 1992; 12(4): 353-63

Kronenberg P, Traxer O. Update on lasers in urology 2014: current assessment on holmium:yttrium-aluminum-garnet (Ho:YAG) laser lithotripter settings and laser fibers. World J Urol 2015; 33(4): 463-9

Mulvaney W, Beck C. The laser beam in urology. The Journal of urology 1968; 99(1): 112-5

Nazif OA, Teichman JM, Glickman RD, Welch AJ. Review of laser fibers: a practical guide for urologists. Journal of endourology 2004; 18(9): 818-29

Rassweiler J, Rassweiler M-C, Kenngott H, et al. The past, present and future of minimally invasive therapy in urology: a review and speculative outlook. Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies 2013; 22(4): 200-9

Schneede P, Hofstetter A, Rothenberger K-H, et al. Thermische Laserwirkungen. Laser in der Urologie: Springer; 1995: 49-116

Waidelich W. Physikalische Grundlagen der Laser Medizin. Lasergestützte Operationsverfahren in der Urologie Thieme, Stuttgart 2003: 5-17

Wollin TA, Denstedt JD. The holmium laser in urology. Journal of clinical laser medicine & surgery 1998; 16(1): 13-20

Holmium-Laser-Enukleation der Prostata (HoLEP)

R.M. Kuntz

9.1 Einleitung – 125

9.2 Indikationen – 125
9.2.1 Prostatagröße – 125
9.2.2 Seltene Indikationen – 126

9.3 Vorbereitung des Patienten – 126
9.3.1 Präoperative Vorbereitung – 126
9.3.2 Lagerung und Abdeckung des Patienten – 126

9.4 Operationsinstrumentarium – 127
9.4.1 Holmium-Laser – 127
9.4.2 Laserresektoskop – 127
9.4.3 Mechanische Gewebemorcellatoren – 127

9.5 Operationstechnik – 128
9.5.1 Prinzip der Enukleation – 128
9.5.2 Weiteres Vorgehen bis zur Enukleation – 128
9.5.3 Enukleation des Mittellappens – 128
9.5.4 Enukleation des linken Seitenlappens in der klassischen Technik nach Gilling – 133
9.5.5 Enukleation des linken Seitenlappens in modifizierter Technik – 139
9.5.6 Enukleation des rechten Seitenlappens in der klassischen Technik nach Gilling und in der modifizierten Technik – 140
9.5.7 Adenomenukleation mit nur 2 Inzisionen – 143
9.5.8 Gewebefragmentierung – 143
9.5.9 Gewebeentfernung – 145
9.5.10 Blutstillung – 145
9.5.11 Blasenkatheter – 146
9.5.12 Prostatakarzinom – 147

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_9

9.5.13 Prostataabszess – 147
9.5.14 Blasensteine – 147
9.5.15 Harnröhrenstriktur, Blasenhalssklerose, Blasendivertikel – 147

9.6 Postoperative Nachbehandlung – 147

9.7 Komplikationen der Holmium-Laser-Enukleation der Prostata – 148
9.7.1 Intraoperative Komplikationen – 148
9.7.2 Postoperative Komplikationen – 149
9.7.3 Spätkomplikationen – 150

9.8 Ergebnisse – 150

Literatur – 151

9.1 Einleitung

Für kleine und mittelgroße Prostatadrüsen gilt die TUR-Prostata (TURP) nach wie vor als Therapie der Wahl (AUA Practice Guidelines Committee 2003, Rassweiler et al. 2006, Oelke et al. 2013). Allerdings liegt trotz Senkung der Mortalität auf nahezu Null die Morbidität der TURP nach wie vor bei etwa 15 %, wofür unter anderem ein relativ hoher Blutverlust mit einer mittleren Transfusionsrate von 8 % (5–11 %) verantwortlich ist (AUA Practice Guidelines Committee 2003). Deshalb wurde in den letzten Jahren nach Alternativverfahren mit ähnlicher Effektivität, jedoch geringerer Morbidität gesucht. Auch verschiedene Laser mit unterschiedlicher Wirkungsweise und Effizienz fanden dabei klinische Anwendung (Kuntz 2006 und 2007), diese sind im Wesentlichen:

- Neodym:YAG-Laser zur transurethralen berührungsfreien seitlichen Laserbestrahlung der Prostata (visuelle Laserablation der Prostata in Side-fire-Technik = VLAP) oder zur interstitiellen Laserkoagulation (ILK), bei der die Laserenergie über intraprostatisch eingestochene Nadeln appliziert wird
- KTP-Laser (Frequenzverdopplung der Neodym:YAG-Strahlung) sowie Diodenlaser zur Vaporisation von Prostatagewebe
- Thulium-Laser mit sehr ähnlicher Wellenlänge (und ähnlichen physikalischen Eigenschaften) wie der Holmium-Laser, aber im quasi-Dauerstrichmodus appliziert
- Holmium:YAG-Laser zur Holmium-Laser-Resektion bzw. -enukleation der Prostata.

Die Holmium-Laser-Wellenlänge wird sehr gut von Wasser absorbiert und deshalb sehr schnell von wasserhaltigem Gewebe aufgenommen und in Hitze umgewandelt. Die Holmium-Laser-Wellenlänge hat deshalb eine nur sehr geringe Eindringtiefe von 0,4 mm (Kuntz et al. 1998). Je kürzer die Eindringtiefe und je kleiner das bestrahlte Gewebeareal, desto höher ist die Energiedichte. Die hohe Energiedichte des Holmium-Lasers erhitzt das wasserhaltige Prostatagewebe auf über 100°C und führt zur dessen Vaporisation.

Wird die Laserfaser in direktem Gewebekontakt durch Prostatalappen geführt, so resultiert aus der Vaporisation ein Schnitt, der wegen der geringen Eindringtiefe von 0,4 mm sehr präzise ist. Abstrahlende Hitze führt auf einer Strecke von 2–3 mm zur thermisch bedingten Koagulationsnekrose des angrenzenden Gewebes mit simultaner Koagulation von Gefäßen (Kuntz et al. 1998). Schon beim Schneiden des Prostatagewebes mit dem Holmium-Laser wird die Mehrzahl aller Gefäße gestillt, und die Operation ist nahezu blutungsfrei.

Die Wellenlänge des Neodym:YAG-Lasers wird dagegen sehr viel schlechter von Wasser resorbiert und dringt deshalb sehr viel tiefer ins Gewebe ein, bevor sich die Laserenergie in Hitze umgewandelt hat. Die Energiedichte ist geringer, das Prostatagewebe wird nicht auf über 100°C erhitzt und deshalb nicht vaporisiert (Kuntz et al. 1998). Schneiden ist nicht möglich, und Prostatagewebe kann weder inzidiert noch reseziert oder enukleiert werden. Der Neodym:YAG-Laser führt vielmehr lediglich zu einer Koagulationsnekrose des Prostatagewebes, und die Volumenreduktion des obstruierenden Prostatagewebes tritt erst ein, nachdem das nekrotische Prostatagewebe abgestoßen oder resorbiert worden ist.

Während die Neodym:YAG-Laser-Behandlung ein sekundär abladierendes Verfahren mit verspätet einsetzender Beseitigung von obstruierendem Prostatagewebe ist, sind die Behandlungen mit dem Thulium-Laser, den vaporisierenden Lasern und die Holmium-Laser-Enukleation (HoLEP) sofort abladierende Verfahren.

9.2 Indikationen

Die Indikationen der Holmium-Laser-Enukleation (HoLEP) sind grundsätzlich identisch mit denen der TURP (▶ Abschn. 7.1).

9.2.1 Prostatagröße

Indikation bei kleiner Prostata

Kleine Drüsen von weniger als 20–30 g können durch eine transurethrale Inzision der Prostata (TUIP) behandelt werden, was mit dem Holmium-Laser sehr viel besser als mit der HF-Schlinge möglich ist, da die Inzision des Prostatagewebes vollkommen blutungsfrei bleibt. In der Regel wird der Blasenhals bei 5 Uhr und bei 7 Uhr inzidiert. Bei Bedarf kann zusätzlich der Mittellappen enukleiert werden. Eine retrograde Ejakulation tritt nach TUIP seltener auf als nach einer HoLEP.

Falls bei kleineren Prostatae eine Enukleation des adenomatösen Gewebes bevorzugt wird, sollte am Ende der Operation bei 6 Uhr eine tiefe Inzision im Bereich des Übergangs von der Blase zur Pros-

tataloge erfolgen, um einer postoperativen narbigen Blasenhalssklerose vorzubeugen.

Indikation bei großer Prostata

Im Gegensatz zur TURP gibt es für die HoLEP keine Differenzialindikation zur offenen Adenomenukleation, denn mit dem Holmium-Laser können Adenome jeglicher Größe operiert werden (Kuntz 2006 und 2007, Moody et al. 2001, Kuntz und Lehrich 2002, Kuntz et al. 2008 und 2002a, Tan und Gilling 2002, Tan et al. 2003, Wilson et al. 2006, Elzayat et al. 2005). Offene Adenomenukleationen werden überflüssig. Auch bei großen Drüsen über 100 g Gewicht ist der Blutverlust gering (Kuntz und Lehrich 2002, Kuntz et al. 2008 und 2002a, Elzayat et al. 2005, Kuntz et al. 2004a, Kuntz et al. 2002b). Im eigenen Krankengut von über 3.000 Operationen an Prostatae mit einem Gewicht von über 100 g beträgt die Transfusionsrate <0,2 % (unveröffentlichte Daten). Ein TUR-Syndrom kann nicht auftreten, da Kochsalzlösung als Spülflüssigkeit verwendet wird. Allerdings können wegen der längeren Operationszeit erhebliche Flüssigkeitsmengen resorbiert werden, was bei herzinsuffizienten Patienten beachtet werden muss.

9.2.2 Seltene Indikationen

Palliative Resektion des Prostatakarzinoms

Blutungen, rezidivierende Harnverhaltungen oder eine ausgeprägte Miktionssymptomatik sind Indikationen zur endoskopischen Abtragung des obstruierenden Karzinomgewebes. Es ist denkbar, jedoch nicht bewiesen, dass die simultane Blutstillung bei der Enukleation die Einschwemmung von Karzinomzellen in Venen verhindert oder vermindert und einer hämatogenen Disseminierung vorbeugt.

Prostataabszess

Ein Prostataabszess kann blutungsfrei mit dem Holmium-Laser inzidiert werden.

Plättchenhemmer- und Antikoagulanzientherapie

Acetylsalicylsäure braucht grundsätzlich nicht abgesetzt werden. Auch wenn zahlreiche Autoren über die Möglichkeit berichten, bei kleinen Drüsen bis zu etwa 40 g selbst unter Marcumar-Therapie eine Holmium-Laser-Enukleation der Prostata durchführen zu können (Tan und Gilling 2002, Elzayat et al. 2006, Gilling et al. 1999), sollten wenn möglich Clopidogrel, Cumarinderivate und die »neuen oralen Antikoagulanzien« (z. B. Rivaroxaban) vorübergehend abgesetzt und eventuell durch niedermolekulare Heparine ersetzt werden (sog. bridging). Ein individuelles Vorgehen und die Konsultation der Internisten sind dringend zu empfehlen.

9.3 Vorbereitung des Patienten

9.3.1 Präoperative Vorbereitung

Als antibiotische Prophylaxe ist die einmalige intravenöse Gabe eines Breitbandantibiotikums unmittelbar vor Beginn der Operation ausreichend. Wird präoperativ ein bis dahin nicht bekannter Harnwegsinfekt nachgewiesen, sollte die Operation verschoben und der Infekt behandelt werden.

Eigenblut oder gar Fremdblutkonserven müssen auch bei großen Drüsen nicht bereitgestellt werden.

9.3.2 Lagerung und Abdeckung des Patienten

Die Lagerung des Patienten erfolgt wie bei der TURP (▶ Abschn. 7.2.3).

Tipps

Bei eingeschränkter Beweglichkeit im Hüftgelenk kann letztlich nur durch eine Probelagerung beurteilt werden, ob eine transurethrale HoLEP in Steinschnittlage überhaupt möglich ist.

Tipps

Das Abdecktuch, das den Anästhesiebereich vom Operationsfeld trennt, sollte so am Abdeckbügel befestigt werden, dass der Operateur während der Operation mit der flachen Hand das Abdomen des Patienten eindrücken kann. Dadurch kann nicht nur das Blasendach in Richtung Blasenboden, sondern auch das Dach der Prostataloge in Richtung Logenboden gedrückt und der ventrale Resektionsrand zwischen Blase und Prostataloge bei der abschließenden Blutstillung besser inspiziert werden.

Bei der Lagerung von Patienten mit eingeschränkter Beweglichkeit in den Hüftgelenken dürfen während der Schmerzfreiheit der Narkose kontrakte Gelenk- und Muskelstrukturen nicht überdehnt und traumatisiert werden!

9.4 Operationsinstrumentarium

9.4.1 Holmium-Laser

Der Holmium-Yttrium-Aluminium-Garnet-(YAG-) Laser ist ein gepulster Feststofflaser. Er produziert Licht im unsichtbaren Bereich mit einer Wellenlänge von 2.140 nm. Am Lasergerät können sowohl die Energie pro Einzelpuls (Joule) als auch die Anzahl der Pulse (Hertz) stufenweise verändert werden. Je höher die Energie pro Puls, desto stärker ist der Schneideeffekt. Je höher die Frequenz, desto schneller ist der Schneidevorgang. Zur effektiven Schneideleistung ist mindestens 1,2 J pro Puls notwendig.

Tipps

Für die HoLEP hat sich eine Energie pro Puls von 1,2–1,5 J pro Puls als optimal erwiesen. Energien von über 2,0 J/Puls führen zu vermehrten Gewebezerreißungen mit unnötigen Blutungen und können in Sphinkternähe potentiell zu thermischer Schädigung des Sphinkters führen. Als Spülflüssigkeit wird physiologische 0,9%ige Kochsalzlösung verwendet.

Zur Koagulation von Gefäßen, besonders bei der abschließenden Koagulation nach Entfernung der Prostatalappen, ist eine Reduktion auf 1,2 J günstig.

Der Energietransport erfolgt über resterilisierbare und somit wiederverwendbare, wasserarme, flexible Quarzfasern mit einem Durchmesser von etwa 0,5 mm. Zur Kühlung der Faser und zur Herstellung guter Sichtverhältnisse ist während der Operation eine Dauerspülung nötig.

9.4.2 Laserresektoskop

Grundsätzlich können zur transurethralen Anwendung eines Holmium-Lasers sämtliche Endoskope verwendet werden, die über einen Arbeitskanal verfügen und bei denen die Laserfaser arretiert und gegen seitliche Ausschläge stabilisiert werden kann. Zur Stabilisierung kann die Faser durch einen Ureterkatheter geführt werden. Die Laserfaser sollte 3 mm aus dem Ureterkatheter herausragen.

Günstiger sind Dauerspülresektoskope, die einen äußeren Schaft besitzen, der im direkten Kontakt mit der Harnröhrenschleimhaut steht, und einen inneren drehbaren Innenschaft, mit dessen Hilfe das Resektoskop rotiert werden kann, ohne dass der äußere Schaft bewegt wird.

Zusammen mit Karl Storz, Tuttlingen, BRD wurde in unserer Klinik ein spezieller Laserarbeitseinsatz entwickelt, der es ermöglicht, die Laserfaser aus dem Resektoskopschaft herauszuschieben bzw. in den Resektoskopschaft zurückzuziehen, und der darüber hinaus die Laserfaser stabilisiert und arretiert. Ohne Stabilisierung der Laserfaser resultiert kein gerader Schnitt, sondern ein »Zick-zack-Schnitt« mit seitlichen Ausschlägen der Faser im Rhythmus der Laserimpulse, die sich auf die Laserfaser übertragen.

Wie die klassische Elektroresektion wird die Holmium-Laser-Enukleation in Videotechnik durchgeführt.

9.4.3 Mechanische Gewebemorcellatoren

Zurzeit existieren 3 Morcellatorsysteme, die ähnlich funktionieren. Beim **VersaCut-System** (Lumenis, Santa Clara, CA, USA) besteht das Morcellatorsystem aus 2 röhrenförmigen Hohlmessern, an deren Ende sich jeweils ein Fenster mit geschliffenen Kanten befindet. Das äußere Hohlmesser ist fest mit einem Handgriff verbunden. Das innere Hohlmesser dagegen bewegt sich im äußeren Hohlmesser vor und zurück und ist über ein Schlauchsystem mit einer Rollenpumpe verbunden. Durch Aktivierung der Pumpe über einen Fußschalter wird die Absaugung von Spülflüssigkeit aus der Blase in Gang gesetzt und damit der in der Blase flottierende enukleierte Prostatalappen an das Morcellatorfenster angesaugt. Durch weiteres Herunterdrücken des Fußschalters in eine zweite Position wird dann die Bewegung des inneren Hohlmessers ausgelöst, welches das in die Fenster der Hohlmesser hineinragende Prostatagewebe guillotinenartig abschneidet, also morcelliert. Das morcellierte Gewebe wird über das innere Hohlmesser und ein Schlauchsystem in ein Auffangsieb abgesaugt.

Beim **PIRANHA-System** (Richard Wolf, Knittlingen, BRD) und beim **Storz-Morcellatorsystem** (Karl Storz, Tuttlingen, BRD) sind die Spitzen des inneren und äußeren Hohlmessers schalenförmig

gestaltet, und der Rand der inneren Schale hat schneidende Kanten. Die »Schale« des kleineren inneren Rotationsmessers bewegt sich auf der »Schale« des größeren äußeren Rotationsmessers rotierend-oszillierend seitwärts, also abwechselnd von links nach rechts und von rechts nach links. Die gewünschte Drehzahl (in der Regel ca. 700–800/min, also ca. 350–400-mal Links- und 350–400-mal Rechtslauf) und die Häufigkeit des Richtungswechsels werden am Kontrollgerät eingegeben. Die oszillierenden Fräsbewegungen des Morcellatormessers werden durch einen Fußschalter initiiert und beendet. Das dabei »abgefräste« Gewebe wird durch eine Vakuumpumpe, welche einen konstanten Unterdruck produziert, über ein Schlauchsystem abgesaugt und automatisch in einem dafür vorgesehenen Behälter aufgefangen. Die abgesaugte Irrigationsflüssigkeit wird in Behältern gesammelt, welche nach ihrer Füllung ausgewechselt werden.

Damit die Morcellation unter Sicht erfolgen kann, wird der Morcellator mit einem Nephroskop mit schrägem Optikaufsatz und 60°-Optik verbunden. Dieses Nephroskop wird nach Entfernung des inneren Resektoskopschaftes inklusive Arbeitseinsatz über einen von uns entwickelten Adapter mit dem in der Harnröhre verbleibenden äußeren Resektoskopschaft verbunden. Der Wechsel von Laserenukleation zu mechanischer Gewebemorcellation ist somit einfach, schnell, ohne Wechsel des äußeren Resektionsschaftes und ohne potenzielle Traumatisierung der Harnröhre möglich.

9.5 Operationstechnik

9.5.1 Prinzip der Enukleation

Die HoLEP führt als ein primär abladierendes Verfahren zur sofortigen, endoskopisch kontrollierten Entfernung des obstruierenden Prostatagewebes. Dabei wird die Prostata nicht Schnitt für Schnitt reseziert, sondern tatsächlich enukleiert, genau wie bei der offenen Adenomenukleation, jedoch auf transurethralem Zugang. Die Prostatalappen werden in toto von der chirurgischen Kapsel abgetragen. Die Holmium-Laser-Faser bewegt sich dabei in exakt derselben Schicht zwischen Adenomgewebe und chirurgischer Kapsel wie der Zeigefinger des Operateurs bei der offenen Operation. Alle vorliegenden Daten mit mittel- und langfristiger Beobachtungszeit deuten darauf hin, dass die Desobstruktion der prostatischen Harnröhre genauso effektiv und anhaltend ist wie bei der TURP (Tan und Gilling (2002, Gilling et al. 1999 und 2001, Kuntz et al. 2004b, Ahyai et al. 2007, Montorsi et al. 2004) und der offenen Adenomenukleation (Moody und Lingeman 2001, Kuntz und Lehrich 2002, Kuntz et al. 2008, Kuntz et al. 2002a, Wilson et al. 2006, Elzayat et al. 2005, Kuntz et al. 2004a, Kuntz et al. 2002b).

Die Holmium-Laser-Enukleation der Prostata ist eine eigene transurethrale Operationstechnik, die erlernt werden muss. Sie ist keine Anfängeroperation (Kuntz 2006 und 2007, Tan und Gilling 2002, Seki et al. 2003, Shah et al. 2007, Elzayat und Elhilali 2007). Endoskopische Erfahrung und exakte anatomische Kenntnisse des Blasenhalses sind Voraussetzung. Schon nach etwa 40 Operationen lässt sich die Methode relativ sicher beherrschen, vorausgesetzt, die Operationen finden in relativ kurzem Zeitraum statt, die Prostatae sind ca. 40–60 g groß und der Lernende nutzt nicht jede echte oder vermeintliche Schwierigkeit als Anlass oder auch nur als Alibi, um dem Lernprozess auszuweichen und auf die gewohnte klassische TURP zurückzugreifen. (Offensichtlich tun sich gerade erfahrene Operateure gelegentlich schwer, vorübergehend den Status des Lernenden zu akzeptieren.)

9.5.2 Weiteres Vorgehen bis zur Enukleation

Einführen des Resektoskops, Inspektion der Blase, hydraulischer Sphinktertest, Haltung des Instruments, Regulierung des Spülwassers, Gewebedifferenzierung werden ausführlich in ▶ Abschn. 7.3.1–7.3.6 dargestellt. Sie sind für die HoLEP gleichermaßen zutreffend wie für die TURP.

9.5.3 Enukleation des Mittellappens

Vor Beginn der Mittellappenenukleation müssen beide Harnleiterostien identifiziert werden.

Tipps

Bei Drüsen mit großen, weit endovesikal gewachsenen Mittellappen können die Harnleiterostien oft erst eingesehen werden, wenn die Blase sich mit zunehmender Füllung ausdehnt und der Abstand zwischen Harnleiterostium und Prostataadenom zunimmt.

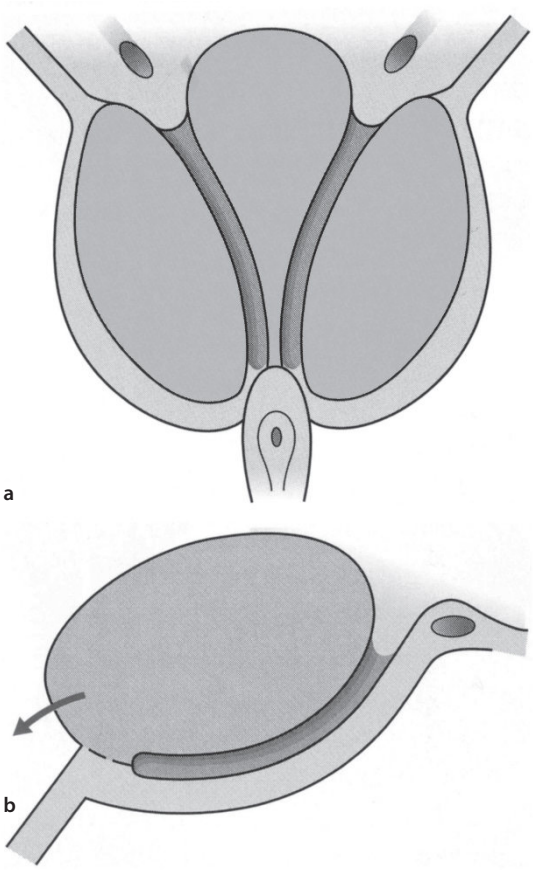


Abb. 9.1a,b Schematische Darstellung der Mittellappenenukleation. **a** Blasenhalsinzisionen bei 5 Uhr und 7 Uhr. **b** Retrograde Abtragung des Mittellappens auf dem Niveau der chirurgischen Kapsel

Nach Identifizierung der Harnleiterostien wird der Blasenhals bei 5 Uhr und 7 Uhr inzidiert (Abb. 9.1).

Tipps

Es muss daran gedacht werden, dass das Laserlicht immer geradeaus strahlt. Bei der Inzision des Blasenhalses muss deshalb der Laserstrahl medial oder lateral des Harnleiterostiums zielen, da sonst das Ostium verletzt werden kann, auch wenn die Laserfaser nicht direkt das Ostium berührt, denn bis auf eine Entfernung von etwa 3 mm kann die Laserenergie zur Koagulationsnekrose des Gewebes führen (Abb. 9.2, Abb. 9.3).

Die Inzisionen bei 5 und 7 Uhr beginnen jeweils am Übergang zwischen Blase und prostatischer Harnröhre und enden an der proximalen Grenze

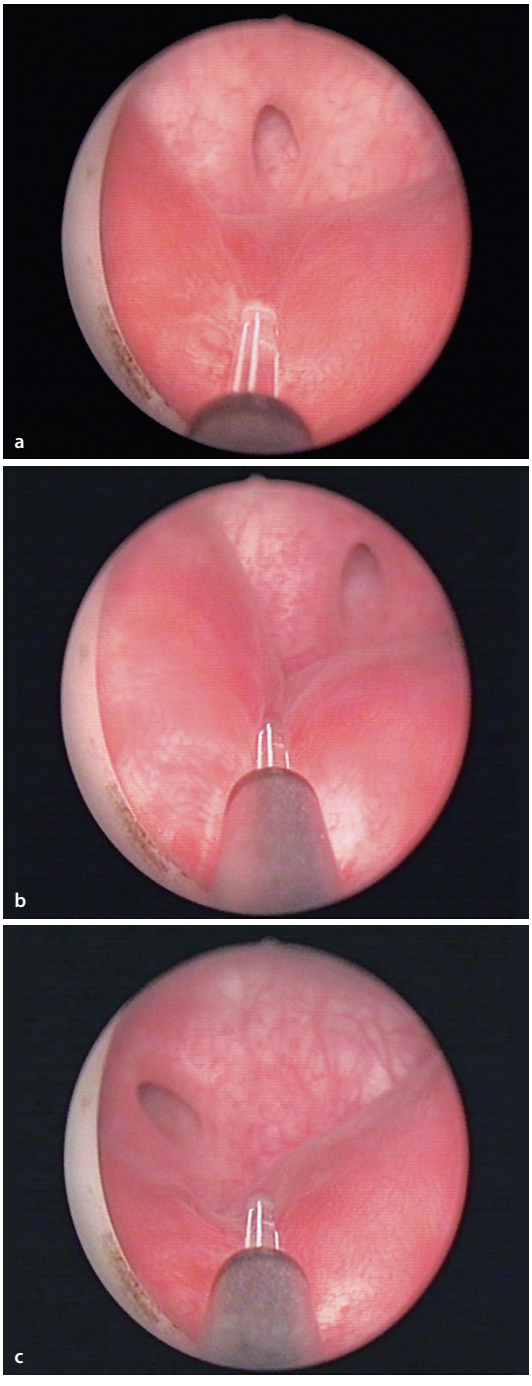


Abb. 9.2a–c Position der Laserfaser bei der 5-Uhr-Inzision des Blasenhalses zu Beginn der Mittellappenenukleation. **a** Verbotene Position: In dieser Position zeigt die Laserfaser direkt auf das Harnleiterostium, es bestünde eine erhebliche Gefahr, dass beim Schneiden der Blasenhalsinzision das linke Harnleiterostium verletzt wird. **b** Erlaubte Position: Die Laserfaser ist medial des Harnleiterostiums ausgerichtet und kann das Harnleiterstostium nicht verletzen. **c** Erlaubte Position: Die Laserfaser ist lateral des linken Harnleiterostiums ausgerichtet und kann das Ostium nicht verletzen

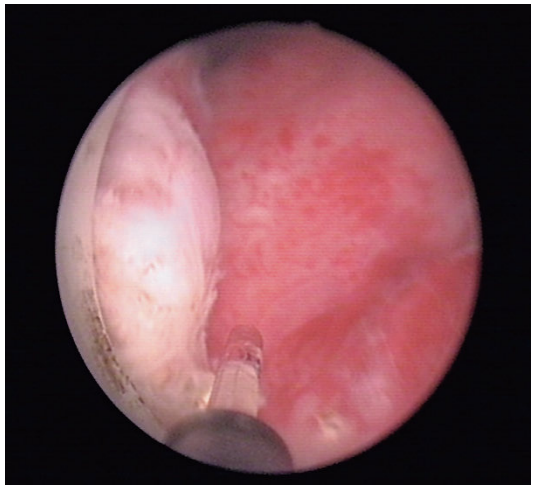


Abb. 9.3 Blasenhalsinzision bei 5 Uhr (zwischen linkem Seitenlappen und Mittellappen). Im Hintergrund ist bei 12 Uhr das linke Harnleiterostium zu sehen

des Colliculus seminalis oder beginnen umgekehrt paracolliculär und enden am Übergang zur Blase.

Auch bei sehr großen Adenomen, bei denen die distale Adenomgrenze distal über den Kollikel hinausragt, sollten die primären Blasenhalsinzisionen bei 5 Uhr und 7 Uhr nicht über den Kollikel hinaus bis zur Spitze des Apex durchgezogen werden. Denn ansonsten könnten dabei Blutgefäße im parakollikulären Gewebe eröffnet werden, die mühselig zu stillen sind bzw. – falls dies nicht auf Anhieb gelingt – während der gesamten Enukleation des Mittellappens weiter bluten.

Beide Inzisionen werden bis auf die chirurgische Kapsel vertieft, die sich optisch mit ihren weißlichen, parallel verlaufenden faserartigen Strukturen sehr gut vom gelblichen Adenomgewebe mit feinhöckeriger, »noppiger« Oberfläche unterscheiden lässt (Abb. 9.4).

Tipps

Sobald die 5- und 7-Uhr-Inzisionen das Niveau der chirurgischen Kapsel erreicht haben, sollen die Inzisionen möglichst weit nach medial und lateral verbreitert werden. Das führt zur Unterminierung des Mittellappens und beider Seitenlappen, und die Präparationsschicht zwischen Adenomgewebe und chirurgischer Kapsel wird breitflächig von der Blase bis zum Kollikel freigelegt (Abb. 9.5, Abb. 9.6, Abb. 9.7, Abb. 9.8 und Abb. 9.9).

Direkt vor dem Colliculus seminalis werden beide Inzisionen quer miteinander verbunden (Abb. 9.10), und die Querinzision wird ebenfalls bis zur Kapsel vertieft. Dann wird der Mittellappen in retrograder Weise, also vom Kollikel zur Blase, auf dem Niveau

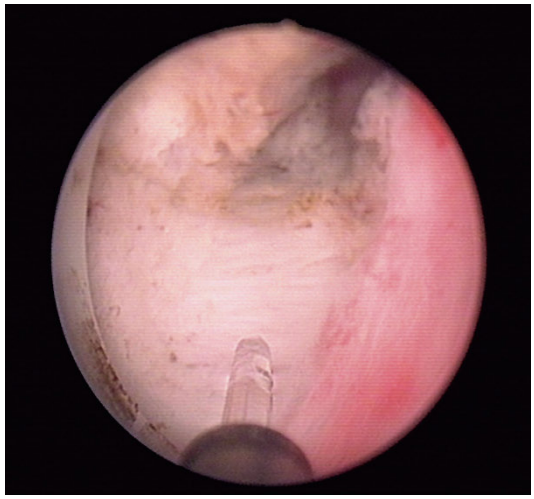


Abb. 9.4 Vertiefung der Blasenhalsinzision bei 5 Uhr bis zur chirurgischen Kapsel. Die chirurgische Kapsel ist an den weißlichen, parallel verlaufenden Fasern zu erkennen. Auf der linken oberen Bildhälfte zeigt sich die gelbliche, genoppte Oberfläche des adenomatösen Gewebes, auf der rechten Bildhälfte das unverletzte Urothel der prostatischen Harnröhre

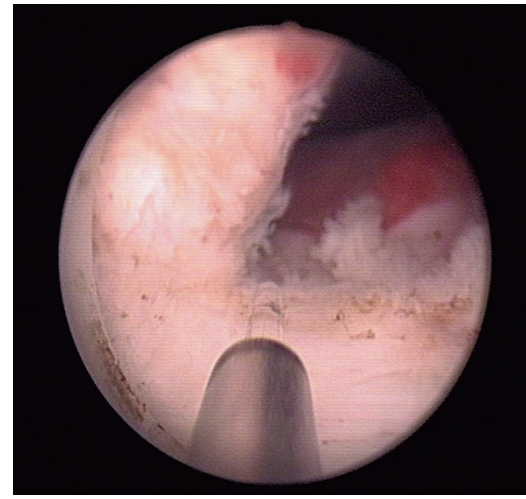


Abb. 9.5 Verbreiterung der 5-Uhr-Inzision auf dem Niveau der chirurgischen Kapsel nach medial zur Unterminierung des Mittellappens

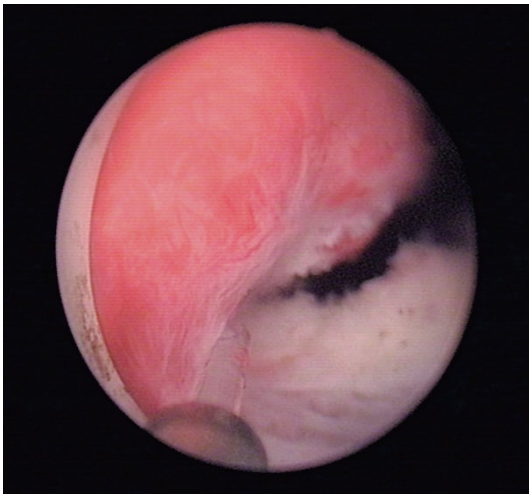


Abb. 9.6 Fortführung der Unterminierung des Mittellappens

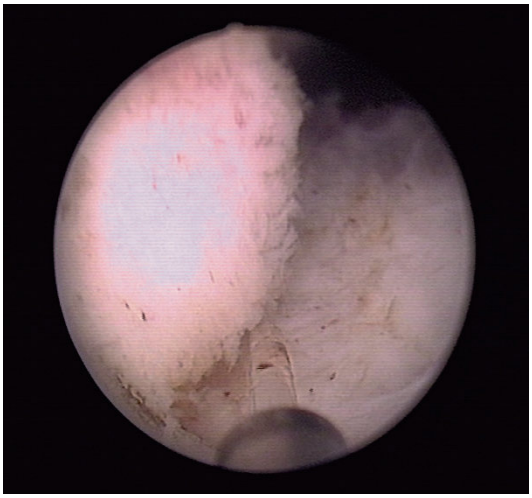


Abb. 9.7 Distales Ende der 5-Uhr-Inzision. Der Mittellappen ist deutlich unterminiert

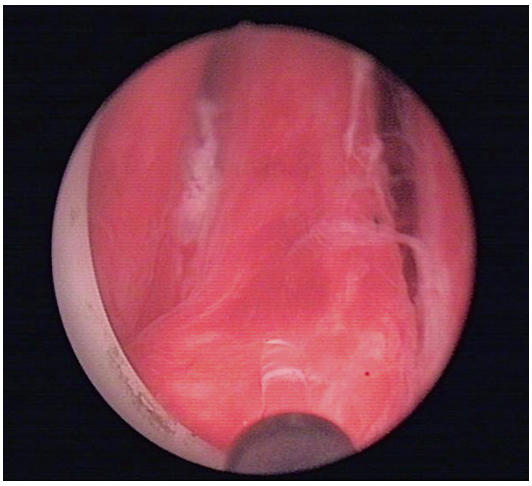


Abb. 9.8 Zustand nach kompletter Blasenhalsinzision bei 5 Uhr und bei 7 Uhr. Beide Inzisionen enden am Beginn des Kollikels

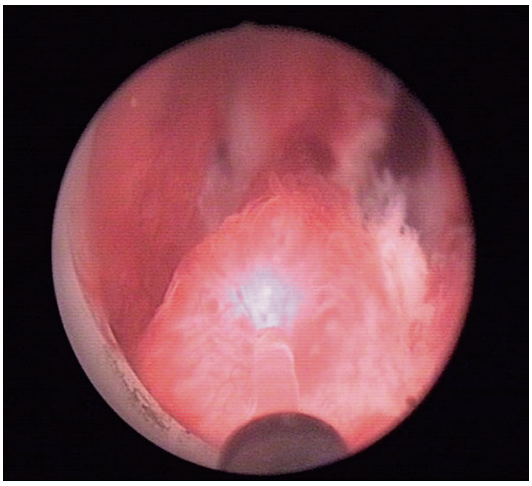


Abb. 9.9 Aufsicht auf den Kollikel. Im Hintergrund sind die 5-Uhr- und 7-Uhr-Inzisionen zu erkennen

der chirurgischen Kapsel enukleiert (Abb. 9.1b). Dazu wird die Spitze des Resektoskops unter den Mittellappen geschoben, der Mittellappen angehoben und auf die Spitze des Resektoskops aufgeladen. Danach bewegt sich die Laserfaser in der Schicht zwischen chirurgischer Kapsel und Mittellappen zwischen 5 Uhr und 7 Uhr und 7 Uhr und 5 Uhr hin und her und unterminiert dabei in retrograder Weise den Mittellappen (Abb. 9.11). Dabei ist zu beachten, dass die Resektionsrichtung zunächst nach dorsal in Richtung Rektum und – nach Überschreiten der maximalen Ausdehnung der Prostata in das Rektumlumen hinein – wieder in ventraler Richtung zum Trigonum der Blase verläuft.

Zur Verhinderung einer Trigonumunterfahrung bei der retrograden Enukleation des Mittellappens muss die Gerätespitze zunächst nach rektal gesenkt und dann wieder nach ventral angehoben werden.

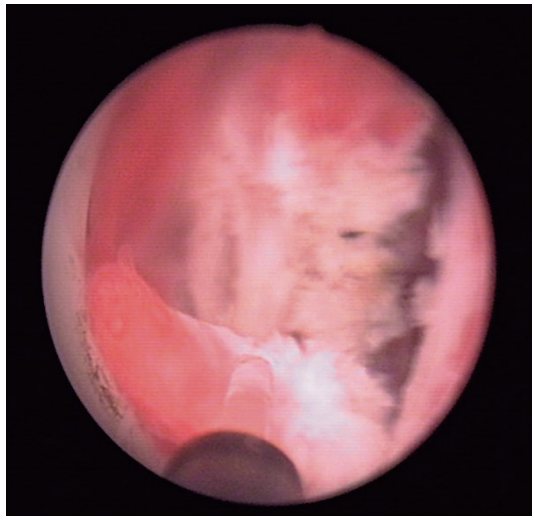


Abb. 9.10 Quere Verbindung der Blasenhalsinzisionen bei 5 Uhr und bei 7 Uhr. Die Querinzision wird bis zur chirurgischen Kapsel vertieft. Im Vordergrund ist der Kollikel sichtbar

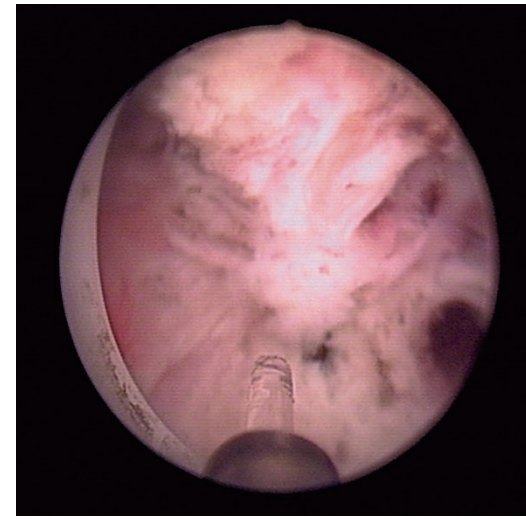


Abb. 9.11 Retrograde Enukleation des Mittellappens auf dem Niveau der chirurgischen Kapsel

Tipps

Wenn der Mittellappen fest mit der Kapsel verbunden ist und sich schwer nach ventral luxieren lässt, ist es ratsam, den Mittellappen von seitwärts, also von der 5-Uhr- und der 7-Uhr-Inzision her, zu mobilisieren und zu enukleieren (Abb. 9.12, Abb. 9.13).

Sobald sich bei der retrograden Enukleation des Mittellappens die Grenze zwischen Blase und prostatischer Harnröhre zeigt, muss sich der Operateur über die Lage der Harnleiterostien informieren. Ansonsten droht eine Ostiumverletzung. Dies gilt auch für die Phase, in der der Mittellappen an der Grenze zwischen Blase und prostatischer Harnröhre komplett von der chirurgischen Kapsel abgetrennt wird (Abb. 9.14).

Nach Entfernung des Mittellappens (Abb. 9.15, Abb. 9.16) werden – falls vorhanden – einzelne Blutungen gezielt gestillt und an der Kapsel haftendes Restgewebe nachreseziert.

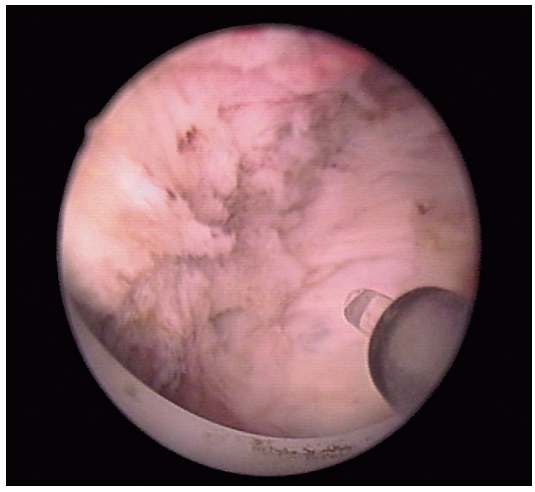


Abb. 9.12 Abtragung des Mittellappens von der 5-Uhr-Inzision aus

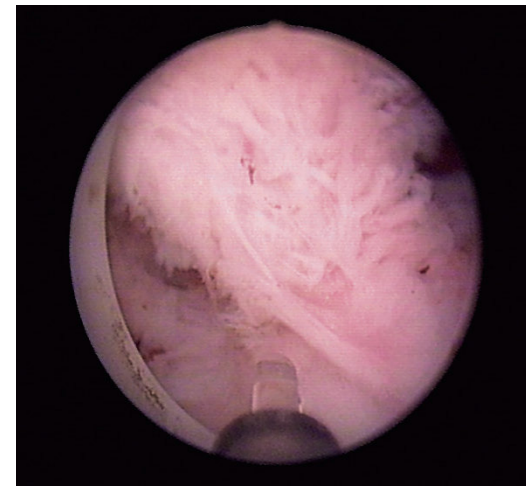


Abb. 9.13 Abtragung des Mittellappens von der 7-Uhr-Inzision aus

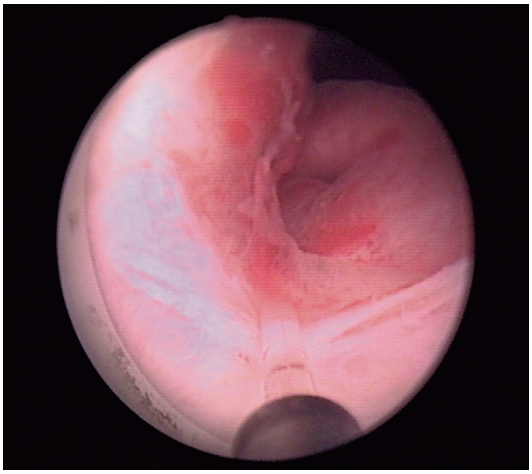


Abb. 9.14 Seitliche Abtragung des subtotal enukleierten Mittellappens am Übergang von der Blase zur Prostataloge. Im Hintergrund ist das linke Harnleiterostium zu sehen. In dieser Phase der Mittellappenenukleation ist die Möglichkeit, das Ostium zu verletzen, besonders groß

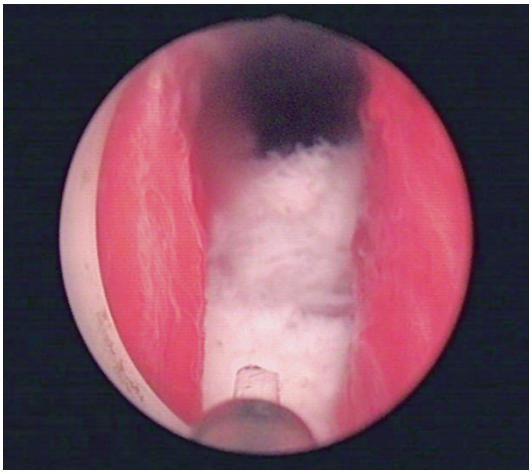


Abb. 9.15 Zustand nach Enukleation des Mittellappens. Links und rechts sind die jeweils unberührten Seitenlappen

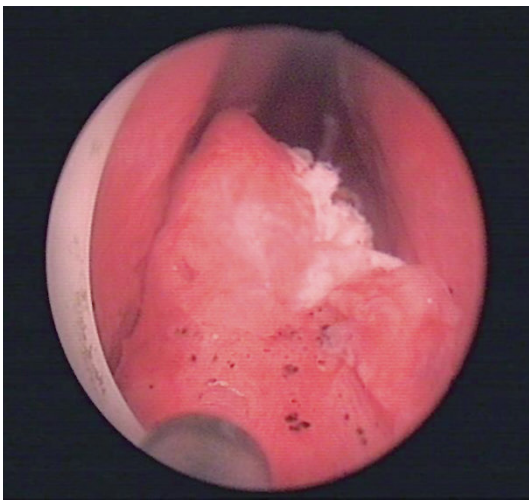


Abb. 9.16 Das Endoskop ist in die membranöse Harnröhre zurückgezogen und zeigt den unverletzten Kollikel und beide unberührte Seitenlappen nach Enukleation des Mittellappens

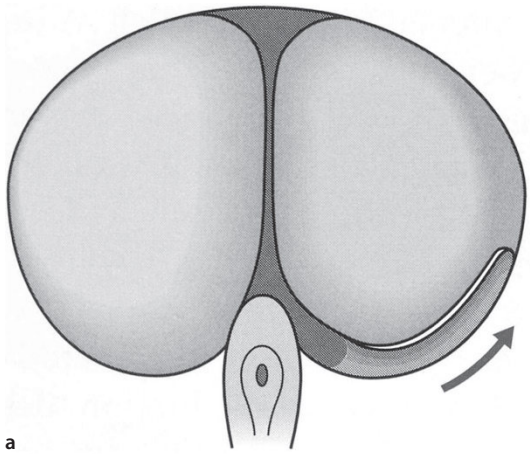
9.5.4 Enukleation des linken Seitenlappens in der klassischen Technik nach Gilling

Für einen Rechtshänder ist es günstiger, zunächst den linken Seitenlappen zu entfernen (Abb. 9.17) und den schwierigeren rechten Seitenlappen erst zu enukleieren, wenn nach Entfernung des linken Seitenlappens mehr Raum in der prostatischen Harnröhre ist.

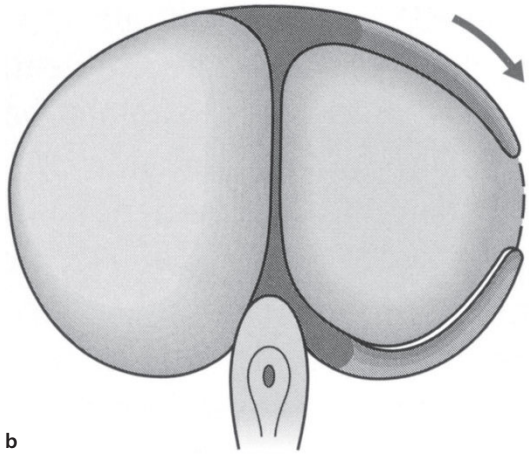
In der klassischen Technik nach Gilling wird bei kleinen Drüsen, bei denen der Apex des Seitenlappens nicht über den Kollikel nach distal herausragt, in Höhe der proximalen Kollikelgrenze durch seitliches Bewegen des Resektoskops das apikale Gewebe zwischen 5 Uhr und 4 Uhr bogenförmig inzidiert (Abb. 9.18, Abb. 9.19), die Instrumentenspitze in die Schicht zwischen Adenomgewebe und chirurgischer Kapsel geschoben und der Apex unterminiert, wobei an die breite Unterminierungsfläche, die bei der Enukleation des Mittellappens entstanden ist, angeschlossen wird (Abb. 9.20). Danach wird das apikale Gewebe weiter bogenförmig zwischen 4 Uhr und 3 Uhr inzidiert (Abb. 9.21), der Apex ebenfalls von medial her unterminiert und teils schneidend, teils mechanisch wiederum an die zuvor freipräparierte Schicht zwischen chirurgischer Kapsel und Adenomgewebe angeschlossen.

Die semizirkuläre Inzision des apikalen Gewebes wird bei 3 Uhr beendet (Abb. 9.21, Abb. 9.22, Abb. 9.23).

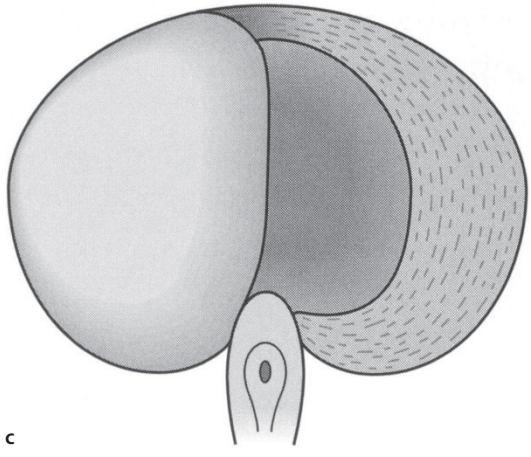
Bei großen Adenomen, bei denen die distale Grenze des Apex deutlich nach distal über die proximale Grenze des Kollikels hinausragt, wird zunächst die 5-Uhr-Inzision entlang des Kollikels parakollikulär über die distale Begrenzung des Kollikels hinaus bis zur Spitze des apikalen Gewebes verlängert. Dann erfolgt auf dieser Höhe in oben beschriebener Weise die bogenförmige Inzision des apikalen Gewebes zwischen 5 Uhr und 3 Uhr und die Freilegung des Apex (Abb. 9.18).



a



b



c

Abb. 9.17a–c Schematische Darstellung der Enukleation des linken Seitenlappens in der klassischen Technik nach Gilling. **a** Apikale Inzision zwischen 5 Uhr und 3 Uhr, **b** apikale Inzision zwischen 12 Uhr und 3 Uhr, **c** Zustand nach enukleiertem linken Seitenlappen

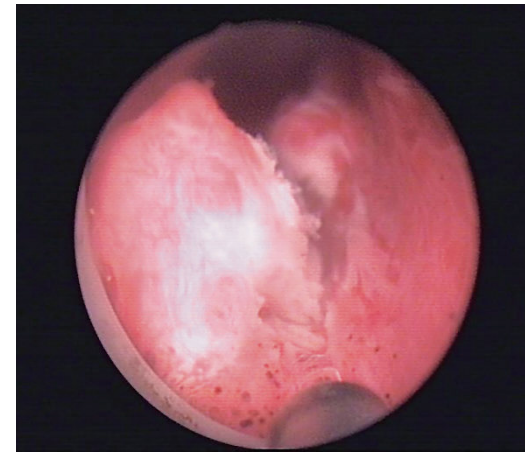


Abb. 9.18 Parakollikuläre Inzision links

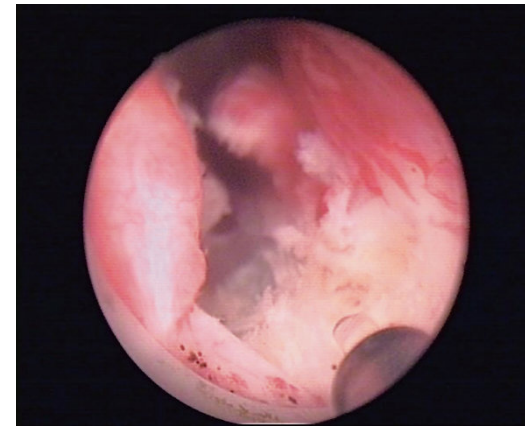


Abb. 9.19 Beginn der semizirkulären Inzision des apikalen Gewebes des linken Seitenlappens (Inzision von 5 Uhr bis 4 Uhr)

Tipps

Vor Beginn der Seitenlappenenukleation ist es unbedingt erforderlich, durch den hydraulischen Sphinktertest den Sphincter urethrae externus genau zu lokalisieren (▶ Abschn. 7.3.3)!

Tipps

Auch bei der Enukleation der Seitenlappen ist die Identifizierung und Beibehaltung der Schicht zwischen chirurgischer Kapsel und Adenomgewebe von entscheidender Bedeutung für den Erfolg der Operation.

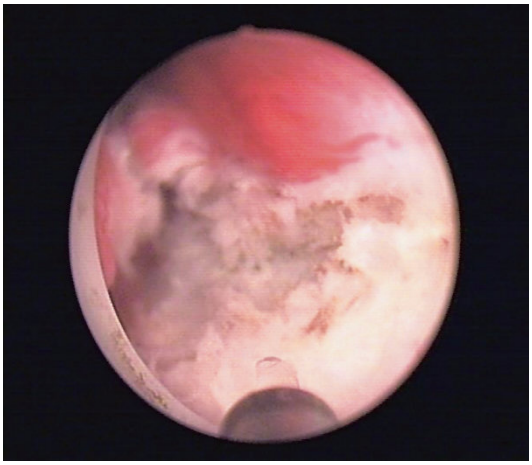


Abb. 9.20 Unterminierung des apikalen Gewebes des linken Seitenlappens zwischen 5 Uhr und 4 Uhr. Am *linken Bildrand* sieht man gerade noch den Kollikel, im *Zentrum* des Bildes die parallel zueinander verlaufenden weißlichen Fasern der Prostatakapsel, am *Oberrand* des Bildes den noch mit normalem Urothel bedeckten Apex des linken Seitenlappens

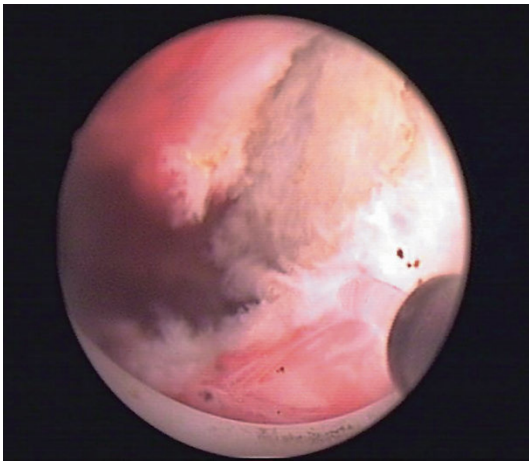


Abb. 9.21 Bogenförmige Inzision des apikalen Gewebes zwischen 4 Uhr und 3 Uhr

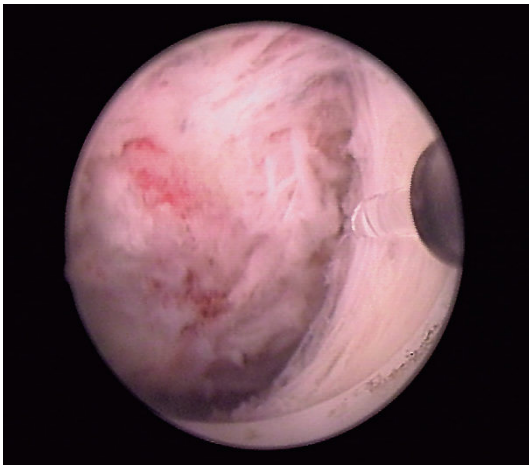


Abb. 9.22 Unterminierung des apikalen Gewebes zwischen 5 Uhr und 3 Uhr. In der *rechten Bildhälfte* sieht man deutlich die weißlichen parallel verlaufenden Fasern der chirurgischen Kapsel

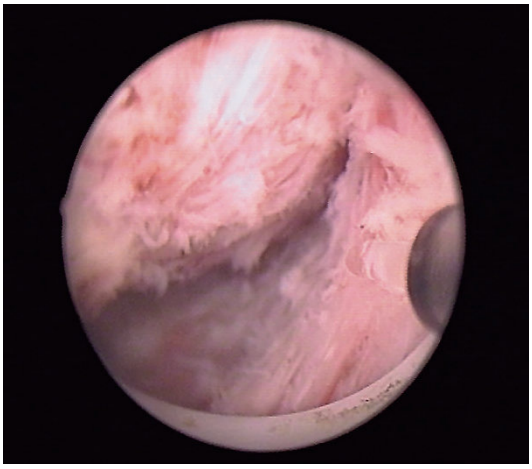


Abb. 9.23 Zustand nach apikaler Enukleation des linken Seitenlappens zwischen 5 Uhr und 3 Uhr. Man erkennt deutlich den Anschluss der apikal freigelegten chirurgischen Kapsel an die chirurgische Kapsel, die zuvor bei der Seitenlappenunterminierung im Rahmen der 5-Uhr-Inzision freigelegt wurde

Wenn die Enukleation ausschließlich in dieser Schicht zwischen chirurgischer Kapsel und Adenom erfolgt, werden die Gefäße lediglich einmal durchtrennt und müssen nur einmal gestillt werden, es besteht keine Notwendigkeit zu einer Nachresektion von stehengebliebenem Gewebe, die chirurgische Kapsel wird nicht perforiert und Venensinus werden deshalb nicht eröffnet.

Tipps

Es ist entscheidend, dass sofort nach Inzision des apikalen Gewebes der Apex unterminiert und die vorher freigelegte Schicht zwischen chirurgischer Kapsel und Adenomgewebe bis in die apikale Region verlängert wird.

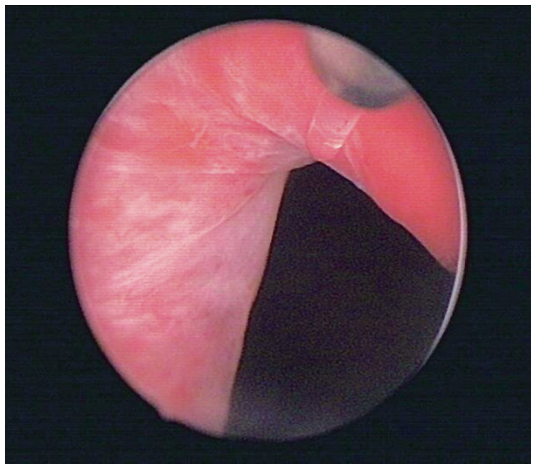


Abb. 9.24 Position des Gerätes zur 12-Uhr-Inzision

Da schon bei der Enukleation des Mittellappens der linke Seitenlappen auf der gesamten Länge der prostatischen Harnröhre weit unterminiert wurde, findet die apikale Unterminierung leicht Anschluss an die Ebene der vorherigen Seitenlappenunterminierung.

Nach Drehen des Instruments in der Längsrichtung um 180° – das Gerät wird also »auf den Kopf gestellt« (»upside- down«) (Abb. 9.24) – wird bei 12 Uhr die vordere Kommissur inzidiert (Abb. 9.25). Sobald die chirurgische Kapsel erreicht ist, wird die 12-Uhr-Inzision verbreitert durch Unterminierung der ventralen Anteile beider Seitenlappen in Richtung 11 Uhr (Abb. 9.26) und 1 Uhr (Abb. 9.27, Abb. 9.28). Die ventrale Abtragung des linken Seitenlappens beginnt am Übergang zwischen Blase

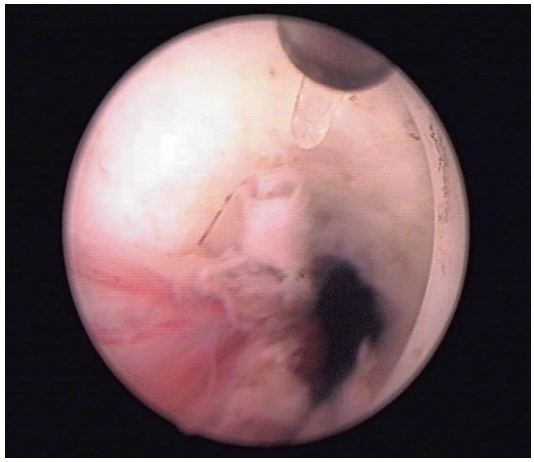


Abb. 9.25 Inzision des Blasenhalses bei 12 Uhr

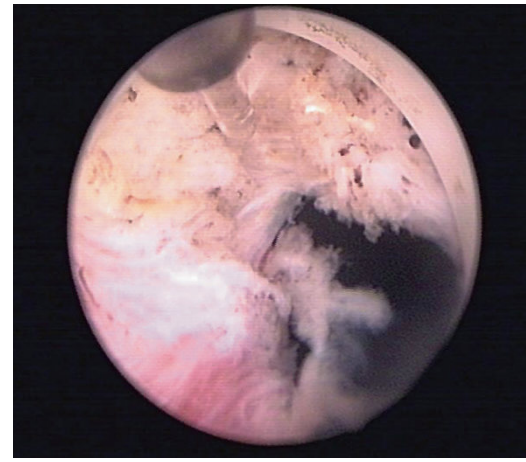


Abb. 9.26 Verbreiterung der 12-Uhr-Inzision in Richtung 11 Uhr, auf Niveau der chirurgischen Kapsel

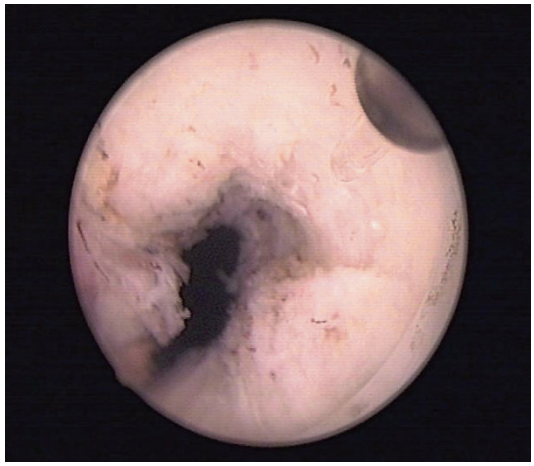


Abb. 9.27 Verbreiterung der 12-Uhr-Inzision in Richtung 1 Uhr, auf Niveau der chirurgischen Kapsel

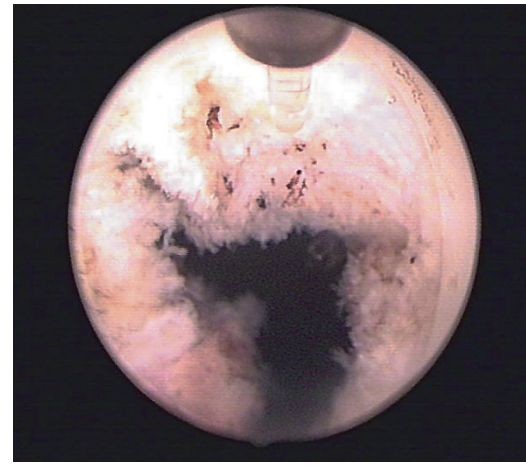


Abb. 9.28 12-Uhr-Inzision des Blasenhalses nach Verbreiterung in Richtung 1 Uhr und 11 Uhr

und Prostataloge. Hier ist die Präparation vollkommen ungefährlich, da der Schließmuskel weit entfernt ist. Hier wird die Kapsel auf einer gewissen Strecke freigelegt, sodass sie sicher identifiziert werden kann. Erst dann wird die Inzision nach distal in den apikalen Bereich fortgeführt. Dieser Teil der Resektion ist technisch am schwierigsten, da die Orientierung zum Kollikel fehlt.

Tipps

Es ist wichtig, vor der Verlängerung der 12-Uhr-Inzision nach distal das Gerät um 180° bis in die normale Position zurückzudrehen, den hydraulischen Sphinktertest durchzuführen, den Kollikel einzustellen, den Kollikel abzudecken und das Gerät erneut um 180° zu drehen, ohne es in der Längsrichtung zu bewegen. (In dieser Position kann dann die Laserfaser aus dem Resektoskop herausgeschoben und beim Schneiden bis an die Resektionsspitze zurückgezogen werden, ohne dass die Gefahr einer Spinkterverletzung besteht.) Dadurch wird festgelegt, wie weit nach distal die 12-Uhr-Inzision durchgezogen werden kann.

Die primäre ventrale Inzision des Prostatagewebes bei 12 Uhr darf nicht zu weit nach distal durchgezogen werden, da sonst der externe Sphinkter verletzt wird (hydraulischer Sphinktertest!).

Besonders der noch nicht so erfahrene Operateur sollte die 12-Uhr-Inzision lieber etwas zu kurz halten und am Ende ventral stehengebliebenes Restgewebe nachresezieren.

Nach Erreichen der distalen Inzisionsgrenze wird nun durch Rotieren des Instruments von 12 Uhr in Richtung 3 Uhr das apikale Gewebe ventral semizirkulär inzidiert, und der ventrale Anteil des Seitenlappens wird durch Präparation in der Schicht zwischen Prostatakapsel und Adenomgewebe abgetragen (Abb. 9.29, Abb. 9.30). Bei 3 Uhr treffen sich die obere und die untere semizirkuläre apikale Inzision (Abb. 9.31). Dann wird der gesamte Seitenlappen retrograd vom Apex zur Blase enukleiert (Abb. 9.32).

Bei großen Adenomen geschieht dies in der Regel recht leicht dadurch, dass das Adenomgewebe mechanisch mit der Instrumentenspitze von der chirurgischen Kapsel weggedrückt wird, ähnlich wie es die Fingerspitze des Operateurs bei der offenen Adenomenukleation tut. Die Laserenergie dient bei diesem Vorgang im Wesentlichen nur noch dazu, auftretende Blutungen sofort unter Sicht zu koagulieren. Die Laserfaserspitze bewegt sich dabei in etwa 1 mm Abstand vom Gewebe (»near contact«). Dieses primär mechanische Abschieben des Adenomgewebes von der Kapsel ist bei kleinen fibrösen Drüsen oft nicht möglich, da sich typisches Adenomgewebe und somit eine Schicht zwischen Adenom und chirurgischer Kapsel noch gar nicht gebildet hat. Diese kleinen Adenome, die fest mit der Kapsel verbunden sind (und deshalb übrigens auch bei einer offenen Operation so schwer zu enukleieren sind), müssen häufig in direktem Kontakt der Laserfaser mit dem Gewebe von der Kapsel abgeschnitten werden und sind somit technisch schwierig.

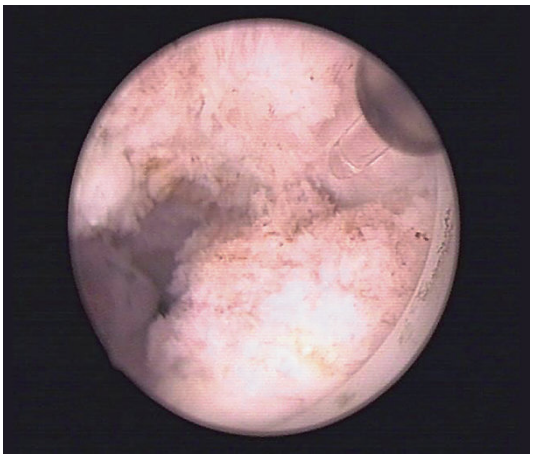


Abb. 9.29 Enukleation der ventralen Anteile des linken Seitenlappens

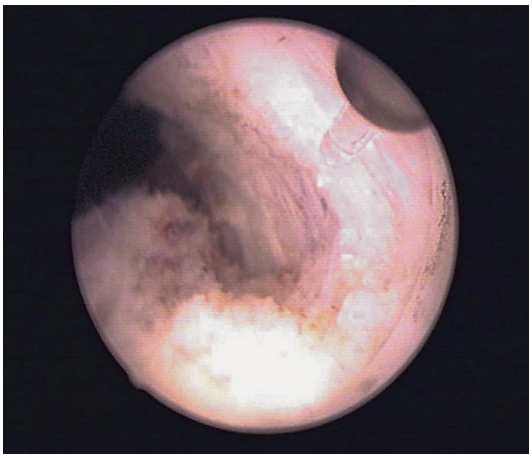


Abb. 9.30 Abtragung der ventralen Anteile des linken Seitenlappens zwischen 12 Uhr und 3 Uhr

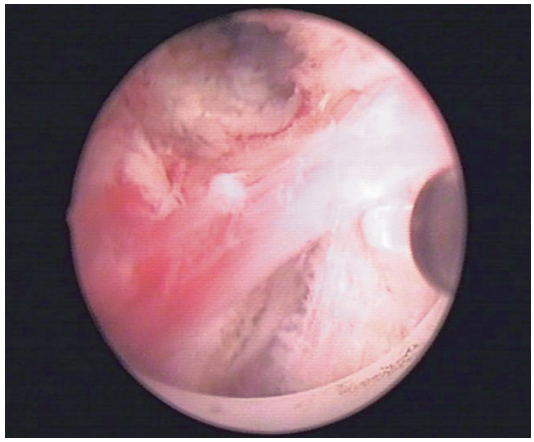


Abb. 9.31 Apikale Gewebebrücke bei 3 Uhr nach semizirkulärer unterer und semizirkulärer oberer apikaler Inzision des linken Seitenlappens

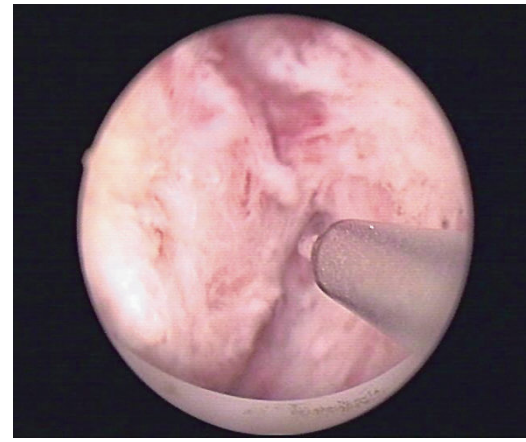


Abb. 9.32 Zustand nach retrograder subtotaler Abtragung des linken Seitenlappens. Er ist bei 3 Uhr am Übergang der Prostataloge zur Blase nur noch über eine dünne Gewebebrücke mit der chirurgischen Kapsel verbunden

Tipps

Zum Erlernen der HoLEP sind Prostatadrüsen von 40–60 g Gewicht optimal.

Denn einerseits sind Drüsen von 40–60 g groß genug, sodass sich schon ausreichend Adenomgewebe gebildet hat, das sich leicht enukleieren, also von der Kapsel abschieben lässt, andererseits sind sie klein genug, um eine gute anatomische Übersicht, eine relativ kurze Operationszeit, einen relativ geringen Blutverlust und die Möglichkeit zu garantieren, wenn nötig jederzeit auf die vertraute TURP umzuwechseln.

Wenn das adenomatöse Gewebe aus mehreren Knoten besteht, ist es gelegentlich schwierig, die richtige Schicht zwischen chirurgischer Kapsel und adenomatösem Gewebe zu finden bzw. beizubehalten, da man – statt auf der chirurgischen Kapsel zu bleiben – in eine Schicht zwischen zwei Adenomknoten geraten kann und dann die richtige Präparationsebene verlässt.

Tipps

Das ungewollte Verlassen der richtigen Schicht lässt sich am ehesten dadurch vermeiden, dass man während des Enukleationsvorgangs das Resektoskop gelegentlich zurückzieht, um aus einer gewissen Distanz die gesamte bisher freipräparierte Fläche der chirurgischen Kapsel überblicken zu können. Dann sieht man die Adenomknoten aus der Ebene der chirurgischen Kapsel herausragen, kann sie nachresezieren und wieder Anschluss an die chirurgische Kapsel gewinnen.

Tipps

Bei der Abpräparation des adenomatösen Gewebes von der Kapsel sollten die Laserfaser und das geradeaus abstrahlende Laserlicht nicht in die Kapsel hineinstrahlen, sondern eher in das adenomatöse Gewebe. Anderenfalls könnten durch Verletzung der Kapsel großvolumige Venensinus eröffnet werden, deren Blutstillung ähnlich schwierig ist wie bei der TURP. Die Nichtbeachtung dieser Regel ist eigentlich die einzige Möglichkeit, bei einer HoLEP eine erhebliche Blutung zu verursachen.

Bei der endgültigen Abtragung des Seitenlappens am Übergang zur Prostataloge sollte immer daran gedacht werden, dass das Harnleiterostium in unmittelbarer Nähe ist. Bei einer Abtrennung von 6 Uhr in Richtung 12 Uhr ist es sehr viel leichter, das Ostium beim Schneidevorgang zu beobachten.

Dagegen würde bei einer Präparationsrichtung von 12 Uhr nach 6 Uhr der subtotal enukleierte Seitenlappen permanent das Ostium verdecken und die Gefahr der Ostiumverletzung unnötig erhöhen.

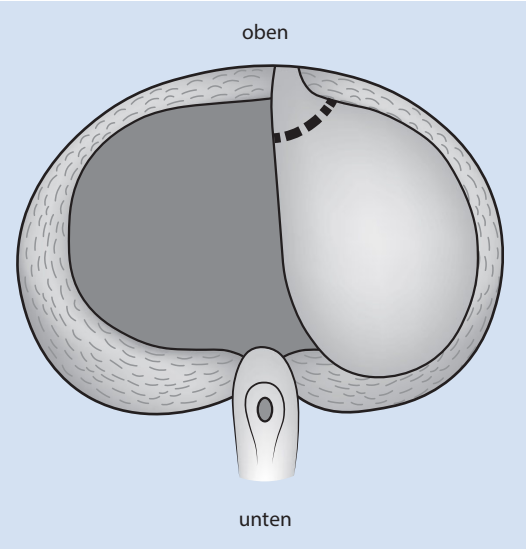


Abb. 9.33 Schematische Darstellung der Enukleation des linken Seitenlappens in der modifizierten Technik. Nach subtotaler Enukleation von 5 Uhr über 3 Uhr bis 12 Uhr hängt der linke Seitenlappen nur noch über eine schmale Gewebebrücke bei 12 Uhr an der Kapsel. Die Gewebebrücke wird relativ weit lumenwärts durchtrennt (gestrichelte Linie)

9.5.5 Enukleation des linken Seitenlappens in modifizierter Technik

In der mittlerweile überwiegend angewandten Modifikation der bisher beschriebenen Technik wird die Enukleation des linken Seitenlappens in einem Schritt von 5 Uhr über 3 Uhr direkt bis 12 Uhr (Abb. 9.33, Abb. 9.34) oder sogar über die Mittellinie (also die vordere Kommissur) hinaus auf die rechte Seite bis 11 Uhr durchgezogen. Sofort nach der Freipräparation des Apex wird die Spitze des Instrumentes unter den Apex in die Schicht zwischen Adenom und chirurgischer Kapsel geschoben und das Instrument um 180° gedreht (»upside-down«), was automatisch zu einer mechanischen Abspreizung des Adenoms von der Kapsel führt. Dann wird das Instrument bogenförmig auf 12 Uhr hin bewegt. Dabei muss apikal die Schleimhaut der prostatischen Harnröhre, die die Prostatalappen bedeckt, nicht inzidiert werden, sondern wird passiv »gesprengt«.

Bei dieser bogenförmigen Bewegung des Instrumentes befindet sich die Laserfaserspitze in der »near contact«-Position, ca. 1 mm vom Gewebe entfernt. Denn dieser Abstand ermöglicht eine optimale simultane Blutstillung bei der Bewegung des Instrumentes. Das Adenom wird bei der modifizierten Technik nicht von der Kapsel abgeschnitten, sondern mechanisch mit der Instrumentenspitze von der Kapsel abgeschoben, genau wie bei der offen-chirurgischen Enukleation mit dem Finger.

Nach Erreichen der 12-Uhr-Position wird die letzte Gewebebrücke, mit der der subtotal enukleierte Lappen ventral apikal noch an der Kapsel hängt, durchtrennt, und zwar bewusst relativ weit zur Mitte der Harnröhre hin (Abb. 9.33, Abb. 9.35) Das sieht zwar so aus, als ob ventral bei 12 Uhr Prostatagewebe stehen bleiben würde. In Wirklichkeit zieht aber vor der Durchtrennung der Gewebebrücke sein Gewicht den subtotal enukleierten Seitenlappen

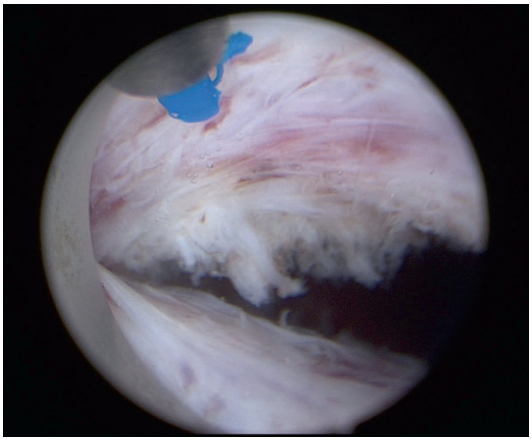


Abb. 9.34 Modifizierte Technik. Zustand nach subtotaler Enukleation des linken Seitenlappens von 5 Uhr über 3 Uhr bis nach 12 Uhr. Oben im Bild ist die Kapsel, unten der linke Seitenlappen, im Hintergrund die Blase, bei 12 Uhr die Laserfaser zu sehen

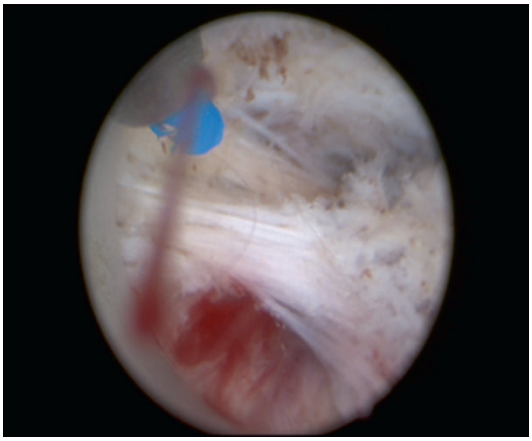


Abb. 9.35 Modifizierte Technik. Durchtrennung der apikalen Gewebebrücke zwischen subtotal enukleiertem linken Seitenlappen und chirurgischer Kapsel bei 12 Uhr

nach lumenwärts in die prostatische Harnröhre hinein. Wenn die Gewebebrücke dann weit lumenwärts durchtrennt wird, retrahiert sich der vermeintlich ventral stehengebliebene Geweberest und ragt nicht mehr in die prostatische Harnröhre.

Die zu radikale ventrale Gewebeentfernung zwischen 11 Uhr und 1 Uhr ist die häufigste Ursache für eine postoperative Stressinkontinenz. Es ist deshalb ratsam, dort vorsichtshalber Gewebe stehen zu lassen, zumal geringe Mengen ventral verbliebenen Gewebes die Miktion nur selten behindern.

9.5.6 Enukleation des rechten Seitenlappens in der klassischen Technik nach Gilling und in der modifizierten Technik

Die Enukleation des rechten Seitenlappens erfolgt in der klassischen Technik nach Gilling in analoger Weise durch die apikale Inzision zwischen 7 Uhr und 9 Uhr und – nach Drehen des Instruments um 180° – zwischen 12 Uhr und 9 Uhr (Abb. 9.36) und die retrograde Abtragung vom Kollikel zur Blase (Abb. 9.37, Abb. 9.38, Abb. 9.39, Abb. 9.40, Abb. 9.41 und Abb. 9.42).

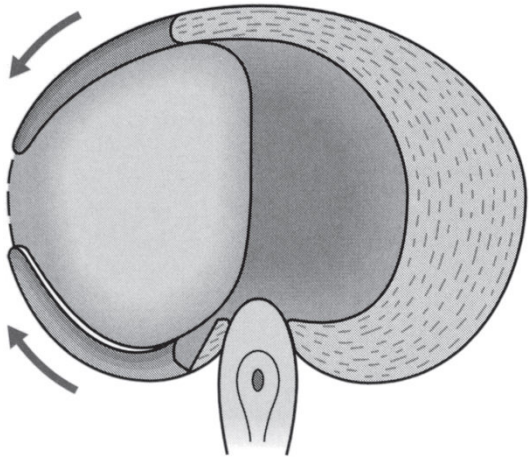


Abb. 9.36 Schematische Darstellung der Enukleation des rechten Seitenlappens in der klassischen Technik nach Gilling. Apikale Inzisionen zwischen 7 Uhr und 9 Uhr und zwischen 12 Uhr und 9 Uhr

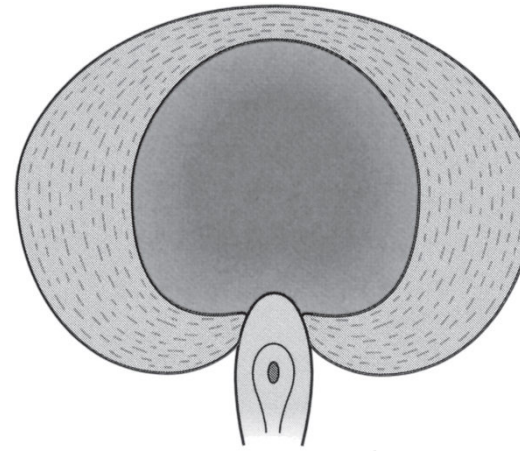


Abb. 9.37 Schematische Darstellung der Prostataloge nach HoLEP. Im gesamten Logenbereich ist das adenomatöse Gewebe abgetragen und die chirurgische Kapsel freigelegt

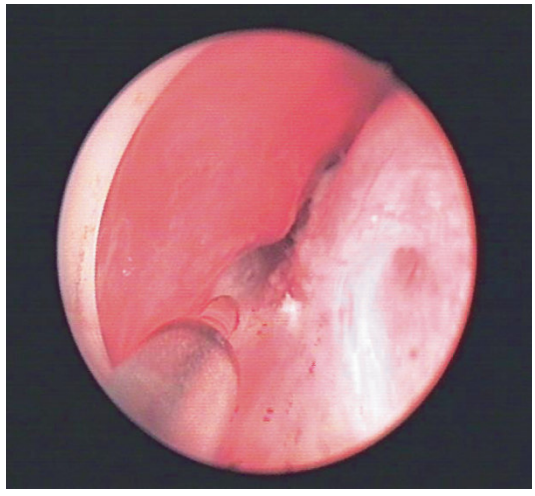


Abb. 9.38 Parakollikuläre Verlängerung der 7-Uhr-Inzision bis in das apikale Gewebe des rechten Seitenlappens

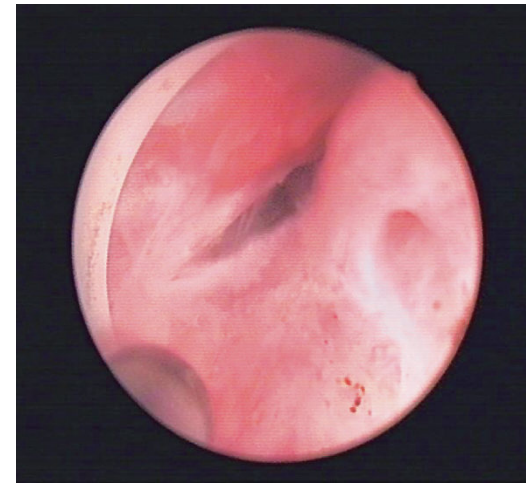


Abb. 9.39 Apikale Inzision des rechten Seitenlappens zwischen 7 Uhr und 8 Uhr

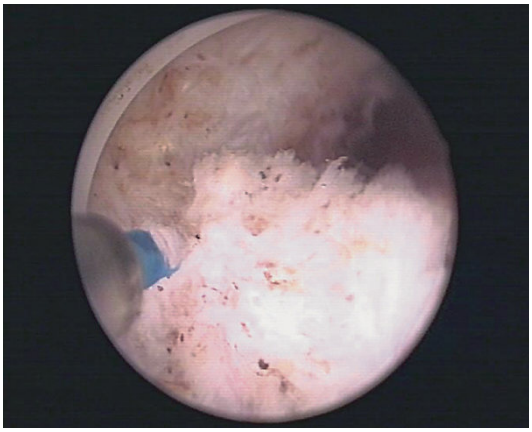


Abb. 9.40 Zustand nach Enukleation des rechten Seitenlappens zwischen 7 Uhr und 9 Uhr

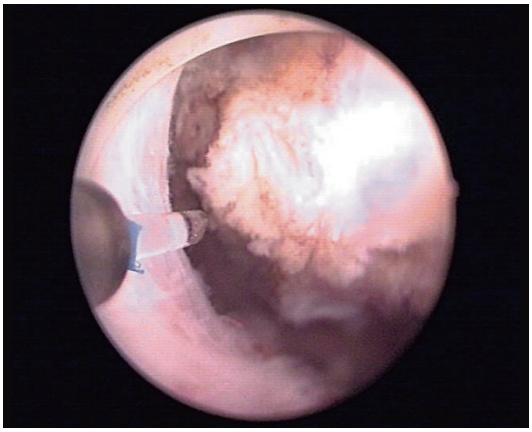


Abb. 9.41 Retrograde Enukleation des rechten Seitenlappens

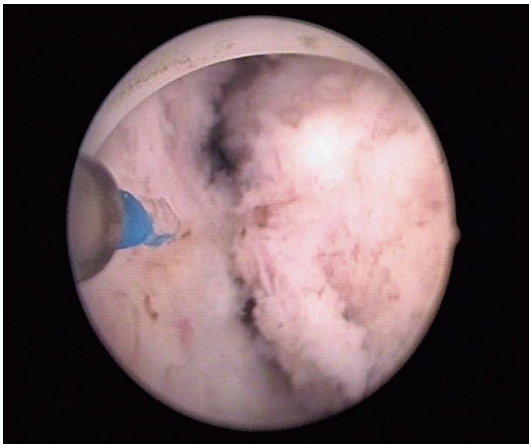


Abb. 9.42 Zustand nach subtotaler Enukleation des rechten Seitenlappens. Er ist bei 9 Uhr nur noch über eine dünne Gewebebrücke mit der chirurgischen Kapsel verbunden

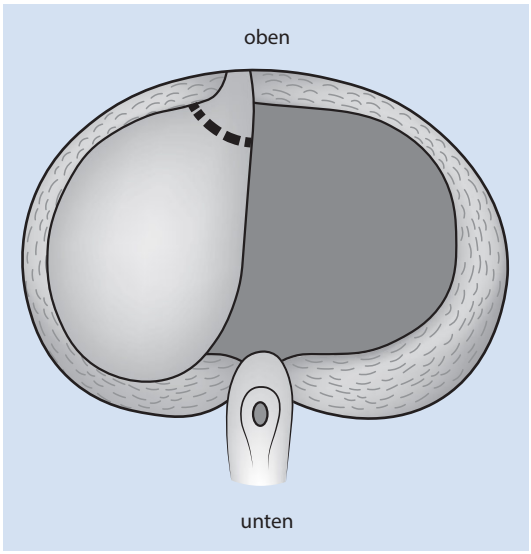


Abb. 9.43 Modifizierte Technik. Schematische Darstellung der Enukleation des rechten Sitenlappens. Der subtotal enukleierte Seitenlappen hängt nur noch bei 12 Uhr an der Kapsel. Die Gewebebrücke wird relativ weit lumenwärts durchtrennt (gestrichelte Linie)

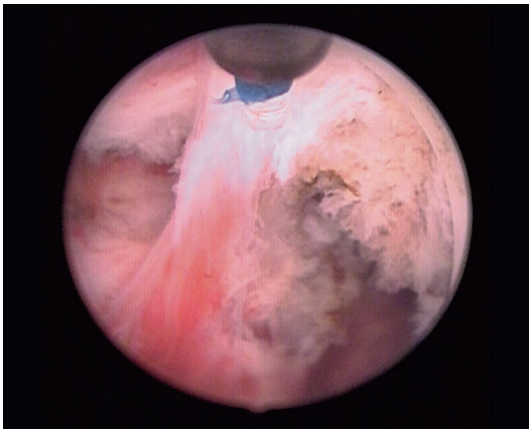


Abb. 9.44 Modifizierte Technik. Zustand nach subtotaler Enukleation des rechten Seitenlappens. Er hängt nur noch bei 12 Uhr an der Kapsel. Die Gewebebrücke wird relativ weit lumenwärts durchtrennt

In der modifizierten Technik erfolgt die Enukleation des rechten Seitenlappens analog zum linken Seitenlappen in einem Schritt von 7 Uhr über 9 Uhr nach 12 Uhr und dann die Durchtrennung der verbliebenen Restgewebebrücke bei 12 Uhr (Abb. 9.43, Abb. 9.44).

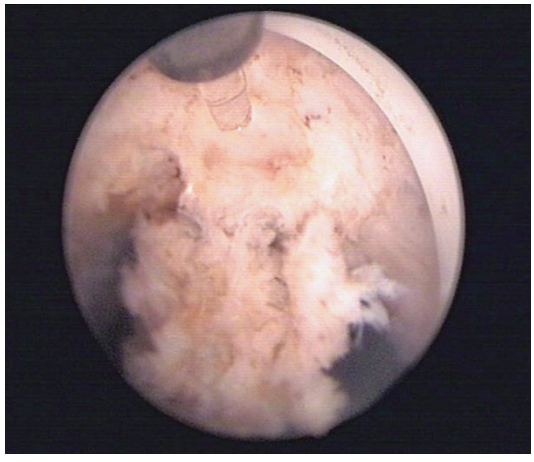
Tipps

Nach Beendigung der Enukleation beider Seitenlappen sollte das Resektoskop aus der Prostataloge über den Kollikel hinaus in die Harnröhre zurückgezogen werden. Nur dann kann ventral stehengebliebenes Restgewebe vom Logendach in die Loge herabhängen und sichtbar werden (◘ Abb. 9.45)

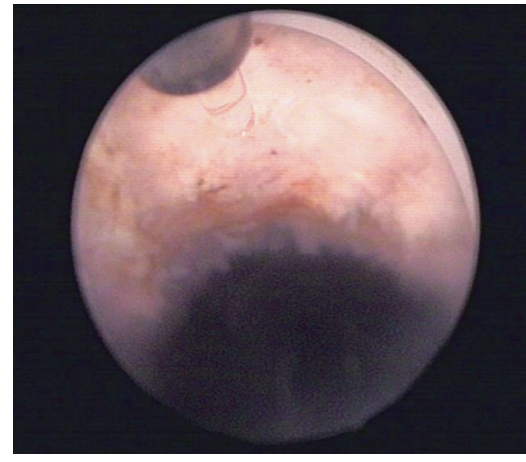
Nach der Identifizierung des äußeren Sphinkters durch den hydraulischen Sphinktertest ist die Nachresektion des ventralen Restgewebes problemlos möglich, wenn das Resektoskop weit genug herausgezogen wird (◘ Abb. 9.45, ◘ Abb. 9.46, ◘ Abb. 9.47, ◘ Abb. 9.48, ◘ Abb. 9.49).

Tipps

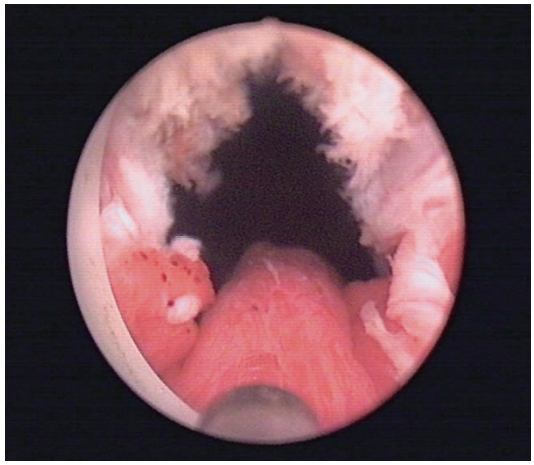
Besonders für den Anfänger sind apikale Nachresektionen leichter mit der TUR-Schlinge als mit der Laserfaser durchzuführen, da er mit der rechtwinklig geformten Schlinge hinter den apikalen Geweberest greifen und ihn zwischen Schlinge und Resektoskopschaft klemmen kann. Bei der Resektion mit der geradeaus strahlenden Faserspitze ist die Gefahr der Schließmuskelverletzung deutlich größer.



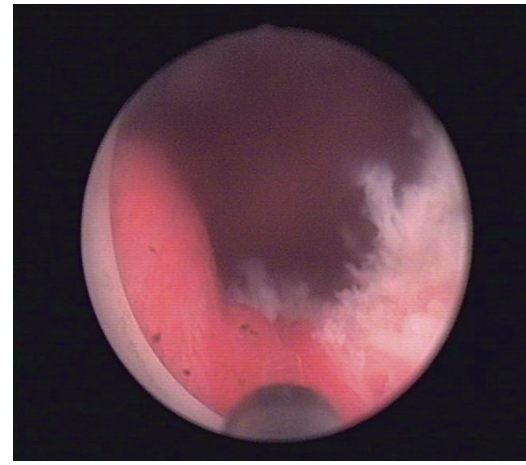
◘ **Abb. 9.45** Abschließende Resektion von ventralem Restadenomgewebe bei 12 Uhr



◘ **Abb. 9.46** Zustand nach ventraler Resektion



◘ **Abb. 9.47** Zustand nach kompletter Enukleation am Ende der Operation. Bei 6 Uhr ist der unversehrte Kollikel zu sehen



◘ **Abb. 9.48** Zustand nach Beendigung der HoLEP. Das parakollikuläre Gewebe bei 5 Uhr ist weit ausreseziert. Am *linken Bildrand* ist der unversehrte Kollikel zu erkennen

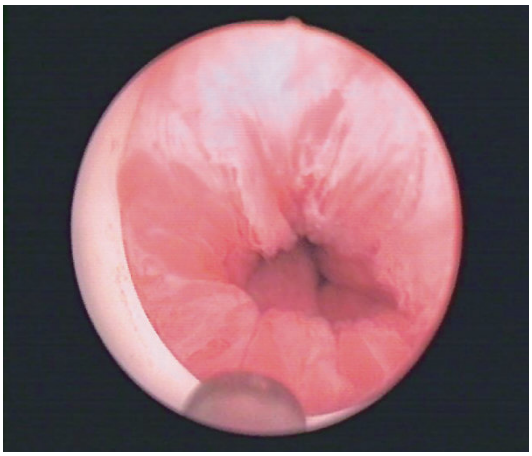


Abb. 9.49 Der hydraulische Sphinktertest nach Beendigung der HoLEP zeigt einen kompletten zirkulären Schluss des äußeren Sphinkters

9.5.7 Adenomenukleation mit nur 2 Inzisionen

Falls kein Mittellappen vorhanden ist, sondern lediglich eine hohe Querbarre, kann zur Zeitersparnis lediglich eine Inzision bei 6 Uhr durchgeführt werden. Nach Vertiefung der Inzision und Erreichen der prostatischen Kapsel wird die Inzision auf Niveau der chirurgischen Kapsel nach links und rechts lateral verbreitert, wodurch der linke und der rechte Seitenlappen unterminiert werden. Dann erfolgt die Enukleation des linken und rechten Seitenlappens in der zuvor beschriebenen Weise.

Bei kleinen Adenomen sollte die 6-Uhr-Inzision nach Enukleation der beiden Seitenlappen am Übergang zwischen Blase und Prostataloge im Sinne einer »prophylaktischen« Inzision des Blasenhalses nach Turner-Warwick vertieft werden, um der bei kleinen Adenomen gehäuft auftretenden postoperativen Blasenhalskontraktur vorzubeugen.

9.5.8 Gewebefragmentierung

»Pilztechnik«

Die enukleierten Prostatalappen müssen in kleine Teile fragmentiert werden, sodass sie über den Resektoskopschaft abgesaugt werden können. Die Fragmentierung erfolgt entweder durch mechanische Gewebemorcellation (Kuntz et al. 1998, Moody und Lingeman 2001, Gilling et al. 1998, Vavassori et al. 2008, Gilling 2008) oder durch Zerkleinerung mit der HF-Schlinge (Kuntz et al. 1998, Gilling et al. 1999, Hochreiter et al. 2002). Bei dieser sog. Pilztechnik werden sowohl der Mittellappen als auch beide Seitenlappen subtotal enukleiert, bis sie nur noch durch einen dünnen Gewebestiel mit der Kapsel verbunden (Abb. 9.32, Abb. 9.42) und weitgehend devaskularisiert sind. Prostatalappen und Gewebestiel ragen dann wie ein Pilz in das Lumen der prostatischen Harnröhre.

Nach dem Wechsel der Spülflüssigkeit von physiologischer Kochsalzlösung auf elektrolytfreie Lösung werden die devaskularisierten Lappen mit der HF-Schlinge weitgehend blutungsfrei in rascher Schnittfolge in kleine Teile fragmentiert und mit der Blasenspritze abgesaugt. Der Fuß der Gewebebrücke wird dann wieder mit der Holmium-Laser-Faser von der chirurgischen Kapsel abgetrennt. Die Fragmentierung mit Hochfrequenzstrom ist erheblich schneller als es die Fragmentierung mit der Laserfaser wäre.

Durch die Irrigationsflüssigkeit können die subtotal enukleierten Lappen weit in die Blase hineingespült werden, und große Sorgfalt ist nötig, um beim Zerkleinern der Lappen mit der Schlinge eine Verletzung des Blasenbodens oder der Harnleiterostien zu vermeiden.

Die versehentliche Durchtrennung der Gewebebrücke zwischen Prostatalappen und chirurgischer Kapsel führt dazu, dass der Lappen in die Blase fällt und dort frei flottiert. Solange der Lappen groß ist, sinkt er wegen seines Gewichts auf den Blasenboden. Dort verbleibt er auch bei relativ starkem Spülstrom und lässt sich relativ leicht zerkleinern. Die Fragmentierung wird allerdings umso schwieriger, je kleiner der Lappen ist und je leichter er durch den Spülstrom in der Blase herumgewirbelt wird.

Tipps

In der Blase frei flottierende kleine Prostatagewebestücke sollten entweder mit der HF-Schlinge in die Prostataloge gezogen oder durch Zurückziehen des Instruments in den apikalen Bereich der Prostataloge und Drainage der Blase in die Prostataloge gespült werden. Dort ist die Fragmentierung erheblich leichter als in der Blase.

Mechanische Gewebemorcellation

Bei der mechanischen Gewebemorcellation werden die Lappen komplett enukleiert und entweder in der Blase oder in der Prostataloge mithilfe eines Gewebemorcellators mechanisch fragmentiert (▶ Abschn.

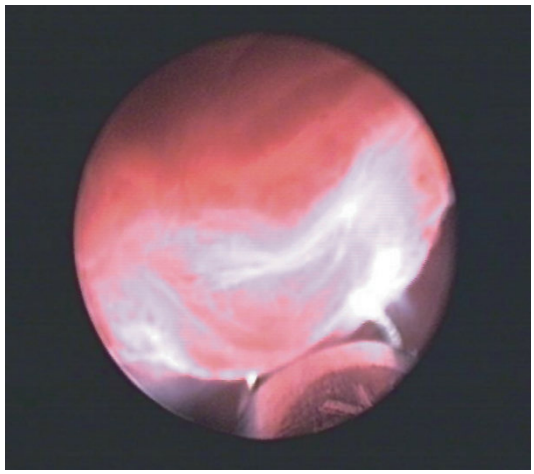


Abb. 9.50 Morcellation eines enukleierten Prostatalappens. Am *unteren Bildrand* erkennt man deutlich das offene Fenster des äußeren Morcellatorhohlmessers

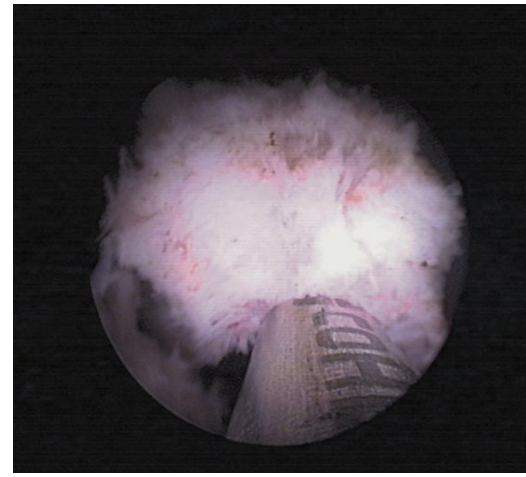


Abb. 9.51 Adenomgewebe bei mechanischer Gewebemorcellation. Bei 6 Uhr ist das äußere Hohlmesser zu sehen. Das Gewebe ist in das verdeckte Morcellatorfenster hineingesaugt

9.4.3; Abb. 9.50, Abb. 9.51). Heutzutage existieren leicht und sicher handhabbare Morcellatoren, die transurethral durch das Resektoskop eingeführt werden und mit hoher Effektivität große Mengen von Gewebe in kurzer Zeit zerkleinern können, im Idealfall bis zu mehr als 10 g pro Minute.

Das morcellierte Prostatagewebe wird von einer angeschlossenen Pumpe abgesaugt. Die Geschwindigkeit der mechanischen Gewebemorcellation hängt von der Festigkeit und der Form der adenomatösen Knoten ab. Fibröses und hartes Gewebe lässt sich nur langsam fragmentieren, und kleine kugelförmige Knoten lassen sich nur schwer in das Morcellatorfenster hineinsaugen, weil ihre Oberfläche zu glatt und ihr Gewicht zu gering ist und sie deshalb auch bei reduzierter Spülung vom Morcellatorfenster weggespült werden.

Knoten, die nicht mechanisch morcelliert werden können, werden entsprechend ihrer Größe entweder mit einer speziellen Schlinge gefasst und extrahiert oder nach Wechsel der Spülflüssigkeit mit der HF-Schlinge fragmentiert und abgesaugt.

Wenn die Blasenwand in das Morcellatorfenster hineingesaugt wird, besteht die Gefahr der Blasenverletzung bzw. Blasenperforation. Eine Blasenperforation am Blasendach muss immer über eine Sectio alta offen-chirurgisch verschlossen werden!

Durch folgende Maßnahmen kann eine Blasenverletzung sicher verhindert werden:

- Vor Beginn der Morcellation sollte eine sorgfältige Blutstillung für optimale Sichtverhältnisse sorgen.
- Die Morcellation sollte nur bei mindestens halb voller Blase begonnen werden. Der Abflusshahn des Resektoskops muss geschlossen werden, ebenso wie eine evtl. vorhandene suprapubische Blasenfistel, und die Spülflüssigkeit muss auf Maximalfluss gestellt werden. Dadurch fließt immer mehr Flüssigkeit in die Blase hinein als aus ihr abgesaugt wird und das Kollabieren der Blase wird sicher verhindert.
- Das Morcellatorfenster darf nie nach unten zeigen, da sonst der Blasenboden oder die Harnleiterostien verletzt werden können.
- Das Morcellatorfenster darf nie zu nah an das Blasendach geführt werden, da sonst eine freie Perforation der Blase droht.
- Frei flottierende Gewebestücke sollten nicht mit dem aktivierten Morcellatormesser »verfolgt« werden. Stattdessen sollte der Operateur die Spitze des Morcellatormessers mit genügendem Abstand von der Blasenwand im Blasenauslassbereich platzieren und nach Aktivierung der Saugpumpe darauf warten, dass die frei flottierenden Stücke an die Morcellatorspitze herangesaugt werden. Dies geschieht immer, erfordert allerdings gelegentlich Geduld.
- Kleine frei flottierende Restfragmente lassen sich häufig nur an das Morcellatorfenster heran-

saugen, wenn die Spülflüssigkeit gedrosselt wird. Sobald die Morcellation dieser Stücke beginnt, muss der Spülstrom sofort wieder auf volle Stärke gestellt werden, um ein Kollabieren der Blase zu verhindern.
- Kleine Stücke werden häufig besser in der Prostataloge fragmentiert, da sie dort weniger flottieren als in der Blase.

Tipps

Falls tatsächlich die Blasenwand an das Morcellatorfenster angesaugt wird, muss sofort der Fuß vom Pedal genommen und die Morcellation unterbrochen werden. Bevor das gefensterte Morcellatormesser von der Blasenwand abgezogen wird, sollte der Schlauch der Rollenpumpe diskonnektiert und der Unterdruck im Morcellatorsystem aufgehoben werden.

Blasenverletzungen am Blasenboden sind nahezu immer nur oberflächlich. Sie können nach Wechsel der Spülflüssigkeit auf elektrolytfreie Lösung mit der HF-Schlinge koaguliert werden.

Tipps

Falls die Morcellation aus irgendwelchen Gründen schwierig oder unmöglich ist (z. B. bei Versagen des Gerätes) oder der Zustand des Patienten eine schnelle Beendigung der Operation erzwingt, kann die Morcellation abgebrochen, ein Blasenkatheter eingelegt und die Morcellation 1–2 Tage später beendet werden. Die in der Blase belassenen enukleierten Prostatalappen sind dann sehr viel weicher und lassen sich leichter und schneller morcellieren.

Sowohl die Fragmentierung mit HF-Strom (Pilztechnik) als auch die mechanische Gewebemorcellation erlauben eine uneingeschränkte histologische Untersuchung des enukleierten Prostatagewebes (Naspro et al. 2004). In einer großen Studie an 950 konsekutiv operierten Patienten betrug die Rate an inzidentellen Prostatakarzinomen 5,1 % (Kuntz et al. 2004a).

9.5.9 Gewebeentfernung

Nach Absaugen aller fragmentierten Gewebestücke müssen eventuell vorhandene Blasendivertikel gezielt inspiziert werden, um versteckte Gewebestücke zu entdecken. Größere Blutkoagel, die sich am Boden der Prostataloge angesammelt haben, müssen mit dem Laser in die Blase »zurückgeschossen« und abgesaugt werden, da sich in ihnen Gewebestücke verstecken können, die dann eventuell die Löcher des Blasenkatheters oder nach dessen Entfernung die Harnröhre blockieren könnten.

9.5.10 Blutstillung

Aus drei Gründen ist der Blutverlust bei der Holmium-Laser-Enukleation signifikant geringer als bei der klassischen TURP und der offenen Adenomenukleation:
- Simultan mit dem Schneiden von Gewebe werden kleinere und mittelgroße Arterien und Venen durch abstrahlende Hitze koaguliert.
- Gefäße werden in der Regel nur einmal eröffnet, nämlich in der Schicht zwischen chirurgischer Kapsel und Adenomgewebe. Im Gegensatz dazu wird bei der klassischen TUR dasselbe Gefäß mit jedem Schnitt in die Tiefe immer wieder neu eröffnet und muss entweder immer wieder koaguliert werden oder blutet weiter, bis auf Niveau der chirurgischen Kapsel die endgültige Blutstillung stattfindet.
- Bei der endoskopischen Holmium-Laser-Enukleation werden Blutgefäße sofort nach ihrer Eröffnung gestillt, während bei der offenen Adenomenukleation zunächst das gesamte Adenom enukleiert werden muss, bevor blutende Gefäße identifiziert und koaguliert werden können, wenn dies überhaupt in der Tiefe der Prostataloge möglich ist.

Größere Arterien werden mit dem Holmium-Laser durch Zurückziehen der Laserfaser um 1–2 mm koaguliert (◘ Abb. 9.52, ◘ Abb. 9.53). Diese Defokussierung führt wegen des divergierenden Laserstrahls zur Verbreiterung der bestrahlten Prostataoberfläche und damit zur Reduktion der Energiedichte. Das Gewebe wird dann weniger erhitzt und nicht mehr vaporisiert, sondern nur noch koaguliert. Die optimale Energie zur Koagulation beträgt 1,2 J. Der Koagulationseffekt ist makroskopisch leicht an der Weißverfärbung des Gewebes zu erkennen. Wenn die Faserspitze weiter als 3 mm von der Prostataoberfläche zurückgezogen wird, tritt kein Gewebeeffekt mehr ein.

Bei größeren, spritzenden Arterien muss zunächst das Gewebe um die Arterie herum koaguliert

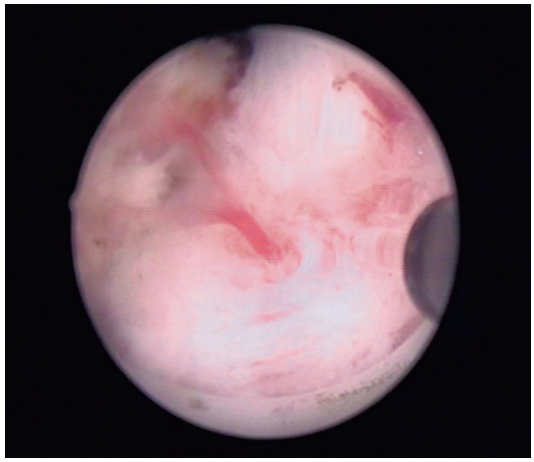


Abb. 9.52 Blutendes arterielles Gefäß bei 3 Uhr. In der Umgebung sieht man deutlich die weißlichen parallel verlaufenden Fasern der chirurgischen Kapsel

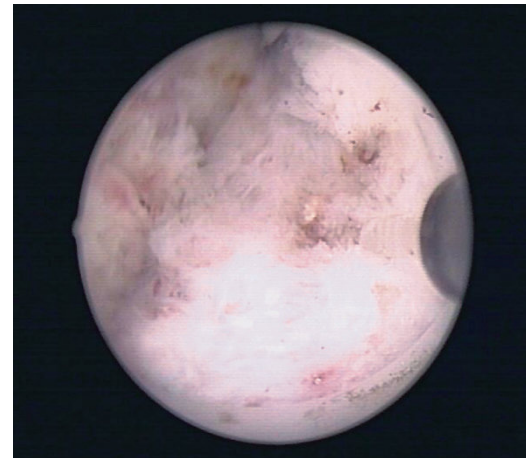


Abb. 9.53 Zustand nach Koagulation der arteriellen Blutung mit der Laserfaser. Der Arterienstumpf ist deutlich zu erkennen

werden, was dann in der Regel auch zu einem hitzebedingten Verschluss der Arterie selbst führt. Wird dagegen nur der sichtbare Arterienstumpf mit dem Laserlicht bestrahlt, kann manchmal trotz Defokussierung der Gefäßstumpf vaporisiert werden und in der Prostatakapsel verschwinden. Dann droht bei weiterer Bestrahlung dieses Areals eine Kapselperforation (Abb. 9.54).

In diesem Fall sollte die Spülflüssigkeit gewechselt und das einzelne arterielle Gefäß mit dem HF-Strom koaguliert werden, insbesondere, wenn die Arterie im rechten Winkel aus der Prostataoberfläche herausragt, da das perivaskuläre Gewebe mit der rechtwinkligen Schlinge besser zu erreichen ist als mit dem geradeaus strahlenden Laserlicht.

Tipps

Die abschließende Blutstillung erfolgt bei deutlich reduziertem Spülstrom. Bei der abschließenden Blutstillung sollte die Blase entleert sein. Dadurch fällt die Prostataloge zusammen, und die Resektionsgrenze zwischen Blase und Prostataloge wird sichtbar. Bei Bedarf kann zusätzlich noch durch Drücken mit der Handfläche auf das Abdomen des Patienten das Logendach rein mechanisch an den Logenboden angenähert und besser sichtbar werden.

Die Eröffnung eines großen Venensinus ist bei der HoLEP selten und wird in der Regel durch eine Kapselperforation verursacht. Da Kochsalzlösung als Spülflüssigkeit verwendet wird, kann zwar kein TUR-Syndrom entstehen, jedoch können beträchtliche Flüssigkeitsmengen absorbiert werden. Die Operation ist deshalb möglichst rasch zu beenden.

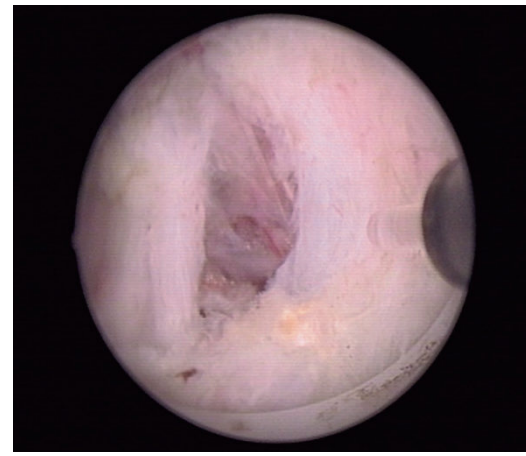


Abb. 9.54 Perforation der chirurgischen Kapsel bei 2 Uhr

9.5.11 Blasenkatheter

Am Ende der Operation wird ein fester transurethraler Dauerkatheter (20 Charr) unter digitaler Kontrolle eingelegt. Der Ballon des Katheters wird in der Blase geblockt (20 ml mehr als die Resektatmenge in Gramm), sodass sich die Prostataloge retrahieren kann. Für große Drüsen existieren Katheter mit maximal 150 ml Ballonkapazität. Wichtige Hinweise und Empfehlungen zur Einlage des Blasenkatheters finden sich auch im ▶ Abschn. 7.4.10.

9.5.12 Prostatakarzinom

Bei entsprechender Indikation (▶ Kap. 9.2.2) erfolgt die Holmium-Laser-Enukleation eines Prostatakarzinoms in identischer Weise wie die Holmium-Laser-Enukleation einer benignen Prostatahyperplasie.

Es muss daran gedacht werden, dass ein Prostatakarzinom bis an den Sphinkter externus heran- bzw. in den Sphinkter externus hineingewachsen sein kann. Wenn der Sphinkter nicht eindeutig identifizierbar ist, sollte lieber Gewebe belassen und evtl. bei Bedarf in einer zweiten Sitzung nachreseziert werden, als primär zu radikal zu resezieren und eine Verletzung des äußeren Schließmuskels zu riskieren.

9.5.13 Prostataabszess

Der Holmium-Laser eignet sich in hervorragender Weise zur transurethralen Inzision eines Prostataabszesses. Sobald der Abszess eröffnet ist, quillt schwallartig weißlich-gelblicher Eiter in Massen aus der eröffneten Abszesshöhle heraus. Davon abzugrenzen sind Pseudoabszesse aus verdicktem Prostatasekret, die sich nach dem Anschneiden langsam »wie Paste aus einer Tube« aus dem Prostatagewebe herausdrücken.

Tipps

Der Eingriff darf sich nur auf die Abszessinzision beschränken, da sonst die intravasale Einschwemmung von Eiter mit konsekutiver Sepsis und möglichem septischen Schock droht! Eine HoLEP ist erst in einer zweiten Sitzung möglich.

9.5.14 Blasensteine

Blasensteine jeglicher chemischer Zusammensetzung und nahezu jeglicher Größe können in einer Sitzung vor Durchführung der Holmium-Laser-Enukleation mit dem Holmium-Laser mühelos in kleinste Partikel fragmentiert werden. Die dazu benötigten Energien sind allerdings erheblich geringer als beim Schneiden von Prostatagewebe. Je nach Härte des Steins werden 0,5–1,0 J benötigt. Um den Fragmentierungsprozess zu beschleunigen, kann die Frequenz zwischen 5 und 20 Hz variiert werden. Kleinere Fragmente müssen dabei mit der Laserfaser sanft gegen die Blasenwand gedrückt werden. Die unbeabsichtigte Bestrahlung der Blasenwand führt bei den verwendeten Energien nur zu oberflächlichen harmlosen Läsionen.

9.5.15 Harnröhrenstriktur, Blasenhalssklerose, Blasendivertikel

Eine Urethrotomia interna nach Sachse lässt sich mit der Holmium-Laser-Faser präzise durchführen (Energie 0,8–1,0 J, Frequenz 10–15 Hz, Leistung 8–15 W).

Bei der Blasenhalsinzision wird dieselbe Energie wie bei der Enukleation der Prostata verwendet, also eine Energie pro Puls von 1,2–1,5 J. Auch ein enger Blasendivertikelhals lässt sich vollkommen blutungsfrei inzidieren und ist somit der Inzision mit HF-Strom und Hakensonde deutlich überlegen. Der Divertikelhals sollte so tief eingekerbt werden, dass der tiefste Punkt des Divertikels erreicht wird. Bei Eingriffen an der Blase muss die Laserenergie erheblich niedriger gewählt werden (0,5–1,0 J, 10–15 Hz, 5–15 W) als bei Eingriffen an der Prostata.

Tipps

Wird bei der Inzision eines Divertikelhalses die Blasenwand an der Inzisionsstelle sehr dünn, sollte der Katheter für 3 Tage postoperativ auf Dauerablauf belassen werden.

Befindet sich der Divertikelhals in der Nähe der Ureterleiste, droht eine Harnleiterverletzung. Durch vorheriges Einlegen einer Ureterschiene kann der Ureterverlauf häufig besser erkannt werden.

9.6 Postoperative Nachbehandlung

Nach Beendigung der HoLEP und Einlegen des Blasenkatheters sollte, zumindest während der ersten postoperativen Stunden, eine Dauerspülung der Blase erfolgen, da häufig am Ende der HoLEP noch kleinere venöse Sickerblutungen bestehen. Falls diese Blutbeimengungen nicht nachlassen oder sogar stärker werden, kann testweise am Katheter, dessen Ballon in der Blase liegt, gezogen werden. Wenn dadurch die Blutung sistiert, sollte ein Zug mit zwei 250-ml-Infusionsflaschen für 4–6 Stunden am Ka-

theter befestigt werden und dann nach Entfernen einer Infusionsflasche der Zug mit nur noch einer 250-ml-Flasche für weitere 6–8 Stunden belassen werden. Die Fixierung der Infusionsflaschen am Katheter erfolgt am besten mit einer mindestens 1 m langen Mullbinde, deren eines Ende am Katheter befestigt wird und deren anderes Ende mit den beiden daran befestigten Infusionsflaschen so über das Bettende geführt wird, dass die Infusionsflaschen frei hängen. Hilfreiche Hinweise hierzu finden sich auch im ▶ Abschn. 7.5.2.

Nach einer HoLEP wird grundsätzlich der Katheter am ersten postoperativen Tag entfernt, in Einzelfällen schon am Abend des Operationstages, nur in den seltenen Ausnahmefällen bei länger anhaltender Blutung am zweiten oder dritten postoperativen Tag. Vor der Katheterentfernung sollte die Blase mit einer Blasenspritze gespült werden, um am Blasenboden liegende Koagel aufzuwirbeln und abzusaugen.

Tipps

Falls auch 2 Tage nach Katheterentfernung die Miktion nur mit schwachem Harnstrahl und/oder deutlicher Restharnbildung verbunden ist, sollte eine antiphlogistische Therapie und/oder Rekatheterisierung für etwa eine Woche durchgeführt werden.

Erst wenn trotz dieser Therapie die Blasenentleerung nach wie vor unzureichend ist, sollten die Harnröhre, Prostataloge und Harnblase erneut in Narkose inspiziert werden, um entweder apikales Restgewebe, wandadhärente Koagel oder verbliebene Resektionsstücke zu entfernen.

Postoperative Blasentenesmen sollten frühzeitig mit Anticholinergika behandelt werden, da sie zu hohen intravesikalen Drücken führen, mit dem erhöhten Risiko erneuter Blutungen. Ebenso sollte stärkeres Pressen beim Stuhlgang durch Gabe von »Stuhlweichmachern« vermieden werden.

Tipps

Der Krankenhausarzt sollte den Patienten unbedingt darüber informieren, dass in der ersten postoperativen Woche längeres Sitzen nicht nur schmerzhaft ist, sondern auch Blutungen verursachen kann.

Tipps

Besonders bei großer Prostata sollte der Patient während der ersten 2–4 postoperativen Wochen auf Saunagänge, heiße Sitzbäder, Geschlechtsverkehr und körperliche Anstrengungen verzichten, insbesondere auf Fahrradfahren oder Benutzen eines Ergometers, da er »mit der resezierten Prostataloge« auf dem Fahrradsattel sitzen würde.

Postoperative Follow-up-Untersuchungen sollten IPSS, QoL-Score, Urin-Stix (Urinkultur bei Verdacht auf Harnwegsinfekt), Uroflow und sonographische Restharnbestimmung einschließen.

9.7 Komplikationen der Holmium-Laser-Enukleation der Prostata

9.7.1 Intraoperative Komplikationen

Intraoperative Erektion

Näheres in ▶ Abschn. 7.4.1.

Intravasale Einschwemmung von Spülflüssigkeit

Ein echtes TUR-Syndrom mit Verdünnungshyponatriämie kann bei der HoLEP nicht auftreten, da keine elektrolytfreie Spülflüssigkeit verwendet wird. Dennoch können bei großen Prostatae, besonders im Zusammenhang mit einer seltenen Kapselperforation und Eröffnung eines Venensinus, beträchtliche Mengen von Spülflüssigkeit eingeschwemmt werden (Shah et al. 2006).

Perforation der Prostatakapsel

Zur seltenen Perforation der Kapsel kommt es, wenn die Schicht zwischen chirurgischer Kapsel und adenomatösem Gewebe während der Enukleation nach peripher verlassen wird (◘ Abb. 9.54). Eine Kapselperforation kann auch entstehen, wenn bei exzessiven Koagulationsversuchen von großen arteriellen Gefäßen die Kapsel perforiert wird. Falls die Blutstillung eines solchen Gefäßes mit dem Holmium-Laser nicht möglich ist, sollte ein Versuch mit HF-Strom unternommen werden.

Unterfahrung des Trigonums

Zu einer trigonalen Unterfahrung kommt es, wenn bei der retrograden Enukleation des Mittellappens

nicht darauf geachtet wird, dass nach Erreichen der größten dorsalen Vorwölbung der Prostata in das Rektum hinein die Spitze des Resektoskops wieder nach ventral angehoben werden muss, da der Durchmesser der Prostata mit zunehmender Annäherung an die Blase wieder kleiner wird.

Tipps

Bei einer subtrigonalen Unterfahrung sollte nach Beendigung der Operation ein Zug von 250 ml an den transurethralen Katheter, dessen Ballon in der Blase gefüllt wird, angehängt und bis zum nächsten Morgen belassen werden. Das abgehobene Trigonum wird dadurch an die perivesikale Gewebeschicht und die Prostatakapsel gedrückt und kann mit ihr verkleben.

Verletzung des Harnleiterostiums

Die Häufigkeit liegt unter 1 % (▶ Abschn. 9.5.3). Die Harnleiterostien können verletzt werden,

- wenn zu Beginn der 5-Uhr- und 7-Uhr-Inzision die Laserfaser auf das Ostium statt entweder medial oder lateral davon ausgerichtet ist (◘ Abb. 9.2),
- wenn die Prostatalappen am Übergang zur Blase von der chirurgischen Kapsel abgetrennt werden (◘ Abb. 9.14),
- wenn bei der Fragmentierung der Lappen mit der HF-Schlinge der Gewebestiel, mit dem der Lappen mit der Prostatakapsel verbunden ist, vorzeitig mit der HF-Schlinge durchtrennt wird und die Lappen frei in der Blase flottieren (▶ Abschn. 9.5.8),
- wenn die Lappen über einen nur sehr dünnen Stiel an der Kapsel hängen und deshalb sehr mobil sind und durch die Spülflüssigkeit weit in die Blase »luxiert« werden (▶ Abschn. 9.5.4).

Tipps

Oberflächliche Urothelverletzungen sind bedeutungslos, tiefere Verletzungen sollten jedoch für 10–14 Tage mit einem DJ-Katheter versorgt werden und der obere Harntrakt postoperativ alle 2–3 Wochen für 2–3 Monate sonografisch kontrolliert werden (Reflux? Stenose?).

Verletzung des Schließmuskels

Die Häufigkeit beträgt 1 % (▶ Abschn. 9.5.3, ▶ Abschn. 7.3.3). Besonders gefährlich sind die Inzision bei 12 Uhr und die Resektion der ventralen Anteile der Prostata (◘ Abb. 9.25, ◘ Abb. 9.26, ◘ Abb. 9.27, ◘ Abb. 9.28, ◘ Abb. 9.44). Eine Verletzung des Schließmuskels kann mit hoher Sicherheit durch den hydraulischen Sphinktertest verhindert werden (◘ Abb. 9.49).

Tipps

Im Zweifelsfall ist es immer besser, sphinkternahes Gewebe stehen zu lassen und entweder am Ende der Operation nachzuresezieren oder sogar eine solche Nachresektion erst dann durchzuführen, wenn sich postoperativ nach Katheterentfernung zeigt, dass der Patient nur unzureichend miktionieren kann. Durch die postoperative Kapselschrumpfung sind die stehengebliebenen Adenomreste dann viel leichter zu erkennen.

9.7.2 Postoperative Komplikationen

Nachblutung

Die Häufigkeit liegt bei unter 1 %. Der Blutverlust der HoLEP ist erheblich geringer als bei der TURP und erst recht geringer als bei der offenen Adenomenukleation. In der Regel genügt es, nach Spülung der Blase mit der Blasenspritze am Katheter zu ziehen, dessen Ballon in der Blase gefüllt ist. Dadurch wird die Loge komprimiert. Sistiert dadurch die Blutung, sollte für die Dauer von 6–8 h ein Zug von 500 ml am Katheter befestigt werden. Bei Bedarf kann dieser danach noch gegen einen Zug von 250 ml ausgetauscht werden, der ebenfalls für mindestens 6–8 h belassen wird.

Nachresektion von stehengebliebenem Adenomgewebe

Die Häufigkeit liegt bei unter 1 %. Kann der Patient nach Entfernung des Katheters nicht ausreichend gut miktionieren, so ist in der Regel apikal Gewebe stehengeblieben oder wandadhärente Koagel verlegen die Prostataloge. Bei »Harnstottern« oder intermittierendem Harnsperren bei an sich kräftigem Harnstrahl muss an ein flottierendes Gewebestück gedacht werden oder an ventral stehengebliebenes Prostatagewebe, das sich bei der Entleerung der Blase wie ein Deckel von oben in die Loge legt.

Epididymitis

Die postoperative Epididymitis ist selten. Sie wird ▶ Abschn. 7.4.2 abgehandelt.

9.7.3 Spätkomplikationen

Harnröhrenstriktur, postoperative Blasenhalssklerose

Die Häufigkeit liegt bei etwa 3 %. Harnröhrenstrikturen und postoperative Blasenhalsstenosen treten bei der HoLEP in ähnlicher Häufigkeit wie bei der TURP auf (▶ Abschn. 7.4.3).

Tipps

Zur Vermeidung einer postoperativen Blasenhalssklerose sollte bei kleinen Adenomen unter 20–30 g bei 6 Uhr eine Inzision von der Interureterenleiste bis weit in die Prostataloge erfolgen. Der vollkommen blutungsfreie Gewebeschnitt mit dem Holmium-Laser ermöglicht eine tiefe Inzision bis tief in die Prostatakapsel.

Retrograde Ejakulation

Die Häufigkeit liegt bei 70–80 % (Kuntz und Lehrich 2002, Gilling et al. 1999, Kuntz et al. 2004b).

Postoperative erektile Dysfunktion

Wie bei der TURP kann auch bei der HoLEP postoperativ eine erektile Dysfunktion auftreten, die präoperativ nicht bestanden hat. Die Genese dieser Störung ist allerdings unklar. So zeigte eine randomisierte klinische Studie (Kuntz und Lehrich 2002), dass die Häufigkeit einer erektilen Dysfunktion nach Holmium-Laser-Enukleation und nach offener Adenomenukleation identisch war. Vieles spricht dafür, dass die erektile Dysfunktion durch die Alterszunahme des Patienten und nicht durch die Operation entsteht. In einer vergleichenden Therapiestudie entwickelte sich bei operierten und medikamentös behandelten Patienten mit benigner Prostatahyperplasie eine erektile Dysfunktion gleich häufig (Kassabian 2003).

9.8 Ergebnisse

Prospektiv randomisierte Studien (Kuntz und Lehrich 2002, Kuntz et al. 2008, Tan und Gilling 2002, Tan et al. 2003, Gilling et al. 1999, Kuntz et al. 2004b, Montorsi et al. 2004, Shah et al. 2006, Ahyai et al. 2007, Ahyai et al. 2010) zeigen die hohe Effektivität und geringe Morbidität der HoLEP. Drei randomisierte Studien, die für Prostatae <100 g die HoLEP mit der klassischen TURP verglichen, ergaben für die HoLEP eine mediane postoperative Katheterzeit bzw. Krankenhausdauer von 1 bzw. 1–2 Tagen, für die TURP dagegen von 2 bzw. 2–3 Tagen ($p<0{,}0001$) (Tan et al. 2003, Gilling et al. 1999, Kuntz et al. 2004b). In einer anderen Vergleichsstudie für Prostatae >100 g betrugen Katheterzeit und Krankenhausaufenthalt bei den HoLEP-Patienten ebenfalls 1 bzw. 2 Tage, bei der offenen Adenomenukleation dagegen 6 bzw. 10 Tage ($p<0{,}0001$) (Kuntz und Lehrich 2002). Gilling et al. wiesen nach, dass Schmerzmittelverbrauch, Beanspruchung des Pflegepersonals und Gesamtkosten der Krankenhausbehandlung bei der HoLEP signifikant niedriger lagen als bei der TURP (Gilling et al. 1999).

In allen Vergleichsstudien war die Komplikationsrate der HoLEP niedriger als die der TURP oder der offenen Operation (Kuntz und Lehrich 2002, Kuntz et al. 2008, Tan und Gilling 2002, Tan et al. 2003, Gilling et al. 1999, Kuntz et al. 2004b, Ahyai et al. 2007, Ahyai et al. 2019, Montorsi et al. 2004, Naspro et al. 2004). Tan und Gilling berichten über eine Transfusionsrate von <0,2 % (Tan und Gilling 2002). 2004 wurde im eigenen Patientengut bei über 950 konsekutiven Patienten mit Prostatae <100 g keine Blutkonserve verabreicht, bei Drüsen >100 g erhielten lediglich 3 von über 300 Patienten Bluttransfusionen (Kuntz et al. 2004a). Lediglich die Operationszeit der HoLEP war vor Einführung effektiver mechanischer Gewebemorcellatoren länger als bei TURP oder offener Enukleation. Doch mit dem Einsatz moderner Morcellatoren, die bis zu 10 g Gewebe pro Minute fragmentieren können, ließ sich die Operationszeit erheblich reduzieren (Kuntz und Lehrich 2002, Kuntz et al. 2008, Kuntz et al. 2002a, Tan und Gilling 2002, Elzayat et al. 2006), und die HoLEP ist in der Regel kürzer als die TURP. Ein erfahrener Operateur kann heutzutage bis zu 90 g in einer Stunde entfernen.

Mit dem Holmium-Laser lassen sich Adenome bis zu einem Gewicht von über 350 g transurethral operieren (Moody und Lingeman 2001, Kuntz und Lehrich 2002, Kuntz et al. 2002a). Im eigenen Krankengut betrug das maximal entfernte Resektionsgewicht 530 g. Randomisierte prospektive Studien ergaben, dass sowohl beim Vergleich HoLEP versus TURP (Tan et al. 2003, Gilling et al. 1999, Kuntz et al. 2004b) als auch beim Vergleich HoLEP versus offene Adenomenukleation (Moody und Lingeman 2001,

Kuntz und Lehrich 2002) jeweils durch HoLEP mindestens so viel Prostatagewebe entfernt wurde wie in den Vergleichsgruppen.

Die Verbesserung des AUA-Symptom-Score war bei der HoLEP sogar signifikant besser als bei TURP (Gilling et al. 2001, Kuntz et al. 2004b, Ahyai et al. 2007). Der durchschnittliche AUA-Symptom-Score sank trotz schwerer präoperativer Symptomatik (durchschnittlicher Score über 20) selbst bei großen Prostatadrüsen über 100 g schon nach 1 Woche um über 70 % auf einen Durchschnittswert von unter 5, der Restharn nach einer Woche um über 90 % auf Werte unter 20 ml, und der Maximalflow stieg um mehr als das 6-Fache auf Durchschnittswerte über 20 ml/s (Kuntz und Lehrich 2002, Kuntz et al. 2008, Kuntz et al. 2004b, Ahyai et al. 2007, Vavassori et al. 2008, Kassabian 2003). 3- bis 6-Jahres-Ergebnisse zeigen, dass die Normalisierung der Miktion anhaltend ist (Kuntz et al. 2008, Ahyai et al. 2007, Vavassori et al. 2008, Gilling et al. 2008).

In einer eigenen prospektiven Studie über die transurethrale Holmium-Laser-Enukleation bei großen Drüsen zwischen 100 und 250 g Gewicht im transrektalen Ultraschall lag die Strikturrate der Holmium-Laser-Enukleation trotz einer mittleren Resektionszeit von ca. 2 h 6 Monate postoperativ lediglich bei 1,6 % (Kuntz und Lehrich 2002) und18 Monate postoperativ bei 3,2 % (Kuntz et al. 2008). Sie war somit ähnlich der Strikturrate von 3,1 %, die für die konventionelle TURP als typisch angesehen wird (Mc Connell et al. 1994). In unter 1 % der Fälle ist eine apikale Nachresektion nötig und unter 1 % der Patienten eine Laserkoagulation wegen arterieller Nachblutung.

Blutungen sind signifikant seltener als bei der TURP, der Blutverlust ist signifikant geringer. In unserem Krankengut, welches mittlerweile über 3.000 Patienten mit Prostataadenomen von 100 bis maximal 530 g gemessenem entferntem Gewebe und über 5.500 Patienten mit Prostatae unter 100 g Gewicht umfasst, lag die Transfusionsrate bei unter 0,2 %. Während in randomisierten Vergleichsstudien die Transfusionsrate der TURP bei 4 % und der offenen Adenomenukleation sogar bei über 13 % lag, betrug sie bei der HoLEP 0 % ($p<0{,}0001$) (Tan et al. 2003, Gilling et al. 1999, Kuntz et al. 2004b). Auch der durchschnittliche Blutverlust war bei der HoLEP signifikant geringer als bei der klassischen TURP (1,2 vs. 1,8 g- %, $p=0{,}003$) (Kuntz et al. 2004b) und selbstverständlich geringer als bei der offenen Adenomenukleation (HoLEP 1,9 vs. offene Adenomenukleation 2,8 g- %, $p<0{,}0001$) (Kuntz und Lehrich 2002).

Im Gegensatz zu den ausschließlich vaporisierenden Laserverfahren der KTP-Laser und Diodenlaser bietet die HoLEP uneingeschränkte Möglichkeiten, das sofort abladierte Gewebe präzise histologisch zu untersuchen. Bei Nachweis eines inzidentellen Prostatakarzinoms kann nach HoLEP problemlos eine radikale Prostatektomie durchgeführt werden, auch in nerverhaltender Technik.

Allerdings hat die HoLEP eine signifikante Lernkurve, die jedoch deutlich unter der der TURP oder anderer neuer endourologischer Verfahren, wie etwa der Laparoskopie, liegt (Seki et al. 2003, Shah et al. 2007, Elzayat und Elhilali 2007).

Literatur

AUA Practice Guidelines Committee (2003) AUA guideline on management of benign prostatic hyperplasia (2003). Chapter I: Diagnosis and treatment recommendations. J Urol 170: 530

Rassweiler J, Teber D, Kuntz RM, Hofmann R (2006) Complications of transurethral resection of the prostate (TURP) – incidence, management, and prevention. Eur Urol 50: 969

Oelke M, Bachmann A, Descazeaud A, Emberton M et al. (2013) EAU guidelines on the treatment and follow-up of non-neurogenic male lower urinary tract symptoms including benign prostatic obstruction. Eur Urol 64: 118-140

Kuntz RM (2006) Current role of lasers in the treatment of benign prostatic hyperplasia (BPH). Eur Urol 49: 961–969

Kuntz RM (2007) Laser treatment of benign prostatic hyperplasia. Wold J Urol 25: 241

Kuntz RM, Gilling PJ, Fraundorfer MR (1998) Transurethrale Holmium-Laser-Resektion der Prostata (HoLEP) und Holmium-Laser-Enukleation der Prostata (HoLEP). Akt Urol 29: 139

Moody J, Lingeman JE (2001) Holmium laser enucleation for prostate adenoma greater than 100 g: comparison to open prostatectomy. J Urol 165: 459

Kuntz RM, Lehrich K (2002) Transurethral holmium laser enucleation versus transvesical open enucleation for prostate adenoma greater than 100 gm: a randomized prospective trial on 120 patients. J Urol 168: 1465

Kuntz RM, Lehrich K, Ahyai S (2008) Holmium Laser enucleation of the prostate versus open prostatectomy for prostates greater than 100 grams: 5-year follow-up results of a randomised clinical trial. Eur Urol 53: 160

Kuntz RM, Lehrich K, Ahyai S (2002) Transurethrale Holmium-Laser-Enukleation der Prostata (HoLEP): eine sichere und effektive endourologische Alternative zur offenen Adenomenukleation. Akt Urol 33: 357

Tan AHH, Gilling PJ (2002) Holmium laser prostatectomy: current techniques. Urology 60: 152

Tan AHH, Gilling PJ, Kennett KM, Frampton C, Westenburg AM, Fraundorfer MR (2003) A randomized trial comparing holmium laser enuclation of the prostate with transurethral resection of the prostate for the treatment of bladder outlet obstruction secondary to benign prostatic hyperplasia in large glands (40 to 200 grams). J Urol 170: 1270

Wilson LC, Gilling PJ, Williams A et al. (2006) A randomised trial comparing holmium laser enucleation versus transurethral resection in the treatment of prostates larger than 40 grams: results at 2 years. Eur Urol 50: 569

Elzayat EA, Habib EI, Elhilali MM (2005) Holmium laser enucleation of the prostate: a size-independent new »gold standard«. Urology 66: 108

Kuntz RM, Lehrich K, Ahyai S, Gerlach A, Fayad A (2004) Perioperative morbidity of holmium laser enucleation of the prostate (HoLEP): results in 950 consecutive patients. J Urol 171(4), Suppl: 402

Kuntz RM, Lehrich K, Ahyai S, Fayad A (2002) Does the perioperative outcome of holmium laser enucleation of the prostate (HoLEP) depend on prostate size? J Endourol 16 (suppl. 1): A 127

Elzayat E, Habib E, Elhilali M (2006) Holmium laser enucleation of the prostate in patients on anticoagulant therapy or with bleeding disorders. J Urol 175: 1428

Gilling PJ, Mackey M, Cresswell M, Kennett KM, Kabalin JN, Fraundorfer MR (1999) Holmium laser resection of the prostate (HoLRP) versus transurethral resection of the prostate (TURP): A randomized prospective trial with 1 year followup. J Urol 162: 1640

Gilling P, Kennett K, Fraundorfer M (2001) Holmium laser enucleation of the prostate (HoLEP) is superior to TURP for the relief of bladder outflow obstruction (BOO). J Endourol 15: A41

Kuntz RM, Ahyai S, Lehrich K, Fayad A (2004) Transurethral holmium laser enucleation of the prostate (HoLEP) versus transurethral electrocautery resection of the prostate (TURP): a randomized prospective trial of 200 patients. J Urol 172: 1012

Ahyai S, Lehrich K, Kuntz RM (2007) Holmium Laser enucleation versus transurethral resection of the prostate: 3-year follow-up results of a randomised clinical trial. Eur Urol 52: 1456

Montorsi F, Naspro R, Salonia A et al. (2004) Holmium laser enucleation versus transurethral resection of the prostate: results from a 2-center, prospective, randomized trial in patients with obstructive benign prostatic hyperplasia. J Urol 172: 1926

Seki N, Mochida O, Kinkuawa N, Sagiyama K, Naito S (2003) Holmium laser enucleation for prostatic adenoma: Analysis of learning curve over the course of 70 consecutive cases. J Urol 170: 1847

Shah HN, Mahajan AP, Sodha HS, Hegde S, Mohile PD, Bansal MB (2007) Prospective evaluation of the learning curve for holmium laser enucleation of the prostate. J Urol 177: 1468

Elzayat EA, Elhilali MM (2007) Holmium laser enucleation of the prostate (HoLEP): long-term results, reoperation rate, and possible impact of the learning curve. Eur Urol 52: 1465

Gilling PJ, Kennett K, Das AK, Thompson D, Fraundorfer MR 1998 () Holmium laser enucleation of the prostate (HoLEP) combined with transurethral tissue morcellation: an update on the early clinical experience. J Endourol 12: 457

Vavassori I, Valenti S, Naspro R et al. (2008) Three-year outcome following holmium laser enucleation of the prostate combined with mechanical morcellation in 330 consecutive patients. Eur Urol 53: 599

Gilling P (2008) Surgical atlas holmium laser enucleation of the prostate (HoLEP). BJU Int 101: 131

Hochreiter WW, Thalmann GN, Burkhard FC, Studer UE (2002) Holmium laser enucleation of the prostate combined with electrocautery resection: the mushroom technique. J Urol 168: 1470

Naspro R, Freschi M, Salonia A et al. (2004) Holmium laser enucleation versus transurethral resection of the prostate. Are histological findings comparable? J Urol 171: 1203

Shah HN, Kausik V, Hegde S, Shah JN, Bansal MB (2006) Evaluation of fluid absorption during holmium laser enucleation of prostate by breath ethanol technique. J Urol 175: 537

Kassabian VS (2003) Sexual function in patients treated for benign prostatic hyperplasia. Lancet, 361: 60

Ahyai SA, Gilling P, Kaplan SA, Kuntz RM et al . (2010) Meta-analysis of functional outcomes and complications following transurethral procedures for lower urinary tract symptoms resulting from benign prostatic enlargement.

Gilling PJ, Aho TF, Frampton CM, King CJ, Fraundorfer MR (2008) Holmium laser enucleation of the prostate: results at 6 years. Eur Urol 53: 744

Mc Connell JD, Barry MJ, Bruskewitz RC, Bueschen AJ, Denton SE, Holtgrewe HL et al. (1994) Practice Guidelines for Benign Prostatic Hyperplasia: Diagnosis and Treatment. Rockville: Agency for Health Care Policy and Research, Public Health Service, Publication No. 94-0582

Greenlight-Laser-Vaporisation der Prostata

F. Schiefelbein

10.1 Einleitung – 154

10.2 Physikalische Eigenschaften des Greenlight-Lasers – 154
10.2.1 120-Watt-HPS-Laser und 180-Watt-XPS-Laser: technische Unterschiede – 155
10.2.2 MOXY-Laserfaser – 155

10.3 Indikationen – 155
10.3.1 Prostatagröße – 156

10.4 Perioperatives Vorgehen – 156
10.4.1 Vorbereitung des Patienten – 156
10.4.2 Operationsinstrumentarium – 156
10.4.3 Irrigation – 157
10.4.4 Anästhesieverfahren – 157

10.5 Operationstechnik – 157
10.5.1 Operationstechnik Schritt für Schritt – 157
10.5.2 Prinzipien der Faserführung – 158
10.5.3 Faserreinigung – 159

10.6 Komplikationen – 163
10.6.1 Intraoperative Komplikationen – 163
10.6.2 Postoperative Komplikationen – 164
10.6.3 Spätkomplikationen – 164

10.7 Erhalt der antegraden Ejakulation – 164

10.8 Ergebnisse – 164

Literatur – 165

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_10

10.1 Einleitung

Seit vielen Jahrzehnten stellt die transurethrale Elektroresektion der Prostata (TURP) den Goldstandard bei der operativen Behandlung der symptomatischen benignen Prostatahyperplasie (BPH) dar (S2e Leitlinie BPS 2014, Oelke et al. 2013). Dennoch ist die TURP ein invasives, technisch anspruchsvolles und potenziell risikobehaftetes Operationsverfahren. Die perioperative Morbidität dieses Eingriffs steigt mit dem Adenomgewicht, dem Lebensalter und kardiopulmonalen Begleiterkrankungen erheblich an. Insbesondere das Blutungs- und Einschwemmungsrisiko stehen hierbei im Vordergrund (Mebust et al. 2002).

Durch ein älter werdendes Patientenklientel, das häufiger unter kardiovaskulären Begleiterkrankungen leidet und mit gerinnungshemmenden Medikamenten versorgt ist, sind die Anforderungen an die operative Versorgung der BPH gestiegen. Verschiedene Laserverfahren konnten aufgrund der verbesserten hämostyptischen Eigenschaften das perioperative Risiko für den Patienten senken.

Seit 1998 wurde von Malek et al. der Greenlight-Laser in die operative Behandlung der symptomatischen BPH eingeführt (Malek et al. 1998). Zunächst wurde mit einem 60-Watt-, dann mit dem 80-Watt-Kaliumtitanylphosphat-(KTP-)Laser und seit 2006 mit dem 120-Watt-HPS-Laser gearbeitet. 2010 wurde der 180 Watt XPS-Laser mit dem neu entwickelten MOXY-Lichtleiter eingeführt. Dadurch konnte die Effizienz des Verfahrens erheblich gesteigert werden.

In der 2014 veröffentlichten europäischen multizentrischen GOLIATH-Studie konnte die Gleichwertigkeit des XPS-Greenlight zur TUR-P bei geringerem Risikoprofil hinsichtlich des intraoperativen Blutverlustes und des Transfusionsrisikos nachgewiesen werden.

Im Juni 2016 erklärte das Londoner National Institute for Health and Care Excellence (NICE) den Greenlight-Laser zum alternativen Standard zur TUR-P.

10.2 Physikalische Eigenschaften des Greenlight-Lasers

Die Entwicklung des Greenlight-Lasers vollzog sich durch technische Änderungen des Neodym:Yttrium-Aluminium-Granat-(Nd:YAG-)Lasers, dessen Wellenlänge von 1064 nm auf 532 nm mittels KTP-Kristall (80 Watt) oder Lithiumtriborate-(LBO-)Kristall (120 Watt/180 Watt) halbiert wurde.

Damit ändern sich die laseroptischen Eigenschaften der applizierten Energie maßgeblich, denn die Wechselwirkung des im infraroten Spektralbereich arbeitenden Nd:YAG-Lasers bezogen auf die Gewebebestandteile Wasser und Hämoglobin führen nur zu einer schwachen Energieabsorption. Daraus resultiert eine relativ große optische Eindringtiefe des Nd:YAG-Laserstrahls von über 4 mm ins Gewebe. Ein relativ großes Gewebevolumen wird dabei aufgeheizt. Bei Erreichen einer Temperatur von über 65°C wird Eiweiß denaturiert und das Gewebe koaguliert (Bachmann et al. 2012).

Die Halbierung der Wellenlänge auf 532 nm (entspricht dem grünen Licht im Spektralbereich) liegt im Bereich des theoretischen Maximums der Hämoglobinabsorptionskurve und gleichzeitig auf einem theoretischen Minimum der Energieabsorptionskurve für Wasser (Photoselektivität). Die Energie des »grünen« Laserstrahls wird praktisch vollständig von »roten« Gewebeoberflächen (Hämoglobin der Erythrozyten, Blutgefäße, Prostatagewebe) absorbiert.

Die Eindringtiefe des Greenlight-Lasers ins Gewebe wird auf nur 1–2 mm reduziert. In der oberflächlichen Gewebeschicht wird die Zellflüssigkeit innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde ultraschnell erhitzt. Hierbei entstehen intrazelluläre Vakuolen und der intrazelluläre Druck steigt bis zum Zerreißen der Zellgrenzen an. Das Zytoplasma wird bis zur Verdampfungstemperatur erhitzt und der verdampfte Zellinhalt löst sich in konfluierenden kleinen Dampfbläschen von der Gewebeoberfläche ab. Der weitaus überwiegende Anteil der applizierten Laserenergie wird als »zytoplasmatische Explosionsenergie« wieder freigesetzt und es kommt zur Bildung und Absetzung von Dampfblasen.

Der verbleibende Gewebedefekt ist sofort sichtbar, die Wärmediffusion und die Koagulation tieferer Gewebeschichten werden limitiert. Es entsteht eine (histologisch nachweisbare) nur oberflächliche Koagulationszone von nur 0,8–1,0 mm Dicke. Diese dünne Koagulationsschicht ist für die guten hämostyptischen Eigenschaften des Lasers verantwortlich, infolgedessen der operative Eingriff nahezu blutungsfrei durchgeführt werden kann.

Durch die Photoselektivität wird vornehmlich das Gefäßführende »rote« hyperplastische Prostatagewebe und weniger der stromale Gewebeanteil verdampft. Diese, bei 180 Watt nur noch sehr gering vorkommenden, netzartigen Gewebefasern (»Cottonwool«-Fasern) sind frei von vitalen Prostatazellen. Sie bleiben in der Prostataloge zurück und werden in den

Folgetagen nach der Operation abgestoßen und mit dem Urin ausgeschieden (Heinrich et al. 2007). Etwa 6–8 Wochen postoperativ zeigen zystoskopische Kontrollen glatte Logenwände mit Fibrinauflagerungen ähnlich wie nach einer TURP (Schiefelbein et al. 2011).

10.2.1 120-Watt-HPS-Laser und 180-Watt-XPS-Laser: technische Unterschiede

Der XPS-Laser ist ein diodenlasergepulster LBO-Laser, der bei 532 nm grünes Licht bis 180 W emittiert. Im Vergleich zum HPS-Laser ergibt sich eine 50 % höhere Leistungsabgabe. Die Laserenergie steht praktisch ohne Verzögerung nach Auslösung durch das Fußpedal zur Verfügung.

Das duale Fußpedal ermöglicht wie bei der TURP einen Wechsel in dem Koagulationsmodus – hier wird die Laserenergie auf 5–40 Watt reduziert. Hierdurch wird die Laser-Gewebe-Wechselwirkung zugunsten einer höheren Koagulationswirkung verändert, was zur Blutstillung Anwendung findet.

10.2.2 MOXY-Laserfaser

Das Laserlicht wird beim HPS-Laser über eine ADD (»angeled delivery device«) Glasfaser (600 µm) emittiert. Für den 180 Watt XPS-Laser wurde ein völlig neuer Lichtleiter konzipiert. Mit 750 µm ist die Faser dicker als beim HPS-Laser. Der Strahlbereich wurde von 0,28 mm^2 beim HPS auf 0,44 mm^2 beim XPS gesteigert. Dadurch kann in erheblich kürzerer Arbeitszeit mehr Gewebe entfernt werden. Die MOXY-Laserfaser ist mit NaCl-Lösung flüssigkeitsgekühlt und die Faserspitze von einer Metallkappe mit Austrittsfenster umgeben. Der Arbeitsstrahl bleibt auch nach voller Leistungsabgabe von 650 kJ gebündelt und weist nur geringe Schwächung auf.

Ein Thermosensor (FiberLifeTM) schützt die Laserfaser vor Überhitzung. Bei drohender Überhitzung reduziert der Sensor die Leistungsabgabe oder schaltet das Gerät in den stand by-Modus. Damit wird eine Zerstörung der Laserfaser verhindert, was im klinischen Alltag im Vergleich zum HPS-Laser von entscheidender Bedeutung ist.

An der Faserspitze wird der Laserstrahl im Sinne eines Side-Fire-Verfahrens umgelenkt. Der Abstrahlwinkel beträgt 110°. Die Faser kann rotierend und axial geführt werden (Abb. 10.1).)

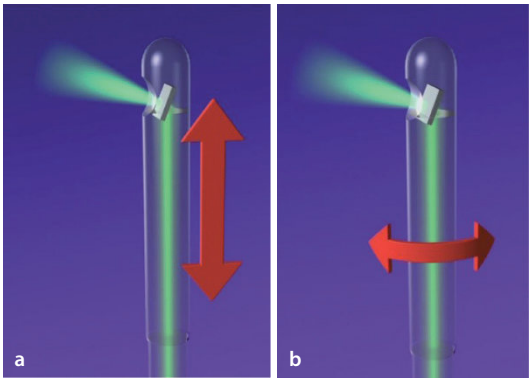


Abb. 10.1a,b Faserführung. **a** axial, **b** rotierend

Drei Möglichkeiten der Fasersteuerung sind gegeben (Abb. 10.2)

- durch den Pilotstrahl,
- durch einen kontralateral zur Austrittsöffnung angebrachten Pfeil und
- durch einen Steuergriff, dessen Dorn die Applikationsrichtung anzeigt.

Die Leistungsabgabe der Faser ist auf 650 kJ begrenzt. Jede Faser kann nur einmal verwendet werden.

10.3 Indikationen

Die Indikationen zur Operation bei symptomatischer benigner Prostatahyperplasie sind grundsätzlich identisch mit denen der TURP. Aufgrund der hervorragenden hämostyptischen Eigenschaften des Greenlight-Lasers können auch Patienten behandelt werden, die sich aufgrund von kardiovaskulären Erkrankungen einer gerinnungskompromittierenden Behandlung – Vitamin-K-Antagonisten(VKA), Acetylsalicylsäure, direkte bzw. nicht Vitamin K abhängige orale Antikoagulanzien (DOAKs) – unterziehen müssen.

Tipps

Da nach Vaporisation der Prostata kein Gewebe zur histologischen Aufarbeitung zur Verfügung steht, ist dieser Umstand aufklärungspflichtig. Gegebenenfalls ist vor diesem Hintergrund die Indikation zur Feinnadelbiopsie zum präoperativen Karzinomausschluss insbesondere bei grenzwertigem PSA-Wert oder verdächtigem digitalen Palpationsbefund der Prostata zu stellen.

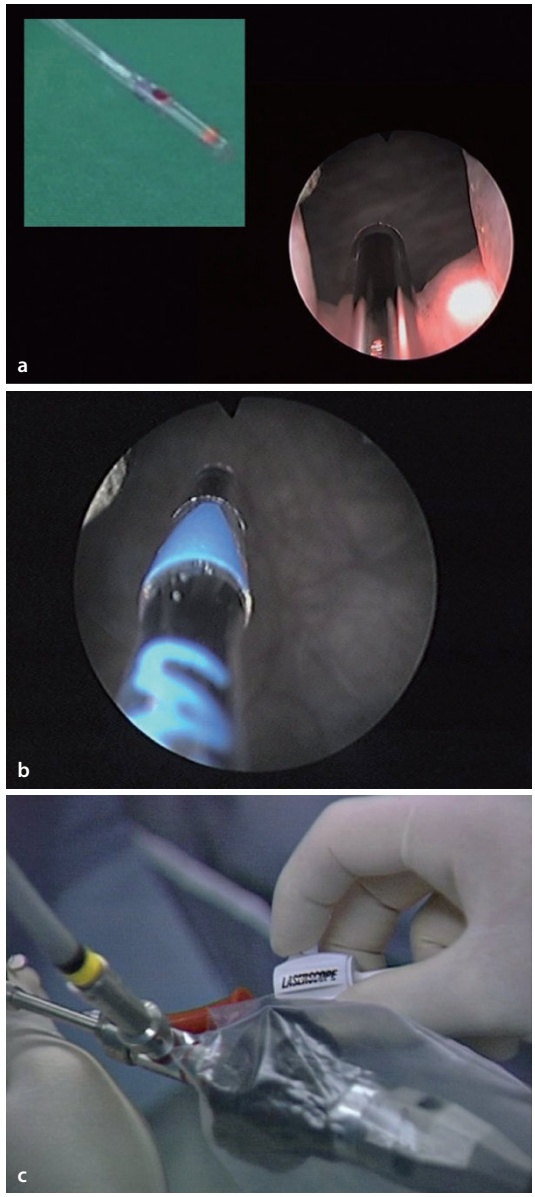


Abb. 10.2a–c Möglichkeiten der Fernsteuerung. **a** Kontrolle durch den Pilotstrahl, **b** kontralaterale Pfeilwirkung, **c** Steuergriff der Laserfaser

10.3.1 Prostatagröße

Prinzipiell limitiert die Prostatagröße nicht die Anwendung des Greenlight-Lasers. Auch die Behandlung größerer Prostatae über 100 g zeigt vergleichbare funktionelle Ergebnisse, wie die kleinerer Prostatae (Altay et al. 2015). Da die Leistungsabgabe der einzelnen Laserfaser auf 650 kJ begrenzt ist, kann es notwendig sein, eine zweite Faser (selten mehr) zu verwenden.

Bei Prostatae über 100 g ist der gewebeablative Effekt jedoch geringer als bei der offenen Adenomenukleation, beim HoLEP-Laser oder bei der TURP. Die Effizienz des XPS-Greenlight-Lasers ist aufgrund der höheren Leistungsabgabe größer als die des HPS-Lasers und verkürzt die Behandlungszeit größerer Prostatae.

10.4 Perioperatives Vorgehen

10.4.1 Vorbereitung des Patienten

Die Durchführung einer perioperativen Antibiotikabehandlung, bevorzugt mit einem Chinolon, kann fakultativ durchgeführt werden, um das Risiko einer postoperativen Infektion zu vermindern. Wie bei anderen operativen Verfahren auch, muss ein präoperativ diagnostizierter bakterieller Infekt testgerecht behandelt und ggf. der operative Eingriff verschoben werden.

Die Lagerung und Abdeckung des Patienten erfolgt analog zur TURP. Eine Resektionsschürze fängt Spritzwasser auf und der Operateur behält »trockene Füße«. Die Anlage einer suprapubischen Harnableitung (z. B. Trokar) ist nicht erforderlich. Die Beibehaltung einer gerinnungskompromittierenden Behandlung des Patienten ist möglich. Dieses Patientenklientel gehört jedoch einer Hochrisikogruppe an und sollte nur von einem erfahrenen Operateur und in einer Einrichtung behandelt werden, die über die entsprechende Einrichtung einer adäquaten Notfallversorgung verfügt.

10.4.2 Operationsinstrumentarium

In den letzten Jahren wurden verschiedene Laserinstrumente, die die Besonderheiten der Greenlight-Laser berücksichtigen, entwickelt. Grundsätzlich werden relativ dünnlumige Dauerspülresektoskope entwickelt, die einer suprapubischen Harnableitung entbehren. Eine 30°-Optik wird verwendet. Zwischen Kamera und Optik muss ein Filter platziert werden, der den Kamerakonverter vor Zerstörung schützt (Abb. 10.3). Der Laser darf nur mit einem Kamerasystem betrieben werden!

Es gibt Laserresektoskope, bei denen die Faser vom Operateur digital gesteuert wird. Diese ermöglichen zwar eine »freie« Faserführung, bergen aber auch die Gefahr, dass die Faser während der Opera-

Abb. 10.3 Einlegen des Filters

tion in den Schaft zurückgezogen wird und dabei Optik und Instrument zerstört werden.

Andere Laserresektoskope spannen den Steuerungsknopf der Faser in eine Vorrichtung ein, die das Zurückziehen der Faser in den Arbeitsschaft verhindern und das Instrumentarium vor möglicher Zerstörung bewahren. Dadurch kann aber auch die Faserführung limitiert sein und den operativen Ablauf verändern.

Bei Laserresektoskopen mit eingespanntem Steuerungsknopf sollte die Faser stets gleitend, ohne ruckende axiale Bewegungslimitationen geführt werden können. Der Operateur sollte die unterschiedlichen Instrumentarien testen und entsprechend seinem operativen »Handling« auswählen.

Tipps

Unabdingbar ist, dass ein optimaler Spülfluss vorhanden ist, der die Vaporisationsblasen von dem OP-Feld wegspült und jederzeit gute Sicht ermöglicht. Zufluss und Abfluss sollten in einem Verhältnis von 50:50 stehen, um intermittierende Blasenentleerungen zu vermeiden.

10.4.3 Irrigation

Zur Irrigation wird physiologische Kochsalzlösung oder steriles Wasser verwendet. Zuckerhaltige Irrigationen würden die Faserspitze karbonisieren und zerstören. Zur Regulation des Spüldrucks ist die Schwerkraft ausreichend. Einige Arbeitsgruppen verwenden ein automatisiertes Saugpumpenspülsystem, das die kontinuierliche Spülung und Absaugung gewährleistet (Muir et al. 2008).

10.4.4 Anästhesieverfahren

Die Operationen werden überwiegend in rückenmarksnaher Regionalanästhesie (Spinalanästhesie oder Periduralanästhesie) oder in Vollnarkose durchgeführt. Wenige Arbeitsgruppen in den USA führen den Eingriff auch in Sedanalgesie mit Pudendusblockade durch.

10.5 Operationstechnik

Die Greenlight-Laser-Vaporisation der Prostata ist ein ablatives Laserverfahren. Sie stellt eine eigenständige transurethrale Operationstechnik dar, die erlernt werden muss. Die exakten anatomischen Kenntnisse des Blasenhalses und des Apex sowie endoskopische Erfahrung des Operateurs sind Voraussetzung.

Für den TURP-erfahrenen Operateur ist die Technik relativ leicht erlernbar und deutlich einfacher, als das komplex einzustufende HoLEP-Verfahren (De la Rosette et al. 2015). Der noch wenig erfahrene Operateur sollte die Behandlung größerer Prostatae meiden und Patienten mit gerinnungskompromittierender Therapie nicht operieren. Der Anwender sollte jederzeit in der Lage sein, im Notfall (z. B. bei einer mit dieser Technik nicht beherrschbaren Blutung) auf die TURP umzusteigen.

10.5.1 Operationstechnik Schritt für Schritt

Die Uretherozystoskopie wird mit einem Sichtobturator mit 0°-Optik durchgeführt (Abb. 10.4). Ein präoperativer hydraulischer Sphinktertest ist möglich. Zunächst werden die Prostatagröße, der Apex, der Colliculus seminalis, der Blasenhals und die Lage der Harnleiterostien beurteilt (Abb. 10.5). Ein Harnblasentumor wird zystoskopisch ausgeschlossen.

Abb. 10.4 Obturatorschaft

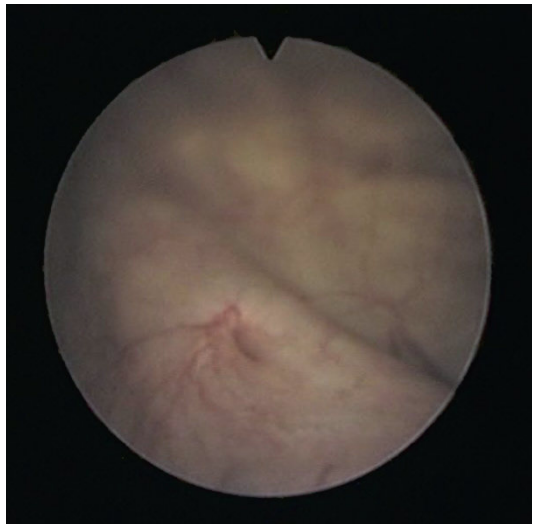


Abb. 10.5 Identifikation der Harnleiterostien

Eine atraumatische endoskopische Untersuchungstechnik ist unbedingt zu beachten, um Blutungen primär zu vermeiden. Insbesondere bei gerinnungskompromittierten Patienten empfiehlt sich die Verwendung eines Sichtobturators.

Der Obturatorinnenschaft wird nun gegen den Resektionsschaft gewechselt. Die Laserfaser wird in den Arbeitsschaft eingeführt. Hierbei sind zu starke Abscherungen der Faser zur Vermeidung eines Faserbruchs unbedingt zu unterlassen. Die Beschaffenheit der Faserspitze wird nun visuell geprüft. Der Laser kann mit dem Fußschalter in den aktiven Modus umgeschaltet werden und der Zielstrahl wird aktiviert.

Die gut durchblutete oberflächliche prostatische Harnröhre wird zunächst mit 120 W Vaporisationsleistung behandelt. Bei einer höheren Vaporisationsleistung zu Beginn der Operation würde die Vaporisation zu viele Dampfblasen bilden, die die Visualisierung erschwert.

Ziel des ersten Operationsschrittes ist die Schaffung eines »Arbeitskanals« in der prostatischen Harnröhre, der eine freie Bewegung des Arbeitsschafts und der Faser ermöglicht. Die Operation beginnt am Blasenhals (Abb. 10.6). Bei trilobulärem Adenom wird zunächst der Mittellappen vaporisiert. Um eine Verletzung der Harnleiterostien zu vermeiden, wird die Laserfaser am Blasenhals rotierend geführt. Vom Blasenhals ausgehend wird in einer Kombination von rotierender und axialer Faserführung die gesamte Oberfläche bis nach apikal vaporisiert. Der Colliculus seminalis und der Schließmuskel sind, wie bei der TURP, als distale Grenze unbedingt zu respektieren.

10.5.2 Prinzipien der Faserführung

Die Faser sollte im »near contact«-Verfahren in einem Faser-Gewebe-Abstand von 1–4 mm geführt werden. Die Faser sollte ständig in einer langsamen aber kontinuierlich rotierenden und/oder axialen Technik bewegt werden. Dabei ist auf eine gleichmäßige und ebene Vaporisation unbedingt zu achten. Die punktuelle Fixation der Faser führt zu Unebenheiten im Gewebeabtrag und erhöht das Risiko von Blutungen oder Kapselperforationen und ist daher zu vermeiden.

Der Operateur muss die Geschwindigkeit der Faserführung an die Effizienz der Vaporisation anpassen.

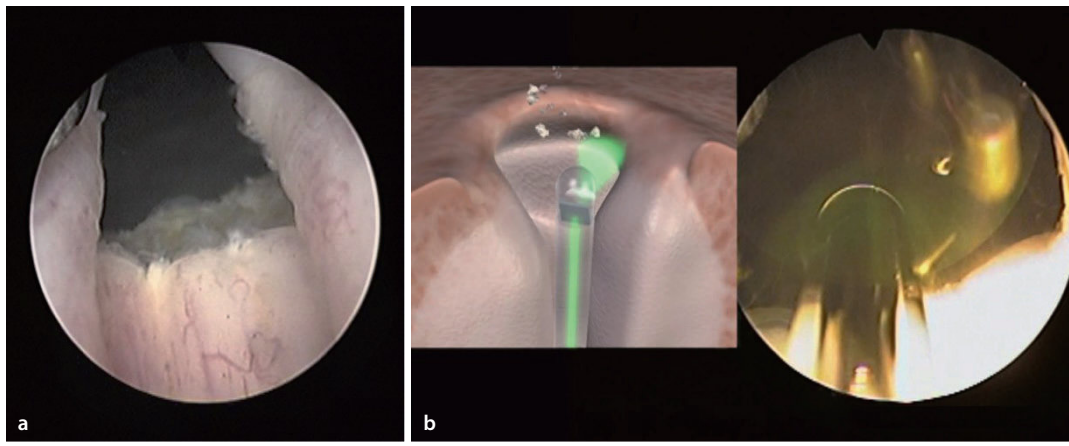


Abb. 10.6a,b **a** Kontrolle der ersten Vaporisation am Blasenhals, **b** rotierende Faserführung am Blasenhals (links schematisch)

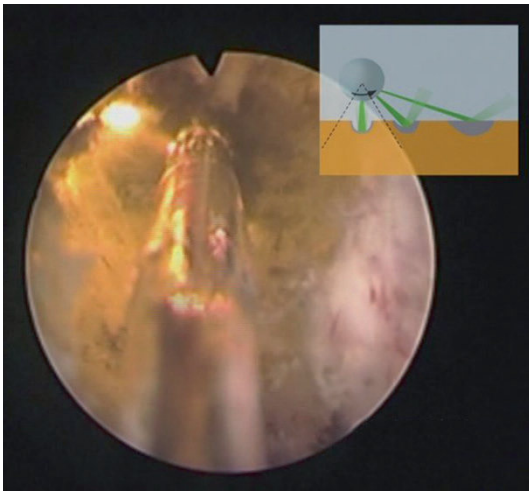


Abb. 10.7 Beachtung des korrekten Abstrahlwinkels. Ein korrekter Abstrahlwinkel ist erforderlich, um eine hohe Effizienz der Vaporisation zu gewährleisten

Tipps

Ist die Vaporisationsleistung hoch, kann die Geschwindigkeit der Faserbewegung langsam gesteigert werden. Ist die Vaporisationsleistung gering sollte die Faserführung verlangsamt werden und ggf. der Faser-Gewebe-Abstand verringert werden (Schiefelbein et al. 2011).

Die höchste Effizienz ergibt sich in einem rotatorischen Arbeitsbereich von jeweils 30°. Bei höhergradigen Abstrahlwinkeln nimmt die Vaporisationsleistung durch Reflexbildung des Arbeitsstrahls erheblich ab (Abb. 10.7).

Die höchste Effizienz des Gewebeabtrags wird bei einem Faser-Gewebe-Abstand von 1–4 mm erzielt. Bei größerem Abstand nehmen der Vaporisationseffekt ab und die Koagulationsleistung zu. Der Gewebeabtrag ist dann ineffektiv, aber Blutungen können so gestillt werden. Ein direkter, fixierter Gewebekontakt der Faser sollte möglichst vermieden werden, da die Faser dadurch überhitzt und verschmutzt und der Überhitzungsschutz aktiviert wird.

Die Spülleistung des Resektoskops sollte immer ausreichend sein, damit die Faserspitze umspült wird. Erfolgt die Aktivierung der Faser in Luft (z. B. in Vaporisationsblasen) schaltet der Überhitzungsschutz (FiberLife™) das Gerät in den Stand-by-Modus. Dieser Umstand ist v. a. bei der Vaporisation der ventralen Prostataanteile zu beachten, bei der die Vaporisationsblasen leichter am Gewebe anhaften.

Tipps

Bei der Vaporisation der ventralen Prostataanteile sollte der Spülstrom ggf. erhöht werden, um die Vaporisationsblasen von der Faserspitze wegzuspülen.

Zu Beginn der Operation kann es bei massiver Obstruktion durch eine »kissing laps«-Situation erschwert sein, einen direkten Faser-Gewebe-Kontakt zu vermeiden. Die Faser sollte hier eng am Schaft geführt werden, damit der Schaft die eindrängenden Prostatalappen seitlich weghält und die Faser frei geführt werden kann.

10.5.3 Faserreinigung

Die Faser kann durch das Anheften von Cottonwool-Fasern während des Vaporisationsvorgangs in der Leistungsabgabe kompromittiert werden. In diesem Falle sollte die Faserspitze gereinigt werden. Bei der aufgrund der selektiven Faserspülung bei der MOXY-Faser selten auftretenden stärkeren Verunreinigung muss die Faser extrakorporal mit einer feuchten Kompresse gereinigt werden. Dadurch wird die volle Leistungsabgabe der Laserfaser wieder ermöglicht.

Bei der Behandlung des Apex ist auf eine streng rotierende Faserführung zu achten. Wie bei der TURP ist der Colliculus seminalis der distale Bezugspunkt. Die apikale Grenze wird parakollikulär jeweils seitlich bis ventral markiert. Hierbei muss der Arbeitsschaft nach ventral mitgedreht werden, um eine homogene distale Grenze der apikalen Resektion zu ermöglichen.

Nachdem im ersten Arbeitsgang einmal die gesamte Oberfläche der prostatischen Harnröhre behandelt wurde, ist ein Arbeitskanal geschaffen, der eine freie axiale Schaftbewegung ermöglicht (Abb. 10.8). Das weitere Ziel ist die gleichmäßige, kontinuierliche Erweiterung der Kavität. Die Laserenergie kann nun bis 180 W gesteigert werden. Um eine effiziente Erweiterung der Kavität zu erreichen, wird eine spezielle Technik angewendet: Der Arbeitsschaft wird bis zum Apex zurückgezogen. Damit hat man eine gute Übersicht über das gesamte OP-Feld. Der linke Prostatalappen wird nun bei 3 Uhr durch eine fortlaufende axiale Faserbewegung von der Basis bis zum Apex inzidiert (Abb. 10.9). Der Spüldruck sorgt für ein zunehmendes Zurückweichen der Seitenlappen und

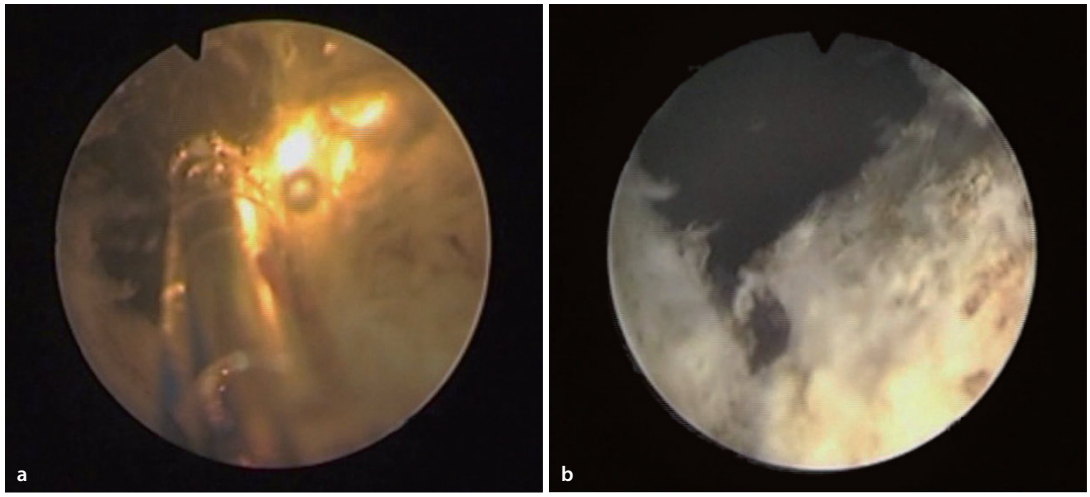


Abb. 10.8a,b Schaffung des Arbeitskanals (**a**), Arbeitskanal (**b**)

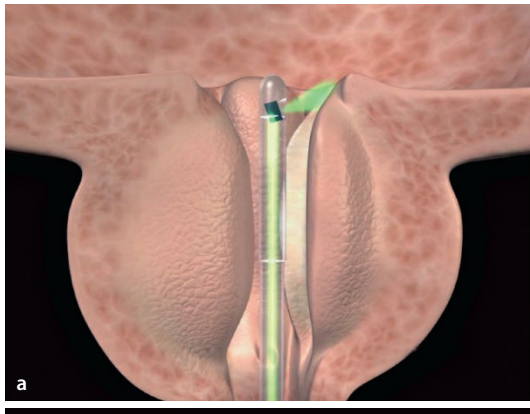
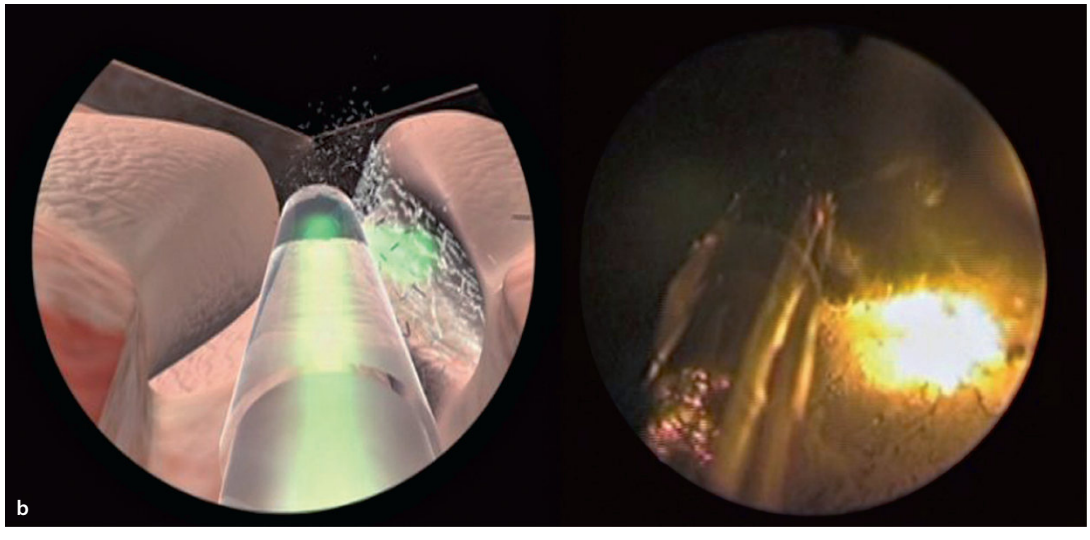


Abb. 10.9a,b Inzision **a** des linken Prostatalappens, **b** im Bereich des linken Seitenlappens (links schematisch)



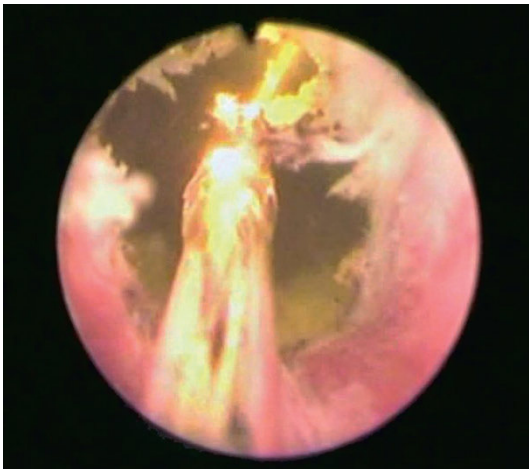


Abb. 10.10 Ventrale Vaporisation

damit zu einem »Öffnen der Loge«. Die nun von ventral und dorsal einfallenden Gewebeanteile werden durch von der Basis zum Apex vorzunehmende rotierende Faserführung abgetragen (Abb. 10.10).

Analog erfolgt die Inzision des rechten Seitenlappens bei 9 Uhr. Diese Vorgänge werden nun abwechselnd wiederholt und die Seitenlappen Schicht für Schicht abgetragen. Der symmetrische ebene Gewebeabtrag ermöglicht die Schaffung einer glatten Oberfläche mit guter Visualisierung und einfacher Kontrolle von möglichen Blutungen.

Einer exakten apikalen Vaporisation kommt im Hinblick auf das funktionelle Ergebnis eine zentrale Bedeutung zu. Unter Schonung des Colliculus seminalis wird das parakollikuläre Gewebe vaporisiert und die Seitenlappen in dieser Ebene abgetragen.

Tipps

Der Arbeitsschaft wird nun in die Schließmuskelebene zurückgezogen. Mit dem »Wackeltest« werden die noch einfallenden apikalen Anteile identifiziert und mit rotierenden Faserbewegungen vollständig vaporisiert (Abb. 10.11).
Auf die strikte Schonung des Schließmuskels ist zu achten.

Um die Entstehung einer postoperativen Blasenhalsenge zu verhindern, ist eine konsequente Blasenhalserweiterung notwendig (Abb. 10.12). Durch axiale Faserbewegungen wird der Blasenhals bei 4 Uhr »inzidiert«, dann wird die Faser um 90° nach links gedreht und unter axialen Faserbewegungen bis 8 Uhr geführt. Dieser Vorgang wird mehrfach

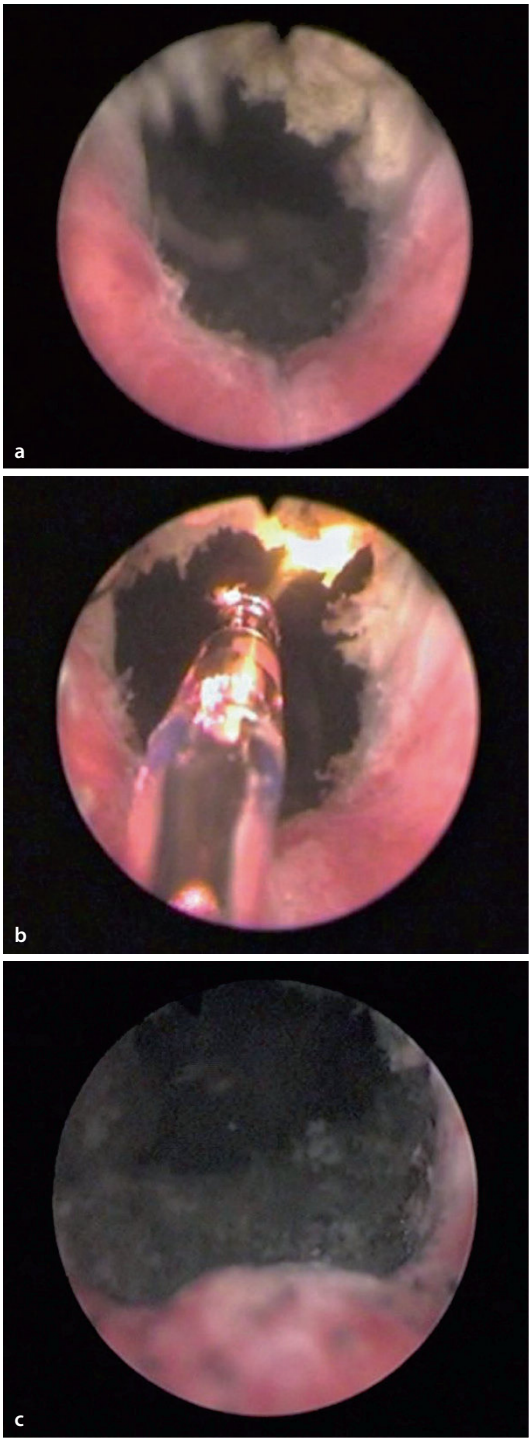


Abb. 10.11a–c Wackeltest und Kontrolle. **a** apikaler Wackeltest, **b** exakte apikale Vaporisation, **c** apikale Kontrolle des Vaporisationsergebnisses

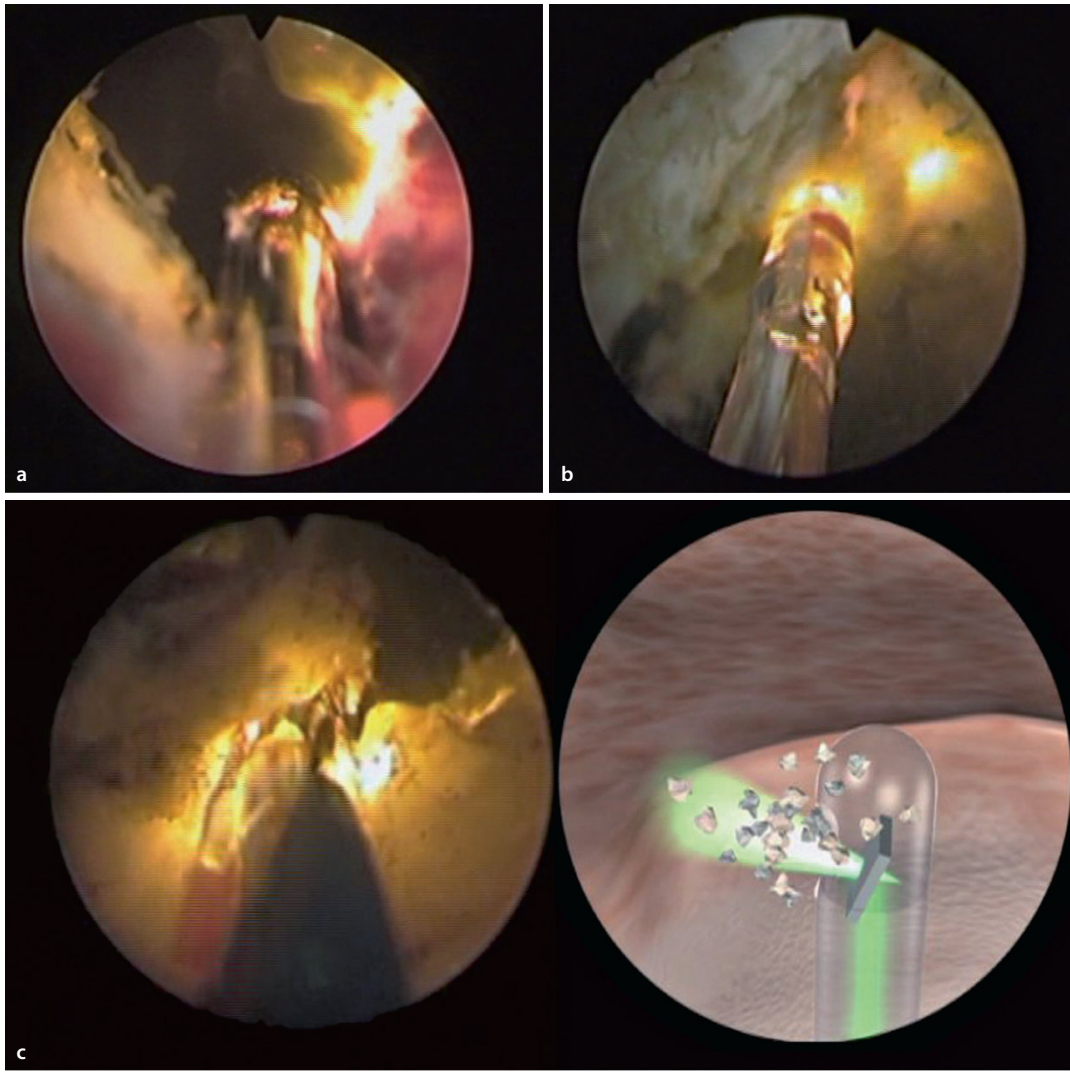


Abb. 10.12a–c Blasenhalserweiterung. **a** Vaporisation des Blasenhalses, **b** schichtweises Abtragen am Blasenhals in Inzisionstechnik, **c** Abtragen von endovesikal einfallenden Seitenlappen (rechts schematisch)

wiederholt und der Blasenhals unter Schonung der Harnleiterostien systematisch erweitert.

Tipps

Bei großen, in die Blase einfallenden Prostataseitenlappen wird das Gewebe zunächst bis auf das Blasenhalsniveau vaporisiert und die in das Blasenlumen einfallenden Gewebeanteile in der Inzisionstechnik unter axialer Faserführung vom Blasenhals abgetrennt (Abb. 10.13).

Am Ende der Operation wird der gleichmäßige Gewebeabtrag geprüft und ggf. korrigiert. Hierzu wird der Spülzufluss reduziert und auf noch obstruktiv einfallendes Restgewebe geachtet. Falls erforderlich, muss dieses Gewebe noch vaporisiert werden, bis eine ebene Loge erreicht ist.

Venöse Gewebeblutungen, die durch den Spüldruck während der Operation nicht sichtbar waren, können nun aufgesucht und unter Einsatz des Koagulationsmodus gestillt werden. Bei nahezu leerer Blase wird dann der Arbeitsschaft in den Schließmuskelbereich zurückgezogen und die Kavität beurteilt. Nach Beendigung der Operation werden die Harnleiterostien kontrolliert und die abgetragenen Cotton-wool-Fasern ausgespült (Abb. 10.14). Die Harnblase wird nun aufgefüllt, das Resektoskop

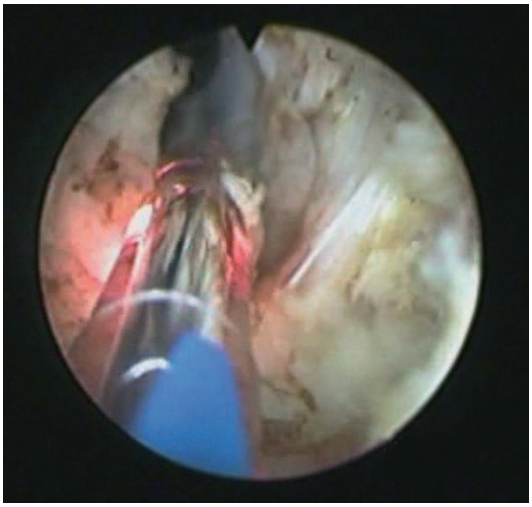


Abb. 10.13 Inzision von endovesikal einfallenden Seitenlappen

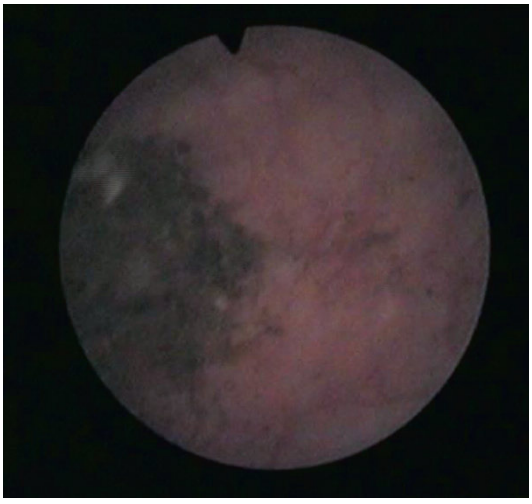


Abb. 10.14 Abgetragene Cotton-wool-Fasern in der Blase

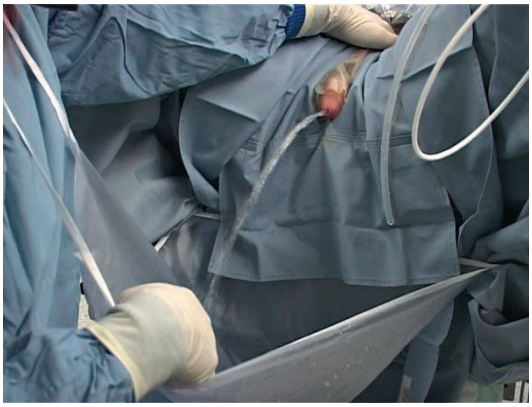


Abb. 10.15 Kontrolle des Harnstrahls

unter Sicht entfernt und der Harnstrahl überprüft (Abb. 10.15).

Ein 20-Charr-Silikonspülkatheter wird in der Loge oder in der Blase platziert. Eine Spülung ist damit fakultativ möglich – aber in den meisten Fällen nicht erforderlich. Der Katheter kann in der Regel am Folgetag entfernt werden.

Tipps

Fakultativ ist eine postoperative Antibiose für 5–7 Tage. Nichtsteroidale Antiphlogistika mildern mögliche postoperative dysurische Probleme. Die Indikation für kardial vorbelastete oder niereninsuffiziente Patienten, ist streng zu stellen.

10.6 Komplikationen

10.6.1 Intraoperative Komplikationen

Blutungen

Aufgrund der Laserphysik treten Blutungen bei diesem Verfahren selten auf. Venöse Blutungen können mit der MOXY-Faser sicher im Koagulationsmodus behandelt werden. Der Spülstrom wird hierbei so reduziert, dass eine ausreichende Sicht besteht, aber die Blutungsquelle gut kenntlich gemacht werden kann.

Bei einer pulsierenden arteriellen Blutung wird unter Belassung des vollen Spülzuflusses im Koagulationsmodus das Gewebe zirkulär um die Blutungsquelle koaguliert. Damit wird das offene Gefäßlumen eingeengt und schließlich verschlossen. Der direkte Koagulationsmodus auf das offene Gefäß ist kontraindiziert, da das Lumen weiter aufreißt und die Blutung sich verstärkt.

Kleine venöse Blutungen können einfach vaporisiert werden und verschließen sich bei den folgenden Arbeitsgängen von selbst. Bei größeren venösen Blutungen sollte wie bei arteriellen Blutungen verfahren werden.

Prostatolithen

Bei Prostatolithen sollte das Gewebe zirkulär um die Prostatolithen vaporisiert werden und anschließend der Stein mechanisch mit der Faser im Standby-Modus in die Blase geschoben werden.

Tipps

Ein direkter Kontakt zwischen Faserspitze und Stein im Vaporisationsmodus ist zu vermeiden, da sonst durch Reflexbildung der Überhitzungsschutz aktiviert wird und das Gerät in den Stand-by-Modus geschaltet wird.

10.6.2 Postoperative Komplikationen

Postoperative Nachblutungen treten bei bis zu 2 % der Patienten auf. Durch leichten Zug des Katheterballons an den Blasenhals oder durch stufenweises Aufblocken des Ballons in der Loge sind diese Blutungen beherrschbar.

10.6.3 Spätkomplikationen

Blasenhalsstenose und Harnröhrenstriktur Das Risiko einer Harnröhrenstriktur ist aufgrund des kleineren Arbeitsschaftlumens der Laserresektoskope von 21–23 Charr gegenüber dem Lumen der TURP-Arbeitschäfte (26–28 Charr) geringer (Heinrich et al. 2007, Bachmann et al. 2014). Die sorgfältige Urethrozystoskopie mit atraumatischem Sichtobturator reduziert Harnröhrentraumata. Unnötige Schaftbewegungen sind zu vermeiden. Durch die konsequente weite Öffnung des Blasenhalses sind Blasenhalsstenosen selten (0,5–3 %). Koagulationen am Blasenhals sind zu vermeiden, da diese narbige Engen hervorrufen können.

Dysurie Protrahierte dysurische Komplikationen sind selten (1–2,5%) (Heinrich et al. 2007). Konsequente Vaporisation des Gewebes mit Vermeidung unnötiger Koagulationen senkt die Rate dysurischer Sensationen. Die Abgabe von Laserimpulsen ins Trigonum ist unbedingt zu vermeiden.

Erektile Dysfunktion Die Rate erektiler Dysfunktion ist mit unter 1 % sehr selten (Heinrich et al. 2007, Muir et al. 2008). Durch die geringe Tiefenwirkung des Lasers werden die Nervengefäßbündel nicht alteriert.

Inkontinenz Die sorgfältige Vaporisation am Apex unter streng rotierender Faserführung, insbesondere im ventralen Bereich, reduziert das Risiko einer Schließmuskelverletzung. Die Häufigkeit der postoperativen Stressharninkontinenz beträgt etwa 1 % (Heinrich et al. 2007, Schiefelbein et al. 2011, Hueber et al. 2015).

Bluttransfusion Aufgrund der exzellenten hämostyptischen Eigenschaften des Greenlight-Lasers gehen die Risiken einer notwendigen Bluttransfusion, bei der Versorgung von nicht gerinnungskompromittierten Patienten durch einen erfahrenen Operateur, gegen Null (Heinrich et al. 2007, De la Rosette et al. 2015).

10.7 Erhalt der antegraden Ejakulation

Wie bei der ejakulationsprotektiven TURP ist auch die Greenlight-Laser-Vaporisation in ejakulationsprotektiver Technik möglich. Hierbei sollte distal des Colliculus seminalis ein ausreichender Gewebesteg belassen werden, der die prostatische Harnröhre zum Blasenhals bei der Ejakulation verschließen kann.

Bei TURP-ähnlicher weiter Öffnung des Blasenhalses und möglichst weitreichendem Gewebeabtrag tritt eine retrograde Ejakulation in 70–80 % auf und ist akzeptabel.

10.8 Ergebnisse

Die technische Weiterentwicklung des Greenlight-Lasers zum leistungsstarken 180 Watt XPS-System mit der durch den Überhitzungsschutz äußerst stabilen MOXY-Faser hat die Effizienz des Verfahrens verbessert und die Anwendung für den Operateur erleichtert. Mit nunmehr über 700000 Anwendungen weltweit gilt dieses System international als etablierte alternative operative Versorgung des BPS zur TUR-P. In Deutschland wird dieses Verfahren an etwa 140 Standorten betrieben.

Wesentlich für den wissenschaftlichen Nachweis der Effizienz des Verfahrens war eine europaweite randomisierte Vergleichsstudie zur TUR-P (GOLIATH-Studie), die an 29 Standorten in 11 Ländern durchgeführt wurde, bei der mittlerweile 6-Monate, 12-Monate und 24 Monate-Ergebnisse vorliegen. Hierbei zeigte sich eine vergleichbare Reduktion des Prostatavolumens und des PSA-Wertes, der maximalen Harnflußrate, des Restharns und des IPSS. Die Anzahl und Schwere unerwünschter Ereignisse und Reinterventionsraten waren in beiden Gruppen gleich. Die funktionellen Ergebnisse von OABq-SF, ICIQ-SF und IIEF-5 wiesen keine signi-

fikanten Unterschiede auf. Die Nichtunterlegenheit des XPS-Greenlight-Lasers gegenüber der konventionellen TUR-P konnte in vollem Umfang nachgewiesen werden (Bachmann et al. 2014, Bachmann et al. 2015, Thomas et al. 2015).

In Studien, die eine operative Versorgung von großvolumigen (>80 ml) gegenüber normalvolumigen (Median 50 ml) Prostatae untersuchten, ergab sich zwar eine höhere Konversionsrate zur TUR-P (8,4 % vs. 0,6 %) bei der Gruppe (>80 ml) aber keine signifikanten Unterschiede im funktionellen Outcome und der Reinterventionsrate im 2-jährigen Nachbeobachtungszeitraum (Altey et al. 2015).

Bei einer Literaturrecherche von 30 Veröffentlichungen mit 1640 Patienten zeigten sich Vorteile des Greenlight-Lasers in einer kürzeren Katheterliegedauer und Hospitalisationsdauer sowie schnelleren Rekonvaleszenz gegenüber der TUR-P (Brunken et al. 2015). In Großbritannien werden daher in zunehmendem Maße der Greenlight-Laser tagesstationär eingesetzt (Jackson et al. 2016). Hinsichtlich der notwendigen Kostenersparnis im Gesundheitswesen könnte diese Option auch in anderen Staaten an Bedeutung gewinnen. Für das National Institute for Health and Care Exellence (NICE) war die mögliche Option der Kostenersparnis neben der mittlerweile guten Datenlage für den Greenlight-Laser der wesentliche Grund für die im Juni 2016 veröffentlichte Empfehlung, den Greenlight-Laser als alternativen Standard zur TUR-P zu etablieren (NICE Guidance 2016). Welchen Einfluss dieser Umstand auf die zukünftigen Empfehlungen des IQWiG haben wird, bleibt abzuwarten.

In Deutschland hat der Greenlight-Laser insbesondere in der Versorgung von Risikopatienten und Patienten mit Gerinnungsstörungen und antikoagulativer Therapie in den meisten Zentren einen festen Stellenwert und stellt für dieses Patientenklientel den operativen Standard dar.

Literatur

S2e Leitlinie Therapie des Benignen Prostatasyndroms (BPS) (2014) Arbeitskreis Benignes Prostatasyndrom der Akademie der Deutschen Urologen – (DGU)

Oelke M, et al. (2013) EAU guidelines on the tratment and follow-up of non-neurogenic male lower urinary tract symptoms including benign prostatic obstruction. Eur Urol.2013;64:118-140

Mebust WK, Holtgrewe HL, Cockett AT, Peters PC (2002) Transurethral prostatectomy: Immediate and postoperative complications. A cooperative study of 13 participating institutions evaluating 3.885 patients. J Urol 167: 5–9

Malek RS, Barrett DM, Kuntzmann RS (1998) High power potassium-titanyl-phosphate (KTP/532) laser vaporization prostatectomy: 24 hours later. Urology 51:254–7

Bachmann A, Muir GH,et al. (2012) 180 W XPS GreenLight laser therapy for benign prostate hyperplasia:early safety, effiacy, and perioperative outcome after 201 procedures. Eur Urol. 2012; 61:600-607

Muir G, Gomez SF, Bachmann A et al. (2008) Techniques and Training with GreenLight HPS 120-W Laser Therapy of the Prostate: Position Paper. Eur Urol Suppl 7: 370–377

De la Rosette J, et al. (2015) Clinical Research Office of the Endourological Society Global GreenLight Laser Study: Outcomes from a contemporary series of 713 patients. Int J Urol. 2015:

Heinrich E, Schiefelbein F, Schön G (2007) Technique and Short-Term Outcome of Green Light Laser (KTP, 80 W) Vaporization of the Prostate. Eur Urol 52(6): 1632-7

Schiefelbein F, Noe M, Schön G (2011) Technik der XPS-Laservaporisation der Prostata Urologe A Suppl 1: 141

Altay B, et al. (2015) 180-W XPS GreenLight laser vaporization for benign prostate hyperplasia: 12-month safety and efficacy results for glands larger than 80 mL. Lasers Med Sci. 2015; 30 (1): 317-23

Bachmann A, et al. (2014) 180-W XPS GreenLight Laser Vaporisation Versus Transurethral Resection of the Prostate for the Treatment of Benign Prostatic Obstruction: 6-Month Safety and Efficacy Results of a European Multicentre Randomised Trial-The GOLIATH Study European Urology, Volume 65 Issue 5 931-942

Bachmann A, et al. (2015) A European multicenter randomized non inferiority trial comparing 180 W GreenLight XPS Laser vaporization and transurethral resection of the prostate for the treatment of benign prostatic obstruction: 12 month results of the GOLIATH study J Urol, 2015; 193 (2): 570-8

Thomas JA, et al. (2015) A Multicenter Randomized Noninferiority Trial Comparing GreenLight-XPS Laser Vaporization of the Prostate and Transurethral Resection of the Prostate for the Treatment of Benign Prostativ Obstruction: Two-yr Outcomes of the GOLIATH Study. EUR Urol. 2015

Hueber PA, et al. (2015) Photoselective Vaporization of the Prostate for Benign Prostatic Hyperplasia using the 180 Watt System: Multicenter Study of the Impact of Prostate Size on Safety and Outcomes. J Urol. 2015; 194 (2); 462-9

Brunken C, Seitz C, Woo HH, (2015) A systematic review of experience of 180-W XPS GreenLight laser vaporization of the prostate in 1640 men. BJU Int 2015; 116 (4): 531-7

NICE Guidance (2016) GreenLight XPS for treating benign prostatic hyperplasia Guidance published 14 June 2016

Jackson I, Tubaro A, Muir G, Greenlight Laser System for Day-Case Surgery European Medical Journal January 2016

Interstitielle Lasertherapie der Prostata

R. Muschter

11.1 Wirkungsprinzip – 168

11.2 Nebenwirkungen – 169

11.3 Technik – 169

11.3.1 Laser- und Applikationssysteme – 169

11.3.2 Durchführung der Therapie – 170

11.3.3 Anmerkungen – 172

11.4 Ergebnisse – 172

11.5 Ausblick – 173

Literatur – 173

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_11

11.1 Wirkungsprinzip

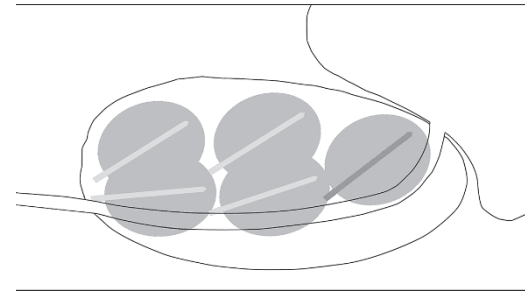
Die Begriffe »interstitielle Laserkoagulation« (ILK) bzw. »interstitial laser coagulation (ILC)« sowie »laserinduzierte interstitielle Thermotherapie« bzw. »laser induced interstitial thermotherapy« (LITT) werden in der Literatur praktisch synonym verwendet (◘ Abb. 11.1, ◘ Abb. 11.2, ◘ Abb. 11.3). Im Hinblick auf den derzeitigen Wissensstand kann die interstitielle Lasertherapie der Prostata tatsächlich aufgrund zweier verschiedener Prinzipien klinisch wirksam sein. Diese unterscheiden sich allerdings nicht in der Art, sondern in der Ausdehnung der in der Prostata erzeugten Koagulationsnekrose.

Der Therapieeffekt der interstitiellen Lasertherapie der Prostata bei *kleinvolumiger Nekrose* (»low-volume« = LV-ILC) entspricht eher dem einer »transurethralen Nadelablation« (TUNA) bzw. einer »transurethralen Mikrowellenthermotherapie« (TUMT) mit signifikanter Besserung der Symptomatik des benignen Prostatahyperplasiesyndroms (BPS), aber eher geringgradiger Steigerung des Harnstrahls und geringgradiger Reduktion des Prostatavolumens.

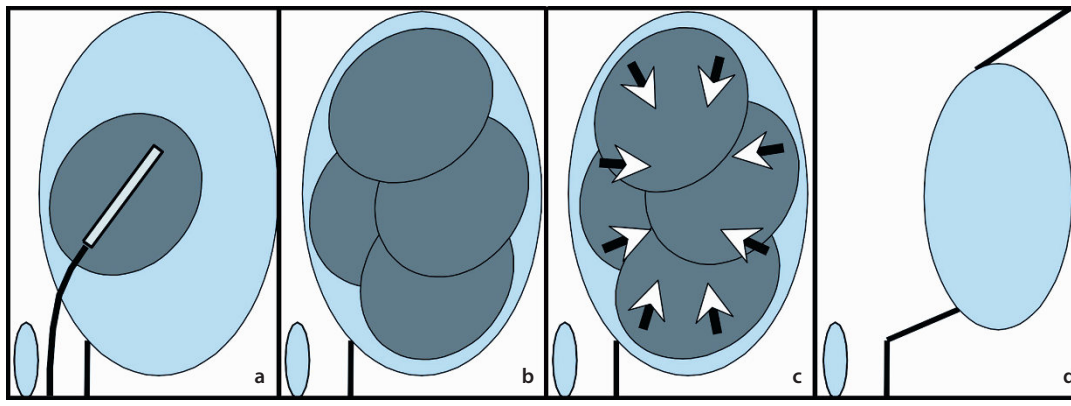
Dagegen kann die Wirkung der interstitiellen Lasertherapie der Prostata bei Erzeugung *großvolumiger Nekrosen* (»high-volume«, HV-ILC) in allen Qualitäten der einer transurethralen Resektion der Prostata (TURP) gleichkommen (Arai et al. 1996 – Muschter und Hofstetter 1995).

Das Wirkungsprinzip der interstitiellen Lasertherapie der Prostata beruht auf der Erzeugung von mehreren einzelnen Koagulationsnekrosen innerhalb des Adenomgewebes. Dies erfolgt bei der LV-ILC vorzugsweise unter Erhalt der Urethra, sodass es nicht wie bei der transurethralen Laserkoagulation (z. B. visuelle Laserablation der Prostata, VLAP) zur Ablösung des nekrotischen Gewebes und dessen Ausschwemmung mit dem Harn kommt. Das zerstörte Gewebe wird im Wesentlichen resorbiert, zu einem kleineren Anteil durch Narbengewebe ersetzt. Es resultiert eine Regression bzw. Schrumpfung der Prostata mit konsekutiver Desobstruktion geringen bis mäßiggradigen Ausmaßes. Es kommt zu einer signifikanten Symptomverbesserung, die eine direkte Folge der Verringerung des Blasenauslasswiderstandes (»bladder outlet obstruction«, BOO) sein kann, aber auch auf die mögliche Zerstörung afferenter Nerven bzw. Rezeptoren im Bereich der Prostata und des Blasenbodens zurückzuführen sein kann, wie für TUNA oder TUMT postuliert (Johnson et al. 1994 – Schettini et al. 1996).

Bei der HV-ILC ist der Erhalt der Urethra zwar grundsätzlich ebenfalls möglich, in der Praxis ist dies aber nicht immer zu realisieren. Neben den oben beschriebenen Effekten kommt es bei der Erzeugung großvolumiger, die prostatische Urethra einschließender Koagulationen auch zu einer Ausschwemmung der sich langsam ablösenden Nekrosen mit dem Harn.



◘ **Abb. 11.2** Prinzip der interstitiellen Laserkoagulation (ILK) mit Applikation der Laserfaser an verschiedenen Stellen in der Längsachse der Prostata



◘ **Abb. 11.1** Prinzip der interstitiellen Laserkoagulation (ILK) der Prostata. **a** Applikator in situ mit Koagulationszone, **b** Koagulationszone bei Behandlungsende, **c** Regression der Koagulationszone, **d** Endzustand

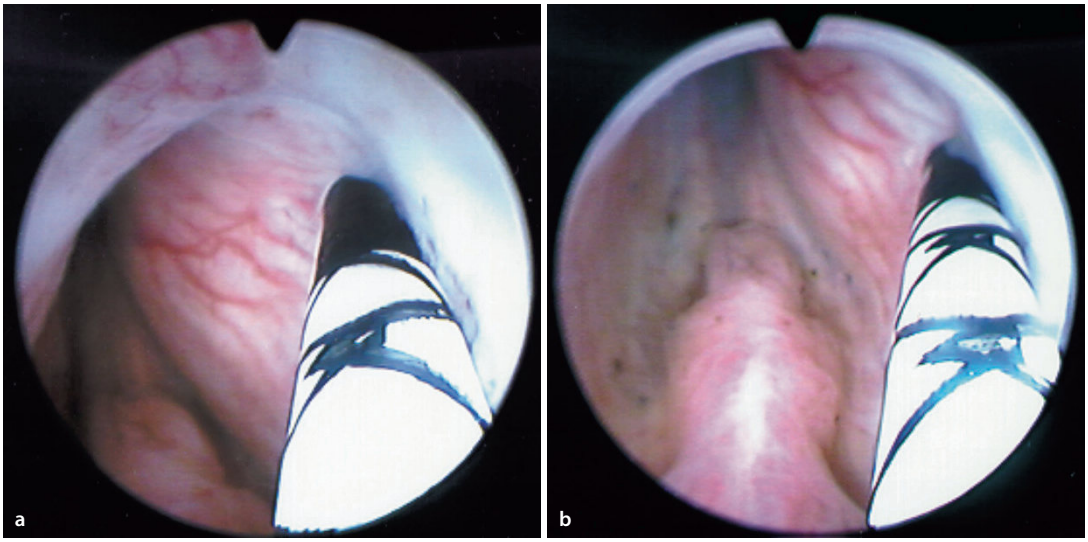


Abb. 11.3 Lichtleiter für die interstitielle Laserkoagulation, Quarzglasfaser (600 µm), Applikator (Länge 2 cm, Durchmesser 1,8 mm). Apikale Punktion. **a**. ventrolaterale, **b**. dorsolaterale Punktionsrichtung

Es resultiert eine TURP-ähnliche Kavität im Bereich der prostatischen Harnröhre mit erheblicher Volumenreduktion der Prostata sowie signifikanter Verringerung des Blasenauslasswiderstands (Evidenzgrad 4) (Handke et al. 1994 – Muschter et al. 1995).

11.2 Nebenwirkungen

Nach der interstitiellen Lasertherapie der Prostata tritt in der Regel eine vorübergehende Zunahme der Obstruktion auf, die mit einer Harnverhaltung und einer irritativen Symptomatik einhergehen kann. Ursache hierfür ist einerseits das thermisch bedingte Ödem, andererseits die koagulationsbedingte Verhärtung des Gewebes. Der Grad der Zunahme der Obstruktion hängt in erster Linie vom Ausmaß des Koagulationsvolumens, aber auch der Lage der Koagulationen ab. Das Auftreten bzw. die Dauer einer postprozeduralen Harnverhaltung richtet sich nach der Kompensationsmöglichkeit des Detrusors und schwankt interindividuell beträchtlich.

Bei LV-ILC und guter Detrusorfunktion ist eine Harnableitung, falls überhaupt, nur für wenige Tage erforderlich, bei HV-ILC und dekompensiertem Detrusor eher langfristig nötig.

Spezifische Komplikationen der interstitiellen Lasertherapie, die bei anderen interventionellen Verfahren unbekannt sind, bestehen praktisch nicht. Die in der Literatur für die ILC genannten Komplikationen sind in ihrer Qualität entweder Folge des transurethralen Eingriffs an der Prostata oder der postoperativen Harnableitung. Harnröhren- oder Blasenhalsstrikturen, fieberhafte Harnwegsinfektionen und Epididymitiden wurden mit ähnlicher Häufigkeit wie nach anderen minimal-invasiven Verfahren beobachtet bzw. traten in den neuen Studien nicht mehr auf. Der Verlust der prograden Ejakulation ist auch bei der ILC nicht grundsätzlich auszuschließen, besonders bei großvolumiger Koagulation im Bereich des Blasenhalses. Bei der LV-ILC tritt diese Komplikation jedoch eher selten auf (Evidenzgrad 4).

11.3 Technik

11.3.1 Laser- und Applikationssysteme

Als Energiequelle für die interstitielle Lasertherapie der Prostata finden in erster Linie Lasersysteme Verwendung, deren emittiertes Licht aufgrund seiner geringen Wasserabsorption eine große Eindringtiefe ins Gewebe besitzt (Nd:YAG- oder Diodenlaser der Wellenlänge ca. 800–1100 nm) (Bhatta et al. 1996 – Whitfield 1995).

Die Applikationssysteme bzw. Lichtleiter mit speziellen Applikationsspitzen müssen individuell auf den jeweiligen Laser abgestimmt sein und sind in der Regel untereinander nicht kompatibel. Für die interstitielle Lasertherapie der Prostata eignen sich diffus oder in spezifischer Weise gerichtet abstrah-

lende Lichtleiterspitzen. Auch Letztere verhalten sich nach Einführen ins Gewebe aufgrund von Reflektion und Streuung wie Diffusoren.

Die Lichtleiterspitzen werden in das Prostatagewebe eingestochen, sodass die Bestrahlung nicht von der (urethralen) Oberfläche, sondern von innen erfolgt. Die Karbonisation des Gewebes an seiner Kontaktfläche mit dem Applikator sollte vermieden werden, da in diesem Fall die weitere eingestrahlte Laserenergie vollständig an der den Applikator umgebenden Kohleschicht absorbiert wird. Hierdurch steigt die Temperatur im Zentrum der in Entstehung begriffenen Läsion zwar stark an, eine Größenzunahme in der Peripherie erfolgt jedoch nur noch durch Wärmeleitung. Die Läsion bleibt in diesem Fall klein.

Bei langsamer Erwärmung (niedrige Laserleistung und/oder schlecht absorbierte Wellenlänge) wird wegen der anfangs im Zentrum der Läsion noch intakten Durchblutung ein großer Teil der Wärmeenergie abgeleitet. Die Koagulation setzt somit erst spät ein und bleibt in ihrer Ausdehnung ebenfalls begrenzt.

Tipps

Im Idealfall wird zu Beginn der Bestrahlung eine große Energiemenge appliziert, um eine möglichst schnelle, bereits initial großvolumige zentrale Koagulation mit gleichzeitiger Koagulation der Blutgefäße zur Unterbrechung der Kühlung zu erreichen.

Die weitere Bestrahlung führt dann zu einer Vergrößerung der Läsion in der Peripherie aufgrund der Lichtstreuung und von Wärmeleitungsvorgängen. Die Laserapplikation wird so lange fortgesetzt, bis sich in einem Grenzbereich ein thermisches Gleichgewicht ausbildet. Dies ist – je nach System – in ca. 1–3 min der Fall. Bei ausreichend großem zentralem »Wärmedepot« (hohe initiale Laserleistung und/oder stark absorbierte Wellenlänge) kann die Bestrahlung früher beendet werden, die Koagulationszone vergrößert sich in diesem Fall peripher auch noch nach Terminierung der Laserapplikation. Die Bestrahlung erfolgt somit anfangs mit hoher Laserleistung, die in der Folge schrittweise, kontinuierlich oder mithilfe eines Rückkopplungssystems, bei dem die Temperatur der Läsion an der Lichtleiterspitze gemessen wird, reduziert wird.

Mit einem ca. 2 cm langen Applikator kann mit einer einzelnen Applikation eine rundliche bzw. ovaläre Koagulationszone mit einem Radius von ca. 1 cm erreicht werden (ca. 4,5 cm^3). Durch wiederholte Laserapplikationen in verschiedenen Positionen lassen sich praktisch nahezu beliebig große Volumina koagulieren. Das Gesamtkoagulationsvolumen entspricht in der Regel nicht der Summe der Einzelvolumina, da sich die einzelnen Koagulationszonen je nach Anzahl und Position mehr oder weniger stark überlappen (Evidenzgrad 2).

11.3.2 Durchführung der Therapie

Die Platzierung der Lichtleiter kann zwar grundsätzlich auch unter Ultraschallkontrolle perineal perkutan erfolgen, klinisch etabliert hat sich ausschließlich die transurethrale, endoskopisch kontrollierte Applikation (Janetschek et al. 1994).

Prinzipiell kann die Applikation der Lichtleiter über jedes Standardzystoskop erfolgen, das über einen ausreichend dimensionierten Arbeitskanal von ca. 5 Charr verfügt.

Die übliche Ausführung der Instrumentenschaftspitze als Halbrohr, bei der die Lichtleiterspitze 1–2 cm diesseits des sichtbaren Bereichs austritt, erlaubt jedoch keine exakte Führung und optimale Kraftübertragung in axialer Richtung. Der Lichtleiter kann abrutschen oder wird nur tangenzial und oberflächlich eingestochen.

Besser geeignet sind Instrumente mit bis zur Spitze geschlossenem Schaft (z. B. Urethrotom oder Kompaktzystoskop) oder mit entsprechendem Arbeitseinsatz (z. B. Lasereinsatz nach Gilling).

Phasen des Punktionsvorgangs

- Zunächst erfolgen eine Übersichtseinstellung der prostatischen Harnröhre und die Auswahl der Punktionsstelle.
- Der Lichtleiter wird vorgeschoben, sodass die Spitze gerade sichtbar wird.
- Die geplante Punktionsstelle wird durch Abwinkeln und Vorschieben des Instruments bis fast zum Gewebekontakt eingestellt. Die Lichtleiterspitze wird bis zum Gewebekontakt geführt, ohne zu perforieren.
- Der Kontakt der Lichtleiterspitze zum Gewebe und der Beinahekontakt des Instruments werden für die folgenden Schritte beibehalten.

- Das Instrument wird gegen die Achse der Urethra nach lateral und in dorsoventraler Richtung abgewinkelt, anschließend wird die Lichtleiterspitze unter Beibehaltung der Abwinkelung eingestochen.

Wegen der Nähe der Optik zum Gewebe geschieht das Abwinkeln des Instruments und das Einstechen der Lichtleiterspitze praktisch »blind«, dies ist zwecks optimaler Kraftübertragung auf den Lichtleiter unvermeidlich.

Ein »Zurückdrücken« des Instruments während der Punktion sollte vermieden werden.

Sobald die Lichtleiterspitze in das Gewebe eingestochen ist, kann das Instrument in die »Ruhelage« zurückgeführt werden. Bei erneutem Vorschieben ist es wichtig, der Richtung des Lichtleiters zu folgen, um ein Abscheren zu vermeiden.

Bei der HV-ILC ist es das Ziel, das Adenomgewebe möglichst restlos zu koagulieren. Bei der LV-ILC wird ein Kompromiss zwischen der Wirksamkeit einerseits und den unerwünschten Aspekten andererseits gesucht, insbesondere soll die Notwendigkeit einer längeren Harnableitung vermieden werden.

Der jeweilige Winkel, mit dem die Punktion nach lateral (Frontalebene gegen die Achse der Urethra) sowie in dorsoventraler Richtung (Sagittalebene gegen die Achse der Urethra) erfolgt, obliegt daher dem Operateur, ebenso die Auswahl der Punktionsstellen und die Anzahl der Punktionen (Evidenzgrad 4).

Tipps

- Im Apexbereich ist ein Winkel nach lateral von maximal ca. 45° erreichbar, in Blasenhalsnähe bei großer Prostata allenfalls von ca. 20°. In der Sagittalebene sollte die Punktionsrichtung eine zur Urethra parallele Lage der Lichtleiter erreichen.
- Bei in dorsoventraler Richtung ausgedehnten Seitenlappen (und HV-ILC) sollten mehrere Punktionsebenen übereinander gelegt werden:
  - 1. Ebene: Punktionen in ventraler Richtung
  - 2. Ebene: Punktionen in axialer bzw. geringfügig dorsaler Richtung

Auch in lateraler Richtung können mit verschiedenen Punktionswinkeln Koagulationszonen in mehreren Ebenen nebeneinander gelegt werden.

Im posterioren Bereich der prostatischen Harnröhre (außer Mittellappen) sollte nicht punktiert werden, da hier die potenzielle Gefahr einer subtrigonalen oder Rektumläsion besteht.

Eine Koagulation der Prostatakapsel ist wegen der guten Durchblutung kaum zu befürchten, selbst wenn der Applikator bei relativ kleinen Adenomen in Kapselnähe zu liegen kommt.

Die Reihenfolge der Punktionen – beginnend am Apex mit Fortsetzung zum Blasenhals oder umgekehrt, Behandlung erst eines, dann des anderen Lappens oder alternierend – ist individuell wählbar abhängig vom Operateur. Zu empfehlen ist die Einhaltung eines Schemas. Ein Sicherheitsabstand zum externen Sphinkter muss und sollte nicht eingehalten werden, damit auch das apikale Gewebe koaguliert wird.

Tipps

Mittellappen können ebenfalls koaguliert werden. Bei der Punktion ist zu beachten, dass der Lappen, bevor die Perforation des Lichtleiters in das Gewebe erfolgt, in der Regel blasenwärts gedrückt wird. Der Lichtleiter kann dadurch tangenzial zu liegen kommen. Um Letzteres zu vermeiden, ist es sinnvoll, einen etwas nach dorsal gerichteten Punktionswinkel zu wählen.

Punktionen, die zu subtrigonalen Koagulationen führen, sollten vermieden werden. Die eventuelle Perforation des Applikators in das Blasenlumen ist für den Operateur fühlbar, in diesem Fall wird durch Zurückziehen die korrekte Position erreicht.

Tipps

Bei der interstitiellen Lasertherapie des Mittellappens ist ferner zu beachten, dass das Koagulationsvolumen aufgrund der großen Oberfläche und der daraus resultierenden Kühlung kleiner bleibt. Große Mittellappen sollten daher mehrmals punktiert werden.

Der Übergang zwischen Applikatorende und Glasfaser bzw. eine entsprechende Markierung oder Farbänderung bezeichnet gleichzeitig die Grenzzone der Streuung der Laserstrahlung im Gewebe, sodass

eine Koagulation in retrograder Richtung über das Applikatorende hinaus ausgeschlossen ist.

Tipps

Die Applikatoren sollten daher vollständig in das Gewebe eingeführt werden. Eine tiefere Platzierung (z. B. vom Apex ausgehend bis zum Blasenhals) mit zuerst ausgeführter Bestrahlung der tiefen Position, anschließendem Zurückziehen und Bestrahlung der oberflächlicheren Position ist ebenfalls denkbar und wird von einigen Operateuren praktiziert.

Nach Beendigung der jeweiligen Bestrahlung wird der Lichtleiter herausgezogen und in die nächste Position gebracht.

11.3.3 Anmerkungen

Je nach den individuellen Erfordernissen kann die ILC in Allgemein-, Regional- oder Lokalanästhesie durchgeführt werden. Letzteres ist v. a. bei der LV-ILC sinnvoll. Als wirksames Verfahren zur lokalen Schmerzausschaltung hat sich die periprostatische Blockade bewährt. Sowohl die LV-ILC als auch die HV-ILC sind ambulant durchführbar (Evidenzgrad 3).

Die ILC sollte vorzugsweise unter endoskopischer Videokontrolle durchgeführt werden, ist aber auch unter Okularsicht möglich. Die allgemeinen Bestimmungen des Laserschutzes müssen beachtet werden.

Eine Dauerspülung ist während der interstitiellen Lasertherapie nicht erforderlich, da keine Kühlung benötigt wird (Henkel et al. 1995). In vielen Fällen ist die Irrigation mit Kochsalzlösung, Wasser oder anderen gebräuchlichen Spüllösungen dennoch sinnvoll, um optimale Sichtverhältnisse zu gewährleisten, da es zu geringgradigen, temporären und nicht interventionsbedürftigen Blutungen kommen kann, die z. B. durch die Punktionen oder bei vulnerabler Schleimhaut durch das Abwinkeln des Zystoskops verursacht werden. Eine postinterventionelle Dauerspülung ist nicht zwingend erforderlich, kann jedoch im Einzelfall für einige Stunden sinnvoll sein.

Der Einsatz von bildgebenden Verfahren (transrektaler Ultraschall, Dopplersonographie oder Kernspinresonanztomographie) zur Lagekontrolle der Lichtleiter oder zur Therapiekontrolle wurde zwar bei der Erarbeitung der methodischen Grundlagen in experimentellen Studien durchgeführt, ist aber in der klinischen Routine nicht notwendig. Die früher aus Sicherheitsgründen vereinzelt empfohlene rektale Temperaturmessung kann in der individuellen Lernphase empfehlenswert sein (Muschter et al. 1996).

Um eine potenzielle Zerstörung des Applikators aufgrund lokaler Überhitzung im seltenen Fall einer Karbonisation des Gewebes zu verhindern, empfiehlt sich der Einsatz von Lasersystemen mit integrierter automatischer Rückkopplung, z. B. Karbonisationsdetektion und Schutzabschaltung.

Mechanische Zerstörungen des Lichtleiters kommen bei korrekter Applikationstechnik praktisch nicht vor. Falls z. B. durch unerwartete heftige Bewegung des Patienten eine Abscherung eines Lichtleiters auftritt, ist die Entfernung etwaiger Fragmente mit einer Zange unproblematisch möglich.

Die in der Regel erforderliche postinterventionelle Harnableitung kann mit einem transurethralen oder einem suprapubischen Katheter gewährleistet werden. Letzterer bietet den Vorteil der möglichen Spontanmiktion und der Restharnkontrolle, sodass er zum optimalen Zeitpunkt entfernt werden kann und eine Rekatheterisierung vermieden wird. Dieses Vorgehen empfiehlt sich bei der HV-ILC, bei der LV-ILC ist in der Regel eine kurzdauernde transurethrale Katheterableitung ausreichend.

Wie in kernspintomografischen Verlaufskontrollen gezeigt werden konnte, wird das Ausgangsvolumen der Prostata nach ca. 5 Tagen wieder erreicht. In der Folge kommt es zur graduellen Abnahme des Nekrose- und damit des Prostatavolumens bis zum Endpunkt nach ca. 6–12 Wochen (Heuck et al, 1995a, Heuck et al, 1995b, Müller-Lisse et al. 1996).

Falls erforderlich, kann die ILC zur Verkürzung der postoperativen Harnableitung sowohl mit einer Blasenhals-/Prostatainzision als auch einer minimalen/subtotalen, nach Koagulation blutungsarmen Resektion kombiniert werden. Zum Einsatz temporärer Stents liegen keine größeren Erfahrungen vor (Evidenzgrad 3) (Whitfield HN 1996, Zellner und Muschter 1994, Zhenghua und Ciling 1996).

11.4 Ergebnisse

Die Ergebnisse der ILC sind in der Literatur gut repräsentiert, neben mehr als 30 kontrollierten klinischen Studien mit einer Langzeitnachbeobachtungszeit bis zu 84 Monaten finden sich 11 randomisierte

kontrollierte Studien mit 38–199 Patienten und einem Follow-up von 6–24 Monaten. Es kommt zu einer durchschnittlichen Verbesserung des IPSS von ca. 18–23 auf ca. 5–10 sowie des Q_{max} von ca. 6–9 ml/s auf 14–17 ml/s. Nur wenige Studien weisen bessere oder schlechtere Werte auf, die numerischen Änderungen der Parameter nach ILC in randomisierten kontrollierten Studien entsprechen denen in kontrollierten klinischen Studien weitgehend.

Die TURP erweist sich in den randomisierten kontrollierten Studien bezüglich der Besserung der Symptomatik als nur geringfügig, bezüglich der Besserung des Q_{max} als deutlich wirksamer. Bezüglich der Krankenhausverweildauer und schwerwiegender Komplikationen ist die ILC der TURP überlegen, es gibt weder transfusionspflichtige Blutungen, noch sekundäre Interventionen (z. B. Tamponadenausräumung) im unmittelbaren zeitlichen Zusammenhang.

Die häufigsten Komplikationen nach ILC sind irritative Symptome und Harnwegsinfektionen sowie die methodisch bedingte postoperative Katheterisierung. Deren Dauer wird in den verschiedenen Studien sehr unterschiedlich angegeben und reicht von durchschnittlich 2,3 bis hin zu 11,9 Tagen. Große Unterschiede in den Studien betreffen auch die durch ILC erzielte Volumenreduktion, die in den meisten der ca. 15 Studien, die hierzu über vollständige Daten berichten, zwischen 20 und 30 % (8,3–41,6 %) beziffert wird. Große Unterschiede zeigen auch die Retherapieraten. In ca. 20 Studien liegen diese zwischen 0 und 24,3 %, in der überwiegenden Mehrzahl bei ca. 10 % innerhalb von 12 Monaten (Therapieversager) und sehr heterogen bei weiteren ca. 10 % im Langzeitverlauf (kumulativ über die gesamte Beobachtungszeit 11,9 % bzw. 16,0 % bzw. 20,0 % nach 24 Monaten; kumulativ 15,2 % bzw. 24,3 % nach 36 Monaten; insgesamt 22,0 % nach 48 Monaten und ebenfalls insgesamt über die gesamte Studiendauer 15,8 % nach 84 Monaten [Evidenzgrad 1b/2a]).

11.5 Ausblick

Aus verschiedenen Gründen (z. B. Entwicklung ähnlicher und anderer Verfahren, Ausschluss der Erstattung durch die GKV aufgrund der unterschiedlichen Bewertung der Studiendaten durch verschiedene Analysten) wird die ILC in Europa praktisch nicht mehr kommerziell angeboten und ist aktuell fast ausschließlich auf die USA begrenzt. Neue Ansätze – vornehmlich mittels transperinealer Punktion mit ultraschall- oder kernspintomografischer Ortungshilfe – gelten der Therapie des Prostatakarzinoms und sind präklinisch bzw. experimentell.

Literatur

Arai Y, Ishitoya S, Okubo K, Suzuki Y (1996) Transurethral interstitial laser coagulation for benign prostatic hyperplasia: treatment outcome and quality of life. Br J Urol 77: 93–98

Arai Y, Ishitoya S, Okubo K, Suzuki Y (1996) Interstitial laser coagulation for benign prostatic hyperplasia: 1-year follow-up and analysis of patient profile linked to clinical response. J Urol 155: 319A

Arai Y, Kanba T, Ishitoya S, Okubo K, Shichiri Y, Suzuki Y (1995) Interstitial laser coagulation for benign prostatic hyperplasia: preliminary clinical results. Int J Urol 2: 104–109

De La Rosette Jjmch, Muschter R, Lopez MA (1996) Interstitial laser coagulation in the treatment of BPH using a tissue adaptive laser system. J Endourol 10 (Suppl 1): S93

Hofstetter A (1991) Interstitielle Thermokoagulation (ITK) von Prostatatumoren. Lasermedizin 7: 179

Horninger W, Janetschek G, Pointner J, Watson G, Bartsch G (1995) Are TULIP, interstitial laser and contact laser superior to TURP? J Urol 153: 413A

Muschter R, De La Rosette J, Whitfield H, Pellerin J-P, Madersbacher S, Gillatt D (1996) Initial human clinical experience with diode laser interstitial treatment of benign prostatic hyperplasia. Urology 48: 223–228

Muschter R, Ehsan A, Baumhackl D, Stepp HG (1995) Interstitielle Laser-Koagulation versus transurethrale Resektion – Ergebnisse eines prospektiven Vergleichs. Urologe [A] 34 (Suppl 1): S74

Muschter R, Ehsan A, Stepp HG, Hofstetter A (1995) Clinical results of LITT in the treatment of benign prostatic hyperplasia. In: Müller G, Roggan A (eds) Laser-induced interstitial thermotherapy. Bellingham (WA): SPIE Press, pp 434–442

Muschter R, Hessel S, Hofstetter A, Keiditsch E, Rothenberger K-H, Schneede P, Frank F (1993) Die interstitielle Laser-Koagulation der benignen Prostatahyperplasie. Urologe [A] 32: 273–281

Muschter R, Hessel S, Jahnen P, Yalavac H, Hofstetter A (1995) Evaluation of different laser wavelengths and application systems for LITT. In: Müller G, Roggan A (eds) Laser-induced interstitial thermotherapy. SPIE Press, Bellingham WA, pp 212–223

Muschter R, Hofstetter A (1992) »Thermische« Therapie der benignen Prostatahyperplasie. Münch Med Wschr 134: 630–634

Muschter R, Hofstetter A (1994) Erfahrungen mit der interstitiellen Laser-Koagulation in der Therapie der benignen Prostatahyperplasie. Lasermedizin 10: 133–139

Muschter R, Hofstetter A (1995) Technique and results of interstitial laser coagulation. World J Urol 13: 109–114

Johnson DE, Cromeens DM, Price RE (1994) interstitial laser prostatectomy. Lasers Surg Med 14: 299–305

Martov AG, Kilchukov ZI (1996) Interstitial laserinduced coagulation of BPH: 6 months follow-up. J Endourol 10 (Suppl 1) S191

McNicholas T, Alsudani M (1996) Interstitial laser coagulation therapy for benign prostatic hyperplasia. SPIE Proc 2671: 300–308

McNicholas TA, Aslam M, Lynch MJ, O'Donoghue N (1993) Interstitial laser coagulation for the treatment of urinary outflow obstruction. J Urol 149: 465A

Meagher M (1996) Interstitial laser prostatectomy. J Endourol 10 (Suppl 1): S192

Orovan WL, Whelan JP (1994) Neodynium YAG Laser treatment of bph using interstitial thermotherapy: a transurethral approach. J Urol 151: 230A

Roggan A, Handke A, Miller K, Müller G (1994) laser induced interstitial thermotherapy of benign prostatic hyperplasia – basic investigations and first clinical results. Minimal Invasive Medizin 5: 55–63

Schettini M, Diana M, Fortunato P, Mauro M, Vincenzoni A, Tavani M, Gallucci M (1996) Results of interstitial laser coagulation of the prostate. J Endourol 10 (Suppl 1): S191

Handke A, Roggan A, Andreesen R, Miller K (1994) Laserinduzierte interstitielle Thermotherapie (LITT) bei BPH. Urologe [A] 33 (Suppl): S81

Henkel TO, Greschner M, Luppold T, Alken P (1995)Transurethral and transperineal interstitial laser therapy of BPH. In: Müller G, Roggan A (eds) Laser-induced interstitial thermotherapy. Bellingham (WA): SPIE Press, pp 416–425

Henkel TO, Greschner M, Luppold T, Rassweiler J, Alken P (1994) Perineal Interstitial Laser of the Prostate (PILP). In: Bown SG, Escourrou J, Frank F, Geschwind HI, Godlewski G, Laffitté F, Scherer HH (eds) Medical applications of lasers II. SPIE Proc 2327: 293–295

Henkel TO, Niedergethmann M, Alken P (1995) Laserinduced Interstitial Thermotherapy (LITT): In vitro and in vivo studies. J Endourol 9 (Suppl): S56

Muschter R, Hofstetter A (1995) Interstitial laser therapy outcomes in benign prostatic hyperplasia. J Endourology 9: 129–135

Muschter R, Hofstetter A (1995) Interstitial laser coagulation for local palliation of prostate cancer. J Urol 153: 240A

Muschter R, Hofstetter A, Hessel S, Keiditsch E, Rothenberger K-H, Schneede P, Frank F (1992) Hi-Tech of the prostate: interstitial laser coagulation of benign prostatic hypertrophy. In: Anderson RR (ed) Laser surgery: advanced characterization, therapeutics, and systems III. SPIE Proc 1643: 25–34

Muschter R, Hofstetter A, Hessel S, Keiditsch E, Schneede P (1992) Interstitial laser prostatectomy – experimental and first clinical results. J Urol 147: 346A

Muschter R, Perlmutter AP (1994) The Optimization of Laser Prostatectomy Part II: Other Lasing Techniques. Urology 44: 856–861

Muschter R, Perlmutter AP (1995) Vergleichende Untersuchungen zur Laser-Koagulation und -vaporisation der Prostata. Akt Urol 26, Sonderheft: 113–116

Muschter R, Perlmutter Ap, Anson K, Jahnen P, Vargas Stüve JC, Razvi HA, Sroka R, Hofstetter A, Vaughan Jr ED (1995) Diode lasers for interstitial laser coagulation of the prostate. In: Anderson RR (ed) Lasers in surgery: advanced characterization, therapeutics, and systems V. SPIE Proc 2395: 77–82

Muschter R, Perlmutter AP, Anson K et al. (1995) Experimentelle Untersuchungen zur Eignung von Halbleiterlasern für die interstitielle Laser-Koagulation der Prostata – Erste Ergebnisse. Lasermedizin 11: 150–156

Muschter R, Sroka R, Perlmutter AP, Schneede P, Hofstetter A (1996) High power interstitial laser coagulation of benign prostatic hyperplasia. J Endourol 10 (Suppl 1): S197

Muschter R, Zellner M, Hessel S, Hofstetter A (1995) Die interstitielle laserinduzierte Koagulation (ILK) der Prostata zur Therapie der benignen Hyperplasie (BPH). Urologe [A] 34: 90–97

Bhatta KM, Perlmutter A, Cho G, Morrison PR, Silverman SG, Jolesz Fa, Loughlin KR (1996) A new technique of subsurface and interstitial laser therapy using a diode laser (wavelength=1000 nm) and a catheter delivery device. J Urol 155: 310A

De La Rosette JJMCH, Muschter R, Whitfield HN, Gillatt DA, Vicente JR, Fay R, Barett D, Reese J, Block NL, Costello AJ (1996) Report of a prospective multicenter randomized study evaluating interstitial laser coagulation for BPH. J Endourol 10 (Suppl): 1 S125

Hessel S, Frank F (1990) Technical Prerequisites for the Interstitial Thermo-Therapy Using the Nd:YAG Laser. In: Katzir A (ed) Optical fibers in medicine V. SPIE Proc 1201: 233–238

Muschter R Laser induced interstitial thermotherapy of benign prostatic hyperplasia and prostate cancer. In: Bown SG, Escourrou J, Frank F, Geschwind HJ, Godlewski G, Laffitté F, Scherer HH (eds) (1994) Medical applications of lasers II. SPIE Proc 2327: 287–292

Muschter R (1996) Interstitial laser therapy. Curr Opinion Urol 6: 33–38

Muschter R, De La Rosette JJMCH, Whitfield H, Henkel T, Madersbacher S, Pellerin J-P, Mangin P (1996) International multi-center study results of interstitial laser coagulation (ilc) using an 830 nm diode laser. J Urol 155: 318A

Muschter R, Hofstetter A, Anson K, Perlmutter Ap, Vaughan Jr ED (1995) Nd:YAG and diode lasers for interstitial laser coagulation of benign prostatic hyperplasia: experimental and clinical evaluation. J Urol 153: 229A

Slatkine M, Mead D, Konwitz E, Johnson EDA (1994) Neodymium:YAG fiber delivery system for interstitial photothermal therapy. In: Watson GM, Steiner RW, Johnson DE (eds) Lasers in Urology. SPIE Proc 2129: 56–66

Whitfield HN (1995) The Use of an interstitial diode laser (indigo) in laser prostatectomy: a randomized, controlled, prospective study. J Endourol 9 (Suppl 1): S149

Janetschek G, Straßer H, Horninger W, Bartsch G (1994) 3-D ultraschallgesteuerte Platzierung der Sonden für die interstitielle Laser-Therapie der Prostatahyperplasie. Urologe [A] 33 (Suppl): S81

Henkel TO, Niedergethmann M, Alken P (1995) Perfusion rate and perfusion medium: how important is their influence during interstitial laser coagulation (ILC)? J Endourol 9 (Suppl 1): S151

Muschter R, De La Rosette JJMCH, Gillatt DA, Lopez MA (1996) Interstitial laser coagulation using a temperature sensing laser unit. J Endourol 10 (Suppl 1): S197

Heuck A, Müller-Lisse U, Muschter R, Schneede P, Scheidler J, Hofstetter A, Reiser M (1995) Einsatz der Magnetresonanz-Tomographie für die Darstellung der interstitiellen Laser-Koagulation bei der benignen Prostatahyperplasie: Erste Erfahrungen. Lasermedizin 11: 27–33

Heuck A, Müller-Lisse U, Schneede P, Muschter R, Scheidler J, Hofstetter A, Reiser M (1995) Dynamic assessment of laser-induced temperature effects in bovine prostatic tissue with mri: an experimental approach. Eur Radiol 5 (Suppl): S362

Müller-Lisse UG, Heuck AF, Schneede P, Muschter R, Scheidler J, Hofstetter Ag, Reiser MF (1996) Postoperative MRI in patients undergoing interstitial laser coagulation thermotherapy of benign prostatic hyperplasia. J Comput Assist Tomogr 20: 273–278

Whitfield HN (1996) A Randomized Prospective Multicenter Study Evaluating the Efficacy of Interstitial Laser Coagulation. J Urol 155: 318A

Zellner M, Muschter R (1994) Initiale urodynamische Ergebnisse nach interstitieller Laser-Koagulation der Prostata bei benigner Hyperplasie. Lasermedizin 10: 141–144

Zhenghua G, Ciling C (1996) ITT Combined with vaporized incision for treatment of BPH. J Endourol 10 (Suppl 1): S192

Transurethrale Resektion der Blase

M. Gierth, M. Burger

12.1 Einleitung – 178

12.2 Präoperative Diagnostik – 178

12.3 Technik der transurethralen Resektion von Blasentumoren – 179

12.3.1 Lagerung des Patienten – 179
12.3.2 Intraoperative Beurteilung vor Resektion – 179
12.3.3 Allgemeine Resektionstechnik – 179
12.3.4 Blutstillung – 180
12.3.5 Spezielle Resektionstechnik – 181

12.4 Komplikationsmanagement – 183

12.4.1 Nachblutung und Blasentamponade – 184
12.4.2 Blasenperforation – 184
12.4.3 Ostienresektion – 184
12.4.4 Infektionen – 185
12.4.5 Narbenkomplikationen – 185
12.4.6 Retrograde Ejakulation – 185
12.4.7 Exazerbation eines benignen Prostatasyndroms – 185

12.5 Sonderformen der Tumorresektion – 185

12.5.1 Nachresektion – 185
12.5.2 Palliative TURB – 186

12.6 Die photodynamische Diagnostik – 186

Literatur – 189

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_12

12.1 Einleitung

Das Urothelkarzinom der Harnblase ist eine der häufigsten Tumorerkrankungen weltweit. In den westlichen Ländern der EU treten jährlich etwa 90.000 neue Erkrankungen auf, die Inzidenz liegt bei 27 bzw. 6 pro 100.000 Personen pro Jahr für Männer bzw. Frauen (Ferlay et al. 2008). Etwa 75 % der Fälle sind bei der Erstdiagnose nicht muskelinvasiv (Tumorstadien pT2–4), sondern exophytisch und auf die Mukosa beschränkt (pTa), die Lamina propria infiltrierend (pT1) oder bei geringer Differenzierung intraepithelial (Carcinoma in situ, CIS) (Burger et al. 2013, Steinmaus et al. 2014).

Bei der Behandlung des Urothelkarzinoms der Harnblase stellt die transurethrale Resektion der Blase (TURB) sowohl ein diagnostisches als auch ein therapeutisches Instrument dar (Babjuk et al. 2008). Bei jedem Verdacht auf einen Tumor der Harnblase muss eine TURB zur histologischen Diagnosesicherung erfolgen. Die alleinige Biopsieentnahme unklarer Befunde ist oft nicht repräsentativ, wobei im Falle eines malignen histopathologischen Ergebnisses wiederum eine TURB durchgeführt werden muss.

Während der TURB bei nicht muskelinvasiven Tumoren des Stadiums pTa eine therapeutische Rolle zukommt, dient sie bei muskelinvasiven Tumoren als diagnostisches Mittel vor einer radikalen Zystektomie. Ein genaues Staging über pT2 hinaus kann mittels TURB zwar nicht erfolgen, jedoch genügt der Nachweis einer Muskelinfiltration des Tumors zur Indikationsstellung einer radikalen Zystektomie nach entsprechendem weiteren bildmorphologischen Staging. Eine Resektion muss daher immer Anteile der Blasenmuskulatur enthalten (Babjuk et al. 2008). Bei Tumoren des frühinvasiven Stadiums pT1 und CIS kann alleine der Befund der TURB über einen möglichen Organerhalt entscheiden. Hier ist die TURB also fallweise diagnostisch oder aber diagnostisch und therapeutisch zugleich. Insgesamt nimmt die TURB daher in der Behandlung des Blasentumors eine zentrale Rolle ein.

12.2 Präoperative Diagnostik

Die Indikation zur TURB stellt sich durch den Verdacht auf einen Blasentumor. Bei entsprechenden klinischen Symptomen erfolgt in der Regel eine diagnostische Urethrozystoskopie mit einer detaillierten Beschreibung des Befundes. Sollte der Tumorverdacht nicht eindeutig sein, so wäre die Entnahme einer Harnblasenspülzytologie ergänzend durchzuführen. Diese weist v. a. beim Vorliegen eines CIS eine hohe Sensitivität und Spezifität auf, sodass sich auch bei negativem zystoskopischem Nachweis eines Tumors eine randomisierte Biopsieentnahme und eine dezidierte Abklärung des oberen Harntrakts anschließen sollte (van der Meijden et al. 2005).

Der Einsatz urinbasierter Marker auf molekularer Basis hat sich bisher nicht breit durchgesetzt und findet in den entsprechenden Richtlinien keine Empfehlung (van der Meijden et al. 2005, EAU Guidelines 2015). Eine zystoskopische Abklärung vor einer TURB ist nicht zwingend notwendig, wenn eindeutige Befunde seitens eines bildgebenden Verfahrens vorliegen, wie beispielsweise bei Zufallsbefunden bei vaginalen oder abdominalen Sonografien oder Computertomografien (Babjuk et al. 2008).

Obwohl etwa 90 % der Urothelkarzinome in der Blase vorkommen, können sie im gesamten Harntrakt auftreten. Synchrone Tumoren des oberen Harntrakts finden sich bei etwa 2 % aller Harnblasentumoren (van der Meijden et al. 2005). Obwohl daher bei Verdacht auf einen Blasentumor eine bildgebende Diagnostik des oberen Harntrakts geboten ist, scheint eine Sonografie der Nieren angesichts der relativ geringen Rate als ausreichend (Babjuk et al. 2008). Diese muss jedoch in jedem Fall erfolgen, um eine Ektasie der Nieren präoperativ zu dokumentieren und sie von postoperativen Stauungen abgrenzen zu können. Da das Infusionsurogramm gegenüber der Sonografie nur eine gering gradig bessere Sensitivität aufweist, jedoch mit einer Kontrastmittel- und Strahlenbelastung einhergeht, wird seine Stellung in der initialen Diagnostik kritisch diskutiert (Goessl et al. 1997). Infusionsurogramme sollten neben Computertomografien zur Abklärung suspekter sonografischer Befunde und unklarer Hämaturien oder positiver Harnzytologien herangezogen werden.

Die Ausdehnung des Tumorwachstums in der Blasenwand kann weder mittels transvesikaler Sonografie noch mittels Computer- oder Magnetresonanztomografie ausreichend gut eingeordnet werden. Die Bildgebung dient daher der Abschätzung der lokalen Ausdehnung und der Metastasensuche in Vorbereitung zur Zystektomie.

12.3 Technik der transurethralen Resektion von Blasentumoren

12.3.1 Lagerung des Patienten

Die Lagerung des Patienten erfolgt in Steinschnittlage analog einer TUR der Prostata. Der Eingriff kann in Spinal- oder Allgemeinanästhesie vorgenommen werden.

12.3.2 Intraoperative Beurteilung vor Resektion

Vor Beginn der eigentlichen Resektion des Tumors sollte eine Zystoskopie vorgenommen werden, die beim Mann auch eine Urethroskopie per 0°-Optik zur Beurteilung der penilen und prostatischen Harnröhre beinhaltet. Sämtliche Blasenwandanteile müssen inspiziert werden. Je nach Präferenz können hierzu starre Optiken der Blickwinkel 0°, 5°, 30°, 45°, 70° und 120° verwendet werden, wobei die 30°-Optik am meisten verbreitet ist. Die schwer beurteilbare Vorderwand der Blase direkt kranial des Blasenauslasses kann durch manuelle Unterstützung durch suprasymphysären Druck ins Sichtfeld gerückt werden, wobei die Blase hierbei nicht vollständig gefüllt sein darf.

Es muss eine exakte Befundbeschreibung erfolgen und evtl. um eine Kartografie und Photo- oder Videodokumentation ergänzt werden. Neben der Topografie sind die Größe und Anzahl der Befunde wichtig. In den breit angewandten EORTC-Risikotabellen (EORTC = European Organisation for Research and Treatment of Cancer) lässt sich anhand dieser beiden Angaben sowie des Vorliegens eines CIS, des histopathologischen Grades, des Tumorstadiums und der vorangegangenen Rezidivrate eine Abschätzung des Rezidiv- und Progressionsrisikos vornehmen. Die intraoperativen Befunde sind daher wesentlich und ergänzen die Aussagekraft der Histopathologie entscheidend (Sylvester et al. 2006). Eine Abschätzung der Tumorgröße kann über die Relation zur Breite der Resektionsschlinge erfolgen, die etwa 1 cm beträgt.

Um eine Hämaturiequelle im oberen Harntrakt nicht zu übersehen, sollte der Efflux aus den Ostien beurteilt werden. Im Rahmen einer TURB ist eine retrograde Manipulation wie eine Darstellung oder Schienung der Harnleiter und der Nierenbeckenkelchsystems aufgrund der Gefahr der Aszension von Tumorzellen in den oberen Harntrakt kontraindiziert. Entsprechend sollte im Fall einer Harnstauungsniere vor einer TURB zunächst eine Nephrostomie zur Entlastung der Niere eingebracht werden mit anschließender antegraden radiologischer Darstellung zur Beurteilung.

Bei flachen Läsionen und unklaren Befunden sollte eine Spülzytologie entnommen werden, um einen Hinweis auf evtl. übersehene maligne Befunde bei negativer Histologie des Resektats und positiver Zytologie zu erhalten.

Tipps

Da bereits geringe Blutungen während der TURB die Übersicht erheblich beeinträchtigen können, sollte sich der Operateur vor Beginn der Resektion Lage und Ausprägung aller Befunde merken und diese bei der Resektion in einer vorher festgelegten Folge gezielt aufsuchen. Dabei empfiehlt es sich, mit den aufgrund ihrer Größe und Lage einfacher zu resezierenden Befunden anzufangen.

12.3.3 Allgemeine Resektionstechnik

Die Resektion der Befunde erfolgt mit einem Resektoskop und einer um mindestens 90° abgewinkelten Diathermieschneideschlinge mit monopolarem oder bipolarem hochfrequentem Strom (Elektroresektion).

Die Blase sollte während des Eingriffs immer flüssigkeitsgefüllt sein, um optimale Sichtbedingungen zu gewährleisten.

Tipps

Eine massive Füllung der Blase jedoch ist zu vermeiden, da bei hoher Wandspannung die Dicke der Blasenwand herabgesetzt ist und sich das Risiko einer Perforation deutlich erhöht. Um eine zu schnelle Füllung der Blase zu vermeiden, empfiehlt sich eine Resektion mit halb geöffnetem Spülstrom oder die Verwendung eines Rückspülresektoskops, das eine konstante Blasenfüllung ermöglicht.

Der von der Schlinge auf das Gewebe ausgeübte Druck kann nur schwer haptisch erfasst werden. Der Schneidestrom sollte daher vor Kontakt mit dem Gewebe aktiviert werden, da nur so ein visuell kontrolliertes Eindringen gewährleistet ist. Die Resektion

selbst sollte retrograd, also auf den Resekteur hin, erfolgen, da der Schnittverlauf so gut kontrolliert werden kann. Bei der prograden Resektion sind Schnittverlauf und Schnittende nur eingeschränkt einsehbar.

Die Resektion erfolgt entlang der Wölbung der Blasenwand durch möglichst bogenförmige Bewegungen: Das Einfahren der Resektionsschlinge kontrolliert die Ausdehnung in der Längsebene, ein bkippen des Schafts zu Beginn der Resektion und Anheben zu Ende kontrollieren die Tiefe der Resektion. Alternativ kann die Schlinge in der ausgefahrenen Position fixiert und das ganze Resektoskop nach distal bewegt werden, während wiederum gleichzeitiges Abkippen und Anheben des Schafts die Tiefe regulieren. Ein simultanes Aus- oder Einfahren der Schlinge und Längsbewegungen des Schafts sollten vermieden werden.

Der Tumor muss zunächst in toto reseziert werden, bis alle makroskopisch suspekten Blasenwandanteile bzw. sichtbaren Tumoranteile entfernt sind. Die Resektion muss die Muskulatur mit erfassen, um eine histopathologische Beurteilung zu ermöglichen. Grundsätzlich gibt es 3 Möglichkeiten der Resektion:

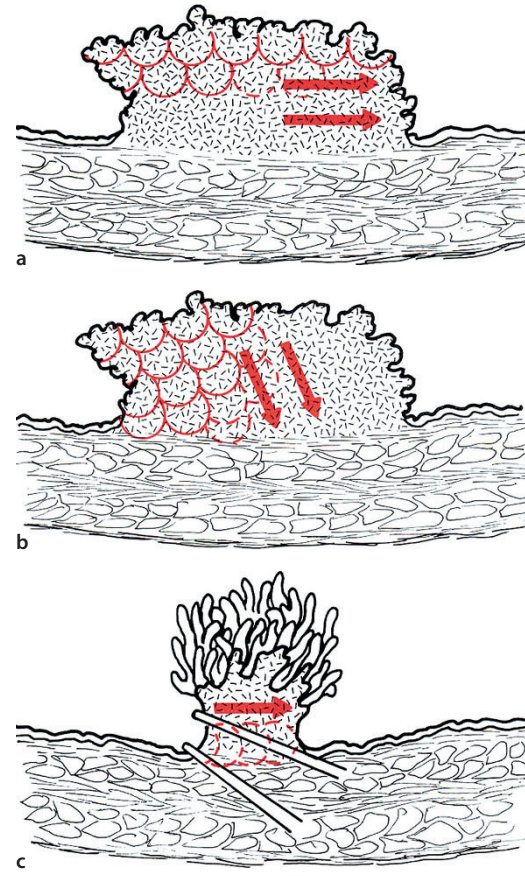
- Horizontales Vorgehen
- Vertikales Vorgehen
- Abtrennen am Stiel

Das horizontale Vorgehen empfiehlt sich bei kleineren exophytischen Tumoren, wobei diese von der Oberfläche her in Schichten abgetragen werden. Nachteilig ist, dass die Basis oder der Stiel erst am Ende der Resektion erreicht werden und eine Blutstillung vorher im weichen Tumorgewebe nicht sinnvoll ist (◘ Abb. 12.1a).

Eine vertikale Resektion oder radiäre Resektion von der Seite empfiehlt sich bei großen und soliden Tumoren. Von Vorteil ist bei dieser Technik, dass die Basis des Tumors nach wenigen Schlingenschlägen erreicht und koaguliert werden kann. Bei Verdacht auf Wandinfiltration ist eine diagnostische Resektion von Tumoranteilen zur histopathologischen Beurteilung oftmals ausreichend (◘ Abb. 12.1b).

Bei einem gestielten exophytischen Tumor kann der oftmals dünne Stiel mit einem oder mehreren Schnitten abgetrennt werden. Selbst große papilläre Tumoren lassen sich anschließend leicht mit der Glaskolbenspritze evakuieren (◘ Abb. 12.1c).

Nach Möglichkeit sollten die Resektate getrennt geborgen und der Pathologie in separaten und mit der Lage der Befunde beschrifteten Behältern zugesandt werden.



◘ **Abb. 12.1a–c** Verschiedene Resektionstechniken bei der TURB. **a** Horizontales Vorgehen, geeignet für bis zu mittelgroße Tumoren. Nachteilig ist, dass die Blutungen erst nach Erreichen der Blasenmuskulatur ausreichend gestillt werden können. **b** Vertikales oder radiäres Vorgehen, geeignet für große Tumoren, die nicht sicher abgegrenzt werden können und bei Teilresektionen zur Histologiegewinnung bei infiltrierendem Tumor. Blutstillung an der Basis möglich. **c** Abtragung eines größeren Tumors am Stiel. Koagulation der Basis schnell möglich. Absaugung auch größerer exophytischer Tumoren mit der Glaskolbenspritze möglich

12.3.4 Blutstillung

Eine Koagulation von Blutgefäßen im Tumorgewebe ist nahezu unmöglich, sodass die Koagulation immer dann erfolgen sollte, wenn das Niveau gesunden Blasengewebes erreicht ist.

Tipps

Um die Übersicht bei Blutungen nicht zu verlieren, empfiehlt es sich, spritzende Blutungen sofort zu koagulieren. Demgegenüber lassen

sich venöse Blutungen bei entleerter Blase und koagulierten arteriellen Läsionen exakter beurteilen.

Tipps

Am Ende der Resektion sollte auch ohne sichtbare Blutung der gesamte Schleimhautrand mit niedriger Stromstärke fortlaufend koaguliert werden (»absäumen«), da hiermit Blutgefäße zwischen Schleimhautrand und Muskulatur erfasst werden, die oftmals erst nach Beendigung der Operation bei entleerter Blase zu Blutungen führen.

Ebenso empfiehlt sich eine komplette Koagulation des Wundgrundes (◘ Abb. 12.2).

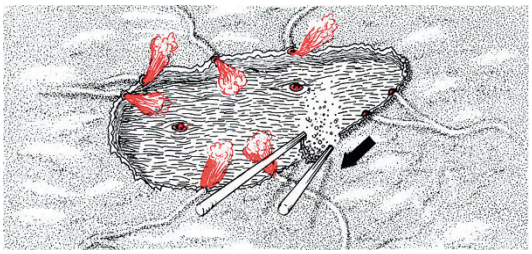
Nach Evakuierung aller Resektionsstücke wird ein transurethraler Dauerkatheter von mindestens 20 Charr eingelegt. Es sollte sich klare Rückspülflüssigkeit entleeren. Der geöffnete Katheter mit tiefer als dem Blasenniveau hängendem Beutel sorgt für ein Aneinanderliegen der Wundränder in der entleerten Blase. Lediglich bei sehr kleinen Befunden kann auf eine Einlage verzichtet werden. Der Dauerkatheter verbleibt bei oberflächlicher Resektion für einen Tag, bei tiefer Resektion mit Kontakt zum perivesikalen Fett- oder Bindegewebe etwa drei Tage.

Voraussetzung für eine nachhaltige Blutstillung ist im Gegensatz zum extravesikalen Situs eine strikte Vermeidung von Koageln auf der Wunde, da die durch die Auflagerung freigesetzten Fibrinspaltprodukte eine stete Fibrinolyse und Blutungsneigung unterhalten. Daher empfiehlt sich zur Vermeidung einer Nachblutung bei großflächigen Tumorresektionen die Einlage eines Spülkatheters mit Dauerspülung.

12.3.5 Spezielle Resektionstechnik

Biopsien und kleine Befunde

Bei kleinen Befunden kann eine Biopsie mit der Zange einer Resektion vorgezogen werden, da es durch Koagulationsartefakte im Rahmen der TURB zu einer eingeschränkten histologischen Beurteilbarkeit des Gewebes kommen kann. Allerdings muss in diesem Fall auf eine komplette Entfernung geachtet werden. Fallweise ist eine nachfolgende Resektion der Biopsiestelle notwendig.



◘ **Abb. 12.2** Blutstillung durch Koagulation des Randes. Inspektion und »Absäumen des Randes« bei nur schwachem Spülwasserzufluss

In wenigen Fällen treten eine Unzahl von kleinen Tumoren auf, die nicht alle reseziert werden können, da ein Großteil der Blasenschleimhaut betroffen wäre und eine übermäßige Narbenbildung provoziert würde. Hier kann eine gezielte Koagulation der Tumoren, eine sog. Fulguration, erfolgen. Dazu bietet sich die Verwendung einer für die gängigen Resektoskope erhältlichen monopolaren Kugel an.

Flache Tumoren können sich der optischen Detektion in der Weißlichtzystoskopie entziehen. Daher wurde eine routinemäßige Entnahme von Biopsien an randomisierten Stellen diskutiert. Allerdings werden nur bei entsprechendem Verdacht auf ein CIS mit hinreichender Wahrscheinlichkeit Tumoren gefunden, weswegen sie nur bei entsprechendem Vorbefund oder bei positiver Harnzytologie ohne eindeutige zystoskopische Befunde empfohlen werden (van der Meijden et al. 2005).

In seltenen Fällen können sich in der prostatischen Harnröhre Urothelkarzinome finden. Bei massiverem Befall im Bereich des Blasentrigonums sollte eine Biopsie der Schleimhaut proximal des Colliculus seminalis erfolgen (Mungan et al. 2005). Bei einem Befall der prostatischen Urethra muss bei den Nachsorgezystoskopien gezielt auf diesen Bereich geachtet werden, zumal sie einer topischen Instillation mit Chemotherapeutika oder BCG (Bacillus Calmette-Guérin) nur eingeschränkt zugänglich ist.

Resektion großer exophytischer Tumoren

Tipps

- Größe exophytische Tumoren sollten in vertikaler/radiärer Richtung abtragen werden.
- Normales Urothel seitlich des Tumors aufsuchen und Resektion von dort beginnen.
- Nur an einer Stelle zu operieren beginnen.

- Resektion dort fortfahren, wo begonnen wurde. Sorgfältige Blutstillung am Resektionsort.
- Regelmäßig die Resektionsstücke mit der Glaskolbenspritze aus der Blase absaugen, um den Überblick zu behalten, wie viel Residualtumor noch vorhanden ist.

Die Resektion muss die Muskulatur miterfassen, um eine mögliche Muskelinvasion zu beurteilen. Im Anschluss an die Resektion der sichtbaren Tumoranteile sollte eine fraktionierte Resektion der lateral, medial, kranial und kaudal angrenzenden Mukosaanteile erfolgen. Dieses Resektat sollte getrennt zur histopathologischen Begutachtung gesandt werden.

Resektionstechnik an speziellen Lokalisationen

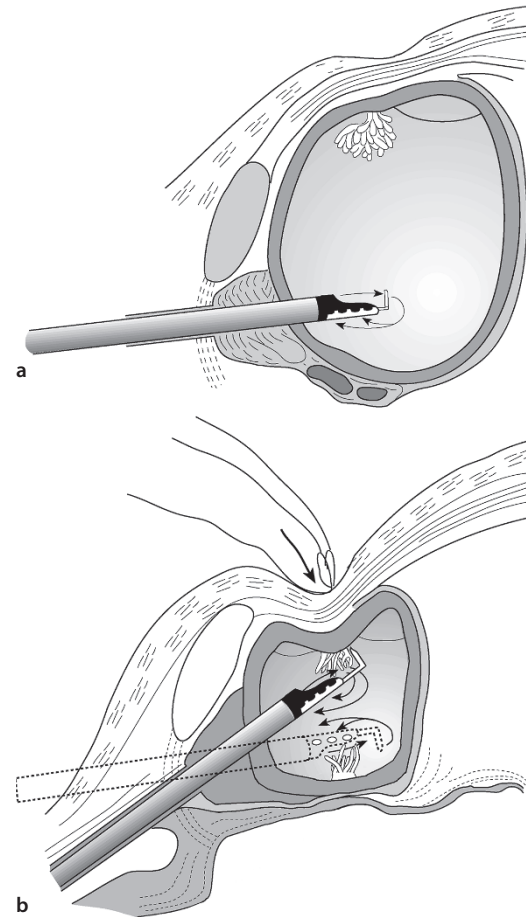
Resektion am Blasendach Bei der Resektion von Tumoren am Blasendach muss besondere Vorsicht walten, da eine Perforation der Blasenwand hier bei bereits gering gefüllter Blase erfolgen kann. Zudem wäre die Perforation an dieser Lokalisation dann oftmals intraperitoneal gelegen.

Tipps

Mithilfe einer Palpation des Unterbauchs mit der flachen Hand kann das Blasendach bei der Resektion eingedrückt werden, wodurch die Resektionsstelle leichter zu erreichen und die Resektionstiefe besser zu kontrollieren ist (◘ Abb. 12.3).

Das Eindrücken des Blasendachs erfolgt mit der nicht dominanten Hand des Operateurs oder evtl. eines Assistenten. Für dieses Manöver sollte die Blase wenig gefüllt sein. Luftblasen, die sich immer im Bereich des Blasendachs ansammeln, können vor der Resektion mit der Glaskolbenspritze abgesaugt werden. Eine Kopftieflagerung des Patienten kann die Sicht verbessern.

Resektion an der Blasenhinterwand An der Blasenhinterwand sollte wegen der Gefahr einer an dieser Stelle meist intraperitonealen Perforation besonders vorsichtig reseziert werden. Die Blase sollte zur Prophylaxe einer Perforation maximal zur Hälfte gefüllt sein. Vor allem beim Mann wird dadurch die oftmals weite Strecke zwischen Blasenhinterwand und Blasenauslass verringert und die Resektionsstelle leichter erreichbar. Aufgrund der frontalen und relativ weit entfernten Lage kann die Wölbung der Blasenhinterwand oftmals nur mit Längsbewegungen des Resektoskops bei komplett ausgefahrener Resektionsschlinge nachvollzogen werden.



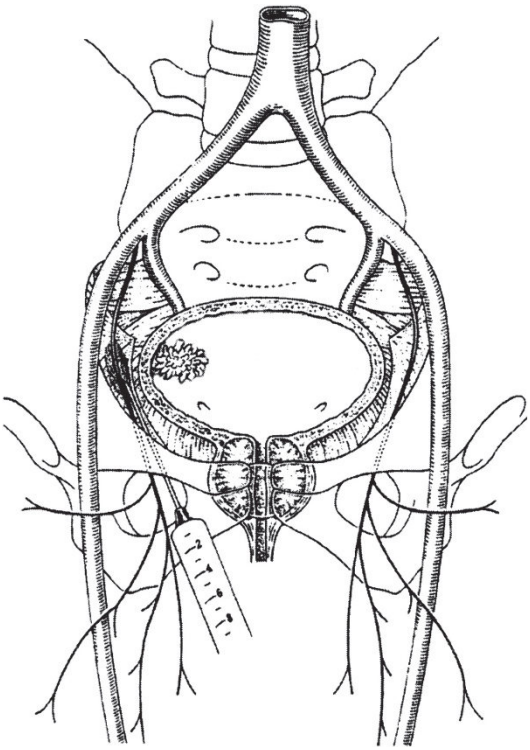
◘ **Abb. 12.3a,b** TUR von Tumoren am Blasendach. **a** Resektion bei voller Blase nicht möglich. **b** Bei wenig gefüllter Blase resezieren und das Blasendach mit der flachen Hand von außen eindrücken

Resektion am Ostium Das Ostium sollte nach Möglichkeit geschont werden, da sonst Abflussstörungen aus dem oberen Harntrakt resultieren können. Allerdings darf die Vollständigkeit der Tumorentfernung nicht kompromittiert sein, auch wenn dies eine Resektion des Ostiums bedeutet. Vor allem bei frustraner Identifikation des Ostiums muss eine Schonung nicht im Vordergrund stehen. Bei Tumoren kranial des Ostiums sollten flachere Schnitte erfolgen, die allerdings die Muskulatur mit erfassen müssen. Nach Möglichkeit sollte Koagulationsstrom direkt am

Ostium vermieden werden, da dieser eher zu obstruierenden Narbenbildungen führt als Schneidestrom. Bei Resektionen in der Nähe der Ostien muss am ersten Tag postoperativ eine sonografische Kontrolle des oberen Harntrakts zur Beurteilung einer möglichen Abflussstörung erfolgen.

Resektion am Blasenauslass beim Mann Exophytische Tumoren in diesem Bereich können meist nur entfernt werden, wenn basale Anteile der Prostata mit reseziert werden. Je nach makroskopisch erkennbarer Tumorinfiltration muss die Resektion in die Tiefe ausgedehnt werden. Die Resektion des Blasenhalses kann je nach Ausdehnung zur retrograden Ejakulation führen. Es muss bedacht werden, dass die basalen Anteile der Prostata besonders gut durchblutet sind und eine gründliche Koagulation hier unerlässlich ist.

Resektion an der Blasenseitenwand Bei der TURB kann durch die elektrische Stimulation des N. obturatorius eine unkontrollierte Adduktorenbewegung der Beine ausgelöst werden. Die Blasenwand bewegt sich in diesem Fall ruckartig, was zu einer Perforation mit der Schlinge führen kann. Ist der zu resezierende Befund also dort lokalisiert, sollte Rücksprache mit der Anästhesie gehalten werden, denn der Oburatoriusreiz kann durch eine tiefe Relaxation des Patienten oder durch einen Obturatoriusblock vermieden werden. Hierbei werden in Steinschnittlage mittels einer langen Injektionsnadel, die 2 cm lateral und distal des Pecten ossis pubis senkrecht eingestochen wird, 20–40 ml eines lang wirkenden Lokalanästhetikums eingebracht (◘ Abb. 12.4).



◘ **Abb. 12.4** N.-obturatorius-Blockade. 2 cm lateral des Pecten ossis pubis Infiltration mit 20–40 ml eines lang wirkenden Lokalanästhetikums

Tipps

Ein Obturatoriusreiz kann vermieden oder reduziert werden durch:

- Reduzierte Stärke des Schneidestroms
- Eine weniger gefüllte Blase (größere Entfernung der Blasenwand zum Nerv)
- Kleinere Schnitte
- Bipolare Resektion (auch hier ist eine Obturatoriusreizung möglich, jedoch geringer als bei monopolarem Schneidestrom)

Resektion von Blasentumoren in einem Blasendivertikel

Die Inzidenz von Blasentumoren in großen Pseudodivertikeln ist aufgrund der Stase des Urins darin höher als in den übrigen Blasenabschnitten. Die Resektion solcher Divertikeltumoren ist besonders herausfordernd, da die Wand der Pseudodivertikel nur aus Mukosa besteht und deutlich dünner ist. Eine radikale TUR ist nur bei kleineren gestielten Tumoren möglich. Größere, breitbasige Tumoren sollten wegen der Perforationsgefahr nicht vollständig entfernt, sondern einer Biopsie und einer offenen Abtragung zugeführt werden.

12.4 Komplikationsmanagement

Die TURB ist ein relativ wenig komplikationsträchtiger Eingriff, es werden insgesamt Raten von etwa 15 % berichtet, von denen nur ca. 5 % schwerwiegender sind. Blutungen und Blasenperforationen treten mit ca. 2 % bzw. 3 % am häufigsten auf und nur in den wenigsten Fällen ist eine operative Revision nötig (Pycha et al. 2003, Nieder et al. 2005). Die gängigsten Probleme lassen sich bei frühem Erkennen und Handeln gut beherrschen.

12.4.1 Nachblutung und Blasentamponade

Nachblutungen mit der Notwendigkeit der Transfusion von Blutprodukten treten mit einer Häufigkeit von maximal 5 % auf (Nieder et al. 2005). Die Voraussetzung für eine Blutstillung ist eine gründliche Koagulation des Wundgrundes und das Vermeiden von Blutgerinnseln in der Blase. Bei einer postoperativen Blutung sollte zuerst ein Ausspülen von Koageln und ggf. der Austausch des einlumigen transurethralen Katheters durch einen zweilumigen Spülkatheter mit Dauerspülung erfolgen, um die Blutungsneigung zu reduzieren und die Ansammlung großer Koagelmassen, einer sog. Blasentamponade, zu vermeiden. Bei Resektionen im Bereich des Blasenhalses des Mannes kann in einigen Fällen ein leichter Zug (ca. 50–100 mg) auf den Katheter angelegt werden, dessen Ballon über die regelhaften 10 ml hinaus geblockt werden kann.

Tenesmen der Blase, die durch die postoperative und katheterbedingte Irritation verursacht werden, unterhalten Blutungen.

Tipps

Daher sollte bei entsprechendem Verdacht (Zittern von Luftblasen im Katheterschlauch, krampfartige Schmerzen im Unterbauch) und Ausschluss von Kontraindikationen (Glaukom, Tachyarrhythmien) eine rasch wirkende antimuskarinerge Therapie erfolgen, beispielsweise mit Trospiumchlorid i.v. (über Perfusor: 1 Ampulle 1,2 mg auf 50 ml NaCl, 8–12 ml/h).

Sind die Nachblutungen damit nicht beherrschbar, muss frühzeitig eine transurethrale Revision mit Nachkoagulation erfolgen.

Tipps

Arterielle Blutungen lassen sich durch »Wolken« im Ablaufschlauch erkennen. Eine Nachkoagulation sollte zügig durchgeführt werden, da sich diese Blutungen nicht durch forcierte Spülung oder Manipulation am Katheter beherrschen lassen.

Zuerst muss dabei eine akribische Evakuation der Blasentamponade erfolgen, hartnäckige Koagel müssen bei der Revisionsoperation vollständig ausgespült oder bei einem höheren Grad der Organisation reseziert werden, da eine protrahierte Blutung unterhalb der Koagel vorliegt und die Blutungsneigung persistiert. Bei verdeckter Blutung sollte eine oberflächliche Nachresektion erfolgen.

12.4.2 Blasenperforation

Extra- bzw. intraperitoneale Perforationen der Blase kommen in 3 % bzw. 1 % der Fälle vor (Nieder et al. 2005). Dispositionelle Risikofaktoren für eine Blasenperforation sind ältere Patienten und weibliches Geschlecht. Ursachen sind eine allschichtige Resektion, Hyperdistension der Blase, instrumentelle Perforation oder eine Obturatoriusreizung. Symptome sind eine unzureichende Blasenfüllung, ein Spülabflussdefizit, abdominale Umfangszunahme oder Sichtbarkeit von Fettgewebe.

Auch größere extraperitoneale Perforationen können mit einer konsequenten transurethralen Dauerableitung über bis zu 10 Tage beherrscht werden, da bei leerer Blase die Wundränder adaptiert sind und in der Regel verheilen. Es sollte eine gute intraoperative Blutstillung und postoperativ möglichst nur eine geringe oder keine Irrigation erfolgen. Bei unsicherer Lage der Läsion und deutlicher Klinik empfiehlt sich die Anfertigung eines Zystogramms. Eventuell muss bei intraabdomialer Flüssigkeit eine intraperitoneale Drainage sonografisch eingelegt werden. Bei konservativer Therapie mittels Katheterableitung sollte zur Kontrolle vor der Entfernung des Dauerkatheters ein Zystogramm in zwei Ebenen mit Ablaufbild erfolgen.

Bei intraperitonealen Läsionen muss eine offene Revision mit Übernähung der Blasenwand vorgenommen werden (Abb. 12.5). Bei der operativen Revision sollte die gesamte Bauchhöhle mit einer zytoreduktiven Flüssigkeit (z. B. Chloramin) gespült werden. Allerdings gibt es keine eindeutigen Hinweise auf die relevante Gefahr einer Peritonealkarzinose durch das intraperitoneale Seeding (Skolarikos et al. 2005, Mydlo et al. 1999).

Bei Einschwemmung von Spülflüssigkeit muss auf den Elektrolythaushalt geachtet werden. Eine Dauerspülung darf allenfalls mit langsamer Tropfenfolge erfolgen.

12.4.3 Ostienresektion

Geringgradige Stauungen, die nach einer Resektion im Bereich der Ostien auftreten, sind nicht selten

Abb. 12.5 Blasenperforation intraperitoneal

passager und können unter Kontrolle der Retentionsparameter beobachtet werden. Eine antiphlogistische Therapie kann supportiv wirken.

Bei höhergradiger Harnstauung sollte initial nach TURB die Anlage einer perkutanen Nephrostomie erfolgen. Bei Stenosierung kann eine Schienung des Harnleiters retro- oder über die eingebrachte Nephrostomie antegrad erfolgen. Oftmals stellt sich das Ostium einige Tage nach der TURB als eine die Resektionsfläche überragende Erhebung dar. Zur Erleichterung der Identifikation des Ostiums kann über die Nephrostomie Methylenblau appliziert werden.

Bei ausgeprägter Vernarbung des Ostiums bzw. des intramuralen Harnleiters muss eine Resektion erfolgen, die bis in das perivesikale Fett reichen kann. Zur Orientierung bezüglich der groben Lage kann über die Nephrostomie Röntgenkontrastmittel gegeben und bei ausgefahrener Schlinge unter Durchleuchtung das distale Ureterende bestimmt werden. Nach Identifikation des Ostiums sollte eine Harnleiterschiene (8 Charr) eingebracht und über mehrere Wochen belassen werden.

12.4.4 Infektionen

Grundsätzlich wird nach TURB ein transurethraler Katheter eingelegt und über wenige Tage dauerabgeleitet. Aufgrund des Katheters kommt es trotz Antibiotikaprophylaxe in bis zu 10 % zu Infekten und aszendierenden Entzündungen wie Pyelonephritiden und Epididymitiden (Niël-Weise und van den Broek 2005).

12.4.5 Narbenkomplikationen

Eine narbige Schrumpfung der Blase muss lediglich bei mehrfachen und/oder ausgedehnten Resektionen in Betracht gezogen werden. Bei Resektionen im Bereich der Ostien können selten Obstruktionen oder refluxive Störungen auftreten, die evtl. die Notwendigkeit einer Entlastung der Niere und einer transurethralen oder offenen Revision bedingen.

12.4.6 Retrograde Ejakulation

Eine Resektion im Bereich des Blasenhalses kann zur retrograden Ejakulation führen und sollte bei bekannter Lokalisation des Tumors im Rahmen des Aufklärungsgesprächs erwähnt werden.

12.4.7 Exazerbation eines benignen Prostatasyndroms

Bei vorbestehendem benignem Prostatasyndrom führt die Manipulation im Rahmen der TURB manchmal zur Dekompensation und der Notwendigkeit weiterer Interventionen.

12.5 Sonderformen der Tumorresektion

12.5.1 Nachresektion

Die Effektivität der TURB hängt maßgeblich von der kompletten Entfernung aller Tumoranteile ab. Die Radikalität der TURB ist bei großen Tumoren, bei multifokalen Befunden und bei erschwerter initialer Resektion beispielsweise aufgrund von Blutungen oftmals eingeschränkt (Babjuk et al. 2008). Es finden sich in bis zu 50 % der Fälle noch verbleibende Tumorreste (Grimm et al. 2003). Daher sollte bei fraglicher Radikalität der initialen Resektion und bei fehlender Muskulatur im ersten Präparat eine erneute TURB erfolgen, die das histopathologische Resultat gegenüber der ersten in bis zu 20% der Fälle korrigiert und auch die Effektivität verbessert (Grimm et al. 2003, Schwaibold et al. 2006). Diese zweite TURB, die auch Nachresektion genannt wird, sollte alle weiteren suspekten Läsionen und die komplette ursprüngliche Resektionsstelle beinhalten (Grimm et al. 2003). Je nach Zeitspanne zwischen erster und zweiter TURB ist der Randwall der ur-

sprünglichen Resektion ödematös aufgeworfen und die Tiefe mit Fibrin belegt. Eine zweite TURB erfolgt in der Regel 2–6 Wochen nach der ersten (Babjuk et al. 2008).

Es konnte außerdem gezeigt werden, dass sich bei fehlendem Nachweis residualer Tumorverbände in der zweiten Resektion die Prognose des Patienten deutlich verbessert (Brauers et al. 2001). Daher kommt beim frühinvasiven Tumor der Gründlichkeit der zweiten TURB eine besondere Rolle zu.

Alle suspekten Herde sollten reseziert und Befunde, die für eine komplette Resektion zu großflächig sind, zumindest einer Biopsie zugeführt werden. Besonders zu beachten sind flache, samtartige Läsionen, die Hinweis auf ein CIS sein könnten. Hier sollte immer eine Spülzytologie entnommen werden, um bei positiver Zytologie trotz negativer Histologie der Resektate einen Hinweis auf möglicherweise übersehene Anteile eines CIS zu erhalten. In dieser Situation sollte evtl. eine erneute Resektion unter photodynamischer Diagnostik (▶ Kap. 12.6) erwogen werden (Stenzl et al. 2008, van der Meijden et al. 2005).

Da die Versorgung des Trigonums bei der Frau durch die angrenzende Scheidenvorderwand erfolgt, ist sie postmenopausal gelegentlich kompromittiert, und es kommen Metaplasien des Urothels vor.

Tipps

Es findet sich oft eine flache, abstreifbare, schuppige Auflage der Mitte des Trigonums. Diese entspricht in der Mehrzahl der Fälle keinem CIS, sondern stellt eine plattenepitheliale Metaplasie des Urothels dar, die selbst in ausgeprägten Fällen keine Präkanzerose ist (Ahmad et al. 2008).

12.5.2 Palliative TURB

Der Goldstandard zur Therapie des muskelinvasiven Blasenkarzinoms ist die radikale Zystektomie. Eine transurethrale Resektion dieser Tumoren kann nur bei Ablehnung einer radikalen Therapie angeboten werden und ist nur in sehr wenigen, ausgewählten Fällen nachhaltig (Stenzl et al. 2009, Merseburger et al. 2008). Selbst bei alten Patienten mit einer eingeschränkten Narkosefähigkeit wird in der Hälfte der Fälle eine Zystektomie bei Komplikationen wie massiven Miktionsbeschwerden sowie rezidivierenden Nachblutungen erforderlich (Lodde et al. 2005).

Eine alleinige TURB bei einem muskelinvasiven Tumor dient v. a. einem möglichst langen Hinauszögern von erneuten Blutungen. Daher sollte die Resektion die Randbereiche des Tumors erreichen, da dort im Gegensatz zu den dem Blasenlumen zugewandten Anteilen weniger Nekroseareale vorherrschen, das Gewebe häufig solider und eine Blutstillung somit leichter zu erreichen ist. Ebenso ist eine Koagulation im Bereich der Muskulatur effektiver als im Tumorgewebe. Im Bereich des Blasenbodens ist eine tiefe Resektion bis hin zu einer Perforation ins perivesikale Fettgewebe durchaus möglich. Sie hat jedoch im Gegensatz zu Perforationen am Blasendom und der Blasenhinterwand wenig direkte Folgen, sollte aber nach Möglichkeit vermieden werden.

Tipps

Allgemein sollte die Resektion das Ziel haben, die weniger nekrotischen und solideren tieferen Anteile des Tumors zu erreichen und große und solide Tumoren auf ein Niveau mit der restlichen Blasenwand zu bringen, da dies im Sinne der Übersichtlichkeit ist. Diesen Ansatz nennt man auch eine Resektion »en niveau«.

12.6 Die photodynamische Diagnostik

Die ausgeprägte Rezidivneigung der nicht invasiven Harnblasentumoren wird neben der Neuentstehung von Tumoren und der Zellaussaat bei der Resektion auch der häufig unvollständigen Resektion von größeren Befunden sowie dem Übersehen kleinerer Läsionen bei der TURB zugeschrieben (Lodde et al. 2005). Die Raten an Residualtumoren betragen 30–50% (Grimm et al. 2003, Schwaibold et al. 2006, Jakse et al. 2004). Auch einige sog. Frührezidive, also Tumoren in der ersten Kontrollzystoskopie nach 3 Monaten, könnten keine neu aufgetretenen sondern initial übersehene Befunde sein. So findet sich etwa die Hälfte dieser Frührezidive innerhalb des ursprünglichen Resektionsgebiets (Brausi et al. 2002). Einerseits können kleinere Tumorreste im Randbereich der Resektion übersehen werden, zumal eine Koagulation den typischen Tumoraspekt oftmals verändert. Aber auch kleinere Satellitentumoren und v. a. flache Läsionen entziehen sich oftmals der Visualisierung in der konventionellen Zystoskopie.

Obwohl das Standardverfahren zur Visualisierung bei der TURB Weißlicht ist, wird die optische

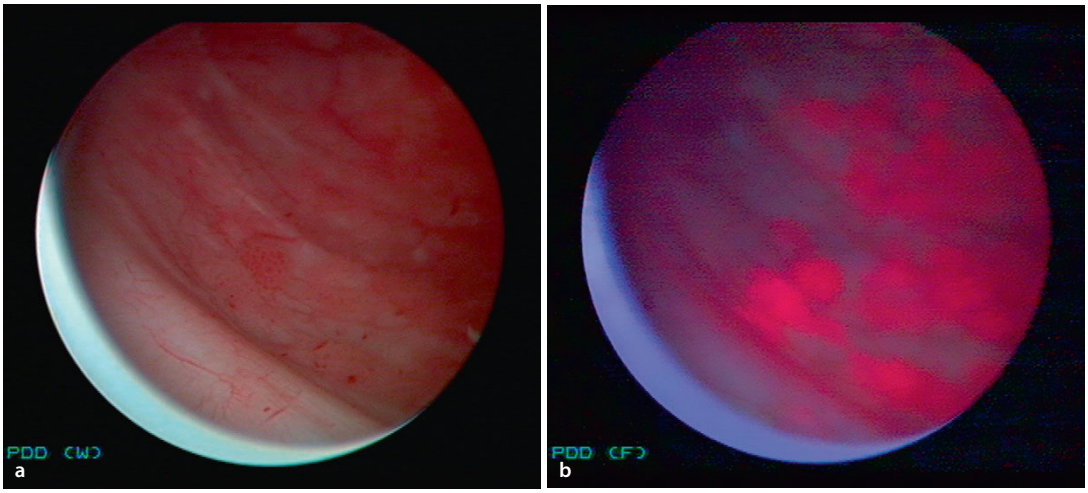


Abb. 12.6a,b Disseminierte, teils flache, teils papilläre Tumoren der Blase. **a** Weißlicht, **b** photodynamische Diagnostik

Diskriminationsfähigkeit von Tumor- und Normalgewebe unter Weißlicht als nicht optimal beschrieben (Zaak et al. 2005). Daher wurden seit der Mitte der 1990er-Jahre v. a. im deutschsprachigen Raum ergänzende Methoden auf Basis der Fluoreszenzzystoskopie evaluiert, die sog. photodynamische Diagnostik. Dabei wird per Instillation in die Blase ein Substrat der Hämsynthese eingebracht, die Aminolävulinsäure. Dies wird von der Blasenschleimhaut aufgenommen und führt in den Mitochondrien zu einer Akkumulation von Protoporphyrin 9, einem Zwischenprodukt der Hämsynthese, das fluoreszierende Eigenschaften besitzt.

Da in neoplastischen Zellen des Urothels ein Downstream-Enzym, die Ferrochelatase, reduziert aktiv ist, reichert sich Protoporphyrin 9 selektiv dort an. Über die Applikation von blauem Licht der Wellenlänge 340–470 nm mittels einer Xenonlampe mit Bandpassfilter wird eine rote Fluoreszenz von etwa 640 nm angeregt, und es kann eine Diskrimination von neoplastischen und normalen Urothelanteilen erfolgen (Zaak et al. 2005).

Die Sensitivität der Weißlichtzystoskopie, die über alle Tumoren hinweg bei etwa 75 % liegt, kann unter der photodynamischen Diagnostik auf etwa 95 % gesteigert werden (Hungerhuber et al. 2007). Die Detektionsraten von papillären Tumoren werden um ca. 20 % und von flachen um 40 % gesteigert (Abb. 12.6, Abb. 12.7). Bei ca. 15 % der Patienten ergibt sich daraus eine Veränderung des weiteren Therapieansatzes (Jocham et al. 2005, Schmidbauer et al. 2004). Die TURB mit photodynamisch unterstützter Zystoskopie reduziert die Rate der Residualtumoren in der Kontroll- TURB um etwa 20 % (Riedl et al. 2001).

In randomisierten Studien konnte gezeigt werden, dass der Einsatz der photodynamischen Diagnostik das rezidivfreie Überleben um etwa 30 % auch im langfristigen Ansatz über 8 Jahre hinweg verbessert (Babjuk et al. 2005, Daniltchenko et al. 2005, Denzinger et al. 2007). Bei frühinvasiven Tumoren mit begleitendem CIS reduziert die photodynamische Diagnostik die Rate der Rezidive, hat allerdings auf die Progression keinen Einfluss (Denzinger et al. 2008). Obwohl die meisten Daten zur photodynamischen Diagnostik sich auf den Einsatz bei der TURB beziehen, wurde sie auch in der rein diagnostischen flexiblen Zystoskopie evaluiert (Loidl et al. 2005). Die Kosten dieses erweiternden Ansatzes scheinen sich für die öffentlichen Gesundheitssysteme aufgrund der reduzierten Rezidivraten zu amortisieren (Burger et al. 2007, Burger et al. 2008).

Seit 2005 ist in Deutschland der Hexylester der Aminolävulinsäure für die photodynamische Zystoskopie zugelassen (Hexvix®, GE Healthcare), der sich aufgrund seiner Lipophilie und hohen Gewebegängigkeit für die topische Applikation eignet und in klinischen Studien evaluiert wurde (Jichlinski et al. 2003). Etwa 1 h vor der TURB werden 50 ml einer Hexvix-Lösung mittels Einmalkatheterismus intravesikal instilliert, die bis zur Untersuchung in der Blase verbleiben.

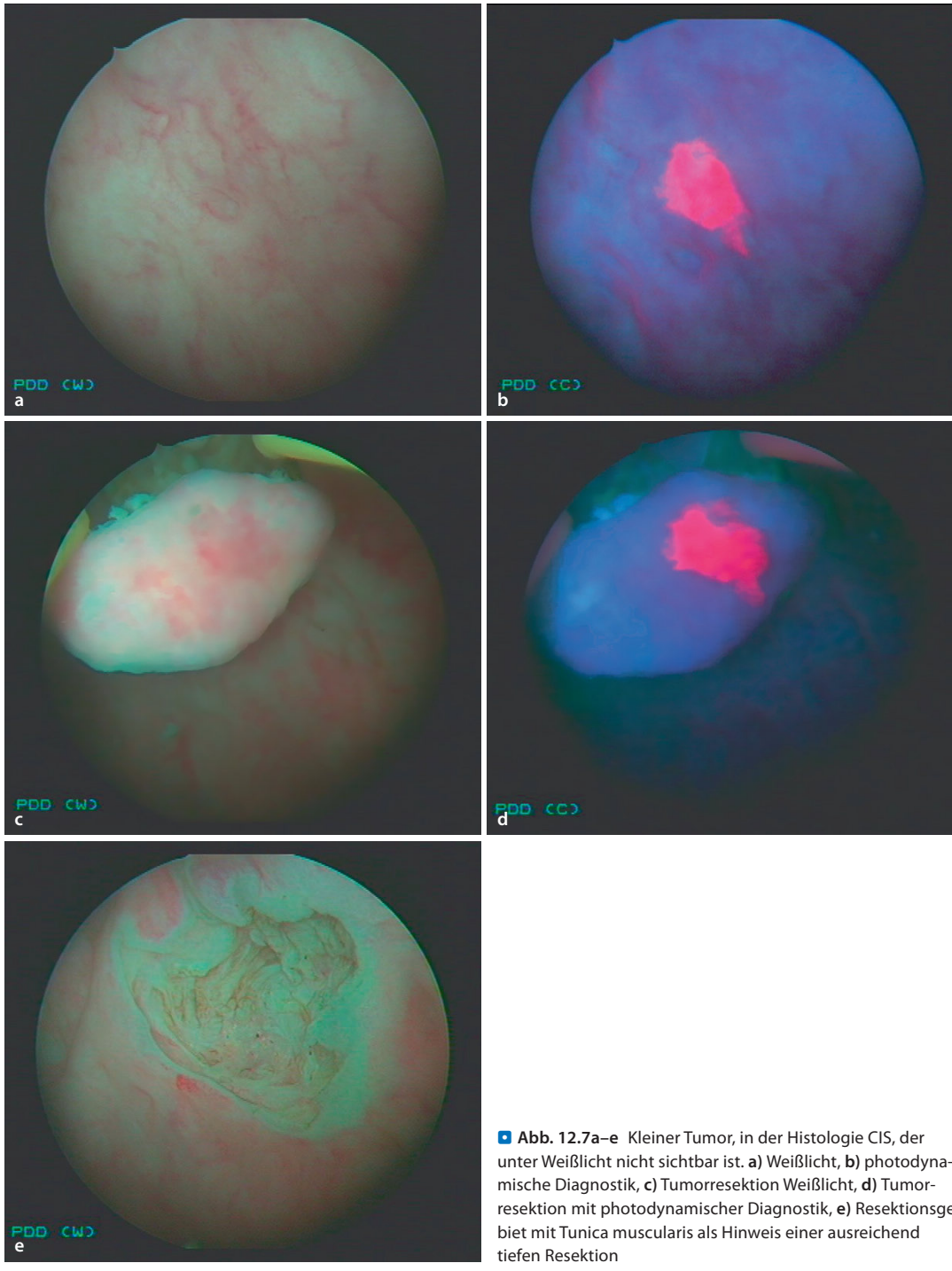


Abb. 12.7a–e Kleiner Tumor, in der Histologie CIS, der unter Weißlicht nicht sichtbar ist. **a)** Weißlicht, **b)** photodynamische Diagnostik, **c)** Tumorresektion Weißlicht, **d)** Tumorresektion mit photodynamischer Diagnostik, **e)** Resektionsgebiet mit Tunica muscularis als Hinweis einer ausreichend tiefen Resektion

Tipps

Nach Applikation des fluoreszierenden Agens sollte der Patient sich gelegentlich auf die Seite drehen, um eine Exposition der gesamten Blasenwand zu gewährleisten. Bei einer Makrohämaturie ist die photodynamische Diagnostik wenig aussagekräftig, da Blut die Fluoreszenz absorbiert.

Bei einer innerhalb der vergangenen 6–8 Wochen stattgehabten Resektion oder Instillationsbehandlung mit BCG (Bacillus Calmette-Guérin) zeigen sich ebenfalls Einschränkungen der Wertigkeit aufgrund falscher Positivität.

Während der TURB kann mit einem Fußschalter zwischen konventionellem Weißlicht und Fluoreszenzdiagnostik alterniert werden. Die gesamte Blase wird sowohl mit Weißlicht als auch nach Umschalten auf Fluoreszenzlicht mit Blaulicht inspiziert. Sämtliche in je einem Modus sichtbare Tumoren oder suspekte Areale sollten reseziert oder ggf. biopsiert werden. Nach Abschluss der Resektion wird die Radikalität mittels Fluoreszenzlicht überprüft und ggf. erneut reseziert (◘ Abb. 12.7). Mit den aktuell gebräuchlichen 3-Chip-Kameras kann eine Resektion in beiden Modi vorgenommen werden. Aufgrund eines Ausbleichens (»photobleaching«) der fluoreszierenden Areale ist die Dauer der photodynamischen Areale auf etwa 30 min limitiert.

Tipps

Am Blasenauslass zeigt sich aufgrund des tangentialen Blickwinkels, der einen Summationseffekt bedingt, und unspezifischer Anreicherung eine deutliche Fluoreszenz, die zur Überprüfung der Verlässlichkeit der Methode verwandt werden kann.

Literatur

Ferlay J, Bray F, Forman D, et al. (2008) GLOBOCAN v1.2, Cancer Incidence and Mortality Worldwide: IARC Cancer Base No. 10 2010, International Agency for Research on Cancer: Lyon, France. http://www.iarc.fr/en/publications/eresources/cancerbases/index.php

Burger M, Catto JW, Dalbagni G, et al. (2013) Epidemiology and risk factors of urothelial bladder cancer. Eur Urol Feb;63(2):234-41. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22877502

Steinmaus C, Ferreccio C, Acevedo J, et al. (2014) Increased lung and bladder cancer incidence in adults after in utero and early-life arsenic exposure. Cancer Epidemiol Biomarkers prev 2014 Aug;23(8):1529-38. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24859871

Babjuk M, Oosterlinck W, Sylvester R, Kaasinen E, Böhle A, Palou-Redorta J (2008) EAU Guidelines on Non-Muscle-Invasive Urothelial Carcinoma of the Bladder. Eur Urol 54(2): 303–14

van der Meijden APM, Sylvester R, Oosterlinck W et al. (2005) For the EAU Working Party on Non Muscle Invasive Bladder Cancer, EAU guidelines on the diagnosis and treatment of urothelial carcinoma in situ. Eur Urol 48(3): 363–371

EAU guidelines on non-muscle invasive bladder cancer (2015)

Goessl C, Knispel HH, Millar K, Klan R (1997) Is routine excretory urography necessary at first diagnosis of bladder cancer? J Urol 157(2): 480–481

Sylvester RJ, van der Meijden AP, Oosterlinck W, Witjes JA, Bouffioux C, Denis L, Newling DW, Kurth K (2006) Predicting recurrence and progression in individual patients with stage Ta T1 bladder cancer using EORTC risk tables: a combined analysis of 2596 patients from seven EORTC trials. Eur Urol 49: 466–477

Mungan MU, Canda AE, Tuzel E, Yorukoglu K, Kirkali Z (2005) Risk factors for mucosal prostatic urethral involvement in superficial transitional cell carcinoma of the bladder. Eur Urol 48(5): 760–763

Pycha A, Lodde M, Lusuardi L, Palermo S, Signorello D, Galantini A, Mian C, Hohenfellner R (2003) Teaching transurethral resection of the bladder: still a challenge? Urology 62(1): 46–8

Nieder AM, Meinbach DS, Kim SS, Soloway MS (2005) Transurethral bladder tumor resection: intraoperative and postoperative complications in a residency setting. J Urol 174(6): 2307–9

Skolarikos A, Chrisofos M, Ferakis N, Papatsoris A, Dellis A, Deliveliotis C (2005) Does the management of bladder perforation during transurethral resection of superficial bladder tumors predispose to extravesical tumor recurrence? J Urol 173(6): 1908–11

Mydlo JH, Weinstein R, Shah S, Solliday M, Macchia RJ (1999) Long-term consequences from bladder perforation and/or violation in the presence of transitional cell carcinoma: results of a small series and a review of the literature. J Urol 161(4): 1128–32

Niël-Weise BS, van den Broek PJ (2005) Antibiotic policies for short-term catheter bladder drainage in adults. Cochrane Database Syst Rev (3): CD005428

Grimm MO, Steinhoff C, Simon X, Spiegelhalder P, Ackermann R, Vogeli TA (2003) Effect of routine repeat transurethral resection for superficial bladder cancer: a long-term observational study. J Urol 170: 433–437

Schwaibold HE, Sivalingam S, May F, Hartung R (2006) The value of a second transurethral resection for T1 bladder cancer. BJU Int 97(6): 1199–201

Brauers A, Buettner R, Jackse G (2001) Second resection and prognosis of primary high risk superficial bladder cancer: is cystectomy often too early? J Urol 165: 808–810

Stenzl A, Jocham D, Jichlinski P et al. (2008) Working Group for Oncology of the German Society for Urology Photodynamic diagnostics in the urinary tract. Consensus paper of

the Working Group for Oncology of the German Society for Urology. Urologe A 47(8): 982–7
Ahmad I, Barnetson RJ, Krishna NS (2008) Keratinizing squamous metaplasia of the bladder: a review. Urol Int 81(3): 247–51
Stenzl A, Cowan NC, De Santis M, Jakse G, Kuczyk MA, Merseburger AS, Ribal MJ, Sherif A, Witjes JA (2009) The Updated EAU Guidelines on Muscle-Invasive and Metastatic Bladder Cancer. Eur Urol [Epub ahead of print] doi:10.1016/j.eururo.2009.01.002
Merseburger AS, Matuschek I, Kuczyk MA (2008) Bladder preserving strategies for muscle-invasive bladder cancer. Curr Opin Urol 18(5): 513–8
Lodde M, Palermo S, Comploj E, Signorello D, Mian C, Lusuardi L, Longhi E, Zanon P, Mian M, Pycha A (2005) Four years experience in bladder preserving management for muscle invasive bladder cancer. Eur Urol 47(6): 773–8; discussion 778–9
Jakse G, Algaba F, Malmstrom PU, Oosterlinck W (2004) A second-look TUR in T1 transitional cell carcinoma: Why? Eur Urol 45: 539–546
Brausi M, Collette L, Kurth K et al. (2002) EORTC Genito-Urinary Tract Cancer Collaborative Group Variability in the recurrence rate at first follow-up cystoscopy after TUR in stage Ta T1 transitional cell carcinoma of the bladder: a combined analysis of seven EORTC studies. Eur Urol 41(5): 523–531
Zaak D, Karl A, Knüchel R et al. (2005) Diagnosis of urothelial carcinoma of the bladder using fluorescence endoscopy. BJU Int 96: 217–22
Hungerhuber E, Stepp H, Kriegmair M et al. (2007) Seven years' experiencewith5-aminolevulinic acid in detection of transitional cell carcinomaof the bladder. Urology 69(2): 260–4
Jocham D, Witjes F, Wagner S et al. (2005) Improved detection and treatment of bladder cancer using hexaminolevulinate imaging: a prospective, phase III multicenter study. J Urol 174(3): 862–6; discussion 866
Schmidbauer J, Witjes F, Schmeller N, Donat R, Susani M, Marberger M; Hexvix PCB301/01 Study Group (2004) Improved detection of urothelial carcinoma in situ with hexaminolevulinate fluorescence cystoscopy. J Urol 171(1): 135–8
Riedl CR, Daniltchenko D, Koenig F, Simak R, Loening SA, Pflueger H (2001) Fluorescence endoscopy with 5-aminolevulinic acid reduces early recurrence rate in superficial bladder cancer. J Urol 165(4): 1121–3
Babjuk M, Soukup V, Petrik R, Jirsa M and Dvoracek J (2005) 5-Aminolaevulinic acid-induced fluorescence cystoscopy during transurethral resection reduces the risk of recurrence in stage Ta/T1 bladder cancer. BJU Int 96: 798
Daniltchenko DI, Riedl CR, Sachs MD, Koenig F, Daha KL, Pflueger H, Loening SA, Schnorr D (2005) Long-term benefit of 5-aminolevulinic acid fluorescence assisted transurethral resection of superficial bladder cancer: 5-year results of a prospective randomized study. J Urol 174(6): 2129–33
Denzinger S, Burger M, Walter B, Knuechel R, Roessler W, Wieland WF, Filbeck T (2007) Clinically relevant reduction in risk of recurrence of superficial bladder cancer using 5-aminolevulinic acid-induced fluorescence diagnosis: 8-year results of prospective randomized study. Urology 69(4): 675–9
Denzinger S, Wieland WF, Otto W, Filbeck T, Knuechel R, Burger M (2008) Does photodynamic transurethral resection of bladder tumour improve the outcome of initial T1 high-grade bladder cancer? A long-term follow-up of a randomized study. BJU 101(5): 566–9
Loidl W, Schmidbauer J, Susani M, Marberger M (2005) Flexible cystoscopy assisted by hexaminolevulinate induced fluorescence: a new approach for bladder cancer detection and surveillance? Eur Urol 47: 323–6
Burger M, Zaak D, Stief CG, Filbeck T, Wieland WF, Roessler W, Denzinger S (2007) Photodynamic diagnostics and non-invasive bladder cancer: is it cost-effective in long-term application? A Germany-based cost analysis. Eur Urol 52(1): 142–7
Burger M, Petschl S, Volkmer BG (2008) Calculating the price of a new diagnostic or therapeutic option. Example of transurethral resection of bladder tumors using photodynamic diagnostics with hexaminolevulinic acid. Urologe A 47(9): 1239–44
Jichlinski P, Guillou L, Karlsen SJ et al. (2003) Hexyl aminolevulinate fluorescence cystoscopy: new diagnostic tool for photodiagnosis of superficial bladder cancer – a multicenter study. J Urol 170(1): 226–9

Katheterentblockung

A.S. Brandt, S. Roth

13.1 Das Problem des nicht entblockbaren Katheterballons – 192

13.2 Methoden zur Katheterentblockung – 192

13.2.1 Entblockung unter Torsion – 192

13.2.2 Verkürzung der Störstrecke – 192

13.2.3 Mechanische Entblockung bzw. Perforation des Ballons – 192

13.2.4 Chemische Perforation des Ballons – 194

13.3 Sonderfall »Balloon Cuffing« – 195

13.4 Zusammenfassung und Empfehlung für ein schrittweises Vorgehen – 195

Literatur – 195

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_13

13.1 Das Problem des nicht entblockbaren Katheterballons

Seit Foley in den 1930er-Jahren den über einen separaten Füllkanal aufblasbaren und demzufolge selbsthaltenden Ballonkatheter entwickelte, ist dieser zu einem unverzichtbaren medizinischen Hilfsmittel geworden, das universell eingesetzt wird (Bloom et al. 1994, Foley 1937). Ein nicht seltenes Problem dieses Katheters besteht jedoch in der Komplikation des nicht mehr entblockbaren Katheters.

Als Ursache dieses Problems steht die Verlegung des kleinen Füllkanals mit frustraner Aspiration der Flüssigkeit im Ballonblock im Vordergrund. Dies kann durch Aufquellen des Kathetermaterials durch langes Liegen in feuchtem Milieu bedingt sein. Häufiger sind allerdings Verklebungen, Inkrustationen und Wulstbildungen durch anhaltende äußere Manipulation, wie sie beispielsweise beim Wechsel des Ablaufbeutels erfolgen, für die Verlegung des Füllkanals verantwortlich.

Das Füllmittel des Katheterblocks kann ebenfalls eine Rolle bei der Anzahl der nicht entblockbaren Katheter spielen. Kristalloide Lösungen zeigen eine höhere Neigung zur Verlegung des Füllkanals. Das Füllmittel ist jedoch auch für die praktisch beobachtete Komplikation verantwortlich, dass es bei längeren Liegezeiten zum spontanen Flüssigkeitsverlust des Blocks und damit zur akzidentellen Dislokation kommt. Während die Füllung mit destilliertem Wasser den größten Flüssigkeitsverlust im Block zeigt, ist dieser bei Füllung mit 5 % NaCl am geringsten. Allerdings erhöht sich die Inkrustationsneigung im Lumen des Füllungskanals bei 5 % NaCL erheblich (Studer et al. 1983).

Zur Entblockung des mittels regulärer Spritzenaspiration nicht verkleinerbaren Ballons sind eine Vielzahl von Methoden entwickelt und beschrieben worden (Roth 1987, Patterson et al. 2006, Roth 1993).

13.2 Methoden zur Katheterentblockung

13.2.1 Entblockung unter Torsion

Eventuell vorhandene Verklebungen und Wulstbildungen können gegebenenfalls gelöst werden, indem man den Katheter während der Aspiration des Balloninhalts unter leichtem Zug am Katheterende alternierend nach rechts und links bewegt (Abb. 13.1).

Abb. 13.1 Entblockung des Ballons durch Torsion des Katheters

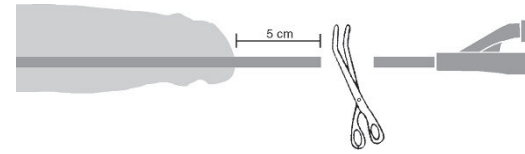


Abb. 13.2 Verkürzung der Störstrecke des Blockkanals

13.2.2 Verkürzung der Störstrecke

Durch eine Katheterverkürzung kann die Störstrecke verringert werden. Hierbei wird das distale Ende des Katheters, welches am häufigsten durch Knick- und Zugbelastungen beansprucht ist, abgeschnitten. Es sollte jedoch ein Mindestabstand von 5 cm vom Meatus urethrae bzw. vom Hautniveau eingehalten werden, um eine Retraktion des Katheters zu verhindern. Zudem wird die verbliebene freie Katheterstrecke für die weitere Manipulation bei erfolgloser Ballonentleerung benötigt (Abb. 13.2).

13.2.3 Mechanische Entblockung bzw. Perforation des Ballons

Transluminale Sondierung und Perforation

Nach Kürzung der Störstrecke kann eine Sondierung des Füllkanals mit einer dünnlumigen Sonde erfolgen, um mögliche Inkrustationen zu beseitigen. Als mögliche Sonden stehen Mandrins eines Ureteren-, zentralen Venen- oder Angiografiekatheters zur Verfügung. Vor der Sondeneinführung ist eine Gleitmittelinjektion in den Füllkanal oder eine Umschichtung der Sonde sinnvoll. Führt die alleinige Sondierung nicht zur Ballonentleerung, kann mit dem gleichen Manöver eine Perforation des Ballons versucht werden. Nach Entfernung des Katheters muss der Ballon auf Vollständigkeit überprüft werden (Abb. 13.3).

Transurethrale Sondierung

Prinzipiell ist das Einführen einer Sonde entlang der Urethra neben dem Katheter möglich (Carr 1995). Dies kann jedoch schmerzhaft für den Patienten sein

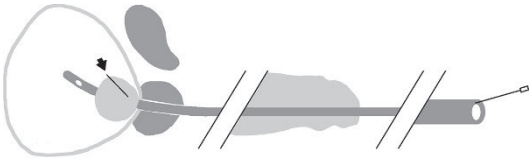


Abb. 13.3 Transluminale Sondierung des Blockkanals und Perforation des Ballons mit einem dünnen Metallmandrin

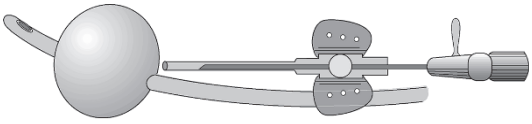


Abb. 13.4 Verweilkanülenmethode zur Punktion des Ballons durch Vorschieben einer Verweilkanüle entlang des Katheters, besser im Lumen des Katheters bis zum Ballon

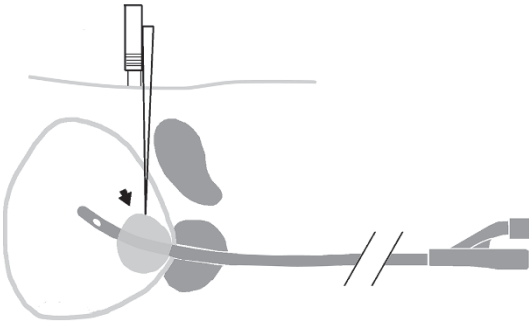


Abb. 13.5 Perkutane sonografisch gesteuerte Punktion des Ballons

und birgt das Risiko der Urethraverletzung mit nachfolgenden Strikturen. Insbesondere beim Mann ist dieses Vorgehen aufgrund der Länge der Urethra nicht zu empfehlen.

Bei der Frau bietet sich die sog. Verweilkanülenmethode an. Hierbei wird eine Venenverweilkanüle für ca. 3–5 cm innerhalb des Katheterdrainagelumens nach vorne geschoben und dann versucht, den Katheterballon vom Lumen her zu perforieren (Abb. 13.4). Nach erfolgreicher Punktion des Ballons kann die Nadel entfernt und der Balloninhalt durch die Verweilkanüle aspiriert werden (Davies und Thomas 1994). Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass der Ballon nicht perforiert werden muss und somit keine Ballonfragmente in der Blase verbleiben können. Als Nachteil der Methode muss die fehlende visuelle Kontrolle und das mögliche Verletzungsrisiko der Urethra genannt werden.

Perkutane Punktion

Die perkutane Punktion des Ballons erfolgt unter visueller Kontrolle. Die einfachste Form stellt sicherlich die sonografisch kontrollierte Ballonpunktion dar (Abb. 13.5). Nach Auffüllen der Blase wird der Ballon durch leichten Zug am Katheterende fixiert, um ein Ausweichen gegenüber der Punktionsnadel zu verhindern. Als ausreichend lange Nadeln stehen sowohl Punktionsnadeln eines Nephrostomiesets, Biopsienadeln, lumbale Punktionsnadeln oder Mandrins eines langen Venenverweilkatheters zur Verfügung (Rees und Joseph 1981, Godwin und Lloyd 1990).

Neben der sonografisch kontrollierten Punktion ist ebenfalls die Punktion unter radiologischer Durchleuchtung beschrieben. Hierbei wird die Blase wie bei einem Zystogramm mit Kontrastmittel gefüllt, bis der Ballon als deutlicher Füllungsdefekt hervortritt. Im Anschluss wird der Ballon wie oben beschrieben unter Durchleuchtung perkutan punktiert (Godwin und Lloyd 1990, Moisey und Williams 1980).

Transrektale bzw. transvaginale Punktion

Eine weitere Alternative stellt die transrektale bzw. transvaginale Punktion mit einer flexiblen Biopsienadel (Franzen-Nadel) dar (Spaedy et al. 1990). Die Kontrolle kann dabei entweder mit dem Finger oder visuell durch Verwendung einer transrektalen bzw. transvaginalen Sonografie erfolgen. Nachteil dieser Methode ist jedoch das deutlich erhöhte Blutungs- und Infektionsrisiko (Abb. 13.6).

Überdehnungsruptur

Theoretisch kann der Versuch einer Überdehnungsruptur durch Injektion von Luft oder isotoner Kochsalzlösung vorgenommen werden. Je nach Kathetertyp sind dabei jedoch sehr hohe Volumina notwendig. Um Verletzungen zu vermeiden, sollte die Blase vorher deutlich gefüllt werden. Trotzdem sind Verletzungen des Hohlsystems bis zur Ruptur möglich (Abb. 13.7).

Zystoskopische Punktion

Bei der sog. Harpunentechnik wird der abgeschnittene Katheter am distalen Ende mit einem Faden gesichert und im Anschluss ein mit Gleitmittel gefüllter Zystoskopschaft über den gesicherten Katheter bis zum Ballonblock in die Urethra eingeführt. Anschließend wird zwischen Schaft und Katheter eine Sonde vorgeschoben und der fixierte Ballon durch die Sonde perforiert (O‹Flynn et al. 1992). Als Son-

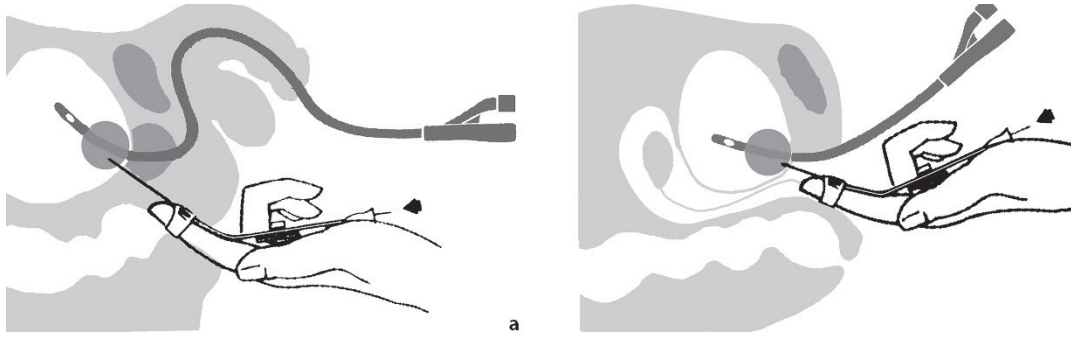


Abb. 13.6 Transrektale (**a**) und transvaginale (**b**) Punktion des Ballons unter digitaler Führung

Abb. 13.7 Überdehnungsruptur des Ballons mit isotonischer Kochsalzlösung

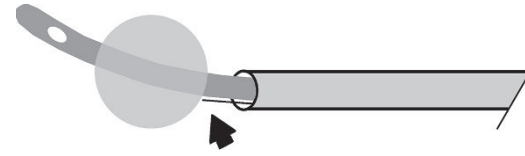


Abb. 13.8 Harpunentechnik zur Punktion des Ballons durch Vorschieben eines langen Metallmandrins zwischen Katheter und Zytoskopschaft

den bieten sich bei der Harpunenmethode erneut Mandrins von Ureteren-, zentralen Venen- oder Angiografiekatheter an. Alternativ kann ein angeschärfter Stab, wie z. B. ein Katheterpusher, verwendet werden (Abb. 13.8).

In der Literatur sind mehrere weitere Alternativen zur zystoskopischen Entfernung des Katheters beschrieben. Zum einen kann der Versuch der Versenkung des abgeschnittenen Katheters in der Blase mit anschließender zystoskopischer Perforation des Blocks über den Arbeitskanal erfolgen. Hierfür wird zunächst der Katheter in der Urethra versenkt und anschließend durch das Zystoskop der defekte Katheter bis in die Blase geschoben. Nach Perforation des Blocks wird der defekte Katheter per Zange aus der Blase geborgen (Bazeed 1993). Weiterhin kann das Vorgehen in die Blase neben dem einliegenden Katheter entweder mit einem Kinderzystoskop (Saxena et al. 1992) oder mit einem Ureterorenoskop (Bazeed 1993) erfolgen. Diese Alternativen gehen jedoch mit einem deutlich gesteigerten Verletzungsrisiko der Urethra einher und sollten nur in Narkose vorgenommen werden, falls alle anderen Maßnahmen versagt haben.

13.2.4 Chemische Perforation des Ballons

Chemisch induzierte Rupturen des Katheterballons sollten wegen der potenziellen Komplikationen einer toxischen Urothelirritation als Ultima Ratio angesehen werden. Chemisch wirksame Substanzen sind Äther, Chloroform und Paraffinöl. Aceton hingegen führt nicht zur Ruptur des Ballons (Chin et al. 1984), kann jedoch gegebenenfalls verwendet, werden um die Inkrustationen im Füllungskanal zu lösen (Conn 1987).

Nach Injektion von 2–5 ml Äther, Chloroform oder Paraffinöl in den Füllkanal mit anschließender Injektion von Wasser zur Vermeidung einer Zerstörung des Füllkanals kommt es nach unterschiedlich langer Einwirkungszeit zur Ballonruptur. Die Reaktionszeit von Äther und Chloroform beträgt etwa 5–20 s, die von Paraffinöl dagegen 20–30 min (Murphy und Wood 1993).

Diese wenig aufwendig erscheinende Methode hat jedoch entscheidende Nachteile. Eine schwerwiegende Komplikation stellt die Ätherzystitis mit Entwicklung einer hämorrhagischen Nekrose dar (Jurincic et al. 1986). Zusätzlich kann es durch die physikalischen Eigenschaften des Äthers zu einer deutlichen Volumenzunahme in der Blase kommen, die bis zur Ruptur führen kann. Eine Anwendung

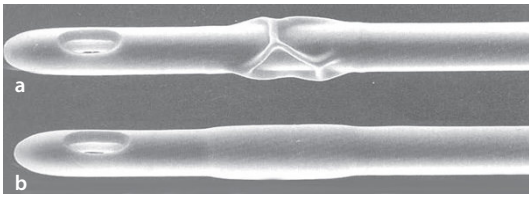


Abb. 13.9 »Balloon Cuffing«. **a** Wulstbildung bei lang verweilenden Kathetern, **b** nach Auffüllen mit 0,5–1 ml Flüssigkeit

von Äther ist aus diesen Gründen heute als obsolet einzustufen.

Aber auch die anderen Substanzen sind potenziell schleimhauttoxisch. Eine Anwendung sollte demnach nur nach ausreichender Füllung der Blase zur Verdünnung nach erfolgter Ruptur vorgenommen werden. Zusätzlich müssen im Anschluss mehrere Blasenspülungen zur sicheren Beseitigung der Substanzreste vorgenommen werden. Eine Perforation des Ballons durch chemische Substanzen führt insbesondere bei Verwendung von Paraffinöl zu einer höheren Anzahl an Restfragmenten, sodass im Anschluss grundsätzlich zystoskopische Kontrollen erfolgen sollten.

13.3 Sonderfall »Balloon Cuffing«

Je länger ein Blasenkatheter belassen wird desto mehr verändert sich die Wand des Katheterballons. Dies führt zu dem Phänomen, dass, wenn der Katheter entblockt wird, die Ballonwand sich nicht mehr komplett an den Katheter anlegt, sondern einen Wulst bildet (Iyer 1992). Diese Wulstbildung wird in der Literatur als »Balloon Cuffing« bezeichnet. Sie kann dazu führen, dass der Katheter nicht entfernt werden kann oder es bei der Entfernung zu Schmerzen und Verletzungen der Schleimhaut kommt (Abb. 13.9).

Durch Auffüllen des entblockten Katheters mit ca. 0,5 – 1ml Flüssigkeit nimmt die Ballonwand wieder eine ebene Form an, ohne dass ihr Volumen zu groß wird. Die Wulstbildung wird ausgeglichen und der Katheter kann langsam entfernt werden (Gonzalgo und Walsh 2003, Semjonow et al. 1995).

13.4 Zusammenfassung und Empfehlung für ein schrittweises Vorgehen

Falls der Katheter sich entblocken, aber dennoch nicht entfernen lässt, sollte zunächst 0,5–1 ml Flüssigkeit erneute in den Block eingefüllt werden. Falls der Katheter sich nicht entblocken lässt, so sollte folgendes schrittweises Vorgehen durchgeführt werden:

Tipps

- Entblockung unter Torsion.
- Verkürzung der Störstrecke.
- Transluminale Sondierung und Perforation.
- perkutane Perforation, alternativ transrektale oder transvaginale Perforation.
- »Harpunentechnik«.
- Zystoskopische oder chemische Methoden als Ultima Ratio.

Bei allen Verfahren, die mit einer Ruptur des Katheterballons einhergehen, muss immer eine Überprüfung des Katheters, besser eine zystoskopische Kontrolle gegebenenfalls mit Entfernung der Restfragmente erfolgen, da in bis zu 30 % der Fälle Ballonfragmente in der Blase verbleiben und zu Infektionen und Steinbildungen führen können (Chrisp und Nacey 1990).

Literatur

Bloom DA, McGuire EJ, Lapides J (1994) A brief history of urethral catheterization. J Urol 151: 317–325

Foley FEB (1937) A self-retaining bag catheter for use as indwelling catheter for constant drainage of the bladder. J Urol 38: 140

Studer UE, Bishop MC, Zingg EJ (1983) How to fill silicone catheter balloon. Urology 22: 300–302

Roth S (1987) The retained bladder catheter. Technics for its removal. Dtsch Med Wochenschr 112: 520–522

Patterson R, Little B, Tolan J, Sweeney C (2006) How to manage a urinary catheter balloon that will not deflate. Int Urol Nephrol 38: 57–61

Roth SH (1993) Maßnahmen bei nicht entblockbarem Dauerkatheter. Deutsches Ärzteblatt 90: 1119–1121

Carr LK (1995) An alternative to manage a nondeflating Foley catheter in women. J Urol 153: 716–717

Davies BW, Thomas DG (1994) Management of non-deflating Foley catheters in women – a new technique. Br J Urol 74: 117

Rees M, Joseph AE (1981) Ultrasound guided suprapubic puncture – a new, simple way of releasing a blocked Foley balloon. Br J Urol 53: 196

Godwin RJ, Lloyd SN (1990) The non-deflating Foley catheter. Br J Clin Pract 44: 438–440
Moisey CU, Williams LA (1980) Self-retained balloon catheters - a safe method for removal. Br J Urol 52: 67
Spaedy M, Ugarte R, Gleich P (1990) New solution to undeflatable Foley balloon. Urology 35: 452–453
O'Flynn KJ, Thomas DG, Hardy A (1992) Harpoon device for removal of obstructed balloon catheters. Br J Urol 69: 217
Bazeed MA (1993) A new use of ureteroscopy. J Urol 150: 922–923
Saxena A, Khanna S, Vohra BK (1992) Endoscopic management of the undeflatable Foley catheter balloon. Br J Urol 69: 217–218
Chin PL, Singh RK, Athey G (1984) Removal of retained urinary catheters. Br J Urol 56: 185–187
Conn IG (1987) Undeflatable Foley catheter balloons: a simple solution. Urology 30: 275
Murphy GF, Wood DP Jr (1993) The use of mineral oil to manage the nondeflating Foley catheter. J Urol 149: 89–90
Jurincic CM, Riedmiller H, Hohenfellner R (1986) Äther-Zystitis als schwerwiegende Komplikation bei Entfernung von retinierten Blasenkathetern. Akt Urol 17: 149–151
Iyer SK (1992) The persistent indwelling catheter. Br J Urol 69: 100
Gonzalgo ML, Walsh PC (2003) Balloon cuffing and management of the entrapped Foley catheter. Urology 61: 825–827
Semjonow A, Roth S, Hertle L (1995) Reducing trauma whilst removing long-term indwelling balloon catheters. Br J Urol 75: 241
Chrisp JM, Nacey JN (1990) Foley catheter balloon puncture and the risk of free fragment formation. Br J Urol 66: 500–502

Technik und Indikation der Botulinumtoxin-A-Injektion in den M. detrusor vesicae

A. Hegele

14.1 Einführung – 198

14.2 Indikation – 198

14.3 Präoperative Diagnostik – 199

14.4 Perioperatives Vorgehen – 199

14.5 Durchführung der Botulinumtoxin-A-Injektion – 199

14.6 Postoperatives Procedere – 200

14.7 Postoperative Komplikationen – 200

14.8 Ergebnisse – 200

Literatur – 201

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_14

14.1 Einführung

Botulinumtoxin ist ein Neurotoxin, das von dem Bakterium *Clostridium botulinum*, einem geraden, peritrich begeißelten Stäbchenbakterium, produziert wird. Es stellt das derzeit potenteste Neurotoxin dar. Es existieren 7 verschiedene Serotypen (A–G). In der Neurologie und der plastischen Chirurgie wird die Wirkung von Botulinumtoxin A und B schon seit längerer Zeit genutzt (Schulte-Mattler 2008). Auch im Bereich der Endourologie gewinnt die transurethrale Injektion von Botulinumtoxin A in den M. detrusor vesicae zunehmend an Bedeutung und ist mittlerweile bei der neurogenen und idiopathischen, nicht-neurogenen Detrusorhyperaktivität im Therapieschema integriert (Seif et al. 2008, Karsenty et al. 2008).

Botulinumtoxin A unterdrückt die Freisetzung von Acetylcholin aus den präsynaptischen Nervenendigungen und unterbindet die Reizüberleitung von der Endigung des präsynaptischen Axons auf eine Muskel- oder Drüsenzelle. Im Falle eines Muskels resultiert dies in einer schlaffen Lähmung (Abb. 14.1) (Hegele 2009).

14.2 Indikation

Ende der 1990er-Jahre erfolgte erstmals die erfolgreiche Therapie der neurogenen Detrusorhyperaktivität durch eine transurethrale Botulinumtoxin-A-Injektion in den Harnblasenmuskel (Stöhrer et al. 1999, Schurch et al. 2000). Hier erfolgte im Jahre 2011 die Zulassung. Auch in der Behandlung der idiopathischen, nicht neurogenen Detrusorhyperaktivität stellt die Behandlung mit Botulinumtoxin A, nach Versagen einer oralen anticholinergen Therapie, eine Therapieoption mit sehr guten Ansprechraten dar, hat bereits eine bedeutende Rolle in der Therapie dieser Krankheitsbilder eingenommen und ist ein fester Bestandteil im Therapieschema der jeweiligen Krankheitsbilder. Bei der idiopathischen nicht-neurogenen Detrusohyperaktivität erfolgte die Zulassung im Jahre 2013. Die endoskopische transurethrale Botulinumtoxin-A-Injektion in den Detrusormuskel ist bei einer Wirkdauer von bis zu 12 Monaten jederzeit wiederholbar (Seif et al. 2008, Karsenty et al. 2008, Chapple et al. 2013, Frohme et al. 2010).

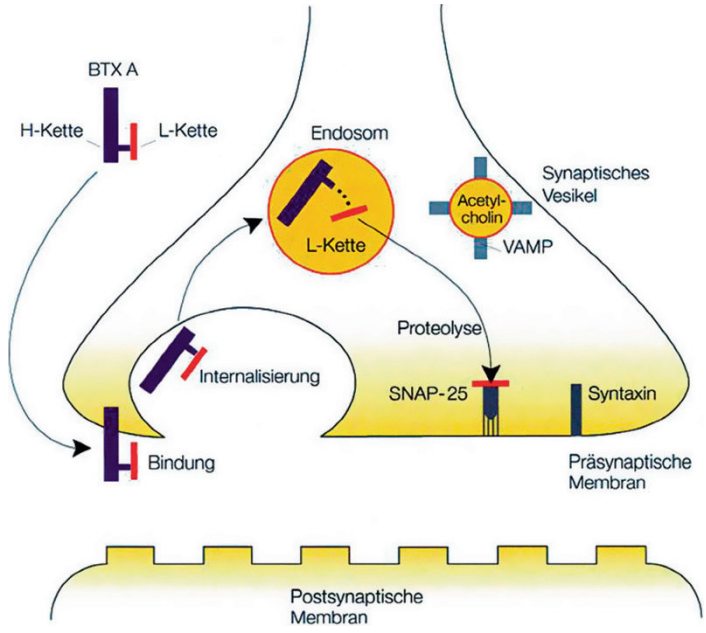


Abb. 14.1 Botulinumtoxin A (BTX-A) mit schwerer H- und leichter L-Kette bindet an den Rezeptor, wird internalisiert und ins Endosom aufgenommen. Hier trennen sich die BTX-A-Ketten. Die L-Kette führt zu einer Proteolyse von SNAP-25 (synaptosomenassoziiertes Protein mit 25 kDa), sodass die Acetylcholinvesikel nicht mehr an die Membran binden können und es zu keiner Acetylcholinfreisetzung kommt.

14.3 Präoperative Diagnostik

Vor der Behandlung ist die Durchführung folgender Schritte zur Diagnosesicherung unerlässlich:

- Ausführliche Miktionsanamnese
- Medikamentenanamnese
- Feststellung der Begleiterkrankungen
- Körperliche Untersuchung
- Sonografie der Harnwege
- Zystomanometrie inklusive Uroflowmetrie

Es sollte eine Harnblasenkapazität von mindestens 200 ml vorhanden sein. Auch eine vaginale Untersuchung ist empfehlenswert, um z. B. eine Zystozele zu erfassen. Eine ausführliche Aufklärung der Patienten ist ebenso selbstverständlich wie das Vorliegen eines keimfreien Urins und einer intakten Gerinnung vor Durchführung des Eingriffs.

14.4 Perioperatives Vorgehen

Perioperative Antibiotikumgabe Signifikante Harnwegsinfekte sollten vor der Botulinumtoxin-A-Applikation therapiert werden. Eine perioperative Antibiotikumgabe ist empfehlenswert.

Vorbereitung und Lagerung des Patienten Der Patient muss nicht rasiert werden und wird in Steinschnittlage gelagert. Die marginalen Druckpunkte sollten gut abgepolstert werden. Das Operationsgebiet wird nach Desinfektion des äußeren Genitales steril abgedeckt.

Betäubung Der Eingriff kann in Vollnarkose, spinaler Anästhesie oder Lokalanästhesie (lokale Spülung der Harnblasenschleimhaut mit einem Lokalanästhetikum) erfolgen.

Instrumente Die Injektion kann mit einem Urethrozystoskop über einen Arbeitsschaft erfolgen, bei welchem die Applikationsnadel manuell nach vorne bzw. zurück bewegt werden muss. Alternativ können auch Instrumente mit einem »Schlitten« als Nadelhalter, der durch Federzug bewegt werden kann, zum Einsatz kommen (Abb. 14.2). Die Injektionen können unter Direktsicht oder über eine Videoeinheit erfolgen, je nach Vorliebe des Operateurs.

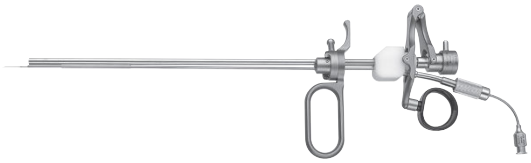


Abb. 14.2 Beispiel eines Schlitteninstruments zur endoskopischen Applikation von Botulinumtoxin A (© Fa. Karl Storz, Tuttlingen)

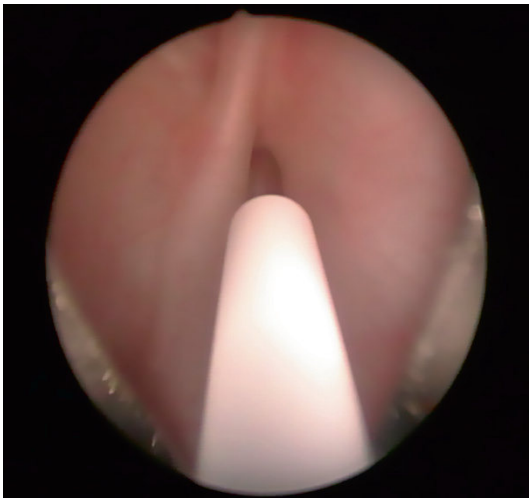


Abb. 14.3 Injektion von Botulinumtoxin A in den Harnblasenmuskel unter Aussparung der Gefäße, um eine Blutung zu vermeiden. Bei intramuskulärer Injektion zeigt sich keine Aufwölbung der Schleimhaut.

14.5 Durchführung der Botulinumtoxin-A-Injektion

Bei neurogener Detrusorhyperaktivität werden in der Regel im Vergleich zur idiopathischen nichtneurogenen Detrusorhyperaktivität höhere Dosierungen appliziert. Vor Applikation sollte eine ausführliche Urethrozystoskopie zum Ausschluss von Harnblasentumoren etc. durchgeführt werden, sofern dies nicht im Rahmen der diagnostischen Befundabklärung bereits erfolgt ist.

Die Injektionsnadel sollte unter visueller Kontrolle und unter Aussparung der erkennbaren Gefäßstrukturen in den M. detrusor vesicae injiziert werden, wodurch eine postoperative Harnblasenblutung vermieden werden kann (Abb. 14.3).

Tipps

Bei korrekter intramuskulärer Lage der Nadel zeigt sich bei Applikation keine Aufwölbung der Schleimhaut. Ist die Nadel suburothelial platziert, zeigt sich eine Aufwölbung der Schleimhaut.

Die Anzahl der Injektionen und die jeweils applizierte Menge Botulinumtoxin A ist vom jeweiligen Anwender abhängig und variiert in den publizierten Untersuchungen erheblich. Ein standardisiertes Schema basierend auf Studien existiert bis dato nicht. Je nach Anwender werden meist 10–30 Injektionen symmetrisch über die Harnblase verteilt. Untersuchungen zeigten, dass dies eine Abdeckung von ca. einem Drittel der gesamten Blasenwand mit dem Toxin bewirkt. Eine Aussparung des trigonalen Bereichs ist nicht notwendig, da hierdurch kein vesikoureterorenaler Reflux induziert wird (Seif et al. 2008, Karsenty et al. 2008, Duthie et al. 2011, Beiter et al. 2013, Mehnert et al. 2009).

14.6 Postoperatives Procedere

Die routinemäßige postoperative Anlage eines Dauerkatheters ist nicht erforderlich; erfolgte der Eingriff unter Vollnarkose ist dies allerdings bis zum Nachlassen der Narkosewirkung empfehlenswert. Im Verlauf sollten regelmäßige sonografische Restharnbestimmungen erfolgen. Ein Miktionsprotokoll gibt im Rahmen der urologischen Kontrollen eine wichtige Information über die Wirkung und auch den Wirkungsverlust des Toxins.

14.7 Postoperative Komplikationen

Obwohl sich eine geringe Menge des applizierten Toxins im extraperitonealen Fettgewebe außerhalb der Harnblase nachweisen lässt, führt die lokale Injektionstherapie am M. detrusor vesicae praktisch nicht zu systemischen Nebenwirkungen. Systemische Nebenwirkungen wie eine zwischenzeitliche Muskelschwäche scheinen dosisabhängig zu sein und sind bis jetzt bei Patienten mit idiopathischer Detrusorüberaktivität, bei denen das Toxin in niedriger Dosierung zum Einsatz kommt, nicht beschrieben.

Lokale Nebenwirkungen sind postinterventionelle Harnwegsinfektionen (ca. 5 %), Hämaturie (ca. 1,6 %) sowie eine reversible Harnretention mit der Folge einer passageren Harnableitung oder des intermittierenden Einmalkatheterismus in bis zu 10 % (Seif et al. 2008, Karsenty et al. 2008, Chapple et al. 2013, Beiter et al. 2013, Cui et al. 2013).

Tipps

Kommt es während der Injektion von Botulinumtoxin A in den Harnblasenmuskel zu einer Makrohämaturie, empfiehlt sich die passagere Anlage eines Spülkatheters, um Komplikationen, wie z. B. eine Harnblasentamponade, zu vermeiden.

14.8 Ergebnisse

Bei neurogener Detrusorüberaktivität zeigte sich in den durchgeführten Untersuchungen eine Wirkdauer von maximal 10,5 Monaten. Auch bei Patienten mit idiopathischer Detrusorüberaktivität variiert die Wirkdauer erheblich. In unserem eigenen Patientenkollektiv beträgt die mediane Wirkdauer 9 Monate (1–21 Monate) und ist somit vergleichbar mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen. Auch die Lebensqualität der betroffenen Patienten verbessert sich maßgeblich durch eine signifikante Reduktion der Miktionsfrequenz bei gleichzeitiger Verbesserung der Dranginkontinenz (Seif et al. 2008, Karsenty et al. 2008, Chapple et al. 2013, Duthie et al. 2011, Beiter et al. 2013, Cui et al. 2013, Dowson et al. 2012).

Tipps

Nach Wirkungsverlust kann die Botulinumtoxin-A-Injektion in den Harnblasenmuskel wiederholt werden.

Für die neurogene Detrusorüberaktivität existiert für die wiederholte Botulinumtoxin-A-Injektion in den Harnblasenmuskel im Gegensatz zur idiopathischen Detrusorüberaktivität eine ausreichende Datenlage, die zeigt, dass die erneute Injektion gleich effektiv der primären Applikation ist. Bei der idiopathischen Detrusorüberaktivität scheint dies ebenso der Fall zu sein. Daten verschiedener Arbeitsgruppen zeigen auch hier ein erneutes Ansprechen bei wiederholter Applikation ohne Zeichen einer Immunisierung oder Toleranzentwicklung (Seif et al. 2008, Karsenty et al. 2008, Frohme et al. 2010, Beiter

et al. 2013, Cui et al. 2013, Dowson et al. 2012, Hegele et al. 2011).

Botulinumtoxin-A-Injektionen in den Harnblasenmuskel sind in Lokalanästhesie durchführbar, für die Patienten gut verträglich, nebenwirkungsarm und bei Wirkungsverlust wiederholbar. Bei starken Nebenwirkungen oder nicht ausreichender Symptomreduktion einer oralen anticholinergen Therapie stellt diese minimalinvasive Therapieform mittlerweile die Standardtherapie der Detrusorüberaktivität dar.

Literatur

Schulte-Mattler WJ (2008) Use of botulinum toxin A in adult neurological disorders: efficacy, tolerability and safety. CNS Drugs 22: 725–738

Seif C, Boy S, Wefer B, Dmochowski R, Braun PM, Jünemann KP (2008) Botulinumtoxin in der Therapie der überaktiven Blase – ein Überblick. Urologe 47: 46–53

Karsenty G, Denys P, Amarenco G, De Seze M, Gamé X, Haab F, Kerdraon J, Perrouin-Verbe B, Ruffion A, Saussine C, Soler JM, Schurch B, Chartier-Kastler E (2008) Botulinum toxin A (Botox) intradetrusor injections in adults with neurogenic detrusor overactivity/neurogenic overactive bladder: a systematic literature review. Eur Urol 53:275-287

Hegele A (2009) Pharmakologie der Drang- und Belastungsharninkontinenz. In: Hofmann R, Wagner U (Hrsg) Inkontinenz- und Deszensuschirurgie der Frau. Heidelberg: Springer; pp 53–59

Stöhrer M, Schurch B, Kramer G et al. (1999) Botulinum A-Toxin in the treatment of detrusor hyperreflexia in spinal cord injured patients: a new alternative to medical and surgical procedures ? 29th Annual Meeting of the International Continence Society, Denver

Schurch B, Stöhrer M, Kramer G et al. (2000) Botulinum-A toxin for treating detrusor hyperreflexia in spinal cord injured patients: a new alternative to anticholinergic drugs ? Preliminary results. J Urol 164: 692–697

Chapple C, Sievert KD, MacDiarmid S, Khullar V, Radziszewski P, Nardo C, Thompson C, Zhou J, Haag-Molkenteller C (2013) OnabotulinumtoxinA 100U significantly improves all idiopathic overactive bladder symptoms and quality of life in patients with overactive bladder and urinary incontinence: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. Eur Urol 64: 249–56

Frohme C, Varga Z, Olbert P, Schrader AJ, Hofmann R, Hegele A (2010) Effects of botulinum toxin type A in the single and repeated treatment of overactive bladder. A prospective analysis. Urologe A 49:639-44.

Duthie JB, Vincent M, Herbison GP, Wilson DI, Wilson D (2011) Botulinum toxin injections for adults with overactive bladder syndrome. Cochrane Database Syst Rev 7:CD005493

Beiter,I, Frohme C, Olbert P, Hofmann R, Hegele A (2013) Einmalige und mehrmalige BTX -A Injektion in den Blasenmuskel beim Syndrom der überaktiven Blase (OAB) – Ergebnisse nach 5 Jahren Erfahrung. Urologe 52, Suppl 1

Mehnert U, Boy S, Schmid D, Reitz A et al. (2009) A morphological evaluation of botulinum neurotoxin A injections into the detrusor muscle using magnetic resonance imaging. World J Urol DOI 10.1007/s00345-008-0362-0

Cui Y, Wang L, Liu L, Zeng F, Niu J, Qi L, Chen H (2013) Botulinum toxin-A injections for idiopathic overactive bladder: a systematic review and meta-analysis. Urol Int 91:429-438

Dowson C, Watkins J, Khan MS, Dasgupta P, Sahai A (2012) Repeated botulinum toxin type A injections for refractory overactive bladder: medium-term outcomes, safety profile, and discontinuation rates. Eur Urol 61:834-839

Hegele A, Frohme C, Varga Z, Olbert P, Kranz J, Hofmann R (2011) Antibodies after botulinum toxin A injection into musculus detrusor vesicae: incidence and clinical relevance. Urol Int 87:439-444

»Male Sling« bei Belastungsharninkontinenz

R. Hofmann

15.1 Einleitung und Indikationen – 204

15.2 Präoperative Diagnostik – 204

15.3 Vorbereitung und Lagerung des Patienten – 205

15.4 Durchführung der Operation – 205

15.5 Postoperatives Vorgehen – 212

Literatur – 212

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_15

15.1 Einleitung und Indikationen

Patienten mit einer partiellen Belastungsharninkontinenz nach radikaler Prostatektomie oder transurethraler Resektion der Prostata weisen gelegentlich einen isolierten Defekt im Bereich des externen Sphinkters auf. Kleinere Defekte, die üblicherweise bei 12 Uhr auftreten, können mit einem Bulking-Agent, wie z. B. Deflux, unterspritzt werden, sodass in diesem Bereich wieder ein kompletter Ringschluss erfolgt. Patienten mit einer drittgradigen Inkontinenz benötigen meist einen artifiziellen Sphinkter.

Indikationen für die Male Sling

- Absolute Indikationen:
  - Belastungsharninkontinenz Grad I bis II nach radikaler retropubischer Prostatektomie (RRP) oder TURP/TVP
- Relative Indikationen:
  - Belastungsharninkontinenz Grad III nach RRP oder TURP/TVP
  - Z. n. RRP und Radiatio der »Prostataloge«

Eine partielle Inkontinenz nach radikaler Prostatektomie könnte durch eine Senkung des dorsalen Anteils der Harnröhre und des Beckenbodens entstehen. Bei der RRP kann es zur Senkung des hinteren Harnröhrenbereichs kommen, wenn der dorsale Harnröhrenanteil bei der Anastomose ungenügend gefasst wird und der M. rectourethralis nicht wieder rekonstruiert wird (Rocco et al. 2007). Das Wirkprinzip der Male Sling (AdVance XP®, Fa. AMS) beruht einerseits auf einer anatomischen Repositionierung des dorsalen Anteils des Bulbus urethrae nach dorsokranial, jedoch andererseits auch auf einer partiellen Obstruktion durch Kompression des Bulbus urethrae (Kumar et al. 2009, Rehder und Gozzi 2007a).

Kommt es zu keiner ausreichenden Besserung nach Injektion von Füllagenzien oder ist der Defekt zu groß, so kann eine Male Sling durchgeführt werden. Patienten mit einer kompletten drittgradigen Stressharninkontinenz und Patienten nach Radiatio sind deutlich schwieriger zu operieren und weisen postoperativ schlechtere Kontinenzergebnisse auf (Rehder und Gozzi 2007b). Nach Anlage einer Male Sling kann bei nicht befriedigendem Ergebnis zu einem späteren Zeitpunkt ein artifizieller Sphinkter implantiert werden, da die Lage der Manschette distaler an der Harnröhre als die der Schlinge ist (Kumar et al. 2009, Rapp et al. 2007, Onur 2007).

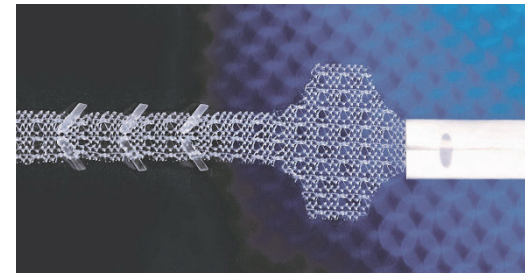


Abb. 15.1 Schlinge Advance XP. Linksseitiger V-förmiger Verankerungsmechanismus. Erhöhung der Haltekraft im Beckenboden durch spitzwinklige Häkchen. Rechts Hülle zur atraumatischen Einführung der V-förmigen Verankerungen

Mit der Schlinge Advance XP wurde eine Weiterentwicklung der bisherigen transobturatorischen Schlinge eingeführt. Gegenüber dem alten System hat die neue Schlinge nun drei integrierte Spannfasern, die eine einheitliche Druckverteilung sicherstellen und an jeder Seite drei V-förmige Häkchen zur Verbesserung der Haltekraft der Schlinge. Die bei der vorherigen Schlinge beobachtete Lockerung und erneute Inkontinenz sollte durch diese Veränderungen verbessert sein (Abb. 15.1).

15.2 Präoperative Diagnostik

Durch einen sogenannten *hydraulischen Sphinktertest* lässt sich die konzentrische Kontraktion des Sphinkters bei Unterbrechung des zuführenden Wasserstrahles gut beobachten. Hierzu ist es notwendig, die Blase komplett zu entleeren, den Sphinkterbereich distal des Colliculus seminalis einzustellen und dann intermittierend den Wasserzulauf zu unterbrechen. Hierbei sollte es zu einer Kontraktion des Beckenbodens und Koaptation der Schleimhaut zirkulär kommen.

Solange eine restharnfreie Miktion möglich ist, müssen Harnröhrenstenosen oder eine relative Blasenhalsenge nicht inzidiert werden, da durch die Engen bereits eine partielle Pseudokontinenz erzeugt wird.

Hochgradig Engen sollten durch eine *Urethrotomia interna*, eine *Blasenhalsinzision* mit dem Messer oder eine *Blasenhalsresektion* eröffnet werden, der Erfolg abgewartet und frühestens 3 Monate nach der Inzision eine Schlinge gelegt werden. *Digitale rektale Untersuchung* und *transrektaler Ultraschall* sowie *Laboruntersuchungen* wie PSA, Harnstoff, Kreatinin, Urinstatus und Urinsediment sind obligat.

Durch eine präoperative *Zystoskopie* kann die Operation simuliert werden. Die bulbäre Harnröhre wird eingestellt und nun von perineal externer Druck durchgeführt (z. B. mit einem Stieltupfer), sodass es zu einer Elevation des Bulbus der Urethra kommt. Hierdurch wird der hintere Harnröhrenanteil nach kranial eleviert und der Sphinkterschluss vervollständigt.

Urodynamische Untersuchung, Miktionsprotokoll oder ein Pad-Test sind bei unklarer Miktionssymptomatik erforderlich.

15.3 Vorbereitung und Lagerung des Patienten

Zur Vorbereitung des Patienten erfolgt eine Rasur im Genital- und v. a. im Perinealbereich. Im Operationssaal perioperative Antibiotikagabe von Cephalosporinen, Steinschnittlagerung des Patienten und Einführen eines 16-Charr-Dauerkatheters.

15.4 Durchführung der Operation

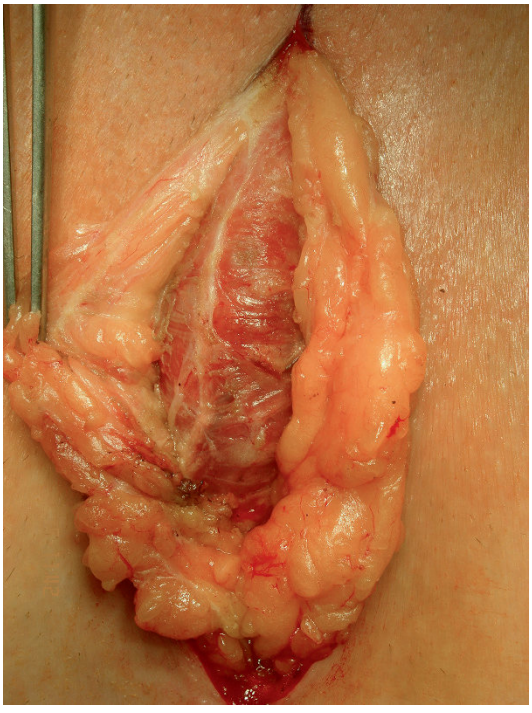
Es erfolgt ein Längsschnitt im Bereich des Perineums vom Skrotalansatz bis etwa 1–1,5 cm vom Anus entfernt. Die Inzisionslänge beträgt etwa 7–8 cm. Nach der Hautinzision erfolgt die weitere Präparation mit dem Elektrokauter (»Koagulieren«), um kleine Blutungen zu vermeiden. Nach Längsinzision des Subkutangewebes Präparation bis auf den M. bulbospongiosus in der Mittellinie (◘ Abb. 15.2, ◘ Abb. 15.3 und ◘ Abb. 15.4).

Tipps

Grundsätzlich ist es nicht notwendig, den Bulbus der Urethra nach lateral hin zu verfolgen und freizupräparieren. Gelegentlich ist es jedoch hilfreich, insbesondere wenn erhebliche Vernarbungen vorliegen, sodass der Bulbus der Urethra und der Beckenbodenbereich sicher darstellbar sind.

Nach Exposition des M. bulbospongiosus erfolgt die Inzision des Muskels zunächst mit dem Elektrokauter genau in der Mittellinie. Diese kann gut durch Palpation des Katheters dargestellt werden (◘ Abb. 15.5).

◘ **Abb. 15.2** Längsschnitt am Perineum



◘ **Abb. 15.3** Spaltung der Subkutis

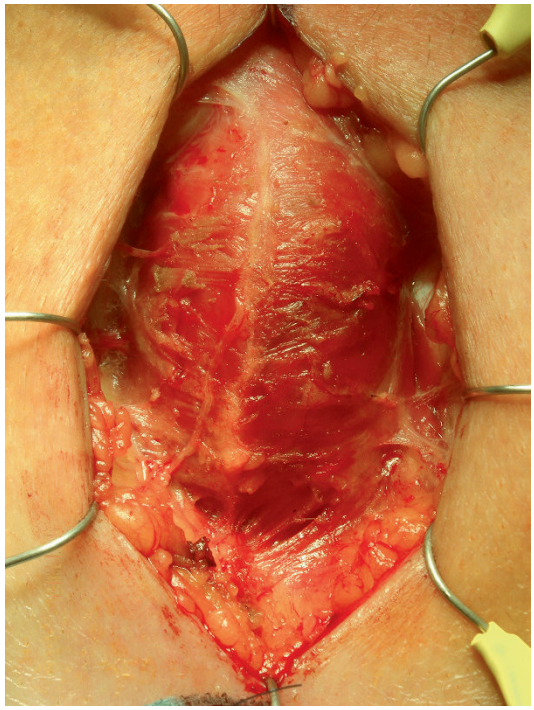


Abb. 15.4 Präparation in der Mittellinie bis auf den M. bulbospongiosus

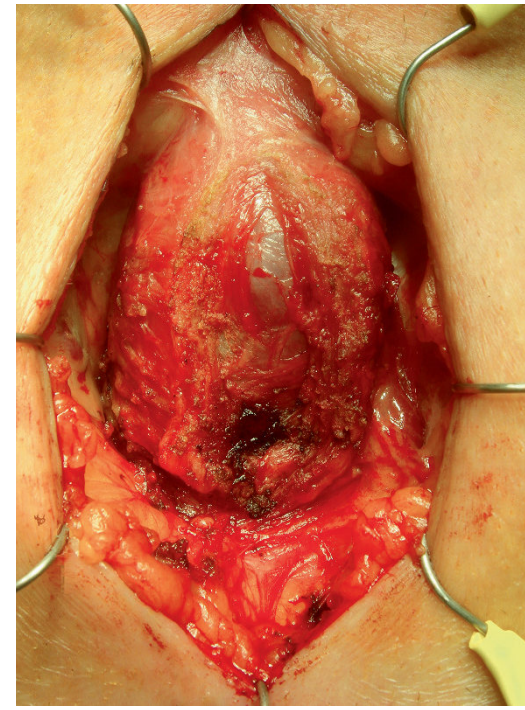


Abb. 15.5 Inzision des M. bulbospongiosus mit dem Elektrokauter

Nach oberflächlicher Inzision der Muskulatur mit dem Kauter ist es empfehlenswert, mit einer kleinen Metzenbaum-Schere weiter zu präparieren, um nicht den Bulbus selbst zu verletzen.

Es empfiehlt sich, die Präparation zunächst distal zu beginnen und nach proximal hin weiter zu präparieren. Meist ist es gut möglich, den M. bulbospongiosus durch queres Spreizen der Schere auf dem Bulbus der Harnröhre abzuheben und dann längs zu inzidieren (Abb. 15.6). Der M. bulbospongiosus wird nun lateral hin vom Bulbus der Urethra abpräpariert. Der M. bulbospongiosus kann nun mit *großen* Haken eines Scott-Retraktors oder mit kleinen Langenbeck-Haken nach lateral weggehalten werden (Abb. 15.7).

Nun erfolgt die weitere Präparation des Harnröhrenbulbus nach distal bis zum Beckenboden (centrum tendineum perinei). Die Präparation muss so weit erfolgen, dass die Schlinge schließlich am dorsalen Anteil des Bulbus urethrae und am Beckenboden zu liegen kommt. Querverlaufende Fasern zwischen dem Bulbus urethrae und dem analen Sphinktermechanismus können mit einem kleinen Tupfer und vorsichtigen Scherenschlägen so weit abpräpariert

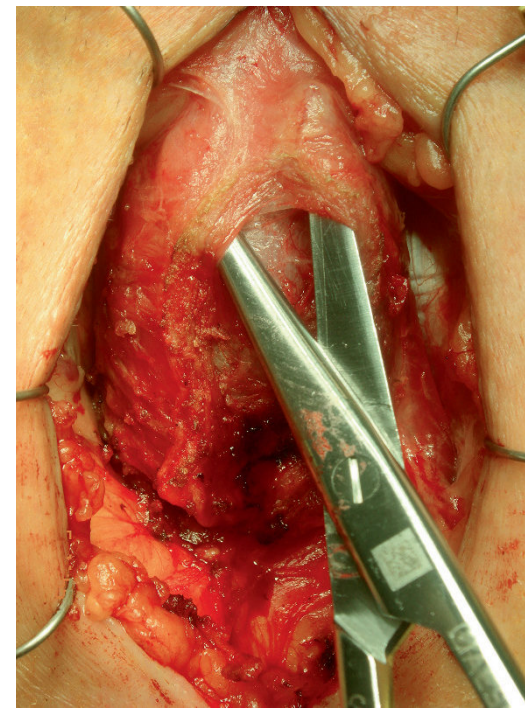


Abb. 15.6 Abheben des M. bulbospongiosus vom Corpus spongiosum mit einer kleinen Präparierschere

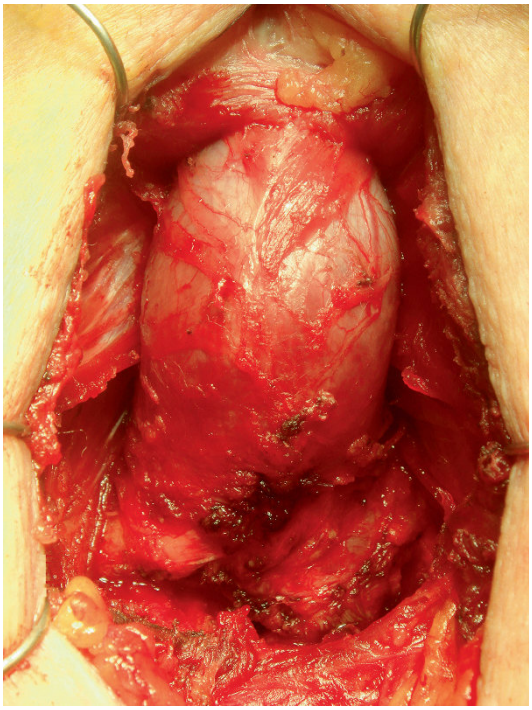


Abb. 15.7 Darstellung des C. spongiosum nach Abschieben des M. bulbospongiosus nach lateral

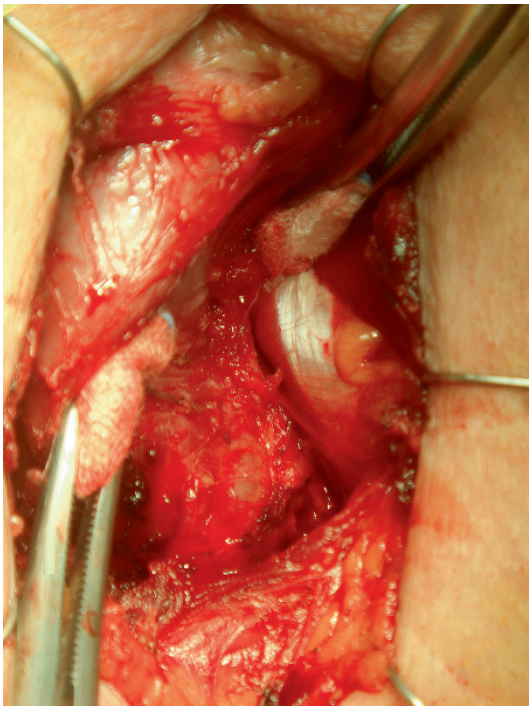


Abb. 15.8 Darstellung eines »Dreiecks« zwischen Corpus cavernosum, Corpus spongiosum und Ramus inferior der Symphyse

werden, bis der Bulbus urethrae bis zum Beckenboden hin befreit ist.

Tipps

Liegt eine erhebliche Vernarbung im Beckenbodenbereich dorsal des Bulbus vor, z. B. durch ein organisiertes Hämatom nach der Prostatektomie, so sollte dieser Narbenbereich nicht weiter aufpräpariert werden, da sich in diesem Bereich die Schlinge kaum anziehen lässt oder die Schlinge oberhalb des Beckenbodens zu liegen kommt.

Es sollten Verbindungen des Bulbus urethrae mit dem Beckenboden weit kranial belassen werden, um die Harnröhre nicht komplett zu mobilisieren.

Tipps

Der Bulbus urethrae wird nun mit einem Stieltupfer zur Seite gehalten und ein dreieckiger Bezirk zwischen dem inferioren Ramus der Symphyse, dem Bulbus urethrae und dem Corpus cavernosum mit Schere oder kleinem Präpariertupfer freigelegt (Abb. 15.8).

An der Spitze dieses »Dreiecks« wird später die Nadel herausgeführt und anschließend die Schlinge hochgezogen. Die gleiche Präparation erfolgt auf der anderen Seite des Bulbus urethrae.

Die Inzisionsstelle für den Austritt der Schlinge liegt 1 cm distal und 1 cm lateral der Insertion des M. adductor longus am Os pubis im Leistenbereich (oder einfacher: in der Leistenfalte eine Fingerbreite unterhalb des Ansatzes des M. adductor longus lateral zum Ramus ischiopubis). Dieser Punkt entspricht dem Übergang des ersten Drittels zum zweiten Drittel am Foramen obturatorium.

Tipps

Zunächst sollte das Ende des *M. adductor longus* palpiert werden, vom knöchernen Ansatz dann 1 cm nach kaudal und 1 cm nach lateral (Abb. 15.9).

Abb. 15.9 Aufsuchen der Inzisionsstelle für den Austritt der Schlinge: 1 cm kaudal und 1 cm lateral des Ansatzes des M. adduktor longus an der Symphyse (*linke* Seite des Patienten!)

Abb. 15.10 Vorpunktieren der späteren Inzisionsstelle. *Gestrichelte Linie*: Verlauf des M. adduktor longus, *schwarzer Punkt*: Ansatzstelle des M. adduktor longus. (*rechte* Seite des Patienten!)

Der Durchtrittspunkt in das Foramen obturatorium kann am einfachsten gefunden werden, indem zunächst eine Vorpunktion mit einer langen Spinalnadel oder einer gelben »Einer-Kanüle« erfolgt. Meist kommt es beim geraden Vorführen der Nadel zu Knochenkontakt. Wird die Nadel etwas weiter nach *lateral* gerichtet, so wird sie ganz nah am Knochen in das Foramen obturatorium vorgeführt (Abb. 15.10).

Es folgt die Hautinzision mit dem Skalpell. Zunächst wird die helikal gebogene Einführungsnadel auf der linken Seite des Patienten an die Haut angelegt (Abb. 15.11).

Tipps

Es ist nun wichtig, den linken Zeigefinger in das »Dreieck« lateral des Bulbus urethrae einzubringen und sich mehrfach durch Rotation der Insertionsnadel die Drehrichtung auf den Finger hin zu vergegenwärtigen.

Die helikale Nadel wird nun *senkrecht* mit dem Daumen der linken Hand durch das Subkutangewebe

Abb. 15.11 Anlegen der Helikalnadel in richtiger Orientierung an der Haut und Simulation des Drehvorgangs

Abb. 15.12 Perforation der Obturatorfaszie mit der Helikalnadel

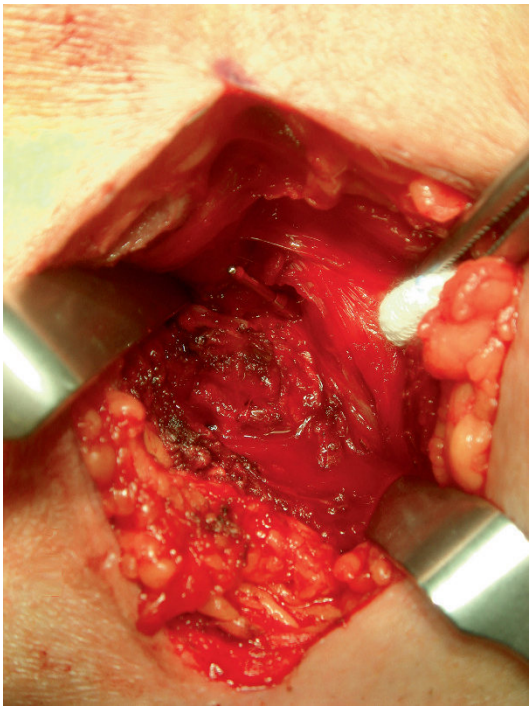


Abb. 15.13 Austritt der Nadelspitze im »Dreieck« zwischen Corpus spongiosum, Corpus cavernosum und Symphyse

geführt, die Faszie perforiert und erst dann am inferioren Ramus der Symphyse entlang hindurchgedreht (Abb. 15.12). Gelegentlich hört man zwei »Plops«: der Durchtritt der Nadel durch die Faszien. Danach die helikale Nadel nicht weiter vorschieben, sondern die Drehbewegung hinter dem Ramus ossis pubis beginnen.

Wichtig ist, dass die Orientierung der helikalen Nadel nicht geändert oder im Foramen in verschiedene Richtungen gestochen wird, da sonst die obturatorischen Gefäße verletzt werden können.

Die Drehrichtung der Nadel hat etwa einen 45°-Winkel zur Horizontalen. Die Nadelspitze wird lediglich durch Drehen entlang der Hinterseite der Symphyse auf den linken Zeigefinger zugeführt. Der Austrittspunkt der Nadel sollte, wie bereits beschrieben, zwischen dem Bulbus der Urethra medial, dem Corpus cavernosum lateral sowie dem Unterrand des Ramus inferior der Symphyse gelegen sein (Abb. 15.13).

Die Schlinge wird auf das Ende der Einführungshelix geklickt, bis sie hörbar einrastet (Abb. 15.14). Die Schlinge sollte so orientiert sein, dass die Schlinge nicht verdreht wird und die blauen Punkte auf der

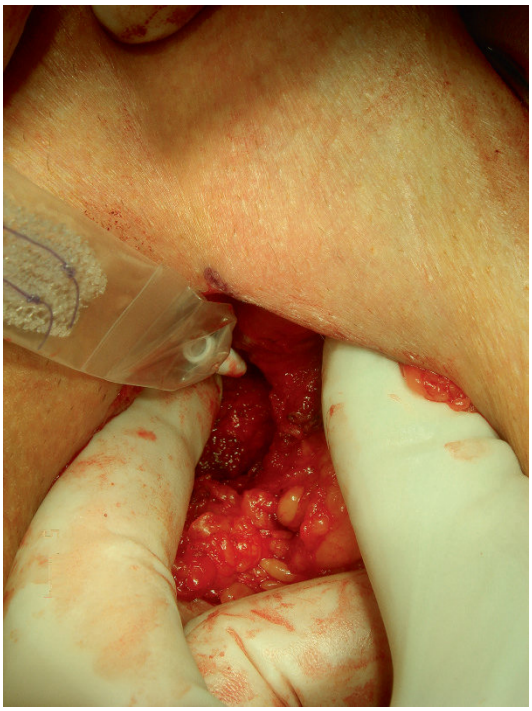


Abb. 15.14 Arretieren der Schlinge auf der Nadelspitze

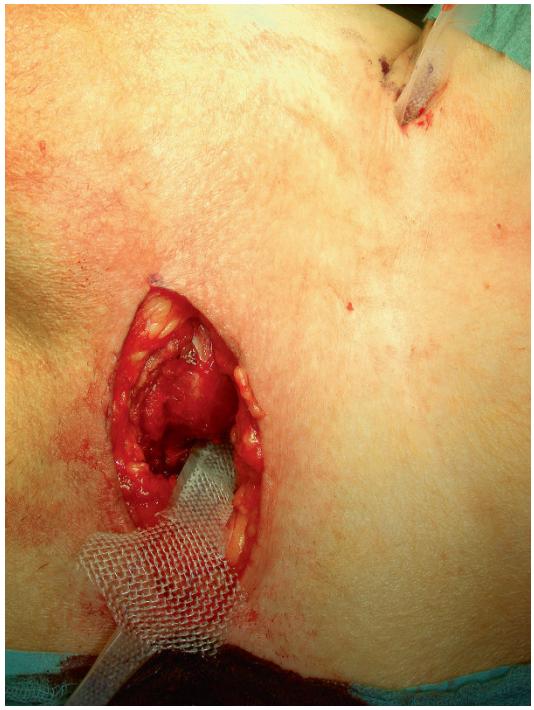


Abb. 15.15 Platzieren der Schlinge

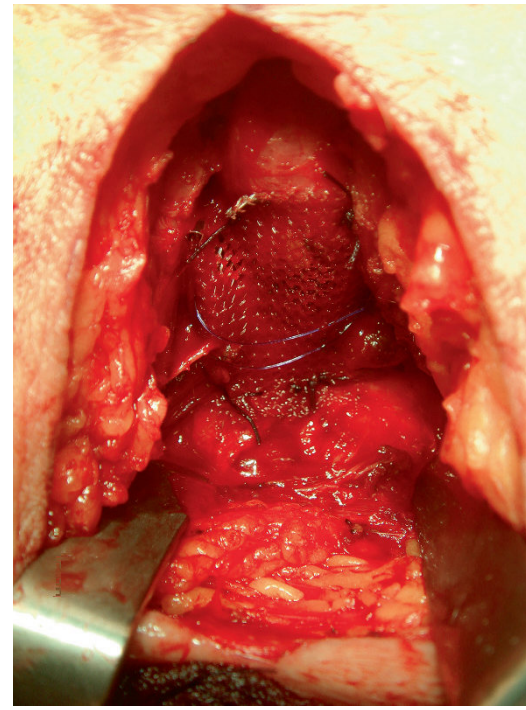


Abb. 15.16 Fixieren der Schlinge am Corpus spongiosum mit Einzelknopfnähten

Hülle von der Urethra weg zeigen. Die Schlinge wird nun zunächst durch Drehen der Einführungsnadel und anschließend kräftiges Ziehen nach oben herausgezogen (Abb. 15.15). Wichtig ist, dass die Einführungshülle zunächst in situ belassen wird. Die Nadel wird von der Schlinge abgeschnitten.

Gleiches Vorgehen auf der rechten Seite. Für rechtshändige Chirurgen ist die Rotation der Nadel durch das Foramen obturatorium mit der linken Hand deutlich schwieriger. Hier Insertion des rechten Zeigefingers in das Dreieck zwischen Corpus cavernosum, Urethra und Os pubis und Perforation der Obturatormembran mit der helikal gebogenen Nadel unter Drücken mit dem rechten Daumen.

Tipps

Die Nadelspitze sollte bei der Insertion gerade gehalten, erst die Obturatormembran perforiert und dann die Drehbewegung begonnen werden.

Nach Rückrotation der Nadel und Herausziehen der Schlinge mit der Hülle wird der breite Teil der Schlinge nun mit 4 oder 6 Einzelknopfnähten flächenhaft am Bulbus der Urethra fixiert. Zunächst werden die am proximalsten gelegenen Anteile am Beckenboden und dem Bulbus urethrae angenäht, anschließend der Flügel, der weiter distal gelegen ist (Abb. 15.16).

Nun kann probehalber die Schlinge, die sich beidseits noch in der Kunststoffhülle befindet, angezogen werden, wobei beobachtet wird, dass der Bulbus urethrae gut nach dorsal und kranial wandert (Abb. 15.17). Die Spannung der Schlinge kann nicht exakt bestimmt werden, jedoch sind Hilfsmittel wie die intraoperative Zystoskopie und die Inspektion des Beckenbodens beim Hochziehen hilfreich für die Abschätzung der Spannung (Abb. 15.18, Abb. 15.19). Die proximale Bewegung des Bulbus urethrae sollte etwa 2–4 cm betragen. Dies erfordert üblicherweise guten Zug gleichmäßig an beiden Schlingenenden.

Bei der Urethroskopie im Bereich des Bulbus urethrae wird die Koaptation der Harnröhre beobachtet, wenn die Schlinge angespannt und wieder gelockert wird. Hierbei kann in etwa auch das Maß der Spannung abgeschätzt werden, das nach Entfernen der Plastikhüllen auf der Schlinge ruhen sollte.

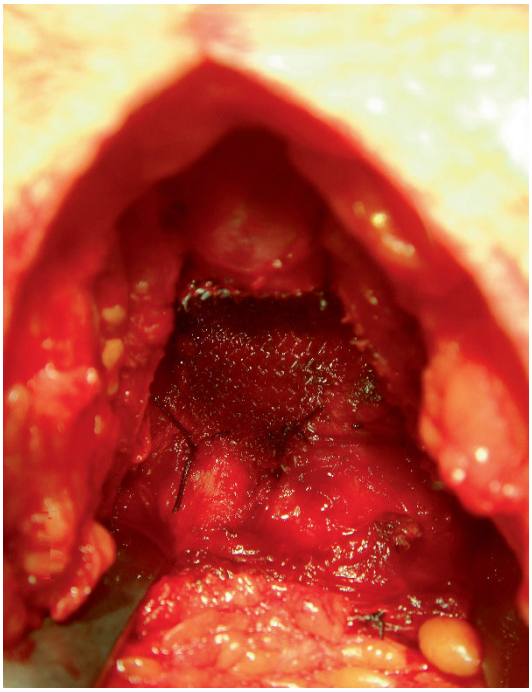


Abb. 15.17 Hochziehen des dorsalen Harnröhrenanteils bei Anziehen der Schlinge

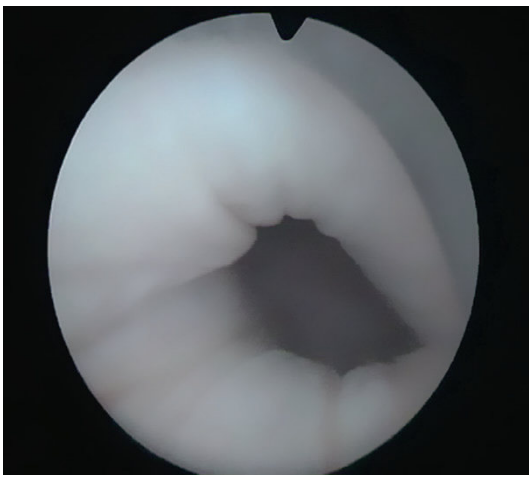


Abb. 15.18 Zystoskopischer Aspekt ohne Zug an der Schlinge

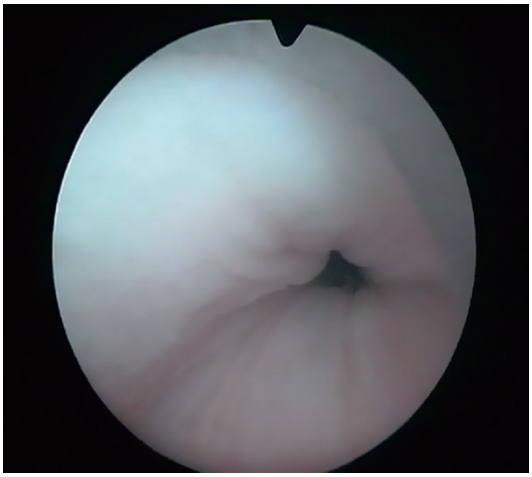


Abb. 15.19 Koaptation der Harnröhre bei Zug an der Schlinge

Abb. 15.20 Entfernen der Kunststoffhüllen über der Schlinge durch gleichzeitigen Zug an beiden Seiten

Tipps

Die Spannung der Schlinge sollte relativ hoch sein, um den Beckenboden dorsal der Harnröhre anzuheben. Bei Narbenbildung am Beckenboden und damit fehlender Mobilität des Bulbus oder bei fehlender präoperativer Sphinkterfunktion sollte die Schlinge stärker angezogen werden.

Nun wird die Hülle oberhalb der blauen Markierung abgeschnitten, die *Hüllen* der Schlinge beidseits mit einer Pean-Klemme erfasst und unter *Ziehen* an *den Hüllen* die Schlinge freigegeben (Abb. 15.20). Die innere Hülle gibt nun die V-förmigen Verankerungsmechanismen frei, die äußere Hülle die Schlinge. Die Schlinge wird im Hautniveau abgeschnitten und kann zur zusätzlichen Fixation noch an der Muskelfaszie angenäht werden.

Schichtweiser Wundverschluss durch Adaptation des M. bulbospongiosus mit Einzelknopfnähten. Das subkutane Gewebe wird mit fortlaufender Naht zweischichtig vernäht. Anschließend Hautnaht. Auf die Anlage einer Drainage wird verzichtet.

15.5 Postoperatives Vorgehen

Belassen des Dauerkatheters für 3 Tage. Sollte signifikanter Restharn entstehen, so kann eine Drainage über einen suprapubischen Katheter und die Gabe von Antiphlogistika erfolgen. Für 3 Monate sollte nur eine mäßige körperliche Belastung erfolgen, um eine Lockerung der Schlinge zu vermeiden.

Literatur

Rocco F, Carmignani L, Acquati P, Gadda F, Dell'Orto P, Rocco B, Cesellato S, Gazzano G, Consonni D (2007) Early continence recovery after open radical prostatectomy with restoration of the posterior aspect of the rhabdosphincter. Eur Urol 52 (2): 376–83

Kumar A, Litt ER, Ballert KN, Nitti VW (2009) Arteficial urinary sphincter versus male sling for post prostatectomy incontinence – what do patients choose? J Urol 181 (3): 1231–5

Rehder P, Gozzi C (2007) Surgical technique using advanced male sling placement in the treatment of post-prostatectomy urinary incontinence. Int Brazil J Urol 33 (4): 560–1

Rehder P, Gozzi C (2007) Transobturator sling suspension for male urinary incontinence including post-radical prostatectomy. Eur Urol 52 (3): 860–6

Rapp DE, Reynolds WS, Lucioni A, Bales GT (2007) Surgical technique using Advance sling placement in the treatment of post-prostatectomy urinary incontinence. Int Brazil J Urol 33 (2): 231–5

Onur R (2007) Editorial comment on. Transobturator sling suspension for male urinary incontinence including post-radical prostatectomy. Eur Urol 52 (3): 866–7

Endoskopische Therapie der Harninkontinenz

S. Wille

16.1 Einleitung – 214

16.2 Diagnostische Abklärung der Harninkontinenz vor endoskopischer Therapie – 214

16.3 Weibliche Inkontinenz – 214

16.4 Männliche Inkontinenz – 215

16.5 Ergebnisse – 216

Literatur – 216

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_16

16.1 Einleitung

Unter der endoskopischen Therapie der Harninkontinenz versteht man die transurethrale Applikation von sog. »Bulking Agents« in den Sphinkter. »Bulking Agents« sind Substanzen, die massebildende, aufbauschende Eigenschaften besitzen, wenn sie in einen Hohlraum gespritzt werden. Hierzu zählen u. a. Kollagen (Contigen®), Teflon (Polytef®), autologes Fett, Polydimethylsiloxan (Macroplastique®), Knorpel, Hyaluronsäure und Dextromer (Deflux®), Kalziumhydroxylapatit (Coaptite®) Carbon, Ethylen Vinylalkohol-Copolymer (Uryx® bzw. Tegress®), Polyacrylamidhydrogel (Bulkamid®) und das Dextranomer/Hyalyuron-Copolymer (Zuidex®).

Das therapeutische Prinzip dieser »Bulking Agents« beruht darauf, dass die Verschlusskraft des Sphinkters durch diese aufbauschenden Substanzen erhöht wird (Smith et al. 1998). Diese Substanzen werden an mehreren Stellen, beispielsweise bei 3, 6, 9 und 12 Uhr in Steinschnittlage in den Sphinkter appliziert, bis ein ausreichender Verschluss der Sphinkteranteile endoskopisch nachgewiesen werden kann (Cespedes et al. 1999, Aboseif et al. 1996, Klutke et al. 1999) (Abb. 16.1).

Die ideale Substanz sollte eine adäquate Biokompatibilität mit geringer allergener Kompetenz, eine Ortsstabilität ohne Migrationstendenz und eine Volumenstabilität ohne biologischen Abbau aufweisen. Darüber hinaus sollte die Substanz einfach und gezielt über die Nadel in den Sphinkter injizierbar sein. Aufgrund der immer notwendigen Mehrfachapplikationen muss die Substanz kostengünstig sein, insbesondere, wenn sie bei einem Kosten-Nutzen-Vergleich mit anderen minimal-invasiven Verfahren standhalten soll.

1993 genehmigte die FDA (Federal Drug Administration) das hochgereinigte glutataldehydvernetzte Rinderkollagen zur Behandlung der männlichen und weiblichen Harninkontinenz. Es hat nur minimale inflammatorische und allergene Eigenschaften. Die Biodegradation beginnt nach etwa 12 Wochen, eine vollständige Degradation ist nach 9–19 Monaten erfolgt (Stothers et al. 1998).

16.2 Diagnostische Abklärung der Harninkontinenz vor endoskopischer Therapie

Eine sorgfältige diagnostische Abklärung ist unbedingte Voraussetzung, um die Indikation für ein endoskopisches Vorgehen oder aber für die Implantation eines artifiziellen Sphinkters stellen zu können. Hierzu gehört zum einen eine detaillierte Anamneseerhebung, bei der u. a. der zeitliche Zusammenhang mit der Operation, die Art (Belastungs- oder Harndranginkontinenz) und die Ausprägung (Vorlagenverbrauch) der Harninkontinenz erfragt werden muss. Des Weiteren sollte ein Vorlagentest, eine Urodynamik mit Profilometrie, ggf. Bestimmung des »leak point pressure« sowie eine Urethrozystoskopie durchgeführt werden.

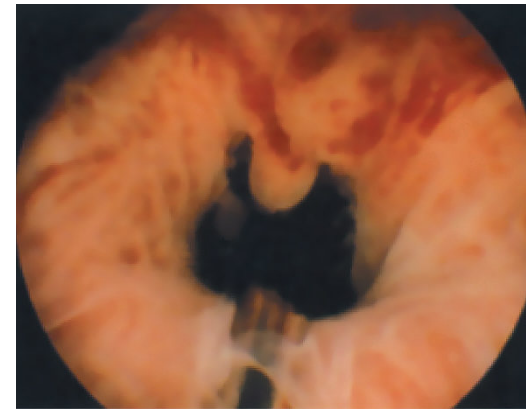


Abb. 16.1 Inkompetenter Sphinkter der Frau

16.3 Weibliche Inkontinenz

Prinzipiell können »Bulking Agents« sowohl bei der Frau als auch beim Mann angewendet werden. Allerdings sind die Indikationen zur Behandlung der weiblichen Inkontinenz in den letzten Jahren aufgrund der zahlreichen, minimal-invasiven Schlingenplastiken aus synthetischem Material, z. B. Polypropylene, »tension free vaginal tape« (TVT) und »tension free transobturator tape« (TOT)), viel seltener gestellt worden. Eine geeignete Indikation für eine endoskopische Inkontinenzoperation bei der Frau stellt die sog. »intrinsic sphincter deficiency« (ISD) Typ 3 Inkontinenz nach Blaivas dar. Bei der ISD liegt eine isolierte Sphinkterschädigung ohne anatomische Begleitpathologie (Deszensus vesicae, Zystozele) vor. Eine weitere Indikation für die »Bulking Agents« stellt die Rezidivinkontinenz nach TVT – die sog. TVT-Versager – dar. Durch die zusätzliche Injektion in den Sphinkter können nach stattgehabter TVT- oder TOT-Implantation gute Kontinenzraten erzielt werden.

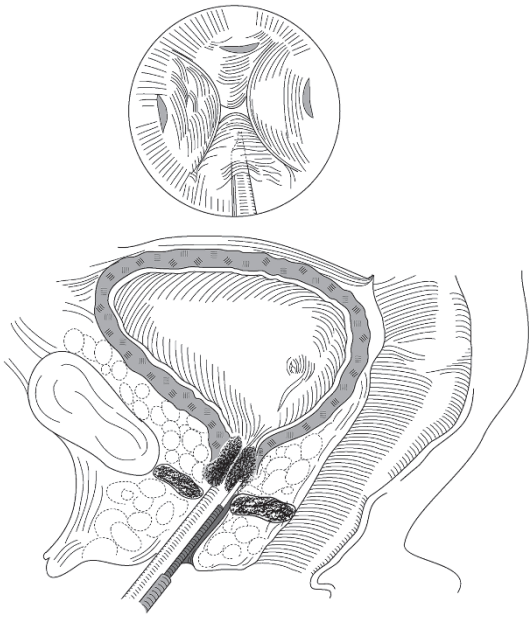


Abb. 16.2 Schema der Injektionstherapie. »Bulking Agents« werden paraurethral neben den Sphinkter submukös gespritzt

Durchführung

Nach den üblichen Operationsvorbereitungen wird optional ein suprapubischer Zystofixkatheter eingelegt, damit die Blase bis zur Freigabe der Miktion am ersten oder zweiten postoperativen Tag abgeleitet ist. Anschließend werden der Rhabdosphinkter und die Blasenhalsregion aufgesucht. In der Regel verwendet man ein 17,5-Charr-Zystoskop, mit dem über eine 24-G-Nadel die gewünschte Substanz etwa 1–1,5 cm distal des Blasenhalses unmittelbar unter die urethrale Mukosa appliziert werden kann. Dabei hat es sich bewährt, bei 9, 12 und 3 Uhr in Steinschnittlage mit der Applikation der Substanz zu beginnen, bis eine ausreichende Adaption der Sphinkteranteile erreicht ist. Gegebenenfalls sind weitere Applikationen notwendig. Eine perkutane Injektion periurethral, die zystoskopisch kontrolliert wird, ist ebenfalls möglich (Abb. 16.2).

16.4 Männliche Inkontinenz

Während die Harninkontinenz bei der Frau auf Geburtstraumen, Operationsfolgen, konstitutionelle Faktoren (Bindegewebsschwäche, Adipositas, Rasse) oder neurologische Erkrankungen zurückzuführen ist, liegt bei der männlichen Harninkontinenz in der Regel eine iatrogene Schädigung (Zustand nach TURP oder Prostatektomie) des Schließmuskels vor. Als Goldstandard zur Behandlung der männlichen Harninkontinenz gilt der artifizielle Sphinkter.

Eine weitere Therapieform stellt neben den auch verwendeten suburethralen Schlingen die Injektion von »Bulking Agents« dar. Für ein gutes postoperatives Ergebnis sollte der Sphinkter bei der endoskopischen Therapie eine ausreichende Restfunktion haben. Zur Beurteilung dieser Restfunktion eignet sich am besten die Urethroskopie. Die »Bulking Agents« können immer nur auf dem Boden einer gewissen Eigenfunktion des Schließmuskels wirken. Bei einem vollständig akontraktilen oder total vernarbten Sphinkterapparat sind sie wirkungslos.

Tipps

Wenn keine Restfunktion des Sphinkters vorhanden ist, sollte ein artifizieller Sphinkter implantiert werden.

Durchführung

Die Injektion der Substanzen in den männlichen Sphinkter unterscheidet sich im Prinzip nicht von der in den weiblichen Sphinkter. Unter sterilen Kautelen wird nach optionaler Einlage eines suprapubischen Zystofixkatheters über ein17,5-Charr-Zystoskop die Substanz mit einer 24-G-Nadel, beginnend bei 12 Uhr, in die Läsion und in die gegenüberliegende Region des Sphinkters appliziert, bis eine suffiziente Koaptation der Sphinkteranteile hergestellt ist. Die Substanz wird suburethral injiziert, wobei die Nadel unter Sicht submukös vorgeschoben wird und die geschliffene Fläche der Nadel zum Urethralumen hinzeigen sollte.

Bei Patienten nach radikaler Prostatektomie ist darauf zu achten, dass die Substanz proximal des Sphinkter externus injiziert wird. Unter Umständen sind zusätzliche Applikationen der Substanz erforderlich.

Ein wesentlicher Unterschied zum Vorgehen bei der Frau besteht darin, dass beim Mann aufgrund der Voroperation eine ausgeprägte Vernarbung besteht und deswegen die Applikation erschwert ist. Verständlicherweise kann sich die zu applizierende Substanz im Narbengewebe schlechter ausbreiten, sodass der aufbauschende Effekt oft nicht so ausgeprägt ist. Es kann sogar vorkommen, dass trotz zahlreicher Applikationen keine ausreichende Adaption eintritt und die Kontinenz entweder nur von kurzer Dauer ist oder überhaupt nicht eintritt.

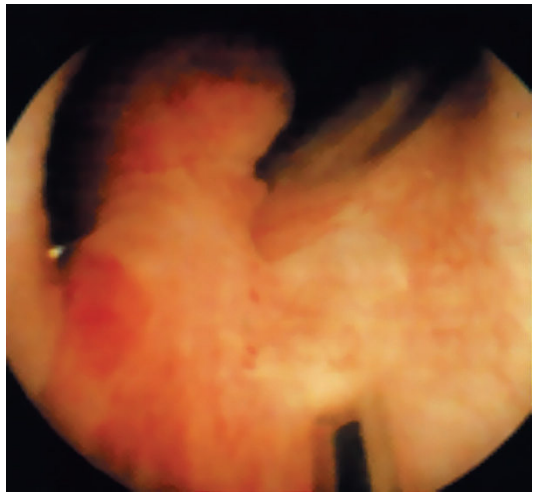


Abb. 16.3 Inkompetenter Sphinkter nach radikaler retropubischer Prostatektomie

Bei einer Inkontinenz nach radikaler Prostatektomie kann auch eine relative Blasenhalsstenose zu einer Pseudokontinenz führen. Allein durch die Zystoskopie wird der Blasenhals aufgedehnt, wodurch zunächst die Belastungsinkontinenz trotz Applikation der »Bulking Agents« verstärkt sein kann (Abb. 16.3).

16.5 Ergebnisse

Die größten Erfahrungen zur Behandlung der männlichen Harninkontinenz bestehen beim Kollagen. Fasst man die zahlreichen Publikationen zur Kollagentherapie zusammen, so wird deutlich, dass vollständige Kontinenz nach einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 12 Monaten zwischen 12 und 69 % beim Mann und nach durchschnittlich 20 Monaten bei 53 % bei der Frau liegt. Injiziert wurden zwischen 10–30 ml bei durchschnittlich etwa 2 Injektionen. Diese limitierenden Daten sind darauf zurückzuführen, dass der aufbauschende Effekt der »Bulking Agents« durch biologischen Abbau oder Migration der Substanz mit der Zeit nachlässt.

Ein weiterer Grund für ein schlechtes postoperatives Ergebnis ist eine unkritische Indikationsstellung. Hier sei nochmals darauf hingewiesen, dass beim Mann eine Restfunktion und eine nicht zu starke Vernarbung des Sphinkters eine wichtige Voraussetzung für eine möglichst lang anhaltende Kontinenz sind.

Die Notwendigkeit, die Injektionen in vielen Fällen wiederholen zu müssen, wirkt sich insgesamt nachteilig für dieses Konzept aus. Die Vorteile der endoskopischen Therapie bestehen in der geringen Invasivität des Eingriffs (Schneider et al. (2005), Radadia et al. (2017), Chughtai et al. (2016)).

Literatur

Smith DN, Appell RA, Rackley RR, Winters JC (1998) Collagen injection therapy for post-prostatectomy incontinence. J Urology 160: 364–367

Cespedes RD, Leng WW, McGuire EJ (1999) Collagen injection therapy for postprostatectomy incontinence. Urol 54: 597–602

Aboseif SR, O'Connell HE, Usui A, McGuire EJ (1996) Collagen injection for intrinsic sphincteric deficiency in men. J Urol 155: 10–13

Klutke JJ, Subir C, Andriole G, Klutke CG (1999) Long-term results after antegrade collagen injection for stress urinary incontinence following radical retropubic prostatectomy. Urology 53: 974–977

Stothers L, Goldenberg SL, Leone EF (1998) Complications of periurethral collagen injection for stress urinary incontinence. J Urol 159: 806–807

Schneider T, Sperling H, Rossi R, Schmidt S, Rübben H (2005) Do early injections of bulking agents following radical prostatectomy improve early continence? World J Urol. 23(5):338-42

Radadia KD, Farber NJ, Shinder B, Polotti CF, Milas LJ, Tunuguntla H (2017) Management of Post Radical Prostatectomy Urinary Incontinence: a Review. pii: S0090-4295(17)31064-6. doi: 10.1016/j.urology.2017.09.025. [Epub ahead of print]

Chughtai B, Sedrakyan A, Isaacs AJ, Mao J, Lee R, Te A, Kaplan S (2016) National study of utilization of male incontinence procedures. Neurourol Urodyn. 2016 Jan;35(1):74-80. doi: 10.1002/nau.22683. Epub 2014 Oct 18

Lithotripsietechniken

P. Olbert

17.1 Einleitung – 218

17.2 Lithotripsietechniken und -technologien – 218

17.2.1 Mechanische Lithotripsie (Mauermeyer-Stein-Punch) – 218

17.2.2 Elektrohydraulische Lithotripsie (EHL) – 218

17.2.3 Laserlithotripsie – 219

17.2.4 Ultraschalllithotripsie – 221

17.2.5 Pneumatisch-ballistische Lithotripsie (LithoClast®) – 221

17.2.6 Kombination von LithoClast® und Ultraschall – 222

Literatur – 224

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_17

17.1 Einleitung

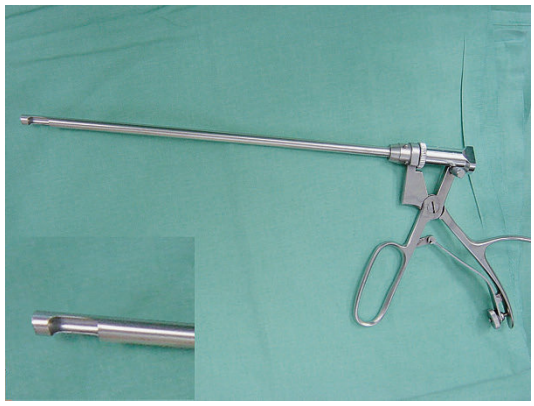
Die Möglichkeit, Steine der Harnblase und des oberen Harntrakts effektiv auf endoskopischem Wege, d. h. minimal-invasiv zu behandeln, hat heute die offen-operativen Interventionen zur Steinsanierung bis auf wenige Ausnahmen abgelöst. Harnsteine nahezu jeder Größe und Lokalisation werden entweder retrograd-ureteroskopisch oder perkutan-nephroskopisch erreicht, desintegriert und aus dem Hohlsystem entfernt.

17.2 Lithotripsietechniken und -technologien

17.2.1 Mechanische Lithotripsie (Mauermeyer-Stein-Punch)

Technologie und Funktionsweise

Der zu desintegrierende Stein kann durch die 2 ineinander koaxial verschieblichen Schäfte des Geräts in der an der Instrumentenspitze gelegenen Aussparung des Außenschafts festgeklemmt werden (◘ Abb. 17.1). Durch Betätigung des Handgriffs wird der Stein durch die gegeneinander geführte Scherbewegung der beiden Schäfte unter großen Druck gesetzt und fragmentiert. Durch die Übersetzung des großen Hebels am Handgriff des Instruments auf die kurze Scherbewegung der Schäfte kann eine sehr große Kraft auf den eingespannten Stein wirken. In das System ist eine 0°- oder 5°-Optik integriert, die ein Arbeiten unter Sicht ermöglicht. Zur sicheren Aufnahme des Steins ist eine Fixation an der Blasenwand notwendig, die Desintegration erfolgt im Lumen der Blase.



◘ **Abb. 17.1** Mechanische Lithotripsie durch Mauermayer-Stein-Punch. Der Stein wird zwischen den Außenschaft und den beweglichen Innenschaft eingeklemmt und durch Scherbewegung mechanisch zerkleinert

Indikationen

Aufgrund des großkalibrigen Instruments ist die mechanische Lithotripsie nur für Blasensteine einsetzbar. Es können Steine jeden Härtegrades fragmentiert werden. Limitierend für den Einsatz des Steinpunch ist die Steingröße, da für eine effiziente Desintegration eine sichere Fixation des Steins in der Steinaufnahme des Punchs Voraussetzung ist. Bei sehr großen Blasensteinen sollte vor Einsatz des Punchs eine Fragmentierung, z. B. mit der ballistischen Lithotripsie, erfolgen.

Aufgrund des hohen Zeitaufwands für die transurethrale Lithotripsie ist bei großen Blasensteinen ein offen-operatives Vorgehen mittels Sectio alta als zeitsparende Alternative zu erwägen.

17.2.2 Elektrohydraulische Lithotripsie (EHL)

Technologie und Funktionsweise

Eine EHL-Sonde arbeitet nach dem Prinzip einer Zündkerze in einer Flüssigkeit. Zwischen einer koaxialen ringförmigen und einer zentralen Elektrode, die isoliert sind, entsteht ein Funkenüberschlag (Grocela und Dretler 1997). Dieser Funkenschlag hat 2 Effekte:

- Der Funke selbst generiert eine Stoßwelle.
- Durch die Energie des Funkenschlags entsteht eine Kavitationsblase aus hocherhitztem Dampf. Diese Blase dehnt sich im inkompressiblen Medium Wasser blitzartig aus und erzeugt an der Grenzfläche zum Stein eine Stoßwelle, die in den Stein eingeleitet wird (◘ Abb. 17.2). Wenn die Kavitationsblase kollabiert, wird eine Zugwelle generiert, die ebenso desintegrative Wirkung auf den Stein hat.

Die Effizienz der EHL hängt von mehreren Faktoren ab: Der Abstand zwischen den Polen determiniert die Spannung, die zur Auslösung eines Funkenschlags erforderlich ist. Ein größerer Abstand erfordert eine höhere Spannung. Für die Erzeugung einer effektiven Stoßwelle ist ein rascher Spannungsanstieg und -abfall erforderlich. Eine konstant hohe Spannung erzeugt eine Dampfblase von konstanter Größe und damit keine Schockwelle. Wird die EHL-Sonde in direkten Kontakt mit dem Stein gebracht, kann nur eine minimale Menge Wasser erhitzt wer-

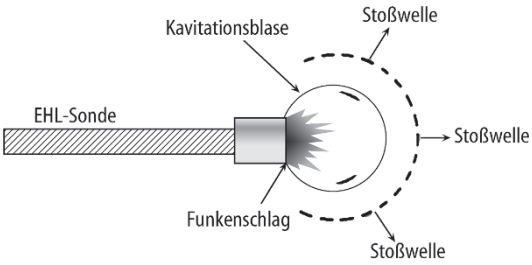


Abb. 17.2 Prinzip der elektrohydraulischen Lithotripsie. Zwischen einer zentralen und einer koaxialen Elektrode wird ein Funkenüberschlag erzeugt. Es entsteht eine Kavitationsblase, die sich konzentrisch ausbreitet

Abb. 17.3 Verschiedene Elektroden für die elektrohydraulische Lithotripsie

den, zu wenig, um eine effektive Kavitationsblase zu erzeugen. Die geringe, vom Funken direkt ausgehende Stoßwelle reicht für eine gute Desintegrationsleistung nicht aus. Es ist daher wichtig, einen geringen Abstand zum Stein einzuhalten (ca. 1 mm). Größere Distanz zum Stein wiederum verringert die Effektivität, da die Energie der Schockwelle mit zunehmendem Abstand zur Sonde rasch abnimmt (Grocela und Dretler 1997, Denstedt und Clayman 1990).

Indikationen

Aufgrund der Verfügbarkeit unterschiedlich dicker EHL-Sonden ist eine Anwendung prinzipiell im gesamten Harntrakt möglich. Blasensteine bis zu einer Größe von 2–3 cm werden mit dicken EHL-Sonden in Fragmente zerkleinert, die man anschließend durch den Zystoskopschaft ausspülen oder mit der Fasszange extrahieren kann. Größere, aber auch besonders harte, schwer zu fragmentierende Steine erfordern eine große Anzahl von EHL-Impulsen, womit das Risiko einer Blasenperforation deutlich steigt.

Mit der Verfügbarkeit von kleinerlumigen Sonden (5 F) wurde die Anwendung auch im Harnleiter möglich (Abb. 17.3). Die Desintegrationsrate liegt bei 80–90 %. Nachteilig bei der EHL sind die Möglichkeit einer Harnleiterperforation durch die Druckwelle (15 %), stärkere Blutungen mit Sichtverminderung bei der Ureteroskopie sowie direktes Einsprengen von Steinteilen in die Harnleiterwand. Bei impaktierten Steinen sollte mit der EHL-Sonde Abstand vom Stein genommen werden, da hier die Perforationsgefahr durch mangelnde Mobilität des Steins und das meist ohnehin entzündlich veränderte Steinbett besonders hoch ist. Besonders kleine Steine oder Fragmente von bereits desintegrierten Steinen sind für die EHL ebenfalls problematisch, da ein großer Teil der erzeugten Stoßwellen- und Wärmeenergie »am Stein vorbei« direkt auf die Ureterwandung trifft.

Mit sehr dünnen Sonden (1,6 F) und flexiblen Ureterorenoskopen ist eine EHL von Nierensteinen möglich, z. B. von Restkonkrementen in der unteren Kelchgruppe nach ESWL (extrakorporale Stoßwellenlithotripsie). Die Vor- und Nachteile der EHL sind in der Übersicht dargestellt.

Vor- und Nachteile der EHL

- Vorteile:
  - kostengünstige Technologie
  - hohe Desintegrationsleistung
  - anwendbar in starren und flexiblen Geräten
- Nachteile:
  - hohe Komplikationsraten, insbesondere bei Harnleitersteinen (Perforation, Hämaturie, Einsprengung von Steinteilen in das Urothel).

17.2.3 Laserlithotripsie

Technologie und Funktionsweise

Die Fähigkeit, hohe Energie fast ohne Verlust durch dünne flexible Sonden zu transportieren, hat zur Entwicklung der Steinlithotripsie mit Lasern geführt. Mulvaney und Beck fragmentierten 1968 mit einem Continuous-wave-Rubinlaser thermisch Harnsteine. Dauerstrichlaser sind jedoch nicht geeignet, Steine ohne thermische Schädigung des umgebenden Gewebes zu fragmentieren. Durch Übertragung

gepulster Laserenergie kann die thermische Wirkung reduziert werden. Vier verschiedene Laser wurden klinisch eingesetzt: gepulster Nd:YAG-Laser, Farbstofflaser, Alexandritlaser sowie Holmium: YAG-Laser.

Gepulster Q-switched Nd:YAG-Laser Mit dem gepulsten Nd:YAG-Laser wurde bei einer Wellenlänge von 1.064 nm und einer Pulsdauer von 8 ns eine Einzelpulsenergie von 20–80 mJ abgegeben. Mithilfe einer plasmainduzierten Schockwelle wurden Steine fragmentiert. Plasma entsteht durch Absorption des Laserpulses in Flüssigkeiten, Vaporisation und Entstehung einer Ionen- und Elektronenlawine, die auf den Stein gerichtet ist. Das entstehende Plasma absorbiert weitere Laserenergie und führt zu einer oszillierenden Plasmablase in der Flüssigkeit zwischen Faserspitze und Stein. Durch schnelle Expansion und Kollaps der Blase entstehen akustische Schockwellen, die zur Desintegration von Steinen unabhängig von ihrer Zusammensetzung führen.

Als nachteilig beim Nd:YAG-Laser erwiesen sich die empfindliche Faserspitze, die relativ geringe Desintegrationsleistung selbst bei einer 600-µm-Faser und der hohe Preis des Lasers, sodass sich diese Technologie nicht verbreitet hat. Ein frequenzverdoppelter Nd:YAG-Laser (532 nm) wird klinisch eingesetzt, jedoch können besonders harte Steine damit nicht desintegriert werden.

Gepulster Farbstofflaser Mithilfe eines blitzlampengepulsten Farbstofflasers kann Energie unterschiedlicher Wellenlänge – abhängig von der Art der Farbe – emittiert werden. Als optimal erwiesen sich 505 nm Wellenlänge, 1 µs Pulsdauer und ein Faserdurchmesser von 200 µm. Da die Pulsdauer des Farbstofflasers im Mikrosekundenbereich liegt, beruht der Fragmentationsmechanismus auf Absorption der Energie an der Steinoberfläche. Eine sphärische und symmetrische Kavitationsblase entsteht bei Kontakt der Laserfaser mit der Steinoberfläche. Durch Oszillation entsteht eine Schockwelle, wobei durch Kollaps der Blase starke Zugwirkungen im Stein entstehen. Klinisch wurden Farbstofflaser am häufigsten eingesetzt.

Nachteilig beim Farbstofflaser stellten sich die geringere Fragmentation harter und heller Steine und die Notwendigkeit, die Faser in Steinkontakt zu halten, dar.

Q-switched Alexandritlaser Mithilfe dieses blitzlampengepulsten Feststofflasers bei 755 nm Wellenlänge, einer Pulsdauer von 150–1000 ns und einer Energie pro Puls von 30–120 mJ lassen sich sowohl Plasma als auch Kavitationseffekte erzielen. Durch die Plasmaformation kommt es zu einem Verbrauch der Faser durch Abbrand. Thermische Wirkungen im Gewebe, ähnlich wie beim Farbstofflaser, sind möglich.

Bedingt durch hohe Anschaffungs- und Wartungskosten, empfindliche Spitzen (Nd:YAG-Laser), teilweise schwierige Fragmentation harter Steine (alle Laser) haben sich diese 3 Laser klinisch langfristig nicht durchgesetzt.

Holmium:YAG-Laser Die Vielseitigkeit diese Feststofflasers (Kombination des Seltene-Erde-Metalls Holmium mit Yttrium-Aluminium-Granat) sowohl zur thermischen Abtragung von Gewebe als auch zur thermisch-mechanischen Fragmentation von Harnsteinen führt zum Einsatz dieses Lasers. Die Parameter variieren je nach Hersteller mit einer Pulsdauer von 250–350 µs, Pulsenergie von 200–4.000 J, Pulsfrequenz von 5–45 Hz sowie Energie von 31–80 W. Die Steinfragmentation des Holmium:YAG-Lasers beruht auf photothermischen Effekten.

Durch Kontakt der Faserspitze mit dem Stein kann entweder ein Loch in den Stein gebohrt werden, oder es kommt an Bruchstellen zum Absplittern von Steinfragmenten.

Nachteilig beim Ho:YAG-Laser erweist sich die Möglichkeit der direkten thermischen Schädigung der Harnleiterwand, der Perforation des Harnleiters sowie der Zerstörung von Drähten oder Steinkörbchen bei Kontakt mit der Laserfaser. Besonders die Wellenlänge von 2.100 nm wird von Wasser absorbiert und kann somit zu Gewebeschäden führen. Bei der Fragmentation von Harnsäuresteinen entsteht Zyanid, was klinisch jedoch bisher zu keinen nachteiligen Effekten geführt hat.

Klinisch erweist sich der Ho:YAG-Laser bei der Steinfragmentation aufgrund seiner thermischen Wirkung im Vergleich zu Schockwelleneffekten als langsamer.

Indikationen

Die Domäne der Laserlithotripsie sind Steine des oberen Harntrakts, insbesondere die Harnleitersteine. Bis auf wenige Ausnahmen wird klinisch nur noch der Ho:YAG-Laser eingesetzt. In der perkutanendoskopischen Steinsanierung erscheint die primäre Laserapplikation wegen der meist großen Steinmasse nicht sinnvoll.

Zur Fragmentierung von Restkonkrementen in Kelchen, die über den perkutanen Zugang mit starren Instrumenten wie Ultraschall oder Lithoklast nicht zugänglich sind, hat der Laser seinen Stellenwert. Ein

flexibles Ureterorenoskop wird entweder über den perkutan eingebrachten Nephroskopschaft oder retrograd vor Ort gebracht und kann den Laser so effektiv zum Einsatz bringen. Die Vor- und Nachteile der Laserlithotripsie sind in der Übersicht dargestellt.

Vor- und Nachteile der Laserlithotripsie

- Vorteile:
  - Anwendung in flexiblen und starren Endoskopen
  - beim Ho:YAG-Laser nahezu vollständige Vaporisierung des Steins, meist keine Extraktion von Desintegraten nötig
- Nachteile:
  - hohe Kosten
  - thermische Wirkungen des Lasers mit Perforation (Ho:YAG)

17.2.4 Ultraschalllithotripsie

Technologie und Funktionsweise

Ultraschallwellen können mechanisch, thermisch, elektrostatisch oder piezoelektrisch erzeugt werden. Bei der Ultraschalllithotripsie wird ein piezokeramisches Plättchen durch elektrische Energie in hochfrequente Vibrationen versetzt. Wird dieser »Ultraschallgenerator« an eine – solide oder hohle – Metallsonde gekoppelt, dann wird die Sonde bis an ihre Spitze ebenfalls in Schwingung derselben Frequenz versetzt. Bei Kontakt zwischen Stein und Sonde wird nun diese Schwingungsenergie (20–30 kHz) auf den Stein übertragen, und es entsteht eine Bohrwirkung.

Durch den langen Übertragungsweg der Ultraschallvibrationen kommt es zu einem Energieverlust, besonders wenn die starre Sonde gebogen wird, wodurch Wärme entsteht. Dies ist insbesondere bei der retrograden Anwendung im Ureter zu beachten. Dickere Ultraschallsonden sind hohl, sodass während des Fragmentationsprozesses gleichzeitig Steinteile abgesaugt werden können und durch die abgesaugte Spülflüssigkeit eine kontinuierliche Kühlung der Sonde erfolgt (Fuch 1988).

Indikationen

Die Ultraschalllithotripsie wird optimal bei der perkutanen Nephrolitholapaxie (PNL) eingesetzt. Insbesondere bei weicheren Steinen eignet sich die Ultraschalllithotripsie zur Desintegration bei großer Steinlast, insbesondere, weil kleine Fragmente und Steinmatrix sofort abgesaugt werden. Beim perkutanen Zugangsweg ist eine Biegung des Instruments nicht nötig, wodurch einer Überhitzung vorgebeugt wird. Das Nierenparenchym sowie der gesamte Arbeitstrakt sind außerdem durch den Nephroskopschaft gegen die – insbesondere bei großer Steinmasse – unvermeidliche Erwärmung der Sonde geschützt. Die Effizienz des Ultraschalls wird bei der PNL durch simultane Anwendung mit dem LithoClast® weiter gesteigert (▶ Kap. 17.2.5, 17.2.6).

Eine Anwendung im Ureter ist prinzipiell möglich. Bei mobilen Steinen kann es sich als problematisch erweisen, den notwendigen Steinkontakt und Druck auf den Stein herzustellen, ohne eine unerwünschte Retromanipulation zu erreichen. Im Harnleiter ist die Wärmeentwicklung an der Sonde zu beachten, um thermische Schäden am Ureter zu vermeiden. Bei der Blasensteinlithotripsie kommt der Ultraschall ebenfalls zur Anwendung, insbesondere in Kombination mit dem LithoClast®.

Vor- und Nachteile der Ultraschalllithotripsie

- Vorteile:
  - niedrige Komplikationsrate wegen geringer Gewebetraumatisierung (nur mechanisch)
  - simultane Absaugung von Steinen
  - hohe Effizienz bei weicheren Steinen in Kombination mit dem LithoClast® bei Steinen aller Härtegrade
  - kostengünstig, wiederverwendbare Sonde
- Nachteile:
  - nur in starren Endoskopen anwendbar
  - Sondenerwärmung (Ureter!)

17.2.5 Pneumatisch-ballistische Lithotripsie (LithoClast®)

Technologie und Funktionsweise

Das LithoClast®-Prinzip beruht auf der direkten Einleitung einer Stoßwelle über eine solide Metallsonde in den Stein. Über einen Druckluftgenerator wird eine Stahlkugel in definierter Frequenz (1–12 Hz) auf des Ende einer im Gerätehandstück befindlichen Metallsonde geschossen. Damit wird eine Stoßwelle generiert, die durch die Sonde bis an deren Spitze fortgeleitet und bei direktem Steinkontakt in den Stein eingeleitet wird. Diese Lithotripsietechnik erweist sich bei Steinen aller Härtegrade als sehr effektiv.

Anfänglich nur für starre Endoskope verfügbar, wurden auch flexible LithoClast®-Sonden entwickelt.

Die Gewebetraumatisierung durch die LithoClast®-Lithotripsie ist auch bei direktem Sondenkontakt minimal. Eine Fixation des Steins an der Wandung des betreffenden Hohlorgans ist ideal, eine effektive Lithotripsie ist jedoch auch am mobilen Stein möglich, da die wirksame Stoßwelle, auch wenn der Stein von der Sondenspitze wegspringt, bereits in den Stein eingeleitet wurde. Die höchste Effizienz erreicht der LithoClast® in Kombination mit dem Ultraschall bei der perkutanen Nephrolitholapaxie (▶ Kap. 17.2.6).

Indikationen

Durch den Einsatz in starren und flexiblen Endoskopen kann die ballistische Lithotripsie prinzipiell im gesamten Harntrakt zum Einsatz kommen. Bei der PNL bietet sie die Möglichkeit zur hocheffektiven Fragmentierung aller Steinarten, wobei bei alleiniger LithoClast®-Anwendung die Entfernung der entstandenen Fragmente mittels Zange oder Spülung notwendig ist. Sind LithoClast® und Ultraschall nicht im Kombinationsmodus verfügbar, ist eine abwechselnde Anwendung durchaus sinnvoll.

Im Harnleiter kommt der LithoClast® sowohl im starren als auch im flexiblen Endoskop zur Anwendung. Die effektivste Fragmentierung gelingt im Harnleiter bei impaktierten Steinen, wobei hier die Gefahr einer Perforation im meist entzündlich veränderten Steinbett besteht. Eine weitere Möglichkeit zur Steinfixierung besteht in der vorherigen Aufnahme in einem Körbchen, das gegen den LithoClast® fixiert werden kann. Hierbei ist darauf zu achten, nicht die Drähte des Körbchens zu fragmentieren (Teh et al. 1998, Hofmann et al. 1996).

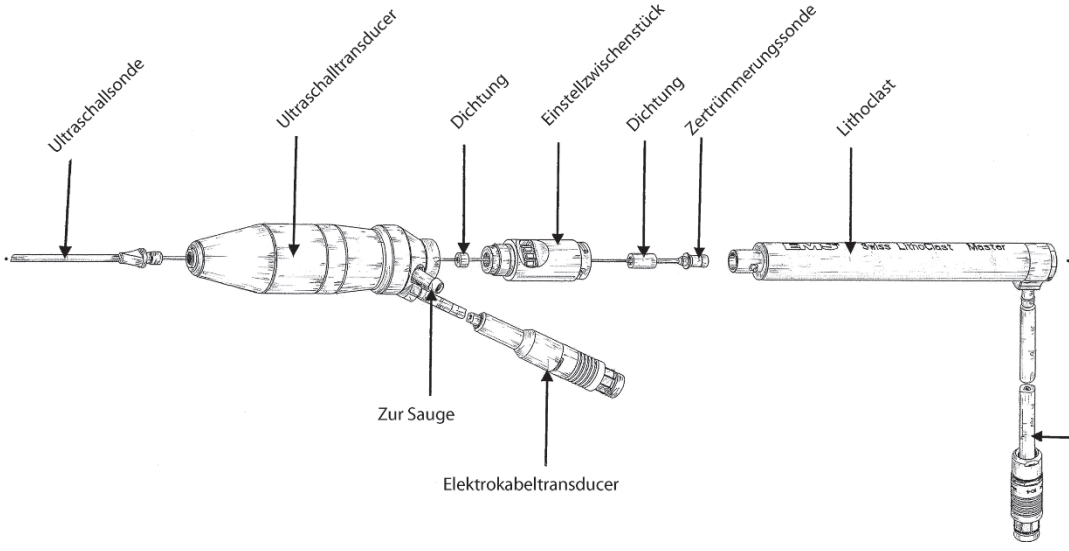
Vorteile und Nachteile der pneumatisch-ballistischen Lithotripsie

- Vorteile:
  - hohe Desintegrationsleistung bei Steinen aller Härtegrade
  - Anwendbar in flexiblen und starren Instrumenten
  - höchste Effizienz in Kombination mit Ultraschall
  - kostengünstig
  - geringe Komplikationsrate
- Nachteile:
  - keine simultane Fragmententfernung
  - Propulsion des Steins

17.2.6 Kombination von LithoClast® und Ultraschall

Technologie und Funktionsweise

Die Funktionsweise der Ultraschall- und der ballistischen Lithotripsie als Einzelkomponenten wurden in den vorangehenden Abschnitten erläutert. Seit 2001 ist ein Kombinationsgerät zugelassen (LithoClast® Master/Ultra, EMS, Nyon, Schweiz), das beide Funktionseinheiten in einem Instrument vereint (◘ Abb. 17.4). LithoClast®-Handstück und Ultraschallgene-



◘ **Abb. 17.4** Prinzip der Kombination von Ultraschall und Lithoclast®

Abb. 17.5 Distales Ende der Sonde. Die LithoClastsonde ragt gering aus der Ultraschallsonde heraus

rator sind in einem gemeinsamen Handstück kombiniert.

Die LithoClast®-Sonde läuft im Lumen der hohlen Ultraschallsonde, und ihre Spitze ragt 0,5–1 mm daraus hervor, sodass bei geringem Anpressdruck Steinkontakt zu beiden Sonden besteht (Abb. 17.5). Bei Aktivierung beider Komponenten kommen somit die Desintegrationsleistungen von Ultraschall und LithoClast®, die auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien beruhen, in synergistischer Weise zum Einsatz. Weiterhin kann – ebenfalls simultan – die volle Saugleistung durch die Ultraschallsonde genutzt werden, was folgende Vorteile bietet: Kleine Fragmente (<2 mm) und Steinmatrix werden abgesaugt, noch zu desintegrierende, flottierende Steinanteile werden an die Instrumentenspitze gesaugt. Lithoclast®, Ultraschall und Saugpumpe können unabhängig voneinander aktiviert werden.

Experimentelle Studien an Kunststeinen konnten zeigen, dass die Desintegrationsleistung bei kombiniertem Einsatz beider Komponenten den Einzeleinsatz von LithoClast® oder Ultraschall um ein Vielfaches übertrifft (Olbert et al. 2003). Steine fragmentieren früher und sind schneller komplett desintegriert, sodass die Fragmente ohne den zusätzlichen Einsatz einer Extraktionszange abgesaugt werden können (Tab. 17.1).

Indikationen

Die Kombination beider Lithotripsieprinzipien ist an ein starres, großlumiges Endoskop gebunden und eignet sich nur für die perkutane Nephrolitholapaxie (PNL) oder die Blasensteinlithotripsie. Klinische Studien konnten die effektive und sichere Desintegration auch bei hoher Steinlast in der Niere nachweisen (Hofmann et al. 2002). Im randomisierten Vergleich zum Ultraschall konnte auch in vivo die Überlegenheit des Kombinationsgerätes gezeigt werden (Pietrow et al. 2003). Vor- und Nachteile des Verfahrens sind in der Übersicht dargestellt.

Vorteile und Nachteile des Kombinationsmodus

- Vorteile:
  - hohe Desintegrationsleistung
  - simultane Absaugung
  - kostengünstig durch wiederverwendbare Komponenten
  - niedrige Komplikationsrate
- Nachteile:
  - Verwendung nur in starren Endoskopen möglich

Zusammenfassend zeigt Abb. 17.6 eine schematische Darstellung der Lithotripsietechniken.

Tab. 17.1 Mittlere Lithotripsiedauer bis zur ersten Fragmentierung bzw. bis zur vollständigen Desintegration bei artifiziellen Steinen. Angegeben ist die erste Fragmentierung/vollständige Desintegration in Sekunden [s]

Härte des Kunststeins [n/m²]	Ultraschall	LithoClast®	Kombination
9	244/[a]	257/[a]	11[b]/289
27	254/[a]	582/[a]	3[b]/760
85	600/[a]	600/[a]	3[b]/660
110	526/[a]	497/[a]	5[b]/990
120	265/[a]	270/[a]	3[b]/295

[a] Keine vollständige Fragmentierung innerhalb 20 min, [b] $p<0{,}005$ vs. LithoClast® und Ultraschall

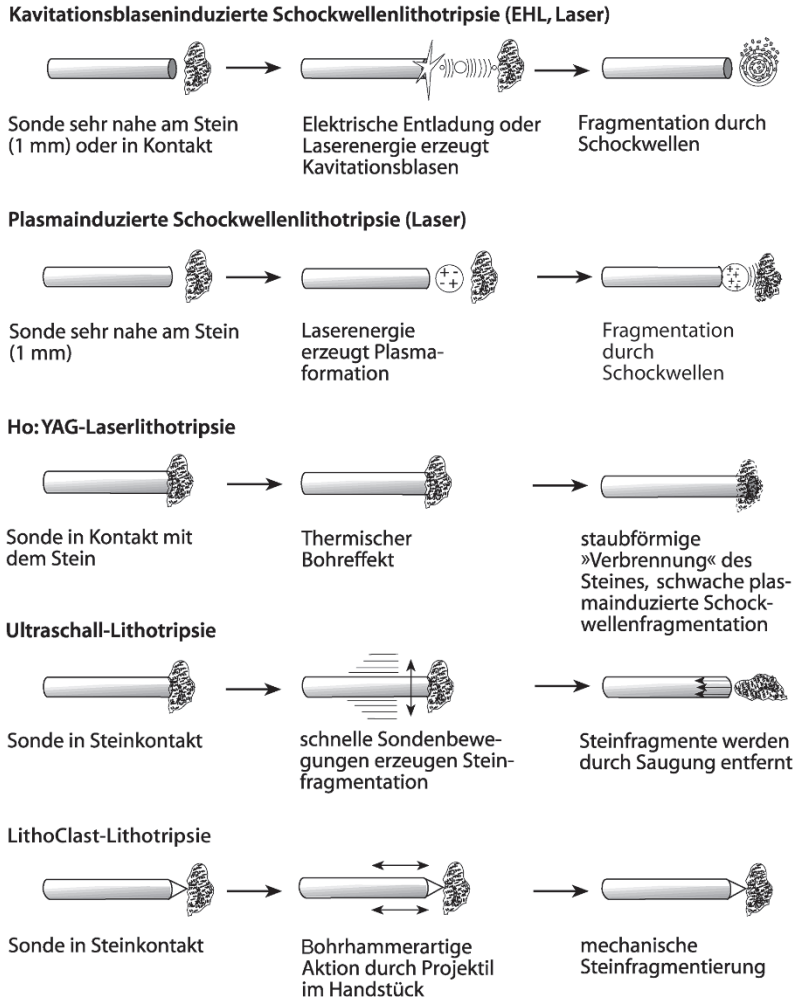


Abb. 17.6 Mechanismen verschiedener Lithotriptoren

Literatur

Grocela JA, Dretler SP (1997) Intracorporeal lithotripsy. In: Resnick MI (ed): The Urologic Clinics of North America, Vol. 24. Philadelphia: Saunders, pp 13–23

Denstedt JD, Clayman RV (1990) Electrohydraulic lithotripsy of renal and ureteral calculi. J Urol 143: 13–17

Fossion LM, Bogaert GA and Goethuys HJ et al. (1999) Preliminary experience with the Holmium YAG laser in the treatment of soft tissues and cystine stones in children. Ann Urol 33: 320–327

Teichmann JM, Vassar GJ, Glickman RD et al. (1998) Ho YAG lithotripsy efficiency varies with stone composition. Urology 52: 392–397

Fuch G (1988) Ultrasonic lithotripsy in the ureter. Urol Clin North Am 15: 347–352

Teh CL, Zhong P, Preminger GM (1998) Laboratory and clinical assessment of pneumatically driven intracorporeal lithotripsy. J Endourol 12: 163–169

Hofmann R, Pickl U, Hartung R (1996) The Lithoclast Master – an improved mechanic lithotriptor. J Urol (A) 155: 331

Olbert P, Weber J, Hegele A et al. (2003) Combining LithoClast and ultrasound power in one device for percutaneous nephrolithotomy: in vitro results of a novel and highly effective technology. Urology 61: 55–59

Hofmann R, Olbert P, Weber J et al. (2002) Clinical experience with a new ultrasonic and LithoClast combination for percutaneous litholapaxy. Eur Urol 90: 16–19

Pietrow PK, Auge BK, Preminger GM et al. (2003) Clinical efficacy of a combination pneumatic and ultrosonic lithotrite. J Urol 169: 1247–1249

Transurethrale Lithotripsie von Blasensteinen

R. Hofmann

18.1 Einleitung – 226

18.2 Lithotripsie – 226

18.3 Steinpunch – 227

Literatur – 228

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_18

18.1 Einleitung

Blasensteine sind für den Patienten meist symptomlos. Selten treten eine rezidivierende Makrohämaturie oder eine Unterbrechung des Harnstrahls durch Ventilwirkung des Steins auf. Meist dominiert jedoch die Symptomatik der fast immer gleichzeitig bestehenden subvesikalen Obstruktion durch die Prostata. Ausnahmen können Infektsteine bilden (Abrahams und Stoller 2002).

Blasensteine lassen sich im Ultraschall oder auf der Röntgenleeraufnahme erkennen. Blasensteine entstehen beim Mann immer durch eine subvesikale Obstruktion – selten bei einer hypokontraktilen hypotonen Blase (Chen et al. 2001) –, sodass immer eine *Steinlithotripsie und TURP* oder eine suprapubische Adenomektomie mit Steinentfernung erfolgen sollte. Blasensteine sind bei Frauen sehr selten. Eine subvesikale Obstruktion oder neurogene Blase müssen bei Frauen ausgeschlossen werden. Katheterreste, Reste eines geplatzten Katheterballons oder andere Fremdkörper können Kristallisationskeime für einen Stein darstellen.

18.2 Lithotripsie

Die Lithotripsie des Blasensteins sollte *vor* der TURP erfolgen. Ist es einmal aufgrund der Größe der Prostata oder eines ausgeprägten Mittellappens nicht möglich, den Stein zu erreichen, so kann zunächst die TURP erfolgen. Es ist jedoch auf eine sehr gute Blutstillung zu achten, da sonst der Stein nicht erkannt wird und die Gefahr der Blasenperforation besteht.

Für die Lithotripsie eignen sich *Ultraschall* (Lutzeyer et al. 1970), *mechanische Lithotripsie (LithoClast)* oder die Kombination von LithoClast und Ultraschall (*LithoClast Master, EMS*) (Hofmann et al. 2002a und 2002b) sowie der *Holmium:YAG-Laser*.

Es sollten möglichst dicke Sonden eingesetzt werden, da eine Absaugung von Steinfragmenten durch das Lumen der Ultraschallsonde erfolgt (Abb. 18.1). Die Fragmentationsleistung verbessert sich bei alleinigem Einsatz des LithoClast ebenfalls bei Verwendung einer dickeren Sonde (8 Char).

Als Endoskop eignet sich ein 24 Char Nephroskop. Am effektivsten ist die Kombination Ultraschall/pneumatische Lithotripsie. Am besten eignet sich eine Frequenz von 2–4 Hz beim Lithoclast, da damit eine gleichzeitige Wirkung von pneumatischer und Ultraschalllithotripsie erreicht wird. Hohe Frequenzen (–12 Hz) des Lithoclasten führen dazu, dass die

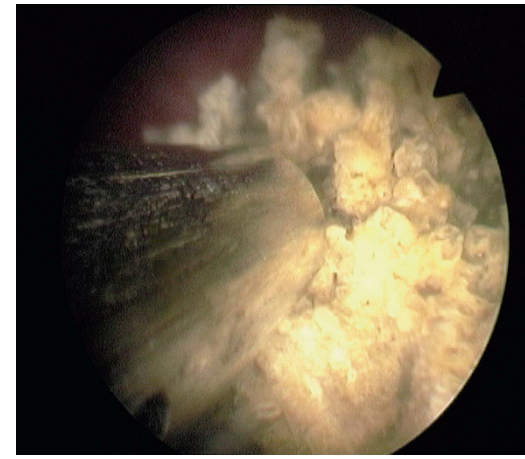


Abb. 18.1 Ultraschalllithotripsie eines Blasensteins. Gleichzeitige Absaugung der Steinfragmente durch die Sonde

Fragmentation fast ausschließlich durch die pneumatische Lithotripsie erfolgt, da der Ultraschall kaum Kontakt mit dem Stein erreicht. Ist der Stein fragmentiert, so empfiehlt es sich, die Lithoclastsonde zu entfernen und nur noch mit dem Ultraschall zu desintegrieren, da die Absaugleistung durch die Ultraschallsonde verbessert ist.

Ballistische Fragmentation sollte vorsichtig angewandt werden, da der Stein weggedrückt wird. Alternativ kann ein Holmium-YAG Laser (HoLEP) verwendet werden. Durch einen 7 Char UK wird die 550 micron Faser geführt und desintegriert den Stein im direkten Kontakt (40–50 W, 1 J).

Steine mit glatter Oberfläche lassen sich zunächst schwer fragmentieren, da sie der Sonde ausweichen. Es empfiehlt sich, an einer Unebenheit oder Vertiefung an der Oberfläche anzusetzen und zunächst ein Loch in den Stein zu bohren. Von den Bruchflächen des Steins aus erfolgt dann eine weitere Fragmentierung. Beim Ultraschallbohrer oder LithoClast muss der Stein mit geringem Druck an der Blasenwand fixiert werden, um ein Abgleiten des Steins zu verhindern. Es sollte jedoch darauf geachtet werden, dass die Sonde nicht abrutscht und zu mechanischen Alterationen der Blasenwand oder einer Perforation führt.

Die elektrohydraulische Lithotripsie mit einer Funkenentladung zwischen einer zentralen und koaxialen Elektrode birgt die Gefahr der Blasenperforation, der Blutung aus der Blasenschleimhaut durch direkte Einwirkung der Schockwelle oder Einsprengung von Steinfragmenten sowie der Zerstörung der Linse des Instruments durch die Explosion. Berühmt war ein russisches Model (Urat) (Frohmüller 1971).

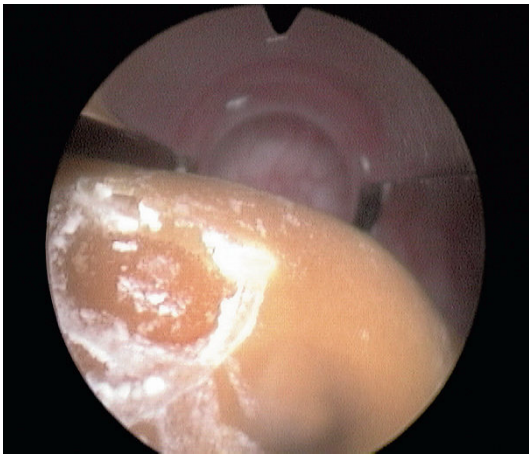


Abb. 18.2 Steinpunch nach Mauermayer mit eingeklemmtem Stein. Der Stein hat eine glatte Oberfläche und gleitet leicht wieder aus dem Punch heraus. Die Oberfläche ist bereits etwas abgebrochen

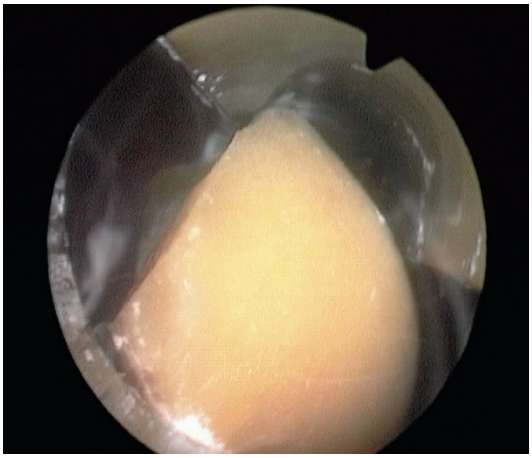


Abb. 18.3 Steindesintegrat im Punch. Nach erneuter Fragmentation wird dieses direkt mit dem Punch aus dem Schaft entfernt

18.3 Steinpunch

Ist der Stein grob fragmentiert, sollte zur weiteren Verkleinerung der Steinpunch eingesetzt werden (Mauermayer und Hartung 1976). Die Lithotripsie mit Ultraschall oder LithoClast bei kleineren Fragmenten ist schwierig, da diese nicht gut am Blasenboden oder der Blasenhinterwand fixiert werden können.

Wichtig ist, dass der Steinpunch *immer im geschlossenen Zustand* in den Instrumentenschaft eingeführt wird, da sonst eine Perforation an der Blasenhinterwand entsteht. Für die mechanische Lithotripsie sollte die Blase gering gefüllt sein.

Zunächst sollten die Steinfragmente sicher identifiziert werden, die sich *ohne oder bei reduzierter Spülung am Blasenboden sammeln*. Die Sicht in der Blase ist bei geschlossenem oder nur gering geöffnetem Punch am besten. Größere Steinfragmente werden in den Punch eingeklemmt (Abb. 18.2).

Tipps

Es ist nun darauf zu achten, dass keine Blasenschleimhaut mit eingeklemmt wurde. Die Lithotripsie erfolgt erst, wenn der Punch mit dem Stein in die Mitte des Blasenlumens angehoben wurde.

Steinteile verklemmen sich nach der mechanischen Lithotripsie im Punch und werden sofort zusammen mit dem Punch aus dem Instrument herausgezogen (Abb. 18.3). Fast immer findet sich eine lästige *Luftblase* am Ende des Steinpunchs, die beim erneuten Einführen des Punchs in das Instrument mit eingebracht wird. Die Sicht durch den Steinpunch ist am besten bei geschlossenem Punch (mit eingeschränktem Gesichtsfeld) oder weit geöffnetem Punch (größeres Gesichtsfeld, jedoch Gefahr der Perforation). Luftblasen verschwinden ebenfalls am besten aus dem Schaftende bei komplett ausgefahrenen oder komplett eingezogenen Punch.

Tipps

Die Luftblase kann entfernt werden durch

- Zu- und Ablauf der Spülflüssigkeit (»Spielen mit dem Zu-/Ablaufhahn«)
- Schütteln des Instruments
- Öffnen des Zulaufs, geringes Öffnen des Punchs und Drehen des Instruments um 180°, sodass die Luft nach oben abgespült wird
- Komplettes Einziehen oder komplettes Ausfahren des Punchs im Schaft

Die Steinfragmente werden nach der Lithotripsie mit der Glaskolbenspritze oder dem Ellik-Evakuator abgesaugt.

Meist lassen sich die Steine nur aufwirbeln und absaugen, jedoch nicht mehr aus der Glaskolbenspritze herausspritzen. Hat sich viel Steinschutt angesammelt, so sollte die etwas gefüllte Glaskolbenspritze aufgeschraubt werden und der Stempel entfernt

werden, damit die Steinteilchen herausgeschwemmt werden.

Tipps

Um möglichst die Steine nicht aufzuwirbeln, sollte

- die Sedimentation der Steine zum Blasenboden abgewartet werden,
- das Pendelvolumen der Spülung und Saugung gering sein (geringe Bewegung mit dem Kolben oder Ellik-Evakuator),
- der Schaft zum Blasenboden gerichtet werden,
- eine Kopftieflagerung des Patienten erfolgen, um Steine aus dem Rezessus hinter dem Prostatamittellappen zu bewegen.

Steine, die sich nicht ausspülen lassen, müssen mit dem Punch weiter desintegriert und zusammen mit dem Punch aus dem Schaft gezogen werden. Während des gesamten Lithotripsievorgangs sollte darauf geachtet werden, die Blasenschleimhaut möglichst wenig zu verletzen, da eine diffuse Blutung aus der Schleimhaut die Sicht während der Lithotripsie empfindlich stören kann.

Literatur

Abrahams HM, Stoller ML (2002) Infection and urinary stones. Curr Opin Urol 13: 63–67

Chen Y, de Vivo MJ, Lloyd LK (2001) Bladder stone incidence in persons with spinal cord injury: determinants and trends 1973–1996. Urology 58: 665–670

Lutzeyer W, Pohlmann R, Terhorst B, Cichos M (1970) Die Zerstörung von Harnsteinen durch Ultraschall I: Experimentelle Untersuchungen. Urol Int 25, 47–50

Hofmann R, Olbert P, Weber J, Wille S, Varga Z (2002) Clinical experience with a new ultrasonic and lithoclast combination for percutaneous litholapaxy. Br J Int 90: 16–19

Hofmann R, Weber J, Heidenreich A, Varga Z, Olbert P (2002) Experimental studies and first clinical experience with a new LithoClast and ultrasound combination for lithotripsy. Eur Urol 42: 376–381

Frohmüller H (1971) Elektrohydraulische Lithotripsie mit Direktaspiration der Konkrementtrümmer. Urol A 10: 30–33

Mauermayer W, Hartung R (1976) Der Stein-Punch, ein neues Prinzip zur Sicht-Lithotripsie. Urol A 16: 42–44

Endoskopie des Ureters und der Nieren

Kapitel 19 **Ureterorenoskopie (URS) – 231**
L. Skrobek

Kapitel 20 **Perkutane endoskopische Therapieverfahren der Niere – 261**
C. Keil

Kapitel 21 **Endoskopische Therapie der Nierenbeckenabgangsenge – antegrade oder retrograde Laserendophyletomomie (LEP) – 297**
K. Klein, J. Rassweiler

Kapitel 22 **Harnleiterschienung – 309**
S. Sevinc, R. Hofmann

Kapitel 23 **Sonografisch gesteuerte Punktionen – 321**
R. Häußemann

Ureterorenoskopie (URS)

L. Skrobek

19.1 Einleitung – 233

19.2 Instrumentenkunde – 233
19.2.1 Semirigide Ureterorenoskope – 233
19.2.2 Flexible Ureterenoskope – 233
19.2.3 Schleusen, Zangen und Körbchen – 234

19.3 Indikationsstellung und präoperative Diagnostik – 237
19.3.1 Indikationen zur ureterorenoskopischen Steinbehandlung – 237
19.3.2 Indikationen zur ureterorenoskopischen Diagnostik – 237
19.3.3 Indikationen zur ureterorenoskopischen Behandlung von Tumoren des oberen Harntraktes – 238
19.3.4 Präoperative Diagnostik – 238

19.4 Patientenaufklärung und -vorbereitung – 239
19.4.1 Aufklärung – 239
19.4.2 Präoperative Vorbereitungen und Lagerung – 240

19.5 Durchführung einer URS mit semirigiden Instrumenten – 241
19.5.1 Harnröhrenpassage – 241
19.5.2 Zystoskopie – 241
19.5.3 Anlage eines Sicherheitsdrahtes – 242
19.5.4 Passage des Ostiums – 242
19.5.5 Passage des Harnleiters – 245
19.5.6 Tipps und Tricks – 246

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_19

19.6 Durchführung einer URS mit flexiblen Instrumenten – 247

19.6.1 Anlage eines Führungsdrahtes – 247
19.6.2 Einführen des flexiblen Ureterorenoskops – 247
19.6.3 Anlage und Umgang mit einer Schleuse – 247
19.6.4 Tipps und Tricks – 247

19.7 Endoluminale Diagnostik des oberen Harntraktes – 249

19.7.1 Weißlichtdiagnostik – 249
19.7.2 Photodynamische Diagnostik – 249
19.7.3 Probenentnahme zur Histologiegewinnung – 249

19.8 Steinbehandlung mittels URS – 250

19.8.1 Harnleiterkonkremente – 250
19.8.2 Nierensteine – 254

19.9 Tumorbehandlung mittels URS – 255

19.9.1 Mechanische Abtragung – 256
19.9.2 Lasertherapie – 256

19.10 Ureteroskopische Harnleiterschlitzung – 256

19.11 Komplikationen ureterorenoskopischer Eingriffe – 257

19.11.1 Intraoperative Komplikationen und Exit-Strategien – 257
19.11.2 Postoperative Komplikationen – 258
19.11.3 Spätkomplikationen – 259

Literatur – 259

19.1 Einleitung

Von den endoskopischen Techniken des Harntraktes stellt die Ureterorenoskopie (URS) die jüngste Innovation dar. Erst im Jahr 1980 wurde von E. Perez-Castro in Zusammenarbeit mit der Firma Karl Storz das erste starre Ureterorenoskop konzipiert. Es wies eine Länge von 50 cm bei einem Durchmesser von 12 Charr auf und hatte einen Arbeitskanal. Hiermit führte Perez-Castro neben der Endoskopie von Harnleiter und Nierenbecken die ersten endoskopischen Operationen des oberen Harntraktes an Tumoren, Steinen und Stenosen durch. H. Reuter war es, der im Jahr 1982 die elektrohydraulische Steindesintegrationstechnik erstmals zusammen mit der Ureterorenoskopie einsetzte. Dazu war von ihm, ebenfalls in Zusammenarbeit mit der Firma Karl Storz, ein Kompaktendoskop von 9,5 Charr Durchmesser und einem ovalären Operationskanal entwickelt worden.

Zur gleichen Zeit wurde auch erstmals der Ultraschall zur Desintegration von Harnleitersteinen eingesetzt. Schließlich stellte Ende der 1980er Jahre die Applikation von Lasern zur Steinbehandlung eine wichtige Neuerung dar. Dretler und Mitarbeiter berichteten 1987 erstmals über den Einsatz des gepulsten Farbstofflasers zur erfolgreichen endoskopischen Therapie von Steinen des oberen Harntraktes.

Die Entwicklungen während der letzten Jahrzehnte zielten v. a. auf eine Optimierung der Endoskopeigenschaften mit Verringerung des Querschnitts, Verbesserung der optischen Auflösung und Haltbarkeit der flexiblen Instrumente. Zudem wurden die Techniken zur Konkrementdesintegration weiter verbessert und Hilfsmittel wie Schleusen, Körbchen oder Steinfixierungsdevices entwickelt, sodass sich mittlerweile nahezu alle Nieren- und Harnleitersteine ureterorenoskopisch mit hoher Steinfreiheitsrate und komplikationsarm behandeln lassen. Dies hat nach der anfänglichen Euphorie über die extrakorporale Stoßwellenlithotrypsie (ESWL) in der Steintherapie des oberen Harntraktes zu einer deutlichen Zunahme der endoskopisch-operativen Verfahren auch bei Konkrementen des Nierenbeckenkelchsystems in den letzten Jahren geführt.

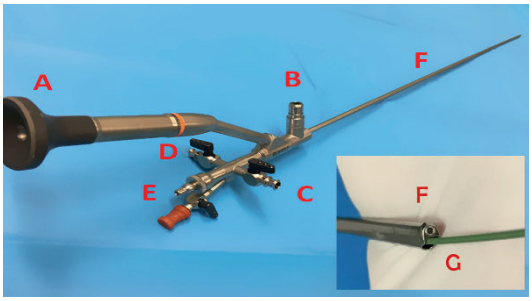


Abb. 19.1 Semirigides Ureterorenoskop von Wolf: A=Optik, B=Lichtkabelanschluss, C=Spülwasserzufluss, D=Spülwasserabfluss, E=Arbeitskanaleingänge, F=Schaftspitze mit Optik oben, G=Schaftspitze mit Arbeitskanalausgang unten (Draht einliegend)

19.2 Instrumentenkunde

19.2.1 Semirigide Ureterorenoskope

Semirigide oder starre Ureterorenoskope sind nur in sehr geringem Maße biegbar. Sie bestehen aus einer Optik, meist zwei Zugängen zum Arbeitskanal und Anschlüssen für die Lichtquelle sowie für Zu- und Abfluss des Spülwassers. Typische Vertreter sind in Abb. 19.1 aufgeführt und in Tab. 19.1 charakterisiert.

19.2.2 Flexible Ureterenoskope

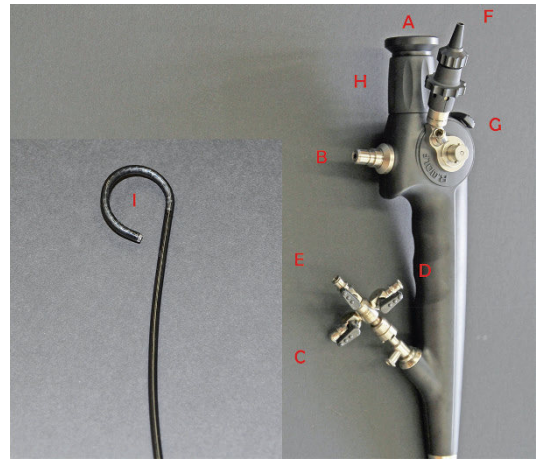
Leider muss der Vorteil der flexiblen Instrumentenspitze, mit der eine aktive Flexion von bis zu 275° möglich ist und mit der das gesamte Nierenbeckenkelchsystem erreicht werden kann, durch eine eingeschränkte Lebensdauer des Materials erkauft wer-

Tab. 19.1 Charakteristika einiger semirigider Ureterorenoskope

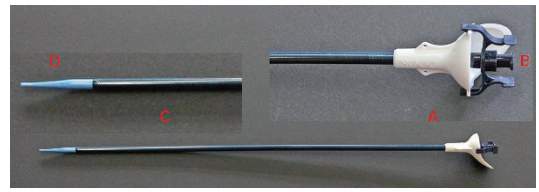
	Wolf	Storz	Olympus
Durchmesser Spitze/Schaft (Charr)	4,5–6,5/6,5–8,5	6,5–9/7–9,5	6,4–8,6/7,8–9,8
Länge (mm)	315–430	340–430	330–430
Blickrichtung	5°	6°	7°
Arbeitskanal (Charr)	3–6	4,8–6	4,2–6,4

den. So führen Drähte, Zangen oder Laserfasern, aber auch die relativ aufwändige Plasmasterilisation früher oder später zu Läsionen der Instrumentenbeschichtung, welche das Gerät unbrauchbar machen. Im Durchschnitt überlebt ein flexibles Endoskop zwischen 13 und 20 Einsätze, bevor es ausgetauscht werden muss. Daher werden durch die Hersteller auch flexible Ureterorenoskope zum Einmalgebrauch angeboten. Die optischen und funktionellen Eigenschaften können mittlerweile mit denen »klassischer« Instrumente durchaus mithalten, jedoch erscheinen die derzeitigen Kosten von ca. 1000,- € pro Einmalinstrument zunächst sehr hoch. Ein sterilisierbares Instrument mit o. g. Lebensdauer verursacht pro Einsatz jedoch mit 650,- bis 900,- € ebenfalls nicht unerhebliche Kosten.

Die technischen Weiterentwicklungen der URS in den letzten Jahren betrafen v. a. die flexiblen Instrumente und zielten auf eine Verlängerung der Lebensdauer sowie der optischen Eigenschaften. So konnte durch Einführung der »chip-on-the-tip«-Technologie mit digitaler Bildaufnahme an der Instrumentenspitze die Bildqualität deutlich verbessert werden. Zudem bleibt durch Wegfall der lichtleitenden, optischen Fasern mehr Raum für den Arbeits- oder Spülkanal, sodass mittlerweile auch bei flexiblen Instrumenten zwei Kanäle zur Verfügung stehen können (◘ Abb. 19.2, ◘ Tab. 19.2).



◘ **Abb. 19.2** Flexibles faseroptisches Ureterorenoskop von Wolf: A=Kameraanschluss, B=Lichtkabelanschluss, C=Spülwasserzufluss, D=Spülwasserabfluss, E=Arbeitskanal 3,6 Charr, F=Arbeitskanal 2,4 Charr, z. B. für Laserfaser, G=Steuerhebel, H=Fokussierungsrad, I=flektierte Spitze



◘ **Abb. 19.3** Hydrophiles Schleusensystem: A=weißes Handstück, B= schwarze Fixierung des blauen Mandrins und Kanal für Führungsdraht, C=schwarze hydrophile Schleuse, D=Spitze des blauen Mandrins

19.2.3 Schleusen, Zangen und Körbchen

Die »Waffenkammer« der Ureterorenoskopie hat sich gerade für die Arbeit mit flexiblen Instrumenten in den letzten Jahren deutlich erweitert. Während früher mit elektrohydraulischem Desintegrationswerkzeug und Zangen gearbeitet wurde, sind heute Laserfaser und Nitinolkörbchen Standard.

Hydrophile ***Schleusensysteme*** (◘ Abb. 19.3), welche einen wiederholten Zugang zum Harnleiter oder Nierenbecken während der Operation einfach und sicher machen, kommen in unserer Klinik fast ausschließlich bei der flexiblen Instrumentierung zum

◘ **Tab. 19.2** Charakteristika einiger flexibler Ureterorenoskope

	Wolf Cobra	Wolf Boa	Storz Flex Xc	Storz Flex X2	Olympus URF V2	Olympus URF P6
Durchmesser (Charr)	9,9	8,7	8,5	7,5	8,5	7,95
Flexion bds.	270°	270°	270°	270°	275°	275°
Arbeitskanal (Charr)	2,4 + 3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Optik	Digital	Faser	Digital	Faser	Digital	Faser
Besonderheit	2 Arbeitskanäle		HD + Bildverarbeitung »SPIES«		120° Drehring am Handstück	

Tab. 19.3 Schleusengröße und passende Endoskope

Charr. Mandrin/ Schleuse	Max. Charr. Flexible URS	Max. Charr. Semirigide URS
10/12	8,7	6,5
12/14	9,9	7,8
14/16	alle	9,8
Bemerkung	max. 12/14 erforderlich	Schleusenlänge beachten!

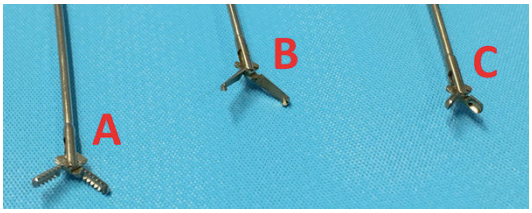


Abb. 19.4 Zangenmodelle: A=Krokodil-/Hechtmaulzange, B=Mäusezahnzange, C= Biopsiezange. Man beachte die Position der Scharniere, welche ebenfalls Platz beanspruchen. Die Zangen müssen also mindestens bis zum Beginn des Scharniers aus dem Endoskop heraus ragen, um geöffnet werden zu können

Einsatz. Wenn eine wiederholte Ostiumpassage erforderlich erscheint oder eine Harnleiterenge bougiert werden muss, ist die Verwendung eines Schleusensystems aber auch bei der semirigiden URS sinnvoll. Dabei sollte man vor dem Öffnen dieses Einmalprodukts unbedingt auf passende Länge und Durchmesser der Schleuse achten, da diese einen nicht unerheblichen Kostenfaktor darstellt. Tab. 19.3 gibt einen Überblick über die verschiedenen Modelle.

Die Anlage erfolgt immer über einen Führungsdraht im Harnleiter unter radiologischer Kontrolle. Und auch wenn mit den hydrophilen Schleusen eine Harnleiterbougierung relativ sicher durchzuführen ist, gilt wie bei allen endourologischen Eingriffen auch hier der Grundsatz: Gewalt ist keine Lösung. Ein Vorschieben der Schleuse gegen einen ausgeprägten Widerstand verbietet sich. Zudem ist darauf zu achten, dass sich der konische Mandrin beim Einführen nicht aus seiner Fixierung löst, da sonst die Schleimhaut des Harnleiters abgeschert werden kann. Ist bereits präoperativ abzusehen, dass eine Schleusenanlage erforderlich wird, sollte der Patient im Vorfeld mit einer Harnleiterschiene versorgt werden. Bei nicht vorgeschienten Patienten ist die Anlage einer hydrophilen Schleuse mit einer höheren Komplikationsrate behaftet und sollte vermieden werden.

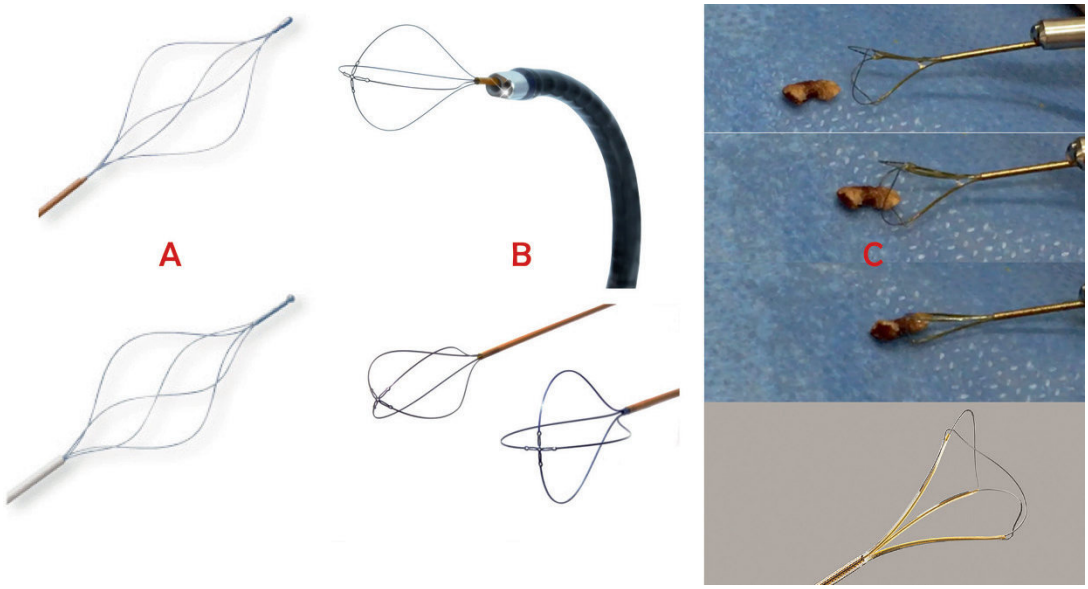
Tipps

1. Beim Vorschieben Daumen auf das Endstück des Mandrins legen und nicht nur die Schleuse fassen!
2. Zurückziehen geht immer, Vorschieben *nur mit Mandrin* und über einen Führungsdraht!
3. Der Mandrin ragt ca. 2 cm über die Schleuse heraus. Dies muss bei der radiologischen Lagekontrolle bedacht werden! Lieber Schleuse zu weit inserieren und dann zurückziehen als initial zu wenig vorschieben.
4. Der Bewegungsradius von flexiblen Instrumenten kann durch die Schleuse eingeschränkt werden, wenn die Schleuse zu weit ins Nierenbecken ragt.

Vorsicht beim Zurückziehen eines flexiblen Instrumentes durch die Schleuse! Ist das Instrument in Flexion kann die Außenhülle am Schleuseneingang beschädigt werden.

Endoskopische ***Zangen*** stehen schon lange in verschiedenen Formen zur Verfügung und werden hauptsächlich bei der semirigiden URS verwendet. Während zur Gewinnung von Gewebeproben die Biopsiezange zum Einsatz kommt, wird von den meisten Operateuren zur Extraktion von Konkrementen die sog. »Mäusezahnzange« bevorzugt. Im Vergleich zur sog. »Krokodil- oder Hechtmaulzange« erleichtern ihre spitzen Zähne das Fassen des Steines, erhöhen aber auch gleichzeitig das Risiko einer Harnleiterverletzung. Prinzipiell stehen diese Zangen in dünneren Versionen auch für die flexible URS zur Verfügung. Jedoch finden sie fast nur bei Probebiopsieentnahmen Verwendung, da eine Stein- oder Gewebeentfernung bei der flexiblen Endoskopie mit den Nitinolkörbchen wesentlich sicherer und einfacher durchführbar ist. Abb. 19.4 zeigt die gebräuchlichsten Zangenarten.

Nitinol- oder ***Dormiakörbchen*** sind für Interventionen bei der flexiblen URS mittlerweile fast unverzichtbar. Es handelt sich dabei um manuell produzierte, beschichtete und biegbare Fasersysteme, welche durch den Arbeitskanal eingeführt und im



Helical von Coloplast | Tipless von Optimed | pyramidenförmig von Cook

Abb. 19.5 Verschiedene Modelle von Nitinolkörbchen: A=helikale Körbchen von Coloplast, B=tipless Körbchen von Optimed, C=pyramidenförmiges Körbchen von Cook (Bildmaterial von den Firmen Coloplast (A), Optimed (B) und Cook sowie L. Skrobek (C))

Nierenbeckenkelchsystem zu einem Körbchen entfaltet werden können (Abb. 19.5). Nach Platzierung des Körbchens um das Konkrement, die Desintegrate oder einen exophytischen Tumor wird das System wieder geschlossen, sodass das Material sicher im Schlingenkörbchen fixiert ist und extrahiert werden kann. Die ersten dieser Steinkörbchen waren noch aus Metall gefertigt, sodass bei intraoperativen Problemen wie Faserbruch oder in einer Engstelle fixiertem Instrument regelmäßig über ernsthafte Gewebsverletzungen berichtet wurde (»Widerhakenbildung«).

Die Entwicklung der aufwändig zu produzierenden Nitinolsysteme stellte daher einen Meilenstein für die flexible URS dar, da nun ein sicheres und zuverlässiges Extraktionsinstrument verfügbar war. Mittlerweile werden spiralförmige Körbchen, kugelförmige Körbchen ohne überstehende Faserspitze (tipless) und pyramidenförmige Körbchen, bei denen sich die Öffnung nicht seitlich sondern zentral vorne befindet, in unterschiedlichen Größen angeboten. Die konkrete Auswahl richtet sich dabei nach anatomischen Verhältnissen, Steinform und nicht zuletzt nach dem finanziellen Budget. Während in vielen Situationen das pyramidenförmige Körbchen am vorteilhaftesten erscheint, ist es auch gleichzeitig das kostspieligste und wird unter dem Namen NGage© ausschließlich von der Firma Cook angeboten.

Wie bereits erwähnt, entstehen bei Verwendung des genannten Instrumentariums gerade bei der flexiblen URS zusätzliche und nicht unerhebliche Kosten, welche durch das DRG-System im Einzelfall nicht abgedeckt werden. Daher ist kritisch anzumerken, dass mit den entsprechenden zeitlichen und technischen Ressourcen zwar prinzipiell *jeder* Harnstein mittels URS behandelbar ist, die Indikationsstellung und Instrumentenwahl aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen sollte. So wird die flexible URS durch die Verwendung einer hydrophilen Schleuse und eines pyramidenförmigen Nitinolkörbchens zwar erheblich einfacher, aber eben auch erheblich kostspieliger und für eine Klinik auf Dauer nur durch eine Mischkalkulation tragbar. Erfahrene Operateure bedenken vor dem Öffnen von Einmalinstrumentarium daher stets sorgfältig ihre Auswahl und benötigen mit steigender Expertise erfahrungsgemäß immer weniger Hilfsmittel wie Schleusen oder Spezialkörbchen.

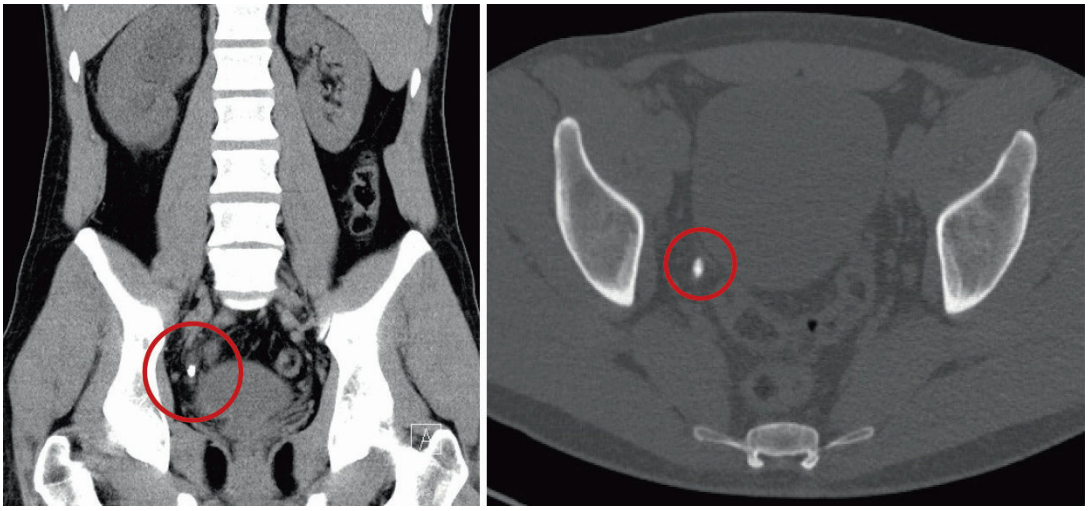


Abb. 19.6 Konkrement (kreismarkiert) im distalen Harnleiter rechts von 8 x 5 mm und einer Dichte von 900 HU: A=koronare Schicht, B=axiale Schicht

19.3 Indikationsstellung und präoperative Diagnostik

19.3.1 Indikationen zur ureterorenoskopischen Steinbehandlung

Prinzipiell kann nahezu jeder Harnstein mit der Ureterorenoskopie adäquat behandelt werden. Operationsdauer und Komplikationsrate steigen jedoch mit zunehmender Größe und proximaler Lage der Steine an. Zudem existieren mit der ESWL und der PNL ausgezeichnete Alternativen für die Behandlung von proximalen Harnleiter- oder großen Nierensteinen. Während das Konkrement oder die Steinstraße im distalen Harnleiter die klassische und nahezu alternativlose (Abb. 19.6, ESWL wegen Deckung mit Beckenknochen nicht durchführbar) Indikation darstellen, erfordern proximale Ureter- oder Nierensteine individuelle Entscheidungen je nach Steincharakteristika, Patientenpräferenz, Verfügbarkeit des Instrumentariums und Erfahrung des Operateurs.

In den letzten Jahren ist eine deutliche Zunahme der Ureterorenoskopien bei rückläufigen ESWL-Zahlen zu beobachten. Mittlerweile werden nahezu alle Harnleitersteine mit einer semirigiden URS und viele Nierenkonkremente bis 1,5 cm mit der flexiblen URS entfernt. Die verbesserten Instrumenteneigenschaften für die URS, die steigende Erfahrung der Operateure mit der flexiblen URS sowie eingeschränkte Verfügbarkeit und meist längere Zeit bis zur Steinfreiheit bei der ESWL könnten Gründe für diesen Wandel sein. Die publizierten Steinfreiheitsraten sind Tab. 19.4 (Harnleitersteine) und Tab. 19.5 (Nierensteine) zu entnehmen.

19.3.2 Indikationen zur ureterorenoskopischen Diagnostik

Die invasive endoskopische Diagnostik von Harnleiter und Nierenbecken dient der Bestätigung oder dem Ausschluss der Verdachtsdiagnose eines malignen Tumorleidens (meist Urothelkarzinom) des oberen Harntraktes (Abb. 19.7). Der Verdacht entsteht aufgrund von tumorverdächtigen, endoluminalen Raumforderungen in der Bildgebung (CT, retrograde Darstellung oder mittlerweile seltener IVP) oder bei zystoskopischem Nachweis einer Blutung aus einem Ostium. Auch eine suspekte Harnleiterspülzytologie kann erster Hinweis für ein Übergangsepithelkarzinom des oberen Harntraktes sein.

Tipps

Bei der Aufklärung wird häufig vergessen, dass neben der reinen Endoskopie (»Betrachtung«) auch über die Probenentnahme zur histologischen Sicherung und je nach Befund auch über die *Behandlung* des Tumors, z. B. mittels Laserablation informiert werden sollte. Die intraoperative Entscheidungsfreiheit ist sonst deutlich eingeschränkt und ggf. ein vermeidbarer Zweiteingriff erforderlich.

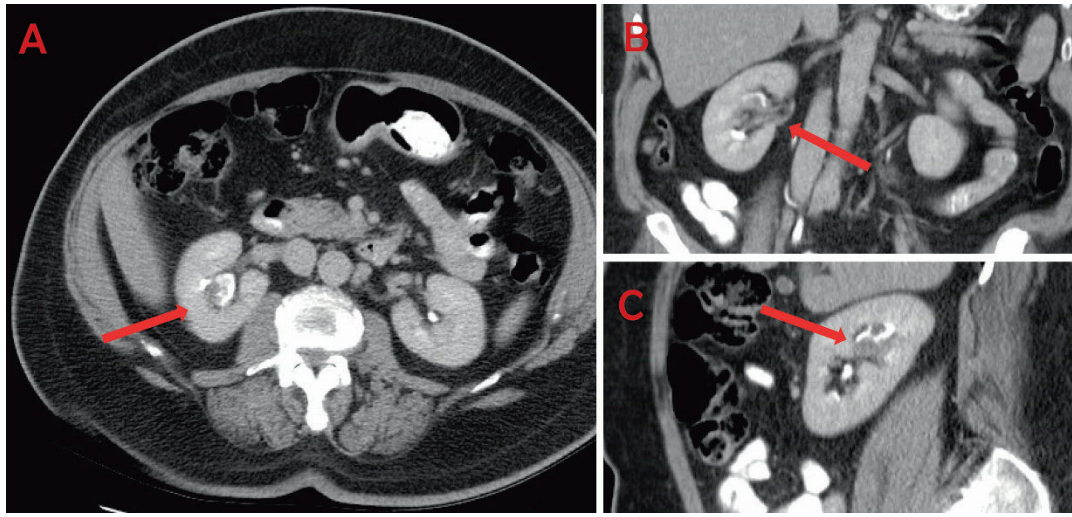


Abb. 19.7 Nierenbeckentumor rechts im KM-CT: Pfeil deutet auf intraluminalen Tumor, A=axiale Schicht, B=koronare Schicht, C=sagittale Schicht

19.3.3 Indikationen zur ureterorenoskopischen Behandlung von Tumoren des oberen Harntraktes

Als Goldstandard in der Therapie des Transitionalzellkarzinoms (TCC) des oberen Harntraktes gilt die Nephroureterektomie unter Mitnahme einer Blasenmanschette. Ein organerhaltendes endoskopisches Vorgehen mit Laserung eines oberflächlichen Tumors kann indiziert sein:

- bei eingeschränkter Nierenfunktion, z. B. bei Einzelniere,
- bei bilateralem Tumorgeschehen oder
- zur Palliation bei ausgeprägter Begleitmorbidität.

Im Vergleich zum perkutanen endoskopischen Vorgehen hat die ureterorenoskopische Therapie des TCC des oberen Harntraktes den Vorteil, dass sie bereits im Rahmen der diagnostischen Abklärung durch die URS stattfinden kann und man die potenzielle Gefahr der Punktionskanalmetastasen umgeht. Ureter*resektoskope* sind erhältlich, haben aber einen Kaliber von über 11 Charriere, sind mit diesem Durchmesser selten anwendbar und können nicht das gesamte Nierenbeckenkelchsystem erreichen. Meist werden Holmiumlaser im Koagulationsmodus zur Tumorablation eingesetzt, sodass auch eine flexible Instrumentierung möglich ist. Die Spülbedingungen und Sichtverhältnisse sind jedoch schlechter als bei einem perkutanen Vorgehen. Vor der Ablation eines Tumors sollten unbedingt repräsentative Gewebeproben gewonnen werden um den makroskopischen Karzinomverdacht histologisch bestätigen zu können.

19.3.4 Präoperative Diagnostik

Standarddiagnostik

Die präoperative Standarddiagnostik umfasst (neben allg. Anamnese, körperlicher Untersuchung und Ultraschall):

1. Anamnese:
   - Voroperationen, welche die Anatomie des Urogenitaltraktes verändern?
   - Antirefluxplastik
   - Allergien?
     - Latex, Kontrastmittel
   - Medikamenteneinnahme?
     - ASS nur bei prophylaktischer Einnahme pausieren
     - Clopidogrel, NOAKs und Cumarine pausieren und ggf. bridgen
     - Im Einzelfall kann die URS auch unter laufender Antikoagulation erfolgen, da ein geringes Blutungsrisiko besteht
2. Urinkultur:
   - Eine URS sollte nur bei sterilem Befund oder resistenzgerecht vorbehandeltem Harnwegsinfekt durchgeführt werden
3. Labordiagnostik:
   - Elektrolyte und die präoperative Nierenfunktion sollten aus forensischen Gründen dokumentiert sein

- Blutbild (v. a. Thrombozytenzahl) und plasmatische Gerinnung sollten adäquat sein, auch wenn das Blutungsrisiko gering ist

4. Bildgebung:
   - Eine Nativ-CT des Abdomens ist ausreichend
   - Eine Bildgebung mit Kontrastmittel wie KM-CT/MRT, IVP oder retrograde Darstellung ist nur in Einzelfällen erforderlich, z. B. bei Tumorverdacht

Fakultative Diagnostik

1. Bildgebung mit Kontrastmittel: nur bei Tumorverdacht oder unklarer Anatomie erforderlich
2. Retrograde Darstellung:
   - Nur bei sterilem Urin durchführen!
   - Etagenspülzytologien gewinnen (distaler, mittlerer, proximaler Harnleiter und Nierenbecken)
   - Nach der Untersuchung muss ein Abfluss des Kontrastmittels gewährleistet sein
3. MAG-III-Szintigrafie:
   - Nur bei V. a. eingeschränkte Funktion der zu behandelnden renalen Einheit erforderlich, z. B. bei sonografischer oder CT-morphologischer Parenchymverschmälerung
   - Bei funktionsloser Niere ist eine URS kontraindiziert und eine Nephrektomie erforderlich

Tab. 19.4 Steinfreiheitsrate bei Harnleitersteinen

Steingröße	Steinfreiheitsraten (%)
Distaler Harnleiter	93
≤ 10 mm	97
≥ 10 mm	93
Mittlerer Harnleiter	87
≤ 10 mm	93
≥ 10 mm	79
Proximaler Harnleiter	82
≤ 10	84
≥ 10	81

Tab. 19.5 Steinfreiheitsrate bei Nierensteinen

Steinlokalisation	Steinfreiheits-raten (%) Erst-/ Zweiteingriff
Gesamt	81/90
Obere und mittlere Kelchgruppe	90/93
Untere Kelchgruppe	79/85
Nierenbecken	78/95

19.4 Patientenaufklärung und -vorbereitung

19.4.1 Aufklärung

Die Ureterorenoskopie ist eine relativ komplikationsarme Operation, was den Arzt jedoch nicht von einer adäquaten Aufklärung entbindet. Zudem trägt eine ausführliche Information des Patienten über die Erfolgsrate des Eingriffs und die evtl. erforderlichen weiteren Maßnahmen wie Entfernung einer Harnleiterschiene, ESWL oder Re-URS entscheidend zu einer realistischen Erwartungshaltung und letztlich zur Patientenzufriedenheit bei.

Tabellen Tab. 19.4 und Tab. 19.5 enthalten die Steinfreiheitsraten bei verschiedenen Steingrößen und -lokalisationen. Eine allgemeine Aussage zur Häufigkeit einer postoperativen Harnleiterschienung kann nicht getroffen werden, da die Entscheidung teils durch klinikspezifische Strategien geprägt und teils von der subjektiven Beurteilung des Operateurs abhängig ist. In unserer Klinik liegt die intraoperative Schienungsrate bei ca. 50 %.

Neben den allgemeinen Gefahren einer Infektion, Thrombose, Lagerungsschäden und Blutung muss insbesondere über die Möglichkeit einer Verletzung von Urethra, Prostata, Blase, Harnleiter und/oder Niere aufgeklärt werden. Diese Verletzungen haben zwar kurzfristig meist nur die Einlage einer Harnleiterschiene für einige Wochen zur Folge, können jedoch in Einzelfällen auch eine sofortige Schnittoperation erforderlich machen, z. B. zur offenen Versorgung langstreckiger Harnleiterläsionen, zur Ureterozystoneostomie oder sogar zur Nephrektomie. Auch im langfristigen Verlauf können durch narbige Verengungen des Harnleiters oder der Harnröhre ernsthafte Konsequenzen für den Patienten entstehen. Tab. 19.6 fasst die Komplikationsraten zusammen.

Bei der Aufklärung über eine diagnostische Endoskopie ist es wichtig, auch das Einverständnis zu therapeutischen Maßnahmen einzuholen, welche im gleichen Eingriff durchgeführt werden können, z. B. die Laserablation eines Tumors. Dem Patienten muss ebenfalls vermittelt werden, dass eine alleinige endoluminale Karzinombehandlung nicht mit der onko-

Tab. 19.6 Komplikationen bei der Ureterorenoskopie

Intraoperative Komplikationen	3,6%
Mukosaläsion	1,5%
Harnleiterperforation	1,7%
Relevante Blutung	0,1%
Harnleiterabriss	0,1%
Perioperative Frühkomplikationen	6,0%
Fieber/Urosepsis	1,1%
Hämaturie	2,0%
Persistierende Makrohämaturie	2,0%
Nierenkolik	2,2%
Spätkomplikationen	0,2%
Harnleiterstriktur	0,1%
Vesikoureteraler Reflux	0,1%

logischen Zuverlässigkeit einer offenen Radikaloperation durchgeführt werden kann.

19.4.2 Präoperative Vorbereitungen und Lagerung

Prestenting

Die Studien zur Harnleiterschienung als Vorbereitung auf eine URS kommen zu teils unterschiedlichen Ergebnissen. Während einige Arbeitsgruppen Vorteile bei proximal gelegenen Harnleitersteinen hinsichtlich Komplikationsrate und Steinfreiheitsrate nachweisen können, ergibt sich bei anderen Untersuchungen kein relevanter Vorteil für die DJ-Anlage in den Wochen vor dem Eingriff. Die Tatsache, dass es sich dabei um retrospektive Studien handelt, schränkt die Aussagekraft jedoch ein. Aus eigener Erfahrung kann berichtet werden, dass sich die Ostium- und Harnleiterpassage deutlich schneller und unkomplizierter gestaltet, wenn der Patient bereits im Vorfeld der OP mit einer Harnleiterschiene versorgt wurde. Ist bereits abzusehen, dass intraoperativ die Anlage einer hydrophilen Schleuse erforderlich wird, ist eine vorherige Harnleiterschienung unbedingt empfehlenswert.

Antibiotikumprophylaxe

Die perioperative Antibiotikumgabe bei endoskopischen urologischen Eingriffen ist sinnvoll. Nachgewiesene Harnwegsinfekte sollten resistenzgerecht (und nicht nur kalkuliert!) behandelt werden. Auch bei steriler Urinkultur kann es durch die transurethrale Manipulation und Steinbehandlung zur Freisetzung oder Einschwemmung von Keimen kommen und sich eine Harnwegsinfektion, Bakteriämie oder Urosepsis entwickeln. Entsprechend des zu erwartenden Keimspektrums im gramnegativen Bereich sind Amoxicillin/Sulbactam, Fluorchinolone oder Trimethoprim-Sulfamethoxazol adäquate Präparate.

Bei bekannten Infektsteinen ist die Entwicklung einer Bakteriämie sehr wahrscheinlich. Diese kann trotz antibakterieller Prophylaxe in einer Urosepsis münden und sogar letal enden. Wir empfehlen bei Infektsteinen daher eine ca. 10-tägige, möglichst resistenzgerechte antibakterielle Vorbehandlung.

Rasur

Eine Rasur ist vor einer URS nicht erforderlich.

Lagerung

Eine URS, insbesondere mit flexiblen Instrumenten ist nur optimal durchführbar, wenn der Eingriff auf einem Röntgendurchleuchtungstisch erfolgt. Die Operation erfolgt in Steinschnittlage, wobei es häufig vorteilhaft ist, das kontralaterale Bein abzusenken oder weit nach lateral auszulagern, um Bewegungsfreiheit für das Instrument zu gewähren. Bei Vorhandensein einer Hüftendoprothese sollte eine übermäßige Beugung und Abduktion aber vermieden werden. Zudem sollte eine Neutralelektrode nicht an dieser Extremität angebracht werden. Wichtig ist die suffiziente Polsterung der Kniekehlen, um Druckschädigungen des N. peroneus im Bereich des Fibulaköpfchens und Durchblutungsstörungen des Unterschenkels zu vermeiden. Fremdkörper, die auf dem Patienten liegen, wie z. B. EKG-Elektroden oder -Kabel können während einer Röntgendurchleuchtung irritieren.

Instrumente

Wir empfehlen, vor dem Beginn der Endoskopie zu überprüfen

- ob alle notwendigen Instrumente verfügbar sind,
- ob die Zangen leichtgängig öffnen und schließen,
- ob der Spülwasserzu- und -abfluss funktioniert,
- ob die Kamera in der korrekten Orientierung an der Optik angebracht ist und

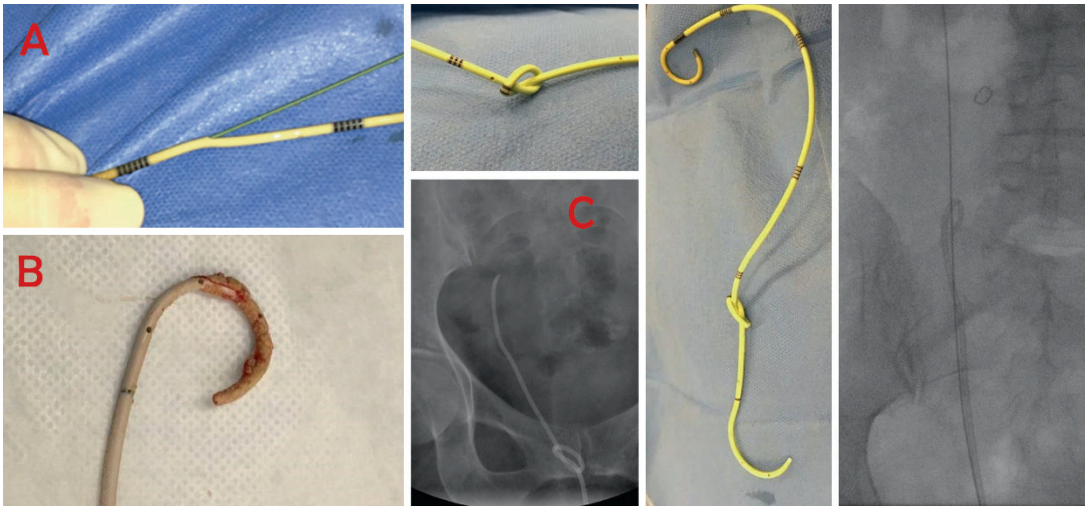


Abb. 19.8 Drahtvorlage über DJ nicht möglich: A=Draht schiebt sich aus Seitenloch, B=DJ inkrustiert, C=Knoten im DJ, D=DJ umgeschlagen in den Harnleiter gezogen, Drahtanlage neben dem DJ

- ob das Strahlenfeld für die Röntgendurchleuchtung dem Patienten entsprechend angepasst wurde.

Checkliste

Wir empfehlen bei Eingriffen grundsätzlich ein Team-Time-out unmittelbar vor dem »Schnitt«, um nochmals gemeinsam Patientenidentität, geplanten Eingriff inkl. Seite, korrekte Lagerung, Sterilität, erfolgte Antibiotikumgabe, zu erwartenden Blutverlust und Dauer der OP zu bestätigen. Die WHO hat hierfür eine Checkliste erstellt.

19.5 Durchführung einer URS mit semirigiden Instrumenten

Zur besseren Übersicht wird der Eingriff in mehrere Abschnitte unterteilt. Diese werden jeweils gesondert beschrieben.

Verlaufsschema einer semirigiden URS

- Harnröhrenpassage
- Zystoskopie
- Anlage Sicherheitsdraht
- Ostiumpassage
- Harnleiterpassage
- Steinbehandlung/Tumorbehandlung
- Steinextraktion
- Anlage Harnleiterschiene

19.5.1 Harnröhrenpassage

Auch die scheinbar einfache Harnröhrenpassage sollte mit der gebotenen Sorgfalt durchgeführt werden. Insbesondere die männliche Urethra kann durch das relativ spitze, starre Ureterorenoskop Schaden davon tragen, z. B. in Form einer Blutung, Via falsa oder Harnröhrenenge. Die Winkelbewegungen, die erforderlich sind, um dem Verlauf der männlichen Harnröhre anatomiegerecht zu folgen, sollten daher besser nicht unterschätzt werden, betragen sie doch nicht selten bis zu 120°. Ausreichend Gleitgel, manuelle Streckung des Penis und die Passage unter Sicht sind bei der Harnröhrenpassage Pflicht. Die Einlage eines kleinlumigen Katheters (12 Charr, nur mit 3-4 ml blocken!) vor der Endoskopie kann die Orientierung erleichtern, behindert jedoch häufig bei der Entfernung eines DJ-Katheters oder der Anlage des Sicherheitsdrahtes. Während der Passage des penilen Abschnittes muss relativ weit Richtung Nabel »gebeugt« werden und im bulbären Harnröhrenbereich das Absenken des Instrumentes nach perineal bis unter die Körperlängsachse erfolgen.

19.5.2 Zystoskopie

Hat man die Harnblase erreicht, führt man eine suffiziente Zystoskopie durch. Ein vorhandener Blasentumor sollte nicht übersehen werden, nur weil der primäre Arbeitsauftrag Steinentfernung lautet. Die

Lage und Form der Ostien sollte man sich auch bei bereits liegender Harnleiterschiene einprägen, um sie im Bedarfsfall auch ohne DJ-Katheter identifizieren zu können, z. B. falls die Anlage des Sicherheitsdrahtes über Schiene nicht möglich ist (Abb. 19.8) und das Ostium neu intubiert werden muss.

19.5.3 Anlage eines Sicherheitsdrahtes

Prinzipiell sollte bei *jeder* Ureterorenoskopie mit einem Sicherheitsdraht gearbeitet werden, d. h. die Ureterorenoskopie neben einem liegenden Harnleiterdraht durchgeführt werden. Er stellt für fast alle Komplikationen die primäre Exitstrategie dar und stellt sicher, dass die Operation jederzeit abgebrochen und eine Harnleiterschiene über den Sicherheitsdraht inseriert werden kann. Darüber hinaus erleichtert er die OP, indem das Ostium aufgespannt und die Passage erleichtert wird, Kinkings behoben und damit der Harnleiter gestreckt wird und eine gute Leitstruktur für die Harnleiterpassage besteht. Am einfachsten gestaltet sich die Anlage, wenn bereits ein DJ einliegt, welcher bis knapp vor den Meatus extrahiert wird. Der Draht kann dann über den DJ bis in den proximalen Harnleiter vorgeschoben werden.

Tipps

Sollte der DJ inkrustiert und verstopft sein, sodass ein Auffädeln des Drahtes nicht gelingt, kann man den DJ entfernen aber auch neben dem DJ einspiegeln, um den Draht bei liegender Harnleiterschiene neben dem DJ ins Ostium vorschieben. Dies kann die Identifikation des Ostiums erheblich erleichtern.

Ansonsten wird nach Intubation des Ostiums mit einem Ureterkatheter eine retrograde Darstellung und Drahtvorlage durchgeführt. Das Endoskop muss dann natürlich nochmals aus der Blase entfernt werden und *neben* dem Sicherheitsdraht eingespiegelt werden. Der Sicherheitsdraht sollte dann gut fixiert werden, damit es nicht zu einem unabsichtlichen Vorschieben mit Nierenparenchymverletzung und -blutung kommt, welche die Sicht erheblich einschränken kann.

Sollte das Ostium nicht eindeutig identifizierbar sein und damit die Drahtanlage ja sogar die ganze OP verhindert werden, kann der folgende Stufenplan weiterhelfen.

Tipps

- Blase gut auffüllen, kontralaterales Ostium identifizieren, Ureterenleiste folgen und am symmetrisch-korrespondierenden Ort das Ostium suchen
- Bildgebung auf anatomische Besonderheiten überprüfen (Z. n. Harnleiterneueinpflanzung oder Antirefluxplastik? Anomalien wie Doppelniere, Ureterozele oder ektope Harnleitermündung?)
- Ausspiegeln und Drahtanlage über ein Zystoskop mit größerem Durchmesser
- »Blindes« Auffädeln des Ostiums mit einem Terumodraht: Endoskop/Zystoskop mit gebogenem Ureterkatheter an der vermutlichen Ostiumposition platzieren, dann einen Terumodraht probeweise unter regelmäßiger Röntgendurchleuchtung vorschieben. Häufig gelingt so ein zufälliges Entrieren des Ostiums mit dem hydrophilen Terumodraht.

Tipps

- Renal eliminierbaren Farbstoff intravenös applizieren (z. B. Methylenblau oder Indigokarmin), dann vermutliche Ostienlage beobachten, bis der Farbstoff ejakuliert wird.
- Perkutane Punktion des NBKS mit Farbstoffinjektion oder besser antegrader Harnleiterschienung.

Dies erfordert eigentlich eine explizite Einverständniserklärung des Patienten und sollte nur nach sorgfältigem Abwägen des Nutzen-Risiko-Profils erfolgen

Tipps

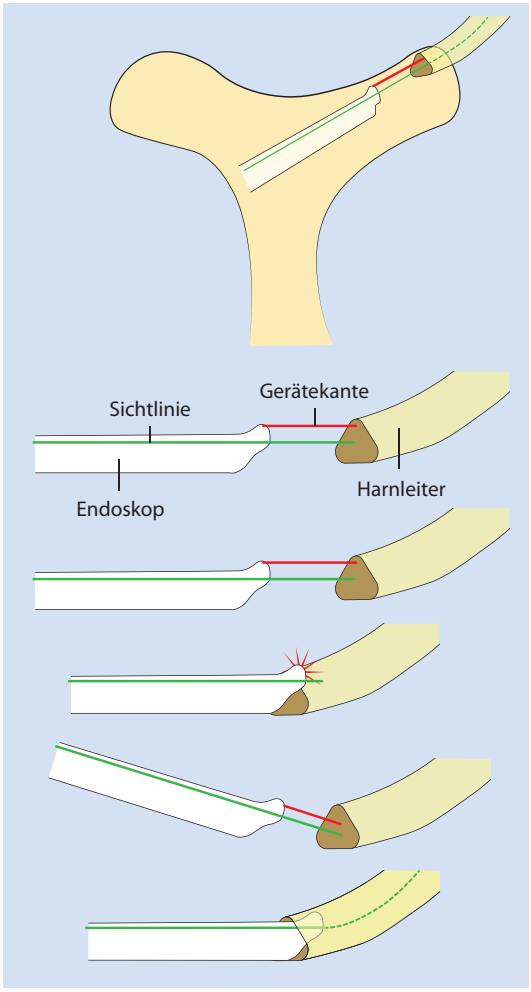
Ostium mittels TUR-B aufresezieren; CAVE: dies erfordert eine explizite Einverständniserklärung des Patienten und sollte nur nach sorgfältigem Abwägen des Nutzen-Risiko-Profils erfolgen

19.5.4 Passage des Ostiums

Die Ostiumpassage stellt einen der anspruchsvollsten Abschnitte der URS dar. Prinzipiell stehen für die

semirigide URS 5 verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung:

- **Passage ohne Hilfsmittel:** Man nähert sich bei vollem Spülstrom dem Ostium, senkt die Instrumentenspitze etwas Richtung Blasenwand ab und lädt (blind) den Vorderrand des Ostiums auf die Endoskop-»Nase« auf. Unter vollem Spülstrom arbeitet man sich langsam und den natürlichen Verlauf respektierend ins Harnleiterlumen vor. Dabei sind die ersten Millimeter im Ostiumbereich relativ schwierig zu meistern, da der Vorderrand des Ostiums immer wieder vom Instrument rutschen kann. Dennoch gelingt die Ostiumentrierung ohne jegliche Hilfsmittel bei nahezu allen Patienten. Diese Methode kann jedoch nicht empfohlen werden, da auf den Sicherheitsdraht verzichtet wird und im Vergleich mit den anderen Methoden die höchste Komplikationsrate zu befürchten ist (◘ Abb. 19.9).
- **Passage über einen Führungsdraht:** Ein einliegender Harnleiterdraht wird in den Arbeitskanal des Endoskops aufgefädelt und dient als Leitstruktur. Dabei ist zu beachten, dass sich der Arbeitskanal am Instrument unterhalb der Optik befindet, welche daher den Rand des Ostiums gegen die Blasenwand drücken und die Ostiumentrierung verhindern wird. Das Problem wird gelöst, indem man eine Rotation des Endoskops um 180° nach lateral durchführt, sodass der Draht das Ostium aufspannt und sich Optik und Instrumentennase zwischen Ostiumrand und Blasenwand befinden. Dann gelingt die Ostiumpassage unter maximalem Spülstrom recht sicher und unkompliziert, da der Führungsdraht eine zuverlässige Leitstruktur darstellt. Wem das spiegelverkehrte Arbeiten nach der 180°-Rotation schwer fällt, kann eine freischwingende Kamera verwenden oder eine fixierte Kamera ebenfalls um 180° drehen, sodass Kamerabild und Realität wieder die gleiche Orientierung besitzen. Hat man das Ostium überwunden und befindet sich im Harnleiterlumen, sollte man zur normalen Instrumentenausrichtung zurückkehren. Jedoch wird die Schwäche auch dieser Methode klar, sobald man das Konkrement erreicht hat: Man verzichtet auf den Sicherheitsdraht. Denn für eine Instrumentierung mit Zange oder Laser muss der Arbeitskanal frei sein und der Führungsdraht wieder entfernt werden (◘ Abb. 19.10).
- **Passage neben einem Sicherheitsdraht:** Die Methode der Wahl bei der semirigiden URS sollte die Ostiumpassage neben einem Sicherheitsdraht sein. Wichtig ist eine adäquate Fixierung des Drahtes, um ein unabsichtliches Vorschieben oder Herausziehen zu vermeiden, z. B. mit einem Klemmchen an der Abdeckung des kontralateralen Beines. Durch den Sicherheitsdraht wird das Ostium meist ausreichend aufgespannt, sodass eine Ostiumpassage in normaler Instrumentenorientierung unterhalb des Drahtes erfolgen kann. Den initial maximalen Spülstrom sollte man reduzieren, sobald man sich im Harnleiter befindet, um ein Abschwimmen des Konkrementes in das schlecht erreichbare NBKS zu vermeiden. Meist wird bei Ver-



◘ **Abb. 19.9** Ostiumpassage ohne Hilfsmitttel: 1=Trigonum mit Ostien und Endoskop, 2=Endoskoporientierung bei geradem Entrierungsversuch (oben beschriftet - unten ohne), 3=Kollision der Gerätekante mit Ostiumvorderrand, 4=korrekte Endoskopausrichtung, 5=Ostiumvorderrand mit Endoskopnase aufgefädelt

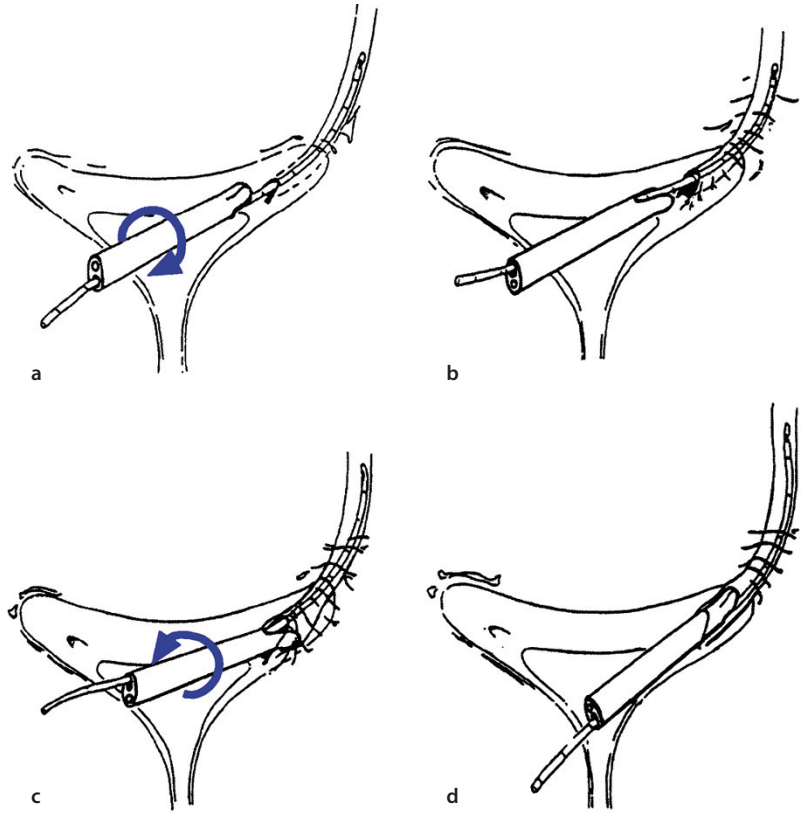


Abb. 19.10 Nach Einführen des Ureterkatheters (**a**) wird das Ureteroskop um 180° gedreht (**b**). Unter Nutzung des Katheters zum »Aufhebeln« kann das Ostium nun entriert (**c**) und das Instrument weiter vorgeschoben werden (**d**)

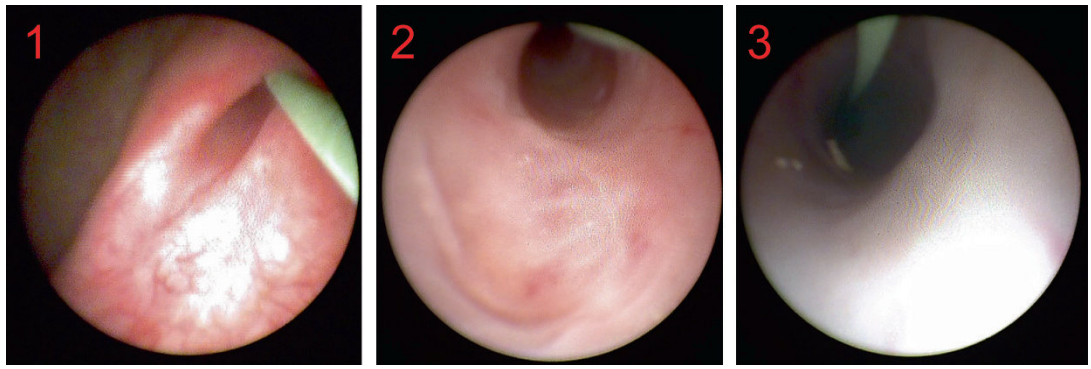


Abb. 19.11 Ostiumpassage neben einem Sicherheitsdraht: 1=Endoskop in der Blase, 2=Endoskop im distalen Harnleiter, 3=Endoskop im mittleren Harnleiter

wendung eines Sicherheitsdrahtes auch nur wenig Spülung benötigt, da der Harnleiter aufgespannt, gestreckt und begradigt wird und man eine gute Orientierungshilfe besitzt (Abb. 19.11).

- **Passage über einen Führungsdraht neben einem Sicherheitsdraht:** Gelegentlich ist trotz einliegendem Sicherheitsdraht eine Ostium- oder Harnleiterpassage nicht problemlos durchführbar. In diesen Fällen bietet es sich an, einen zweiten Draht über den Arbeitskanal des Endoskops einzuführen und als Führungsdraht zu verwenden. Dieser erleichtert die Ostiumpassage zwar erheblich und kann in geringem Maße sogar als Leitschiene für ein blindes Vorschieben des Endoskops genutzt werden – eine

Garantie für die Ostiumpassage besteht jedoch weiterhin nicht. Das blinde Vorschieben gegen Widerstand oder Gewaltaktionen verbieten sich daher. Im Zweifel sollte das Ostium mit einer hydrophilen Schleuse bougiert werden oder lediglich eine Harnleiterschiene eingelegt und der Eingriff nach wenigen Wochen wiederholt werden.

- **Passage nach Dilatation:** Gelegentlich findet man sehr enge Ostiumverhältnisse, welche eine Passage verhindern. In diesen Fällen ist zunächst eine Dilatation erforderlich. Diese kann entweder mittels Einlage einer Harnleiterschiene für einige Tage/Wochen erreicht werden (die Peristaltik lässt nach, der Harnleiter wird weiter) oder mittels direkter, intraoperativer Bougierung erfolgen. Die Verwendung von Schleusen ist in ► Abschn. 19.2.3 (»Schleusen, Zangen und Körbchen«) erläutert. Als kostengünstigere Alternative stehen auch einfache Bougies zur Verfügung, welche nacheinander oder koaxial eingeführt werden. Diese müssen jedoch wieder entfernt werden und können nicht als Zugangsweg zum Harnleiter verwendet werden. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Ballondilatation des Ostiums unter radiologischer Kontrolle.

19.5.5 Passage des Harnleiters

Wie bei allen endourologischen Eingriffen gilt insbesondere für die Harnleiterpassage: Gewalt ist keine Lösung! Optimalerweise sollte man das Lumen möglichst zentral halten und die Wand in der gesamten Zirkumferenz einsehen können. Dies ist insbesondere im Bereich der physiologischen Engstellen oder von Kinkings nicht immer möglich, sodass die folgende Liste einige Taktiken bei schwierigen Sichtverhältnissen bietet:

- Einige Sekunden abwarten, evtl. ist die Sicht nur kurzfristig durch eine peristaltische Kontraktion erschwert.
- Spülverhältnisse optimieren: alten Urin absaugen, Harnleiter langsam (sonst wird der Stein nach proximal gespült) mit klarer Spülflüssigkeit füllen → Sicht verbessert sich und Harnleiter wird durch Erhöhung des hydrostatischen Druckes etwas geweitet.
- URS-Instrument rotieren: schon ein leicht veränderter Sichtwinkel kann gerade bei Kinkings häufig helfen.
- Retrograde Darstellung mit Kontrastmittel offenbart den Harnleiterverlauf und Kinkings.
- Einstellungen der Optik überprüfen: Lichtquelle optimal eingestellt? Fokus korrekt angepasst? Bildübertragung evtl. pausiert?
- Führungsdraht über den Arbeitskanal einführen, um den Ureter zu strecken und eine Leitschiene zu haben.
- Blindes Vorschieben: Eine vorsichtige Vorwärtsbewegung auch ohne Sicht ist erlaubt, solange man erkennt, dass die Harnleiterschleimhaut stets an der Optik vorbeigleitet (»moving mucosa«) und man nicht gegen einen Widerstand arbeiten muss. Für dieses Manöver ist eine gewisse Erfahrung und Routine erforderlich und die Gefahr der Ureterläsion durchaus gegeben.

Für einen Widerstand beim Vorschieben gibt es immer einen Grund, den man ausfindig machen sollte und dann meist auch beheben kann:

- Ureterenge (Schleimhaut wird an der Instrumentenspitze ziehharmonikaförmig zusammengeschoben): Harnleiterschienung + Wiederholung der OP im Verlauf oder Dilatation z. B. mit einer hydrophilen Schleuse oder einem Ballondilatator.
- Der transurethrale DK ist mittlerweile »auf Anschlag« vorgeschoben worden und bietet Reibungswiderstand (Metall auf Gummi): DK zurückziehen oder entfernen.
- Der Führungsdraht wurde abgeknickt, was meist bedeutet, dass der Operateur zu viel Kraft aufgewendet hat: Führungsdraht auswechseln und Röntgendurchleuchtung als Orientierungshilfe verwenden, um eine bessere Instrumentenausrichtung zu finden.
- Das Instrument gleitet nicht am Sicherheitsdraht vorbei, sondern schiebt ihn neben sich her: Sicherheitsdraht sicher fixieren – am besten manuell. Ist das Endoskop erst einige Zentimeter im Ureter, bewegt sich der Sicherheitsdraht normalerweise nicht mehr und das Instrument kann gleiten.
- Erektion verhindert Instrumentenbewegung: von Propofol auf Gasnarkose wechseln lassen oder Adrenalin in Corpora cavernosa injizieren. Cave: Tachykardie und Hypertonie aufgrund systemischer Wirkung → Anästhesie vorwarnen.
- Ostium bietet Widerstand gegen den konischen Aufbau des Endoskops: häufige Ursache wenn sonst keine Gründe erkennbar sind. Normaler-

weise durch gefühlvolles Weiterarbeiten zu überwinden, was jedoch Erfahrung erfordert. Da das Endoskop für dieses Problem schon fast komplett eingeführt sein muss und man sich daher schon fast im NBKS befindet, bietet sich auch der Wechsel auf ein flexibles Ureterorenoskop an.

19.5.6 Tipps und Tricks

Es ist noch kein Meister vom Himmel gefallen! Wie bei jeder Operation ist auch bei der URS das Literaturstudium eine gute Grundlage, kann aber die praktische Erfahrung nicht ersetzen. Beispielsweise ist es nicht möglich zu beschreiben, wieviel Druck bei leichtem Widerstand noch vertretbar ist. Man sollte sich daher gerade als Anfänger nicht entmutigen lassen oder sogar persönlich angegriffen fühlen, wenn ein erfahrener Kollege die Operation übernimmt und dann scheinbar mühelos weiterführt. Man wird mit jedem Eingriff (und gerade bei problematischem Verlauf) Erfahrung sammeln, sicherer werden und schwierigere Situationen meistern können bis man schließlich selbst jüngere Kollegen bei der URS anleitet. Es ist zu hoffen, dass man sich dann auch noch an die eigenen Probleme zu Beginn der endoskopischen Karriere erinnern kann.

Instrumentenhaltung

Wenn immer möglich sollte das semirigide Ureterorenoskop mit beiden Händen geführt werden. Das Instrument gleitet – falls man die Anatomie respektiert – normalerweise mit nur geringem Widerstand. Ruckartige oder sehr ausladende Bewegungen sind niemals erforderlich. Vielmehr werden kleine und langsame aber konstante Richtungsänderungen zum Erfolg führen. Falls für die Instrumentenführung nur eine Hand zur Verfügung steht, muss diese nicht nur das Endoskop sicher bewegen können, sondern auch sämtliche Funktionen wie Regulierung des Flüssigkeitszu- und -abflusses bedienen. Dennoch verwendet man dafür die nicht dominante Hand, da die andere (»Nicht-Instrumenten-«) Hand mit der Bedienung von Zange, Laser oder Körbchen beschäftigt ist, welche noch mehr Sicherheit im Umgang erfordern und daher von der dominanten Hand bedient werden sollten.

Am besten man »übt« die Haltung des Endoskops mit der nicht dominanten Hand vor dem Eingriff, da die unterschiedlichen Modelle auch unterschiedliche Griffarten erfordern, um sämtliche Funktionen einhändig leicht bedienen zu können. Regelmäßig ist es erforderlich, nicht nur mit Händen und Armen zu arbeiten, sondern die Position des ganzen Körpers zu verändern, z. B. mit einem Schritt nach vorne oder seitlicher Drehung des Oberköpers, um eine entspannte und optimale Position zum Instrument, Werkzeug und Patient zu finden.

Regulierung des Spülstromes

Die Regulierung der Spülflüssigkeit ist eine gerade bei URS-Anfängern häufig vernachlässigte Tätigkeit und wichtiger als man anfangs vermuten mag. Sie sollte, wie oben erwähnt, mit einer Hand kontrolliert werden können.

- Harnröhrenpassage: immer maximaler Zustrom
- Zystoskopie: am besten Blase komplett leeren und neu mit klarer Spülflüssigkeit füllen
- Ostiumpassage: initial maximaler Zustrom, sobald man im Harnleiter ist, sofort reduzieren
- Harnleiterpassage: leichter Zustrom für klare Sicht und Aufbau eines hydrostatischen Drucks
- Schlechte Sicht: Flüssigkeit absaugen, dann langsam mit klarer Spülflüssigkeit füllen
- Nierenbecken: komplett leeren, dann mit klarer Spülflüssigkeit füllen
- Steinextraktion: maximaler Zustrom sobald Konkrement sicher gefasst

Tipps

Die Spülmöglichkeiten sind erheblich reduziert, solange sich ein Instrument im Arbeitskanal befindet. Zum einen kann Spülflüssigkeit am externen Ausgang des Arbeitskanals austreten, zum anderen wird ein Teil des Arbeitskanallumens durch das Werkzeug belegt. Die Entfernung sämtlichen Instrumentariums aus dem Endoskop kann daher bei Spülproblemen hilfreich sein.

Eine kurzfristige Druckerhöhung der Spülflüssigkeit kann zu besseren Sichtbedingungen führen. Es werden hierfür verschiedene Devices wie Fuß- oder Handpumpen angeboten. Den gleichen Effekt kann man aber auch durch eine stoßweise Kompression des Ablaufschlauches oder durch eine am Ablauf aufgesetzte Spritze erreichen. Ein permanenter intraluminaler Druck von mehr als 80 cmH_2O sollte jedoch vermieden werden, da sonst eine Einschwemmung von Spülflüssigkeit droht. Der Spülbeutel sollte daher auch nicht höher als 80 cm über dem Nierenniveau aufgehängt sein.

Blutstillung

Die beste Blutstillung ist die Prophylaxe. Die meisten Blutungen können von vorne herein verhindert werden, indem man auf anatomisch korrektes Arbeiten achtet und z. B. vermeidet, dass sich ein Draht ins Nierenparenchym bohrt. Ansonsten gibt es fast nur die Möglichkeit, den hydrostatischen Druck zu erhöhen, um venöse Blutungen zu unterbinden oder kleine Blutungsbereiche mit dem Laser zu koagulieren. Im Zweifel und insbesondere bei ausgeprägten Blutungen, z. B. bei einer uretero-arteriellen Fistel sollte die OP so schnell wie möglich abgebrochen und ein MJ-Katheter inseriert werden. Bei protrahierten und Hb-wirksamen Blutungen ist eine Angiografie und interventionell-radiologische Versorgung der nächste Schritt. Ultima ratio ist eine offene OP mit Blutstillung oder sogar Nephrektomie.

19.6 Durchführung einer URS mit flexiblen Instrumenten

19.6.1 Anlage eines Führungsdrahtes

In Vorbereitung einer flexiblen URS ist mindestens eine Zystoskopie und die Anlage eines Führungsdrahtes erforderlich, um das flexible Instrument ins Nierenbecken vorschieben zu können. In den meisten Fällen wird jedoch zunächst eine semirigide URS bis ins Nierenbecken nach o. g. Vorgehen durchgeführt und anschließend ein Führungsdraht vorgelegt, über den eine Schleuse oder das flexible Endoskop inseriert werden können. Auch bei der flexiblen URS ist ein zusätzlicher Sicherheitsdraht sinnvoll.

19.6.2 Einführen des flexiblen Ureterorenoskops

Das flexible Endoskop sollte nicht ohne Führungshilfe (Draht oder Schleuse) eingeführt werden. Das endoskopische Bild spielt dabei eine untergeordnete Rolle, da das Vorschieben ins NBKS unter radiologischer Kontrolle erfolgt. Daher ist es Geschmackssache, ob man die Kamera und die Spülschläuche schon vor oder erst nach dem Erreichen des NBKS anschließt. Das Vorschieben des Instrumentes sollte unbedingt gewaltfrei erfolgen. Das Ostium kann dabei ein Hindernis darstellen, da sich der Arbeitskanal, in welchem der Führungsdraht verläuft, asymmetrisch am Rand befindet und immer eine Stufe zum restlichen Instrument entsteht. Man sollte daher vor dem Vorschieben prüfen, mit welcher Instrumentenausrichtung sich diese Stufe nicht im Bereich des Ostiumvorderrandes befindet, um ein Hängenbleiben zu vermeiden. Ist bereits abzusehen, dass wiederholte Harnleiterpassagen erforderlich werden, bietet sich die Anlage einer Schleuse an.

19.6.3 Anlage und Umgang mit einer Schleuse

Siehe hierzu ▶ Abschn. 19.2.3 (»Schleusen, Zangen und Körbchen«)

19.6.4 Tipps und Tricks

Instrumentenhaltung

Das Manövrieren mit dem flexiblen Endoskop erfordert mehr Übung als bei der semirigiden URS, u. a. da sich nicht alle Bewegungen außerhalb des Körpers auch sofort auf die Instrumentenspitze im Patienten übertragen. Die Beugung der Endoskopspitze und die Drehung des Instrumentes sind daher Aufgabe der dominanten Hand, welche eng am Körper geführt werden sollte, um ein ermüdungsfreies Arbeiten zu ermöglichen. Die nicht dominante Hand hält den Penis gestreckt und führt gleichzeitig den Instrumentenschaft am Meatus urethrae externa. Sie kontrolliert das Vorschieben und Zurückziehen des Instrumentes und unterstützt Drehbewegungen.

Tipps

Sollten sich Drehbewegungen nicht auf die Instrumentenspitze übertragen, hilft meist minimales Vorschieben und Zurückziehen des Instrumentes um den Widerstand gegen die Drehbewegung zu überwinden und die Rotation außerhalb des Körpers auch auf die Instrumentenspitze im Inneren des Patienten zu übertragen.

Regulierung des Spülstromes

Die Spülmöglichkeiten sind bei der flexiblen URS aufgrund des geringen Instrumentendurchmessers eingeschränkt. Selbst kleine Verletzungen und Blutungen, z. B. durch unachtsam vorgeschobene Sicherheits- oder Führungsdrähte, können daher zu einer relevanten Sichtbehinderung führen und sollten möglichst vermieden werden. Zudem empfiehlt

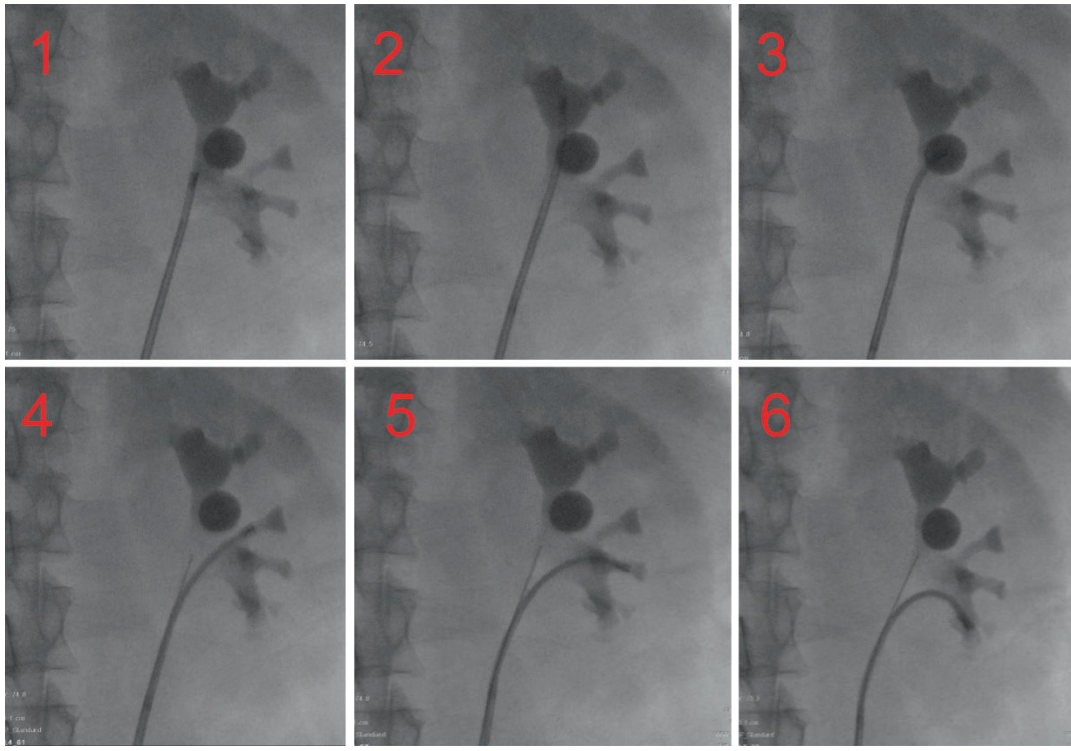


Abb. 19.12 Radiologische Kontrolle der flexiblen NBKS-Spiegelung: 1=Sicherheitsdraht und flexibles Endoskop im Nierenbecken, KM-Darstellung, 2=Endoskop in der oberen KG, 3=Endoskop in einer antegraden, mittleren Kelchgruppe, 4=Endoskop in der unteren, apikalen Kelchgruppe, 5=Endoskop in der unteren, lateralen Kelchgruppe, 6=Endoskop in der unteren, medialen Kelchgruppe

es sich, das Nierenbecken vor der Endoskopie mehrfach mit klarer Flüssigkeit durchzuspülen, vorzugsweise mit dem semirigiden Instrument, bevor man das flexible Endoskop einführt. Durch die Belegung des Arbeitskanals mit einem Draht, einer Laserfaser oder einem Dormiakörbchen werden die Spülmöglichkeiten noch weiter eingeschränkt, sodass es sinnvoll sein kann, diese Werkzeuge vorübergehend zu entfernen, um wieder klare Sichtverhältnisse zu schaffen. Über eine Spritze lässt sich zwar deutlich mehr Spüldruck und Sog aufbauen, was bei der Evakuierung von Koageln sehr hilfreich sein kann, jedoch führt ein exzessives Auffüllen des NBKS zum Einschwemmen der Spülflüssigkeit. Zudem ist es beim Absaugen wichtig, auf eine zentrale Lage der Instrumentenspitze im Lumen zu achten, da sonst die Wand des Kelchsystems angesaugt wird und keine Flüssigkeit aspiriert werden kann.

Durchführung der Renoskopie

Beim flexiblen Ausspiegeln des NBKS sollte das endoskopische Bild immer mit einer radiologischen Kontrolle (Durchleuchtung) kombiniert werden. Das NBKS wird dafür mit Kontrastmittel gefüllt und regelmäßig die Position des Instrumentes radiologisch überprüft. Nur so kann sichergestellt werden, dass sämtliche Kelchgruppen identifiziert und begutachtet werden. Zudem gelingt es durch eine rein radiologische Manövrierung häufig schneller, einzelne Kelchgruppen zu erreichen. So kann die untere Kelchgruppe meist problemlos angesteuert werden, indem man das Instrument (welches sich in der oberen oder mittleren Kelchgruppe befindet) leicht beugt und dann etwas zurückzieht. Die Instrumentenspitze wird dann automatisch in die untere Kelchgruppe schnellen (Abb. 19.12).

Tipps

Die untere Kelchgruppe erreicht man am schnellsten durch gebeugtes Zurückziehen des Endoskops aus der mittleren Kelchgruppe und nicht durch Vorschieben aus dem Nierenbecken.

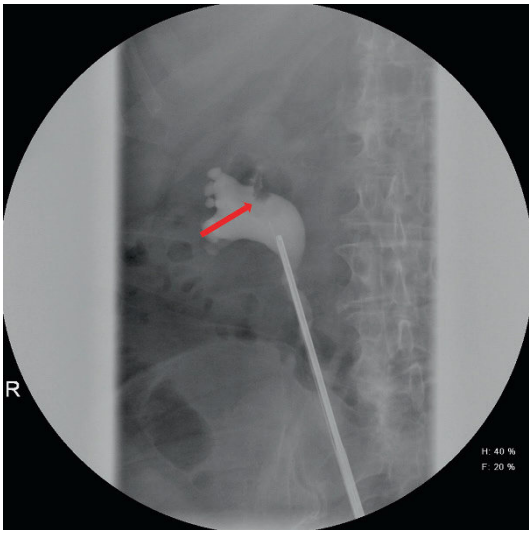


Abb. 19.13 Kontrastmitteldarstellung des NBKS rechts im Rahmen einer semirigiden URS. Tumorverdächtige KM-Aussparung mit rotem Pfeil markiert

19.7 Endoluminale Diagnostik des oberen Harntraktes

Die endoskopische Diagnostik bietet gegenüber anderen Verfahren zur bioptischen Abklärung des Nierenhohlsystems, wie z. B. der perkutanen Biopsie oder der perkutanen Pyeloskopie sowie der Pyeloskopie im Rahmen einer offenen OP, den entscheidenden Vorteil eines geschlossenen Systems, durch welches eine extraluminale Tumorzellaussaat vermieden werden kann. Eine transmurale Verletzung des Harnleiters oder Pyelons sollte daher möglichst verhindert werden.

Bei der endoluminalen Abklärung des oberen Harntraktes sollte sowohl semirigides als auch flexibles Instrumentarium zur Verfügung stehen. Während Harnleiter und obere Kelchgruppe mit den semirigiden Instrumenten meist problemlos erreichbar sind, wird für die Einschätzung der mittleren und unteren Kelchgruppe ein flexibles Endoskop benötigt. Der Patient sollte sowohl über eine Probenentnahme mit der Biopsiezange als auch über eine Tumorabtragung oder Blutstillung mit der Laserfaser aufgeklärt sein, um dem Operateur intraoperativ die nötige Entscheidungsfreiheit zu lassen (Abb. 19.13).

19.7.1 Weißlichtdiagnostik

Moderne flexible Instrumente verfügen mittlerweile über optische Eigenschaften, die den Bedingungen bei einer semirigiden URS entsprechen, sodass auch die Diagnostik des NBKS mit der flexiblen URS sehr zuverlässig machbar ist. Dennoch können sich einige Tumoren – ähnlich wie bei der Zystoskopie – einer makroskopischen Diagnostik entziehen, sodass die Kombination einer Weißlichtdiagnostik mit einer Spülzytologie in jedem Fall sinnvoll ist. Die Spülzytologien sollten dabei aus der Harnblase und aus mehreren Abschnitten des Harnleiters sowie des Nierenbeckens gewonnen werden. Eine kräftige Aspiration sollte vermieden werden, da dadurch häufig nur die Schleimhaut angesaugt wird und kein Spülmaterial gewonnen werden kann.

19.7.2 Photodynamische Diagnostik

Auch im oberen Harntrakt ist die Durchführung einer photodynamischen Diagnostik (PDD) mit 5-Aminolävulinsäure machbar, aber technisch etwas schwieriger durchzuführen als bei der TUR der Blase. Voraussetzung ist natürlich die Verfügbarkeit eines Spezialendoskops, mit dem eine ureterorenoskopische PDD auch möglich ist. Die Instillation des oberen Harntraktes sollte ca. 1 Stunde vor dem Eingriff erfolgen. Die Lösung kann dabei entweder über einen Ureterkatheter direkt ins Nierenbecken oder bei einem bereits einliegenden refluxiven DJ-Katheter in die Blase appliziert werden. Zu beachten ist dabei, dass durch die DJ-Irritationen und leichten Entzündungsreaktionen des Urothels die endoskopische und histologische Beurteilung erschwert sein kann und z. B. vermehrt falsch-positive PDD Befunde entstehen.

19.7.3 Probenentnahme zur Histologiegewinnung

Bei makroskopischem Tumorverdacht sollte in einem ersten Schritt immer eine Spülzytologie aus der unmittelbaren Umgebung des Tumors gewonnen werden. Im nächsten Schritt ist es insbesondere bei Tumoren des Harnleiters wichtig, über einen icherheitsdraht zu verfügen, da bei einer Gewebeentnahme immer die Gefahr einer Blutung oder Perforation besteht. Bei dann schlechten Sichtverhältnissen kann die auch ohne Komplikationen

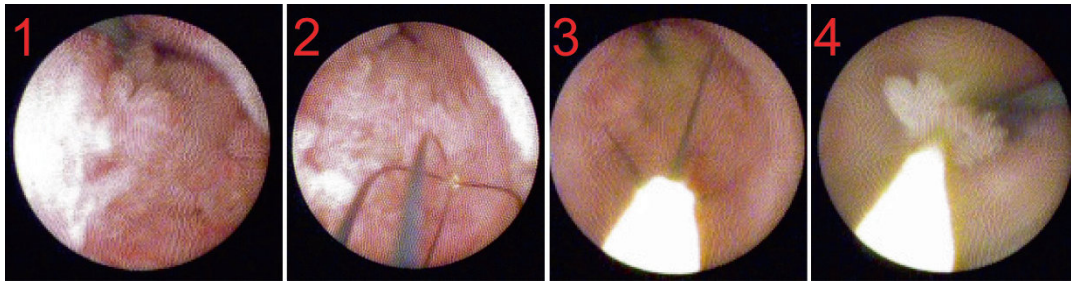


Abb. 19.14 Harnleitertumor: 1=Sicherheitsdraht neben Tumor, 2=Dormiakörbchen entfaltet, 3=Dormiakörbchen umschließt Tumorgewebe, 4=Tumorgewebe mit Dormiakörbchen abgezupft

meist notwendige Anlage einer Harnleiterschiene deutlich erschwert sein, falls man den Weg ins Nierenbecken nicht bereits mit einem Führungsdraht gesichert hat.

Für die Probenentnahme stehen verschiedene Zangen zur Verfügung, jedoch kann es bei der flexiblen Endoskopie schwierig sein, ausreichend und aussagekräftiges Material mit den sehr feinen Werkzeugen zu gewinnen. In solchen Fällen oder bei gestielten Tumoren bieten sich auch Dormiakörbchen zur Abtragung des Tumorgewebes an. Für die Asservierung des Probenmaterials sollte das Werkzeug nicht durch den Arbeitskanal gezogen werden, sondern das komplette URS-Instrument entfernt werden, um eine möglichst vollständige Probe zu erhalten. Zudem sind mehrere Biopsien aus verschiedenen Anteilen des Tumors ratsam. Eine transmurale Biopsie sollte dabei jedoch vermieden werden. Sie erhöht zwar die diagnostische Aussagekraft, birgt jedoch auch das Risiko einer extraluminalen Tumorzellaussaat. Zudem hängt die Therapieentscheidung bei Tumoren des oberen Harntraktes in den meisten Fällen nicht von der Invasionstiefe, sondern vielmehr vom Differenzierungsgrad und Lokalisation des Tumors sowie der Gesamtsituation des Patienten (z. B. Einzelniere, Begleiterkrankungen) ab (Abb. 19.14).

Im Anschluss an eine Probenentnahme ist die Anlage einer Harnleiterschiene sinnvoll, um auch im Falle einer postoperativen, ödematösen Schwellung oder Blutung des Biopsieareals die Harnableitung gesichert zu haben. Eine nachträgliche Harnleiterschienung birgt zudem ein relativ hohes Risiko einer Perforation im Bereich des vulnerablen Biopsieareals. Bei Tumoren des NBKS bietet sich die Anlage eines MJ-Katheters an. Die Urinkontrolle (Makrohämaturie?) ist damit von außen leicht möglich und der MJ kann nach 1–2 Tagen auch unkompliziert entfernt werden, falls keine Probleme entstanden sind (Abb. 19.15).

19.8 Steinbehandlung mittels URS

19.8.1 Harnleiterkonkremente

Harnleiterkonkremente sollten auch im Harnleiter behandelt werden, d. h., ein Abschwimmen der Steine ins NBKS sollte möglichst vermieden werden.

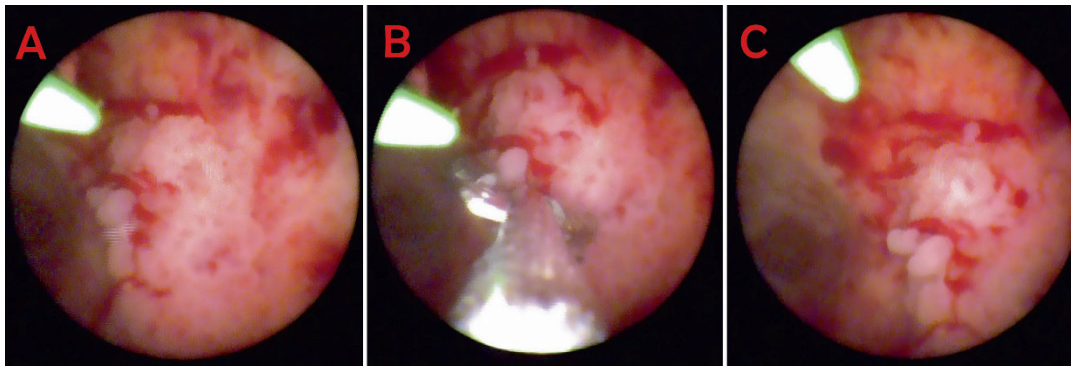


Abb. 19.15 Nierenbeckentumor: A=Sicherheitsdraht und semirigide URS, B=Biopsie des Tumors, C=nach der Biopsie

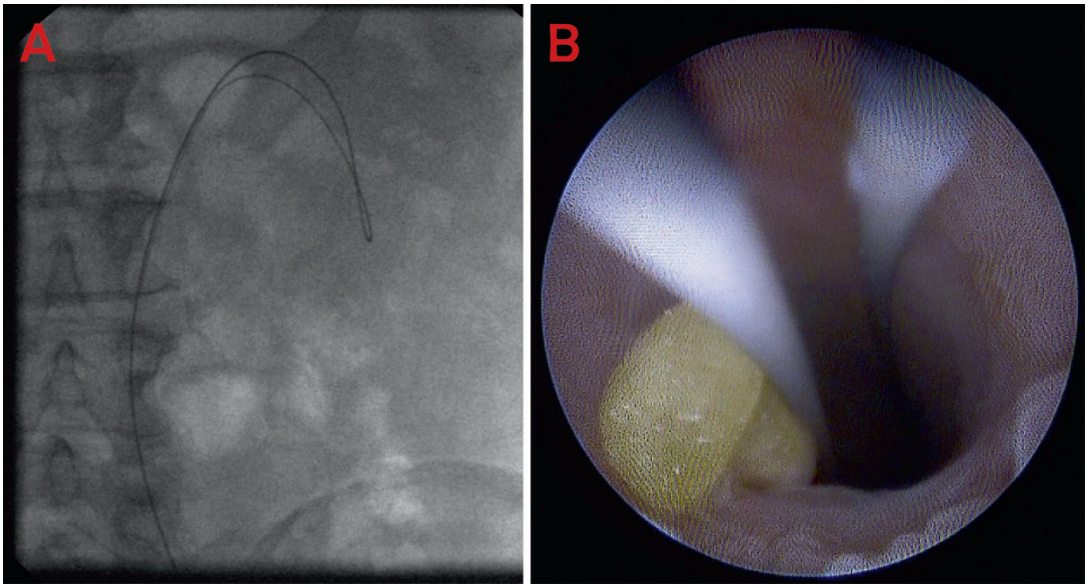


Abb. 19.16 Guide-wire-loop-Technik: Terumodraht ist im NBKS umgeschlagen und läuft wieder in den Harnleiter zurück. A=Röntgenbild, B=Endobild

Konkremente im NBKS sind einer semirigiden URS meist schwer zugänglich, sodass dann ein erhöhter Materialaufwand erforderlich wird und die Arbeitsbedingungen erschwert werden. Im Endeffekt sinkt die Steinfreiheitsrate mit proximalerer Lage des Konkrementes immer weiter ab.

Hier einige Tipps, um ein Abschwimmen zu vermeiden:

- Hohlsystem langsam aber stetig mit Spülflüssigkeit füllen. Der hydrostatische Druck über dem Konkrement behindert eine Steinwanderung.
- Evtl. vorhandene Nephrostomie schließen, um einen Flüssigkeitsstrom zu vermeiden.
- Nur wenig Spülung verwenden und den Stein immer wieder ansaugen, sobald ein Abschwimmen droht.
- Das Konkrement in eine relative Enge ziehen, um ihn dort eingeklemmt zu fixieren. Es droht jedoch die Gefahr des festsitzenden Werkzeugs (▶ Abschn. 19.11.1 »Intraoperative Komplikationen und Exit-Strategien«).
- Einklemmen des Steines an der Ureterwand neben Laserfaser oder LithoClast-Sonde.
- Guide-wire-loop-Technik: Ein hydrophiler biegsamer Draht wird solange vorgeschoben, bis die Spitze umschlägt und wieder zurück in den Harnleiter gleitet. Der proximale Harnleiter ist dann durch den Draht doppelt belegt und behindert eine Steinbewegung nach proximal.
- Bei proximalen Steinen sehr zu empfehlen (Abb. 19.16).
- Das Konkrement in einem Dormiakörbchen platzieren und dort lithotripsieren. Cave: Nicht das Dormiakörbchen zerstören – nur den Stein lasern.
- Den proximalen Harnleiter okkludieren, z. B. mit Eigenblut, Dormiakörbchen, PerSys Accordion®, N-Trap®.

Desintegrationsverfahren

Das einfachste Desintegrationsverfahren besteht darin, den Stein mit einer Fasszange zu zerquetschen. Bei einigen Steinen ist die äußere Hülle relativ fragil und brüchig, sodass sie beim Zupacken mit der Zange absplittert und nur noch der meist härtere Kern als relevantes Konkrement zurückbleibt (Abb. 19.17). Unter Umständen hat man den Stein damit bereits soweit verkleinert, dass eine Extraktion möglich wird. Auch bei größeren Konkrementen lohnt es sich daher (zumindest bei einer semirigiden URS) erst einmal zuzupacken.

Bei einer mechanischen Desintegration durch eine elektrohydraulisch erzeugte Stoßwelle oder ein ballistisches Verfahren benötigt man direkten Kontakt mit dem Stein, um eine optimale Energieübertragung zu gewährleisten. Diese Methoden führen zu einer relativ ausgeprägten Dislokation der Konkremente nach proximal und werden daher nur noch

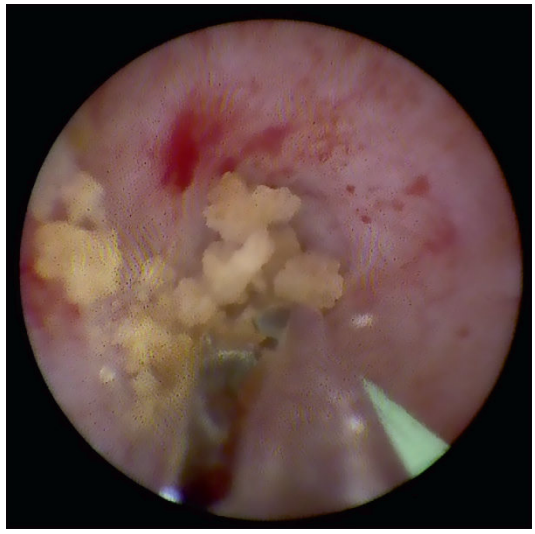


Abb. 19.17 Semirigide URS neben Sicherheitsdraht. Der Stein zerbröckelt beim Greifen mit der Zange

selten angewendet. Bei impaktierten Steinen, bei denen die Dislokationsgefahr gering ist, ist die Desintegrationsleistung jedoch überzeugend.

Die Desintegration mit einer Ultraschallsonde hat den Vorteil, dass es sich um eine Hohlsonde handelt, mit der man das Desintegrationsmaterial direkt absaugen kann. Dadurch verbessern sich die Spül- und Sichtverhältnisse und der intraluminale Druck wird gesenkt. Allerdings ist die Desintegrationsleistung gerade bei härteren Steinen regelmäßig nicht ausreichend. Die Ultraschallsonde kommt daher bei der URS selten zur Anwendung und wird hauptsächlich bei der PNL in Kombination mit einem ballistischen Verfahren verwendet.

Mittlerweile hat sich die fotothermische Desintegration mit dem Ho:YAG-Laser durchgesetzt. Das Verfahren kann sowohl bei einer semirigiden als auch bei einer flexiblen URS angewendet werden. Zudem ist durch manuell wählbare Frequenz- und Energieleistungen eine Anpassung an verschiedene Situationen mit demselben Werkzeug möglich, z. B. ist die Behandlung von weichen oder harten Steinen aber auch eine Koagulation von Tumoren oder Blutungen mit dem Ho:YAG-Laser durchführbar. Man unterscheidet bei der Laserlithotripsie verschiedene Taktiken:

- **Dusting:** Der Stein wird beim Dusting mit niedriger Laserenergie und hoher Frequenz aber langer Impulsdauer (z. B. 300 mJ, 14 Hz und 600 µsek) bearbeitet. Dadurch wird jeweils nur eine geringe Steinschicht abgetragen und es entsteht feiner Staub, der problemlos abgesaugt werden kann. Man versucht, das Zerbrechen des Konkrementes zu vermeiden und möglichst wenige Bruchstücke zu erzeugen, sodass nur wenig Material extrahiert werden muss. Aufgrund der niedrigen Energie und der langen Impulsdauer wird nur ein geringer Push-back-Impuls gesetzt und das Risiko einer Steindislokation vermindert. Die Aufarbeitung des kompletten Steines nimmt eine gewisse Zeit in Anspruch, dafür entfällt das ebenfalls zeitaufwändige Bergen der Desintegrate (Abb. 19.18).
- **Breaking:** Das Konkrement wird beim Breaking mit hoher Laserenergie und niedriger Frequenz (z. B. 800–1000 mJ bei 5–8 Hz) bearbeitet und soll möglichst schnell in 2 oder 3 Desintegrate zerbrechen, die man nacheinander leicht extrahieren kann. Im Unterschied zum Dusting wird nicht die Steinoberfläche schichtweise »abgehobelt«, sondern versucht, den Stein mittig zu teilen. Optimalerweise entstehen nur wenige Desintegrate, die gerade klein genug sind, um gefahrlos extrahiert zu werden. Das Erzeugen einer »Geröllhalde« sollte vermieden werden, da sonst zahlreiche Harnleiterpassagen erforderlich werden, um sämtliche Steine zu entfernen. Aufgrund der höheren Laserenergie entsteht ein größerer Push-back-Impuls als beim Dusting (Abb. 19.19).

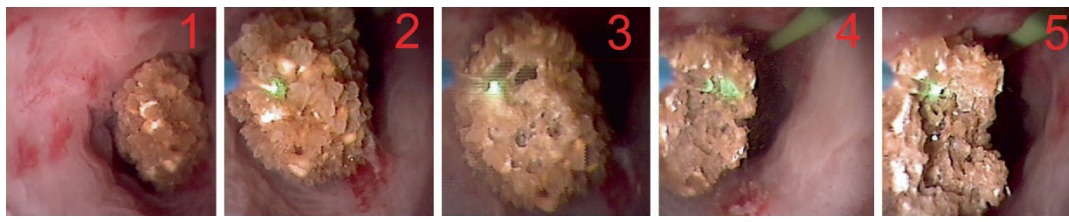


Abb. 19.18 Flexible Sensor-URS neben Sicherheitsdraht: 1=Stein in situ, 2–5=Laserdesintegration im Dustingverfahren, zunehmende Desintegration des Konkrementes

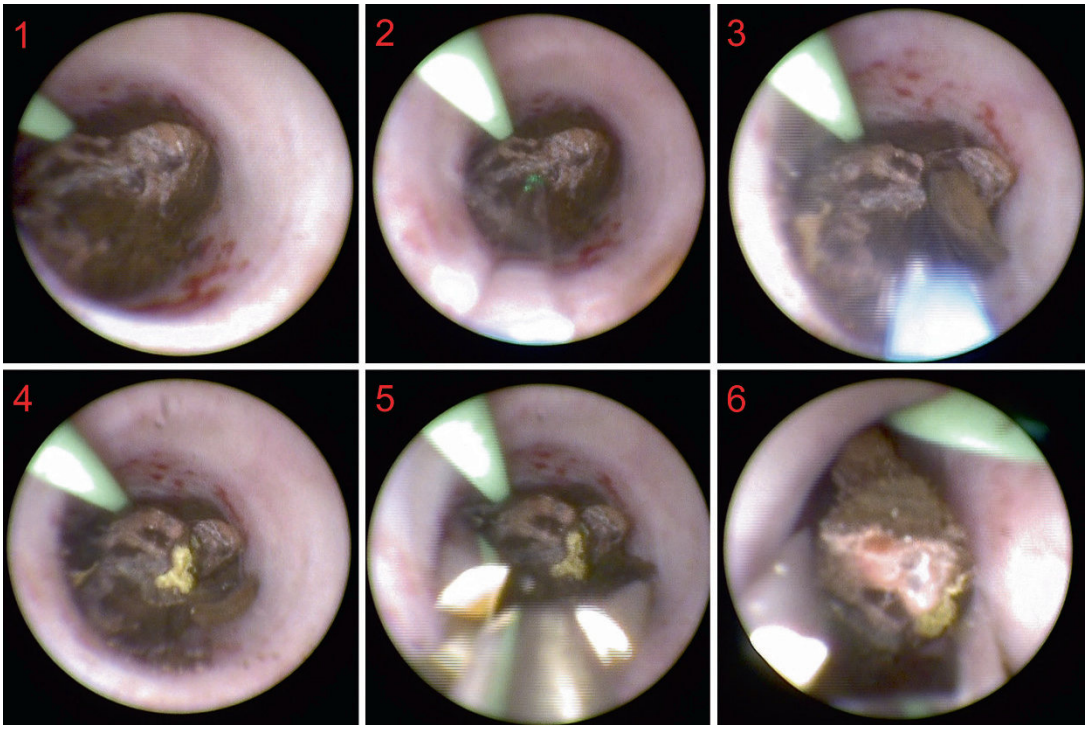


Abb. 19.19 Semirigide URS neben Sicherheitsdraht: 1=Stein in situ, 2=Laserdesintegration/Breaking, 3=Stein zerbricht mittig, 4=mehrere Desintegrate, 5+6=Zangenextraktion der Desintegrate

Die Harnleiterwand stellt bei Kontakt mit der Laserfaser für die Laserenergie kein Hindernis dar und wird ohne spürbaren Widerstand perforiert. Beim Auslösen des Lasers sollte man sich also sicher sein, dass nur Stein- und kein Harnleiterwandkontakt besteht.

Anfangs ist für die sichere Desintegration eine gute Sicht und kontinuierliche Spülung erforderlich. Der erfahrene Operateur spürt jedoch den Steinkontakt durch einen kratzenden Widerstand an der Spitze der Laserfaser und benötigt daher nicht zu jeder Zeit freies Sichtfeld.

Bei der semirigiden URS verwendet man eine Laserfaser mit 600 µm Durchmesser, bei der flexiblen URS einen Durchmesser von nur 230–365 µm. Die maximale Laserenergie ist bei der flexiblen Laserlithotripsie daher geringer.

Die Laserfaser darf nur im gestreckten Zustand des flexiblen Endoskops eingeführt werden, da sonst die innere Beschichtung aufgeschlitzt wird. Weitere beliebte Möglichkeit, sein flexibles Instrument zu zerstören: einfach Laser auslösen, während sich die Faserspitze im Arbeitskanal befindet.

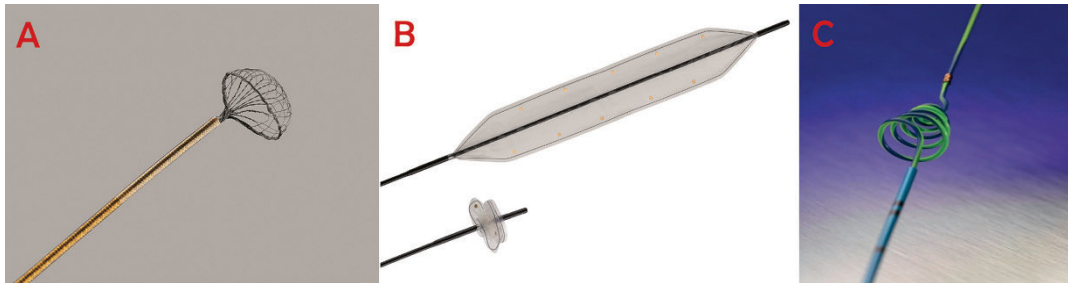
Extraktionstechniken

Bei der semirigiden URS wird meist versucht, den Stein mit einer Zange zu greifen und zu extrahieren. Als Faustregel kann man sich merken, dass dies bei proximalen Steinen bis 5 mm und bei distalen Steinen bis 8 mm Durchmesser gelingen kann. Bei größeren Steinen ist meist erst eine Desintegration erforderlich.

Welche Zange man für die Extraktion verwendet, ist Geschmackssache. Die Krokodil- oder Hechtmaulfasszange hat relativ stumpfe Zähne und Verletzungen der Harnleiterwand sind seltener. Die Mäusezahnzange hat jedoch den Vorteil, dass man mit den spitzeren Zähnen den Stein sicherer packen kann und beim Extrahieren nicht verliert. Beim Zugreifen muss man sich bei allen Zangen sicher sein, dass nicht die Harnleiterwand mit gefasst wurde.

Tipps

Hat man den Stein mit der Zange gepackt, wird zunächst an Ort und Stelle die Zange nach rechts und links rotiert. Bewegt sich der Harnleiter nicht mit, kann man sicher sein keine Schleimhaut gefasst zu haben.



N-Trape von Cook Medical

PercSys Accordion von Accordion Medical

Stone-Cone von Boston Scientific

Abb. 19.20 Antimigrationstools: A=N-Trap®, B=PercSys Accordion®, C=Stone-Cone®. (Bildmaterial von Cook Medical (A), Accordion Medical (B) und Boston Scientific (C))

Auch bei der Extraktion kann es noch zu Schleimhautverletzungen kommen, z. B. durch das Einklemmen der Schleimhaut zwischen Zangengelenk und Endoskop, falls man den Stein dicht ans URS-Instrument heranzieht. Die sicherste Harnleiterpassage mit Stein gelingt, wenn man etwas Abstand zum Konkrement bewahrt und somit die Sichtkontrolle noch erhalten bleibt. Bei relativen Engen empfiehlt es sich dann, bei fixiertem Endoskop nur die Zange mit dem Konkrement unter leicht drehenden Bewegungen nach distal zu ziehen, bis die Engstelle überwunden ist. Man erhält dann das beste Gespür für den entgegengebrachten Widerstand, da man nur an der Zange manipuliert. Zu guter Letzt sollte man nicht aus lauter Euphorie den Stein leichtsinnigerweise noch in der Harnröhre verlieren. Ein einliegender Katheter stört meist und sollte besser kurzfristig entfernt werden. Zudem ist auf anatomisch korrektes Arbeiten auch beim Ausspiegeln aus der Harnröhre zu achten (Instrument muss wieder Richtung Nabel »gebeugt« werden), da der Stein sonst an der Harnröhrenwand reiben und verloren gehen kann.

Da Harnleitersteine fast immer mit dem semirigiden Instrument erreicht werden können, wird in unserer Klinik zur Extraktion von Uretersteinen nur selten ein Dormiakörbchen sondern fast ausschließlich Zangen verwendet. Die Kosten für das nicht sterilisierbare Dormiakörbchen können so eingespart werden. In Fällen, in denen ein flexibles Instrument im Harnleiter zum Einsatz kommt oder das Konkrement mit der Zange nicht zu packen ist, kann man natürlich auch im Harnleiter mit einem Dormiakörbchen arbeiten.

Spezielle Instrumentenkunde

Um ein Abspülen eines Harnleiterkonkrementes in das NBKS zu verhindern, wurden mittlerweile mehrere Werkzeuge entwickelt, das Prinzip ist jedoch immer das Gleiche: Das Werkzeug wird neben dem Stein vorbeigeschoben, dann entfaltet und dient somit als Widerlager für das Konkrement. In Abb. 19.21 sind unterschiedliche Vertreter abgebildet. Obwohl eine Steindislokation damit recht zuverlässig vermieden werden kann, haben sich diese Zusatzwerkzeuge in den Kliniken, die über flexibles Instrumentarium verfügen, jedoch wenig durchgesetzt. Denn sollten die Maßnahmen aus Kapitel ▶ Abschn. 19.8.1 (»Harnleiterkonkremente«) nicht funktionieren und das Konkrement doch ins NBKS abschwimmen, kann im Bedarfsfall mit den flexiblen Endoskopen weiter behandelt werden (Abb. 19.20).

19.8.2 Nierensteine

In den letzten Jahren hat eine spür- und messbare Verschiebung der Häufigkeit von ESWL und URS stattgefunden, mit deutlicher Zunahme der URS und Abnahme der ESWL-Zahlen. Diese Verschiebung ist hauptsächlich auf die veränderte Therapiestrategie von Steinen im NBKS-Bereich zurückzuführen. Waren diese früher Hauptindikation für eine ESWL, werden heutzutage immer mehr Steine bis 1,5 cm mittels URS angegangen. Sogar die früher mit der URS schwierig zu behandelnden Steine der unteren Kelchgruppe stellen mittlerweile kein Hindernis mehr dar.

Taktisches Vorgehen

Obwohl sich die Instrumenteneigenschaften insbesondere bei der flexiblen URS deutlich gebessert haben, ist die Behandlung und Bergung von Konkrementen der unteren Kelchgruppe weiterhin anspruchsvoll und zeitaufwändig. Eine gute Taktik ist

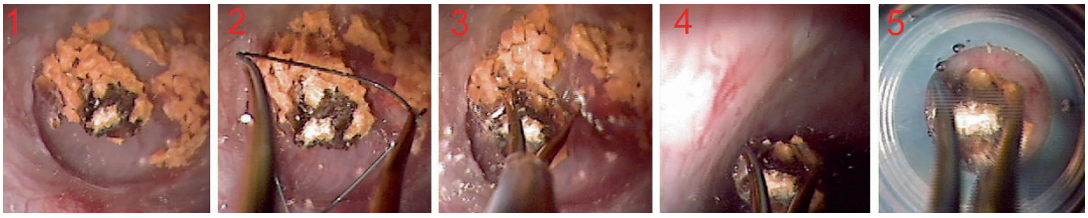


Abb. 19.21 Steinextraktion mittels Dormiakörbchen über eine Schleuse: 1=Restkonkrement nach Desintegration in situ, 2=zentral offenes Körbchen geöffnet, 3=zentral offenes Körbchen greift den Stein, 4=Extraktion aus der Kelchgruppe, 5=Extraktion via Schleuse

es daher, den Stein vor einer Desintegration in der oberen Kelchgruppe zu platzieren und so bequemere und effektivere Arbeitsbedingungen zu schaffen. Unterstützend wirkt dabei eine leichte Kopftieflagerung des Patienten, um eine erneute Dislokation des Konkrementes in die untere Kelchgruppe zu vermeiden.

Je nach Größe des Steines und geplantem Vorgehen (Dusting oder Breaking) ist auch die Anlage einer hydrophilen Schleuse vorteilhaft. Der wiederholte Zugang mit dem flexiblen Endoskop ins NBKS wird damit einfach, zeitsparend und sicher gewährleistet. Zudem werden die Spülmöglichkeiten verbessert und der hydrostatische Druck im Nierenbecken reduziert. Jedoch stellt das Schleusensystem einen nicht unerheblichen Kostenfaktor dar.

Atemexkursionen können durch die Nierenbewegungen ein rasches Arbeiten behindern. In Rücksprache mit dem Anästhesisten kann eine intermittierende Oxygenierung und anschließende Beatmungspause erfolgen und damit deutlich ruhigere Arbeitsbedingungen hergestellt werden.

Desintegrationsverfahren

Die Behandlung von Steinen im NBKS mittels URS ist eine Domäne der flexiblen Instrumente. Das bevorzugte Werkzeug für die Desintegration ist daher der Ho:YAG-Laser, wobei auch die ballistische Desintegration mit einer flexiblen LithoClast-Sonde möglich ist.

Bei der Verwendung einer Laserfaser in einem flexiblen Instrument sind einige Dinge zu beachten:

Tipps

- Laserfaser niemals bei gebeugtem Instrument einführen, sonst schlitzt man die Innenbeschichtung auf!
- Laser nicht sehr nahe am oder gar im Instrument auslösen, sonst beschädigt man die Schutzbeschichtung!

Zudem sind Konkremente im NBKS deutlich beweglicher als in den beengten Verhältnissen des Harnleiters. Man sollte daher unbedingt darauf achten, bei der Laserapplikation Steinkontakt zu behalten, um Parenchymschäden zu vermeiden. Die Gefahr einer Striktur ist zwar relativ gering, aber selbst leichte Blutungen können bei der flexiblen URS problematische Sichtverhältnisse verursachen, da die Spülbedingungen eingeschränkt sind.

Extraktionsverfahren

Die wenigsten NBKS-Steine sind für eine Extraktion mit der Zange über ein semirigides Instrument erreichbar. Zudem ist die Werkzeuggröße bei den flexiblen Instrumenten limitiert. Daher muss bei NBKS-Konkrementen fast immer ein Dormiakörbchen zur Steinextraktion verwendet werden. In ▶ Abschn. 19.2.3 (»Schleusen, Zangen und Körbchen«) sind die verschiedenen Modelle beschrieben.

Häufig arbeitet es sich mit einem pyramidenförmig aufgebauten und zentral offenen Körbchen am komfortabelsten, da es lediglich geöffnet und wie ein Greifwerkzeug über den Stein gestülpt werden muss. Die kugelförmigen Körbchen müssen vor dem Öffnen seitlich des Steines platziert werden, damit das Konkrement zwischen den einzelnen Drähten ins Innere des Körbchens rutschen kann. Andererseits ist die Extraktion mit den kugelförmigen Körbchen etwas erleichtert, da sich der Stein komplett innerhalb der Drahtschlingen befindet und leichter durch den Harnleiter rutschen kann.

19.9 Tumorbehandlung mittels URS

An dieser Stelle soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass die Tumorbehandlung mittels URS nicht die Standardbehandlung eines Urothelkarzinoms des oberen Harntraktes darstellt. In den meisten Fällen sollte eine Nephroureterektomie unter Mitnahme einer Blasenmanschette empfohlen wer-

den. Jedoch kann in Einzelfällen eine endoluminale Tumorbehandlung durchaus die bessere Therapieoption für den Patienten darstellen:

- Patienten mit tumortragender Einzelniere oder deutlich eingeschränkter Nierenfunktion, um eine Dialysepflicht zu vermeiden
- Patienten mit beidseitigen Tumoren des oberen Harntraktes
- Patienten mit ausgeprägten Begleiterkrankungen und geringer Lebenserwartung oder hohem OP-Risiko zur Symptomkontrolle
- Metastasierte Patienten als palliative Maßnahme zur Symptomkontrolle
- Patienten mit kleinen und gut differenzierten (G1/low grade) Tumoren, da diese nur selten invasiv wachsen; Voraussetzung ist eine zuverlässige und aussagekräftige Biopsie und für die Nachsorge sind regelmäßige ureterorenoskopische Kontrollen erforderlich

In diesen Fällen kann analog zu Urothelkarzinomen der Blase eine postoperative Instillation von Mitomycin oder BCG über einen Ureterkatheter erfolgen. Die Datengrundlage hierfür ist jedoch äußerst dünn. Zudem sollte BCG erst nach Abheilung des OP-Areals instilliert werden, um eine organüberschreitende oder gar systemische BCG-Entzündung zu vermeiden.

19.9.1 Mechanische Abtragung

Mit speziellen Ureterresektoskopen können in Einzelfällen Tumoren des unteren Harnleiters ähnlich den Blasentumoren reseziert werden. Da der distale Ureter gegenüber den proximalen Harnleiterabschnitten eine dickere Wandung aufweist, ist die Gefahr einer Perforation geringer. Papilläre, gestielte Tumoren lassen sich meist gut mit einem Dormiakörbchen greifen und abzupfen. Im Anschluss sollte eine Koagulation des Tumorgrundes mit Hilfe einer Elektrode oder einer Laserfaser erfolgen. Die mechanische Abtragung eines Tumors mit Hilfe einer Zange ist zeitaufwändig und mühsam, da mit jedem Zupacken nur relativ geringe Tumormengen entfernt werden können und immer wieder Blutungen entstehen.

19.9.2 Lasertherapie

Aufgrund der geringen Eindringtiefe von nur 0,4 mm im Gewebe bietet sich der Ho:YAG-Laser im Koagulationsmodus zur Tumorbehandlung des oberen Harntraktes an. Aus Zeitgründen ist es vorteilhaft, den Tumor dabei in kleinere Portionen zu zerteilen, welche extrahiert oder abgesaugt werden können statt den Tumor komplett zu vaporisieren.

Alternativ zur Tumorbehandlung mittels URS kann die Therapie auch perkutan vorgenommen oder durch eine simultane perkutane Behandlung ergänzt werden. Vorteil des perkutanen Verfahrens ist der größere Instrumentendurchmesser, der die Anwendung eines Resektoskopes im NBKS erlaubt. Nachteilig sind das höhere Risiko einer Tumorzellaussaat sowie die eingeschränkte Erreichbarkeit einzelner Kelchgruppen.

19.10 Ureteroskopische Harnleiterschlitzung

Die retrograde Ureterotomie stellt eine minimal-invasive Alternative zur Behandlung von persistierenden narbigen Stenosen des Harnleiters zu offenen Operationen wie End-zu-End-Anastomose, Psoas-Hitch oder Boari-Plastik dar. Präoperativ sollte eine extrinsische Enge z. B. durch Kompression durch einen retroperitonealen Tumor mittels Schnittbildgebung ausgeschlossen werden.

Nach Möglichkeit sollten ein Sicherheitsdraht und ein zusätzlicher Führungsdraht verwendet werden, was sich jedoch je nach Ausmaß der Stenose als schwierig erweisen kann. Mindestens ist jedoch die Anlage eines Führungsdrahtes erforderlich, da eine blinde Ureterotomie ohne jegliche Führungshilfe nur zufällig zum Erfolg führen kann. Vorteilhaft ist die vorherige (ca. 14 Tage präoperativ) Anlage eines DJ-Katheters. Die Schlitzung an sich wird entweder mit einem Ho:YAG-Laser oder besser mit einer Häkchensonde, welche über den Führungsdraht vorgeschoben wird, durchgeführt.

Tipps

Wichtig ist eine dorsolaterale Schnittführung in einer geraden Linie und Inzision der gesamten Länge der Engstelle bis ins gesunde Gewebe hinein.

Ist die Stenose überwunden, zeigt sich wieder das kreisförmige Lumen des proximalen Ureters. Abschließend sollte eine Harnleiterschiene angelegt und für 6 Wochen in situ verbleiben.

19.11 Komplikationen ureterorenoskopischer Eingriffe

Die beste Art und Weise, mit Komplikationen umzugehen, ist es, für zukünftige Eingriffe dazu zu lernen und gleichartige Probleme möglichst zu vermeiden. Prophylaxe ist und bleibt das effektivste Nebenwirkungsmanagement. Daher ist man bei drohenden Komplikationen gut beraten, den Eingriff abzubrechen, eine Harnleiterschiene einzulegen (natürlich über den empfohlenen Sicherheitsdraht) und die OP zu einem späteren Zeitpunkt zu wiederholen. Dieses Vorgehen darf nicht als Scheitern verstanden werden, sondern stellt ein verantwortungsvolles Handeln im Sinne des Patienten dar.

19.11.1 Intraoperative Komplikationen und Exit-Strategien

Erektion

Die penile Manipulation kann gerade in Kombination mit einer Propofol-Narkose zu störenden Erektionen führen. Sollte trotz Umstellung der Narkosemittel und kurzer OP-Pause weiterhin kein transurethrales Operieren möglich sein, kann die Erektion auch mittels intrakorporaler Adrenalininjektion (Cave: systemisch kreislaufwirksam! Auf jeden Fall Anästhesie vorwarnen!) bekämpft werden.

Einschwemmung

Bei der URS wird isotone Spüllösung verwendet, sodass eine hypotone Hyperhydratation wie beim TUR-Syndrom nicht zu erwarten ist. Zudem findet sich die fehlende Spüllösung eher retroperitoneal als intravasal, was von den Patienten normalerweise gut toleriert wird und durch diuretische Maßnahmen behoben werden kann.

Die Einschwemmung von Bakterien hingegen stellt einen echten Notfall dar und kann sich durch ein akutes septisches Kreislaufversagen äußern. Die sofortige Gabe eines Breitbandantibiotikums (z. B. Imipenem oder Piperacillin/Tazobactam), die Anlage eines MJ-Katheters zur Nulldruckableitung und zügige Beendigung der Operation sind zwingend erforderlich.

Perforation des Hohlsystems

Eine Perforation kommt wahrscheinlich deutlich häufiger vor als sie bemerkt wird und stellt eine weniger schwerwiegende Komplikation dar. Dennoch sollte die OP abgebrochen und eine Harnleiterschiene für mindestens 14 Tage eingelegt werden.

Bei Perforationen im Ureterbereich kann es schwierig sein, den proximalen Harnleiter zu identifizieren und eine Schiene anzulegen, falls man »vergessen« hat, einen Sicherheitsdraht vorzulegen. Folgende Maßnahmen können dann helfen:

- Nicht versuchen, die Perforation mit dem Instrument zu passieren! Dies wird den Defekt vergrößern und die Situation weiter verschlechtern.
- Behutsame retrograde Kontrastmitteldarstellung. Tritt zu viel KM nach retroperitoneal aus, wird es schwierig, den Harnleiter durch weitere KM-Darstellungen zu identifizieren.
- Die noch intakte Harnleiterwand identifizieren, welche gegenüber der Perforationsstelle liegt. Am besten über einen UK mit gebogener Spitze an dieser Wand entlang einen hydrophilen Führungsdraht unter radiologischer Kontrolle vorschieben.
- Diurese steigern, evtl. Methylenblau i.v., um das Lumen des proximalen Ureters darzustellen.
- *Vorsichtig* den Harnleiter durch Zurückziehen des URS strecken und damit Kinkings aufheben. Die noch intakte Harnleiterwand gerät leicht auf Spannung und wird besser sichtbar. Cave: Bei ausgeprägten Perforationen droht nun der endgültige Abriss des Harnleiters!
- Wiederholtes behutsames Vorschieben eines hydrophilen Drahtes in verschiedenen Positionen und unter Röntgendurchleuchtung. Lässt sich der Draht ohne Widerstand vorschieben und folgt radiologisch dem vermutlichen Verlauf des Hohlsystems ist es möglicherweise gelungen, den Harnleiter zufällig aufzufädeln. Dann Vorschieben eines Ureterkatheters und KM-Darstellung zur Bestätigung der korrekten Lage.
- Gelingt dies nicht: Anlage einer Nephrostomie und Versuch der antegraden Schienung über einen »Durchzugsdraht«.

Ureterabriss

Der komplette Ureterabriss stellt eine der schwerwiegendsten Komplikationen ureterorenoskopischer Operationen dar. Da in der Regel distale Anteile des abgerissenen Ureters durch das Endoskop denudiert werden, kommt eine End-zu-End-Anastomose als Therapie nur in den seltensten Fällen infrage. Meist bedarf der Ureterabriss daher einer Ureterozystoneostomie in Psoas-Hitch- oder Boari-Technik. Da bei

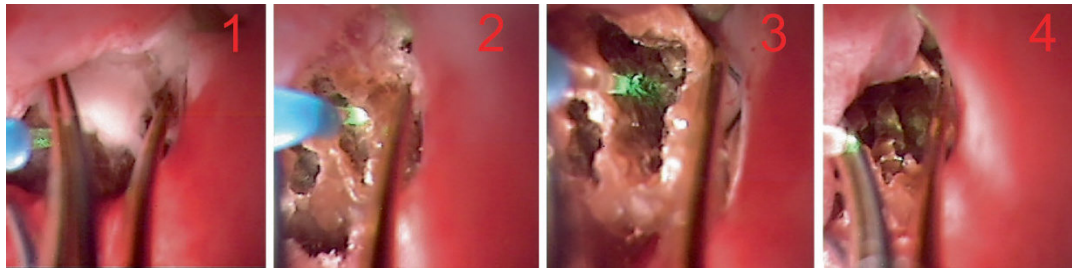


Abb. 19.22 Im Harnleiter verkeiltes Dormiakörbchen mit Konkrement: 1–4= zunehmende Laserdesintegration des Konkrementes im Dormiakörbchen

einem hohen Ureterabriss der langstreckige Defekt nur mit einem Harnleiterersatz (z. B. Ileumharnleiterersatz) überbrückt werden kann, sollte bis zu dieser in einer zweiten Sitzung durchzuführenden Operation das proximale Ureterende entweder durch eine Ligatur oder einen Okklusionskatheter verschlossen und die Niere vorübergehend durch eine perkutane Nephrostomie abgeleitet werden.

Festsitzendes Ureteroskop

Starre Endoskope weisen eine konisch zulaufende Spitze auf. Wird das Endoskop bis in den proximalen Harnleiter eingeführt, so erfolgt mit dem dicker werdenden Ende eine Aufbougierung des distalen Harnleiters. Dies kann dazu führen, dass sich das weit vorgeschobene Instrument nur sehr schwer zurückziehen lässt. Keinesfalls sollte nun versucht werden, mit Kraft das Endoskop herauszuziehen, da der Harnleiter abreißen kann. Besseres Vorgehen:

- Kontrastmitteldarstellung des Harnleiters
- Führungsdraht bis ins NBKS vorlegen
- Instrument unter radiologischer und endoskopischer Kontrolle immer in Ureterachse halten; der Führungsdraht bietet dabei eine sehr gute Orientierung
- Langsames Zurückziehen mit drehenden Bewegungen
- Zeit lassen! Langsam aufgebauten Zug mehrere Sekunden halten, bis der Harnleiter anfängt, vom Instrument zu rutschen

Festsitzende Werkzeuge

Verkeilungen von Dormiakörbchen oder Zangen treten v. a. auf, wenn mit zu viel Zug ein zu großes Konkrement durch einen zu engen Harnleiter gezogen werden soll. Die Drahtschlingen oder Zangen bohren sich dann in die Schleimhaut, sind schlecht beweglich und können nicht mehr geöffnet werden, sodass der Stein nicht wieder losgelassen werden kann. Insbesondere bei Zangen droht beim Öffnungsversuch die Gefahr einer Harnleiterperforation. Man sollte daher zunächst versuchen, das Werkzeug wieder in den proximalen Harnleiter vor die Engstelle zu schieben und hier zunächst eine Desintegration des Konkrementes durchführen.

Gelingt ein Vorschieben nicht, kann bei Dormiakörbchen auch eine Desintegration im eingeklemmten Zustand erfolgen. Verfügt man über ein Instrument mit zwei Arbeitskanälen wird dazu die Laserfaser über den freien Arbeitskanal eingeführt, anderenfalls muss das Handstück des Dormiakörbchens abgeschraubt oder abgeschnitten werden und neben dem Dormiakörbchen erneut eingespiegelt werden. Sollte auch diese Maßnahme scheitern, ist von Anwendung größerer Kraft abzuraten. Ein offen-operatives Vorgehen mit Exploration der Verkeilung ist dann Methode der ersten Wahl, um einen kompletten Abriss des Harnleiters zu vermeiden und den Schaden am Harnleiter zu begrenzen (Abb. 19.22).

19.11.2 Postoperative Komplikationen

Bei ca. 6 % der Patienten treten in der unmittelbar postoperativen Phase relevante Probleme wie Fieber (1,1 %), persistierende Hämaturie (2 %) oder kolikartige Schmerzen (2,3 %) auf.

- **Fieber:**
  - Prophylaxe:
    - Die präoperative Urinkultur soll steril sein!
    - Antibiotikumprophylaxe als single-shot gemäß des lokalen Keimspektrums
    - Bei Infektsteinen 10 Tage antibakteriell vorbehandeln
    - Intraoperativ keinen Druck > 80 cm H_2O im NBKS aufbauen (die Verwendung einer Schleuse senkt den intraoperativen Druck)

- Therapie:
  - Urinkultur anlegen und sofort antibakterielle Behandlung einleiten
  - Urindrainage aus der operierten Niere sicher stellen mittels Anlage eines DJ-(+DK), MJ- oder Nephrostomiekatheters
- **Hämaturie:**
  - Prophylaxe:
    - Sorgsamer Umgang mit Drähten, Zangen und Lasern
    - Den Grundsatz »Gewalt ist keine Lösung!« beherzigen
  - Therapie:
    - Intraoperative Spülung und Anlage einer Harnleiterschiene, postoperativ bei leichten Blutungen: forcierte Diurese
    - Bei ausgeprägteren Blutungen: zunächst keine forcierte Diurese, bis NBKS austamponiert ist und Blutung damit komprimiert wird, dann nach ca. 4 Stunden forcierte Diurese einleiten, um Koagel wieder aufzulösen. Begleitend analgetische Behandlung, Harnleiterschienung und Hb-Kontrollen. Endoskopische Maßnahmen, wie eine erneute URS zur Blutstillung oder Koagelausräumung, sind wenig erfolgversprechend.
    - Bei persistierenden oder Hb-relevanten Blutungen: selektive Angiografie mit Embolisation der Blutungsquelle.
    - Cave: Bei massiven Blutungen oder Laserung im Gefäßkreuzungsbereich an eine uretero-iliacale Fistel denken! Sofortige Angiografie mit Stentversorgung erforderlich, zusätzlich Harnleiterschienung ratsam.
    - Ultima ratio ist die Nephro(ureter)ektomie.
- **Schmerzen/Koliken:**
  - Prophylaxe:
    - Im Zweifel intraoperative Anlage einer Harnleiterschiene
  - Therapie:
    - Spasmoanalgetische Behandlung, z. B. mit Novaminsulfon, Diclofenac und Tamsulosin
    - Urindrainage mit Anlage einer Harnleiterschiene sichern

19.11.3 Spätkomplikationen

Spätkomplikationen und langfristige Schäden nach einer Ureterorenoskopie sind selten und treten hauptsächlich in Form von Strikturen auf. Die Inzidenz liegt dabei unter 0,5 %, wobei das Risiko abhängig vom Ausmaß der Manipulation ist. Jede Verletzung des Harnleiters kann prinzipiell zu einer narbigen Striktur führen, aber insbesondere Schäden durch Laserenergie scheinen das Risiko zu erhöhen. Die Häufigkeit eines persistierenden vesiko-ureteralen Reflux nach URS liegt bei ca. 0,1 %.

Literatur

Deutsche Gesellschaft für Urologie e.V. und Arbeitskreis Harnsteine der Akademie der deutschen Urologen: S2k-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Metaphylaxe der Urolithiasis. 2015

Niall, O., et al., A comparison of noncontrast computerized tomography with excretory urography in the assessment of acute flank pain J Urol, 1999. 161(2): p. 534–7

Geavlete, P., et al., Complications of 2735 retrograde semirigid ureteroscopy procedures: a single-center experience. J Endourol, 2006. 20(3):p.179–85

L'Esperance, J. O., et al., Effect of ureteral access sheath on stone-free rates in patients undergoing ureteroscopic management of renal calculi. Urology, 2005. 66(2): p. 252–5

Stern, J. M., J. Yiee, and S. Park, Safety and efficacy of ureteral access sheaths. J Endourol, 2007. 21(2): p. 119–23

Netsch, C., et al., Impact of preoperative ureteral stenting on stone-free rates of ureteroscopy for nephroureterolithiasis: A matched-paired analysis of 286 patients. Urology, 2012. 80: p. 1214–1220

Rubenstein, R. A., et al., Prestenting improves ureteroscopic stone-free rates. J Endourol, 2007. 21(11): p. 1277–80

Preminger, G. M., et al., 2007 Guideline for the management of ureteral calculi. Eur Urol, 2007. 52(6): p. 1610–31

Tuerk C, et al., eds. EAU Guidelines on Urolithiasis. 2013, EAU Guideline Office, Arnhem, Netherlands: Milan

Grasso, M. and M. Ficazzola, Retrograde ureteropyeloscopy for lower pole caliceal calculi. J. Urol., 1999. 162(6): p. 1904

Perkutane endoskopische Therapieverfahren der Niere

C. Keil

20.1 Perkutane Nephrolitholapaxie (PNL) – 262
20.1.1 Indikationen – 262
20.1.2 Kontraindikationen – 262
20.1.3 Präoperative Diagnostik – 262
20.1.4 Operatives Vorgehen – 263
20.1.5 Postoperatives Management – 277
20.1.6 Miniaturisierung der PNL – 278
20.1.7 Kompletter Ausgussstein – 279
20.1.8 PNL bei Hufeisenniere – 282
20.1.9 PNL bei Kelchhalsstenose und Divertikelsteinen – 283
20.1.10 PNL und Adipositas per magna – 285
20.1.11 Komplikationen und Komplikationsmanagement – 285
20.1.12 Ergebnisse der PNL – 289

20.2 Perkutane antegrade Ureteroskopie – 289

20.3 Perkutane antegrade Endopyelotomie – 291
20.3.1 Präoperative Diagnostik – 292
20.3.2 Operatives Vorgehen – 292

20.4 Perkutane Behandlung von Nierenbeckentumoren – 292
20.4.1 Indikationen – 293
20.4.2 Kontraindikationen – 293
20.4.3 Operatives Vorgehen – 293
20.4.4 Ergebnisse – 295

Literatur – 295

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_20

20.1 Perkutane Nephrolitholapaxie (PNL)

Seit 1976 von Fernström und Johansson erstmals eine endoskopische, rein perkutane Technik zur Entfernung von Nierensteinen publiziert wurde (Fernström und Johansson 1976), hat die perkutane Nephrolitholapaxie (PNL) schnell Einzug in den klinischen Alltag gehalten. Parallel zur perkutanen Steintherapie von Nierensteinen revolutionierte seit dem ersten klinischen Einsatz am Klinikum Großhadern 1980 (Chaussy et al. 1980) die Extrakorporale Stoßwellen Therapie (ESWL) die Behandlung von Nierensteinen. Die früher häufig notwendige offene chirurgische Steintherapie mit zwar hohen Steinfreiheitsraten, aber auch hoher Invasivität geriet zunehmend in den Hintergrund. Die ESWL galt lange Jahre als Goldstandard in der Therapie von Nierensteinen. Mit Verbesserungen der technischen Möglichkeiten und der Entwicklung potenter Lithotripsie- und Lasersysteme ist in den letzten Jahren die perkutane Steintherapie zunehmend in den Vordergrund getreten und stellt heute den Goldstandard in der Behandlung großer Nierensteine dar. Eine Miniaturisierung der Instrumente hat in der jüngeren Vergangenheit dazu geführt, dass zunehmend auch Steine <2 cm perkutan behandelt werden und dieses Vorgehen letztlich nun auch Einzug in die aktuellen nationalen und internationalen Leitlinien gehalten hat (www.awmf. org 2015. www.uroweb.org 2015).

20.1.1 Indikationen

Die PNL ist das Therapieverfahren der Wahl für Nierensteine >2 cm. Bei Unterpolsteinen ist die PNL aufgrund der schlechteren Ergebnisse der ESWL bereits bei kleineren Steinen indiziert. Eine weitere Indikation stellen sehr harte Steine wie Zystin-, Brushit- oder Whewellitsteine (Calciumoxalat-Monohydrat) dar, bei denen andere Therapieoptionen weniger erfolgversprechend sind. Wenn präoperativ die Steinkomposition nicht bekannt ist, können hohe Dichtewerte des Steinmaterials in der Nativ CT (>1000 HU) ein weiteres Entscheidungskriterium zugunsten der PNL sein, da die ESWL hier weniger effektiv ist (El-Nahas et al. 2007) (Abb. 20.1).

Negative Erfolgsprädiktoren für die ESWL

- Stoßwellen resistente Steine (Brushit, Zystin, Calciumoxalat-Monohydrat)
- Steiler Winkel zwischen Infundibulum und Nierenbecken
- Langer unterer Kelch (>10 mm)
- Enges Infundibulum (<5 mm)

20.1.2 Kontraindikationen

Zu den absoluten Kontraindikationen der PNL gehören neben anatomischen Besonderheiten, die eine erfolgreiche und sichere Punktion der Niere unmöglich machen, der unbehandelte Harnwegsinfekt, eine bestehende Schwangerschaft sowie potenziell maligne Tumoren der Niere oder des Retroperitoneums, die im Zugangsweg der PNL liegen. Weitere absolute Kontraindikation stellen unbehandelte Gerinnungsstörungen oder die Einnahme oraler Antikoagulanzien oder Thrombozytenaggregationshemmer dar. Eine PNL unter laufender low-dose Aspirintherapie scheint sicher zu sein (Leavitt et al. 2014). Ebenso kann eine PNL bei bekanntem Harnwegsinfekt unter resistenzgerechteter antibiotischer Therapie erfolgen.

Absolute Kontraindikation der PNL

- Unbehandelter Harnwegsinfekt
- Schwangerschaft
- Gerinnungsstörung
- Einnahme von Antikoagulanzien oder Thrombozytenaggregationshemmern
- Atypische Koloninterposition
- Maligner Tumor der Niere oder maligner Tumor im Zugangsweg

20.1.3 Präoperative Diagnostik

Neben einer aktuellen Blutuntersuchung hinsichtlich Blutbild, Elektrolyten, Retentionsparametern und plasmatischer Gerinnung ist eine präoperative Urinkultur obligat. Bei einem Harnwegsinfekt sollte spätestens am präoperativen Tag mit einer resistenzgerechten antibiotischen Therapie begonnen werden. Antikoagulanzien und Thrombozytenaggregationshemmer – bis auf eine low-dose Aspirintherapie – müssen rechtzeitig abgesetzt oder auf eine Behand-

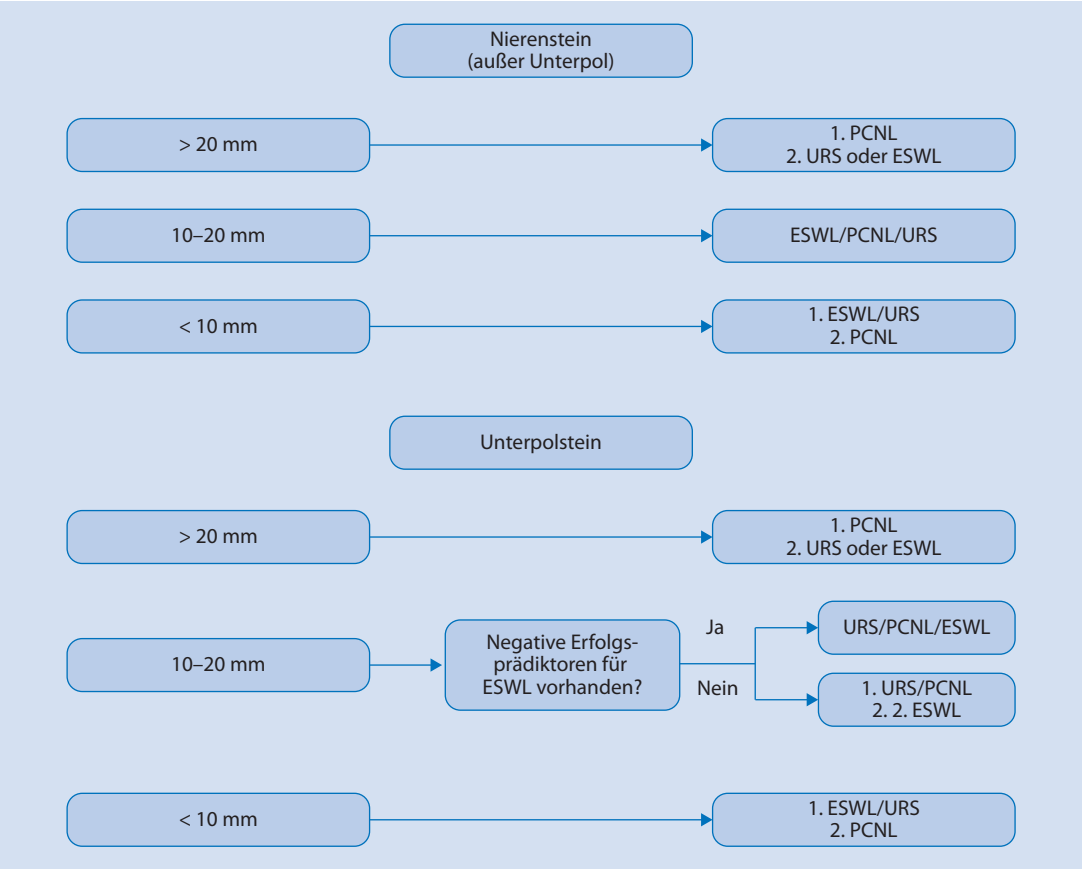


Abb. 20.1 Therapieempfehlung zur Behandlung von Nierensteinen gemäß S2k-Leitlinie des Arbeitskreises Endourologie der Deutschen Gesellschaft für Urologie e.V.

lung mit niedermolekularem Heparin umgestellt werden.

Neben der laborchemischen Analyse sind sonografische und radiologische Untersuchungen zur Evaluation der Steinausdehnung und der Anatomie von Nierenbeckenkelchsystem (NBKS) und umliegenden Organen obligat. Als radiologische Untersuchung hat sich die Nativ-CT des Abdomens in einem low-dose Protokoll als Standard etabliert. Zur Darstellung der Anatomie des Nierenbeckenkelchsystems bietet sich die intraoperative, retrograde Pyelografie im Rahmen der Anlage der Harnleiterschiene an. Alternativ kann präoperativ ein Ausscheidungsurogramm (AUG) erfolgen. Bei Ausgusssteinen oder rarefiziertem Nierenparenchym sollte präoperativ per Nierenfunktionsszintigrafie eine adäquate Nierenfunktion dokumentiert werden. Bei deutlich eingeschränkter Funktion (<10 %) kann eine Nephrektomie anstatt einer organerhaltenden Steintherapie indiziert sein.

20.1.4 Operatives Vorgehen

Die Operation wird gewöhnlich in Intubationsnarkose durchgeführt. Ein Vorgehen mit spinalem Anästhesieverfahren ist ebenfalls möglich.

Perioperatives Management

Präoperativ sollte nochmals per Röntgenleeraufnahme die Steinlage und damit die Operationsindikation überprüft werden. Es empfiehlt sich außerdem vor Beginn der Operation, das Instrumentarium auf Vollständigkeit und die technischen Geräte (Saugpumpen, Lithotripter, Laser, etc.) auf einwandfreie Funktion zu überprüfen. Um das Risiko einer septischen Einschwemmung zu minimieren, erfolgt der Eingriff unter perioperativer Antibiotikaprophylaxe. Das Präparat sollte sich hierbei nach den lokalen Keimspektren und der zugehörigen Antibiotika-Resistenzlage richten. In unserer Klinik wird bei fehlenden Kontraindikationen ein i.v.-single-shot

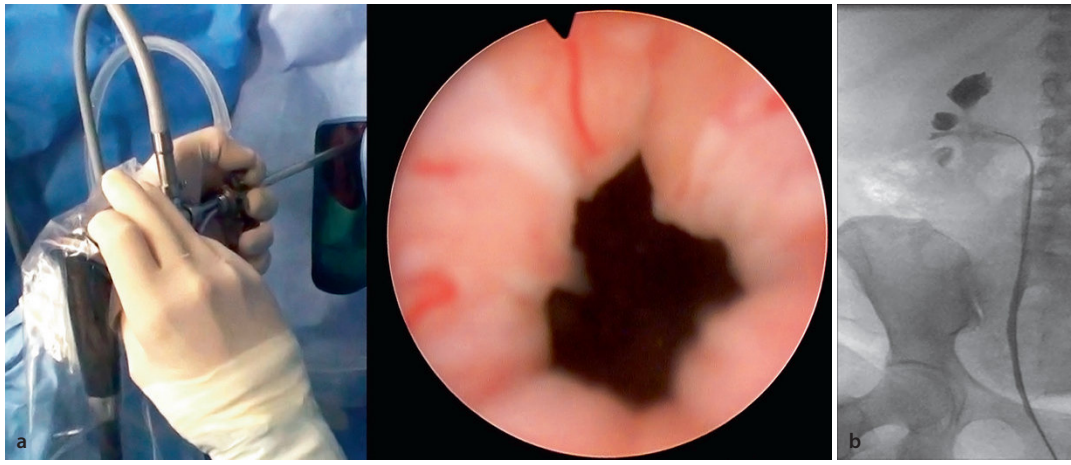


Abb. 20.2 Präoperative Anlage eines Ureterenkatheters.
Zystoskopische Anlage eines Ureterenkatheters in Seldinger-Technik bei einer 44-jährigen weiblichen Patientin

Ampicillin/Sulbactam verwendet. Bei keimfreier präoperativer Urinkultur ist postoperativ keine weitere antibiotische Therapie nötig.

Anlage Ureterenkatheter

Die Operation beginnt mit der Anlage eines Ureterenkatheters (Abb. 20.2). Nach orientierender Urethrozystoskopie erfolgt zunächst eine retrograde Ureteropyelografie zur Analyse des Ureterverlaufes und der Anatomie des Nierenbeckenkelchsystems (NBKS) sowie der aktuellen Lage des Steines. Dann wird in Seldinger-Technik ein großlumiger Ureterenkatheter bis in die Niere vorgeschoben (Abb. 20.3).

Der Ureterenkatheter erfüllt hierbei mehrere Aufgaben: Zum einen kann nun eine retrograde Füllung des NBKS mit einem Kontrastmittelgemisch erfolgen. Weiterhin ist so ein adäquater antegrader Abfluss der Spülflüssigkeit während der PNL gewährleistet und ein Abschwimmen von Konkrementen in den Harnleiter kann vermieden werden. Der Ureterenkatheter wird mit Pflasterstreifen an einem transurethralen Dauerkatheter fixiert.

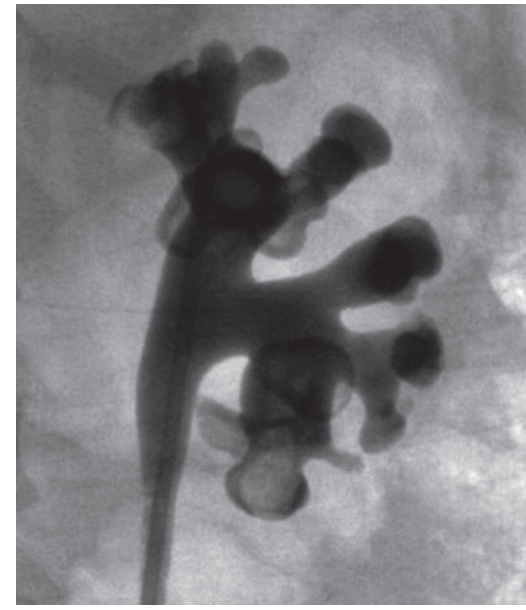


Abb. 20.3 Pyelogramm über Ureterenkatheter. Im abgebildeten retrograden Pyelogramm eines 6-jährigen Kindes sieht man partielle Ausgusssteine im Bereich der unteren und oberen Kelchgruppe

Tipps

Der Ureterenkatheter wird mit einem 3-Wege-Hahn bestückt. Die KM-Infusion wird an den einen, der Katheter-Beutel an den anderen Anschluss angeschlossen. Durch den 3-Wege-Hahn kann nun bequem mit einem Handgriff zwischen Infusion und Ablauf gewechselt werden.

Alternativ zu einem Ureterenkatheter kann ein DJ-Katheter in Kombination mit einem Spülkatheter verwendet und das Nierenbeckenkelchsystem per Reflux durch Füllung der Blase gefüllt werden.

Eine weitere Möglichkeit stellt die Verwendung eines Okklusionskatheters dar, der mit einem Ballon im pyeloureteralen Übergang fixiert wird. Das antegrade Abschwimmen von Fragmenten ist so nahezu

unmöglich. Allerdings kann es bei unbemerkter Okklusion des Katheters durch kleine Fragmente zu einem unkontrollierten intrarenalen Druckanstieg kommen. Bei Verwendung von Okklusionskathetern ist darauf zu achten, dass beim Umlagern kein Zug am Katheter entsteht, da sonst ein Harnleiterabriss droht.

Wird ein Ureterenkatheter verwendet, ist bei Verwendung von geschlossenen oder halb geschlossenen Systemen während der Nephroskopie und Lithotripsie unbedingt auf einen adäquaten Abfluss von Spülflüssigkeit über den Ureterenkatheter zu achten!

Tipps

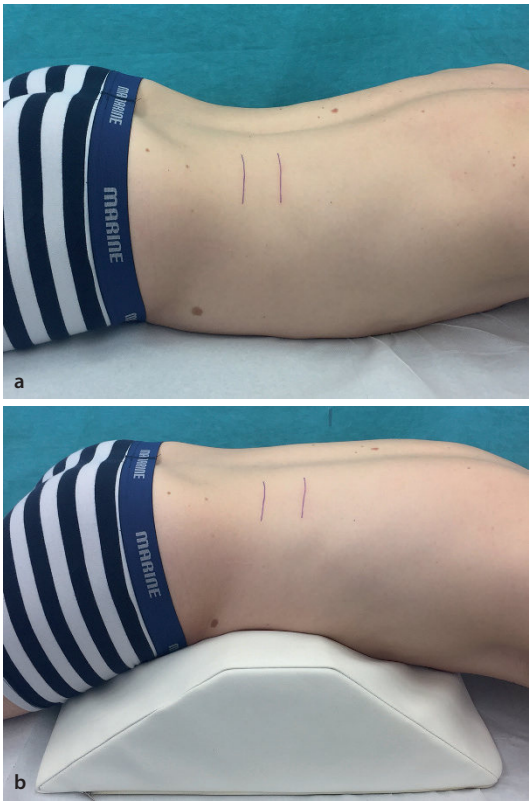
Bei PNL in Bauchlage empfiehlt es sich, den Ureterenkatheter bis in der oberen Kelchgruppe zu platzieren. Durch die Unterpolsterung des Abdomens im Rahmen der Bauchlagerung kommt es lagerungsbedingt zu einer leichten Dislokation des Katheters nach kaudal. Wird der Katheter initial bis in die obere Kelchgruppe vorgeschoben ist damit gewährleistet, dass sich die Spitze immer noch im Nierenbecken befindet und nicht in den proximalen Harnleiter disloziert.

Lagerung

Klassischerweise wird die PNL in Bauchlage durchgeführt. Ein Vorgehen in Rückenlage oder modifizierter Steinschnittlage ist ebenfalls möglich.

Ein potenzieller Vorteil der Rücken- oder modifizierten Steinschnittlagerung ist die Möglichkeit eines simultanen ureterorenoskopischen Vorgehens sowie ein wahrscheinlich niedrigeres Anästhesierisiko. Bei adipösen Patienten, Ausgusssteinen oder einem Zugang über den Unterpol scheint die Bauchlage Vorteile zu bieten (de la Rosette et al. 2008). Größere Studien konnten für keine der Lagerungsarten einen klaren Vorteil hinsichtlich Steinfreiheitsrate oder Komplikationen nachweisen (Zhang et al. 2014, Gupta und Patel 2013, Karami et al. 2013). Letztlich obliegt die Lagerungart der Präferenz des Operateurs. Da in unserer Klinik ein Vorgehen in Bauchlage präferiert wird, wird hierauf ausführlich eingegangen.

Nach Anlage des Ureterenkatheters wird der Patient mit mehreren Helfern unter Koordination durch den Anästhesisten in Bauchlage gebracht. Das Abdomen kann mit einem Spezialkissen unterpolstert werden. Hierdurch wird der Abstand zwischen Darmbeinschaufel und zwölfter Rippe vergrößert. Der Kopf kann seitlich oder in einem Spezialkissen gerade gelagert werden. Um Lagerungsschäden vorzubeugen, empfiehlt es sich, das Sprunggelenk mit einer Rolle und die Knie mit einer Gelmatte zu unterpolstern. Ein Arm oder auch beide Arme werden kopfwärts gelagert. So ist der venöse Zugang für den Anästhesisten erreichbar und der Operateur wird nicht durch den seitlich angelagerten Arm gestört (◘ Abb. 20.4).



◘ **Abb. 20.4** Patientenlagerung in Bauchlage. Der Patient wird in Bauchlage auf einem Kissen gelagert. So vergrößert sich der Abstand zwischen Beckenkamm und Rippen. Außerdem schränkt das Gesäß des Patienten den Bewegungsspielraum mit dem Nephroskop während der Operation weniger ein

Nach Hautdesinfektion der Flanke erfolgt die Abdeckung des Operationsgebietes. Hierfür sind verschiedene Abdecksysteme mit integriertem Auffangbeutel und Befestigungsmöglichkeiten für Schläuche und Kabel erhältlich.

Punktion

In Bauchlage erfolgt die Punktion im Regelfall in der hinteren Axillarlinie zwischen Darmbeinschaufel und 12. Rippe. Prinzipiell ist auch ein interkostaler

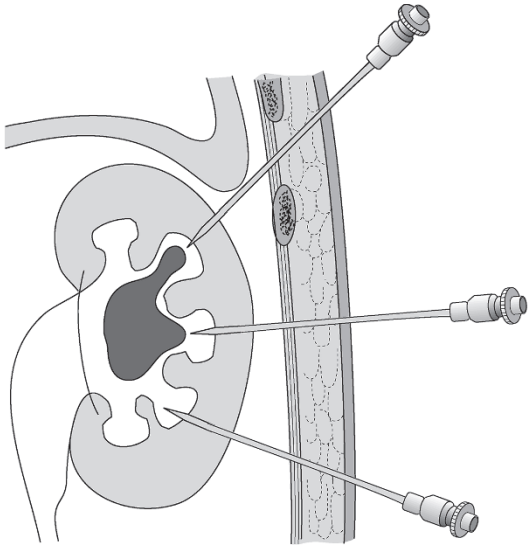


Abb. 20.5 Zugangsmöglichkeiten zum Nierenbeckenkelchsystem (supra-/infrakostal)

Zugang (11. und 12. ICR) möglich. Je höher der Zugang erfolgt, desto höher ist das Risiko einer Pleuraverletzung. Bei weiter lateral gelegenem Zugang steigt das Risiko einer Kolonverletzung.

Bei interkostalen Zugängen oder Zugängen nahe der Darmbeinschaufel sind die Hebelmöglichkeit des Nephroskops und damit der intrarenale Arbeitsbereich eingeschränkt (Abb. 20.5).

Tipps

Die Punktion ist der wichtigste Schritt der Operation! Mit der Qualität des Zugangs steht und fällt der Erfolg der Operation. Lassen Sie sich daher Zeit bei der Punktion!

Zur Punktion wird das NBKS mit einem Kontrastmittel-/Spülflüssigkeitsgemisch gefüllt. Zusätzlich kann Methylenblau zugesetzt werden, um bei Blutbeimengung im intrarenalen Kontrastmittel-/Spülflüssigkeitsgemisch eine erfolgreiche Punktion besser erkennen zu können. Die Punktion kann radiologisch, sonografisch oder kombiniert gesteuert durchgeführt werden. Die weltweit am meisten verbreitete Punktionstechnik ist die rein fluoroskopisch gesteuerte.

Ein kombiniertes Vorgehen mittels Sonografie und Durchleuchtung mindert die Komplikationsraten (Kukreja et al. 2004) und ist das im deutschsprachigen Raum am meisten verbreitete Verfahren (Abb. 20.6).

Abb. 20.6a–d Punktionsverfahren. (**a**) Untere Kelchgruppe mit eingeblendeter Führungshilfe, (**b**) Ultraschallkopf mit Punktionsnadel, (**c**) rein fluoroskopisch gesteuerte Punktion, (**d**) Kombination von Ultraschall und Fluoroskopie zur Punktion

Die Wahl des zu punktierenden Kelches ist durch die endoskopische Erreichbarkeit des Steines bestimmt. Ein Vorteil des Zugangs über die untere Kelchgruppe ist eine geringere Blutungswahrschein-

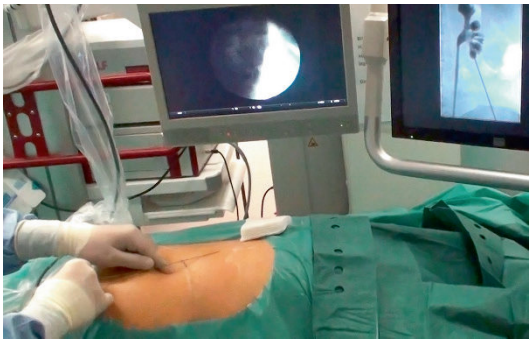


Abb. 20.7 Festlegen der Punktionsrichtung. Bei KM-gefülltem NBKS wird die Nadel unter kurzer Durchleuchtung auf die Haut gelegt, um Punktionsrichtung und Einstichpunkt zu bestimmen

lichkeit, da hier eine niedrigere Dichte an Segmentarterien vorliegt (Abb. 20.7).

Tipps

Zur retrograden KM-Darstellung des NBKS sollte mit 0,9 % NaCl verdünntes KM verwendet werden. Verwendet man das KM unverdünnt, ist der Kontrast im Rahmen der Pyelosgrafie so groß, dass der intrarenale Drahtverlauf oder die Position der Bougies nicht adäquat erkennbar sind. Bewährt hat sich ein Verdünnungsverhältnis 1:1.

Vor Punktion empfiehlt es sich, bei Kontrastmittelgefülltem NBKS die Nadel unter Durchleuchtung auf die Haut zu legen, um so die Punktionsrichtung und den Einstichpunkt in die Haut zu bestimmen. Nun kann sonografisch die Lage der Kelche und der Nachbarorgane analysiert und auch direkt mittels Führungshilfe unter kombiniert sonografisch-fluoroskopischer Führung die gewünschte Kelchgruppe punktiert werden. Vor Punktion sollte eine Stichinzision der Haut erfolgen. So kann ein Verbiegen der Nadel und damit eine Fehlpunktion vermieden werden.

Bei fluoroskopisch gesteuerter Punktion wird nun die Nadel bis zur Nierenoberfläche vorgeführt. Durch vorsichtiges »Wackeln« mit der Nadel in Stichrichtung kann die Kontaktstelle zur Niere bestimmt werden, da bei korrekter Positionierung der Nadel Niere und gewünschte Kelchgruppe »mitwackeln« und die Kelchgruppe leicht imprimiert wird. Bewegen sich Niere und Kelch wenig oder gar nicht, muss der Stichwinkel geändert werden. Vor Änderung des Winkels muss die Nadel unbedingt wieder bis in das Subkutangewebe zurückgezogen werden. Ein Hebeln mit der Nadel unterhalb der Faszie führt unweigerlich zu einer Fehlpunktion.

Tipps

Was tun, wenn das Kontrastmittel bei retrograder Füllung nicht im NBKS verbleibt, sondern stetig antegrad im Harnleiter abfließt?

- Eine Kopftieflagerung des Patienten kann zu einer Verbesserung der Füllung des NBKS führen.
- Sollte die Füllung per infusionem nicht gelingen, kann das NBKS manuell mit einer KM-gefüllten 20-ml-Spritze aktiv aufgefüllt werden und simultan die Punktion erfolgen.
- Meist führt eine Kombination beider Maßnahmen zum Erfolg.

Die Passage der Nadel durch die Nierenkapsel macht sich als kleiner Ruck bei der Punktion bemerkbar. Da sich die Nadel nun im weichen Nierenparenchym befindet, sollte sie nun mit wenig Druck und entsprechender Vorsicht vorgeschoben werden. Die Penetration des NBKS macht sich als zweiter feiner Ruck bei der Punktion bemerkbar. Sprechen radiologische und/oder sonografische Darstellung für eine erfolgreiche Punktion, wird nun der Mandrin der Nadel entfernt. Tritt klare Flüssigkeit aus, war die Punktion erfolgreich.

Tritt keine Flüssigkeit oder Blut aus der Nadel aus, muss dies nicht unbedingt bedeuten, dass die Punktion per se nicht erfolgreich war. Die Nadel kann nun vorsichtig nach links und rechts geschwenkt werden. Überschreitet die Nadel seitlich die KM-gefüllte Kontur des NBKS, muss der Punktionswinkel geändert werden. Zeigt sich bei diesem Manöver die Nadel hingegen im NBKS, gibt es mehrere Möglichkeiten, warum kein KM austritt.

Liegt die schräg angeschliffene Nadel der Kelchwand an, kann durch Drehen der Nadel der KM-Austritt als Erfolgskontrolle erreicht werden. Führt auch dies nicht zum Erfolg, kann eine zu tief eingedrungene Nadel, die die gegenüberliegende Kelchwand nochmals durchstoßen hat, die Ursache sein. Die Nadel sollte dann ohne Mandrin langsam zurückgezogen werden. Kommt es auf dem Rückzug zu einem Austritt von KM, ist das NBKS erreicht und ein Draht kann platziert werden.

Eine weitere Möglichkeit, die Position der Nadelspitze bei ausbleibendem KM-Austritt zu kontrollieren, ist das antegrade Anspritzen mit KM. Es sollte eine verdünnte KM-Lösung verwendet und nur mit

geringer Menge angespritzt werden, da größere KM-Paravasate bei Fehlpunktion weitere Punktionen erschweren oder gar unmöglich machen können. Alternativ kann anstatt verdünnter KM-Lösung bei bereits KM-gefülltem NBKS sterile Kochsalzlösung über die Nadel appliziert werden.

Bei korrekter Lage der Nadel kommt es durch das Anspritzen zu einer Verwirbelung im KM, die unter Durchleuchtung gut erkennbar ist. Anstatt einer Kochsalz- oder KM-Applikation kann alternativ ein weicher hydrophiler Draht über die Nadel vorgeschoben werden. Projiziert sich hierbei der Draht außerhalb des NBKS, ist von einer Fehlpunktion auszugehen. Aufgrund des potenziellen Gewebetraumas sollte dieses Manöver nur mit äußerster Vorsicht angewandt werden.

Tipps

Die Punktion einer kindlichen oder hypermobilen Niere kann schwierig sein. Zur Fixierung der Niere gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Maximale Exspiration oder Inspiration und Ventilationsstop durch den Anästhesisten.
- Die Niere wird von außen vom Assistenten manuell fixiert. Dies ist häufig bei sehr schlanken Patienten oder Kindern erfolgversprechend.
- Zuerst Punktion der Niere im Mittelgeschoß mit einer dünnen Nadel zur Fixierung, dann erst gezielte Punktion der unteren Kelchgruppe bei fixiertem Organ.

Bei kompletten Ausgusssteinen oder Divertikelsteinen wird meist keine adäquate retrograde Füllung des NBKS erreicht. Hier empfiehlt sich die direkte fluoroskopisch gesteuerte Punktion auf den Stein. Der Kontakt zum Stein macht sich als »Kratzen« bemerkbar. Entfernt man dann den Mandrin der Punktionsnadel, bleibt ein Austritt von Kontrastmittel meist aus. Zur Erfolgskontrolle der Punktion kann nun vorsichtig verdünntes Kontrastmittel antegrad über die Punktionsnadel appliziert werden. Jetzt wird ein Lunderquist-Draht vorsichtig bis auf die Steinoberfläche vorgeführt. Durch behutsames Drehen und Manipulieren mit dem Draht gelingt zumeist die Passage entlang des Steines in den betroffenen Kelch oder gar das NBKS.

Sollte die primäre Passage mit einem festen Draht nicht gelingen, kann der Umweg über einen hydrophilen Draht gewählt werden. Erreicht dieser das NBKS, wird ein Ureterenkatheter eingeführt und über diesen ein fester Draht im NBKS platziert. Gelingt die Passage mit einem Draht nicht, muss direkt auf dem Stein bougiert werden. Wenn möglich sollte jedoch immer ein Draht im NBKS platziert werden.

Bei unklarer Lage der Nadel verbietet sich eine Bougierung des perkutanen Traktes!

Bei der Wahl des Drahtes gibt es verschiedene Möglichkeiten.

- Ein weicher, hydrophiler Draht hat den Vorteil, dass er gut im NBKS platziert werden kann und auch enge Kelchhälse leicht passiert. Ein Nachteil ist sicherlich, dass das Einführen von Metallstab, Einmalbougies oder Ballondilatator erschwert oder gar unmöglich ist, da ein adäquates Widerlager fehlt und die Niere meist weggeschoben anstatt bougiert wird. Das Risiko der Dislokation eines weichen Drahtes im Rahmen der Bougierung ist daher hoch.
- Ein fester Draht ist eine deutlich effektivere Führungsstruktur für den ersten Bougierungsschritt. Andererseits kann die Passage von engen Kelchhälsen erschwert sein und das Risiko der antegraden Perforation ist erhöht.

Letztlich ist die Wahl des Drahtes von den anatomischen Gegebenheiten und den Vorlieben des Operateurs bestimmt. Wird ein fester Draht verwendet, sollte dieser über eine flexible, gebogene Spitze verfügen, um das Perforationsrisiko zu senken.

Wird ein fester Draht ohne gebogene atraumatische Spitze verwendet, kann eine lange weiche Spitze, die sich im NBKS mehrmals kringelt, das Perforationsrisiko senken. Drähte mit Soft-Tips sind von verschiedenen Herstellern erhältlich.

Wie und wo der Führungsdraht im NBKS platziert wird, ist auch vom verwendeten Material bestimmt. Bei weichen Drähten empfiehlt es sich, diese weit den Harnleiter hinunter zu schieben. So ist eine Perforation im Rahmen der Bougierung nahezu unmöglich.

Die antegrade Platzierung eines festen Drahtes in den Harnleiter ist schwierig und oftmals nicht möglich. Hier empfiehlt es sich, den Draht so in die obere Kelchgruppe vorzuschieben, dass die flexible Spitze im Kelch umschlägt und in das Nierenbecken zurückläuft. Alternativ kann die Spitze des Führungsdrahtes frei im Nierenbecken platziert werden. Das Risiko einer Dislokation oder Perforation im Rahmen der Bougierung ist allerdings dadurch erhöht (Abb. 20.8).

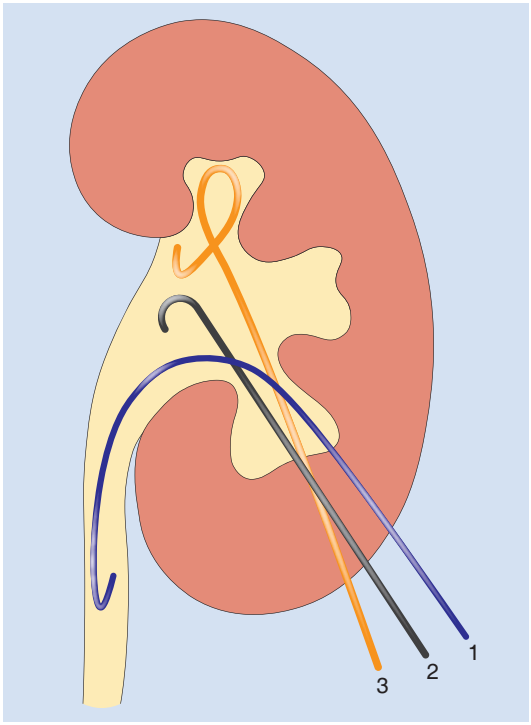


Abb. 20.8 Möglichkeiten der Drahtpositionierung zur Bougierung. Der Draht zur Bougierung kann antegrad in den Harnleiter (1), frei im Nierenbecken (2) oder umgeschlagen in der oberen Kelchgruppe positioniert werden (3). Das Perforationsrisiko bei Bougierung ist in Position (1) und (3) niedriger

Bougierung

Wurde der Führungsdraht im NBKS platziert, besteht der nächste Schritt in der Bougierung des Traktes. Die Möglichkeiten der Bougierung sind vielfältig und umfassen drei prinzipiell unterschiedliche Verfahren:

- Das Teleskopbougie-Set nach Alken verwendet koaxial übereinander laufende Metallbougies (Abb. 20.9).
- Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung von Kunststoffbougie-Sets. Ein Nachteil der Kunststoffbougies besteht darin, dass vor jedem Bougierungsschritt der letzte Bougie wieder entfernt werden muss. Dies kann zum einen zu einer deutlichen Kontrastmittelparavasation und zum anderen zu einer intermittierenden Blutung aus dem intrarenalen Kanal führen, da bei Entfernung des Bougies wiederholt die Kompression des Nierenparenchyms fehlt. Im finalen Schritt wird dann ein Amplatz-Schaft oder der Nephroskop-Schaft über den letzten Bougie eingeführt (Abb. 20.10).
- Eine weitere Bougierungsmöglichkeit stellen Ballon-Dilatatoren dar. Hierbei wird über den Führungsdraht der Dilatationskatheter bis in das Nierenbecken vorgeschoben und dann manometerkontrolliert unter Durchleuchtung mit einem KM-Wassergemisch bis zum emp-

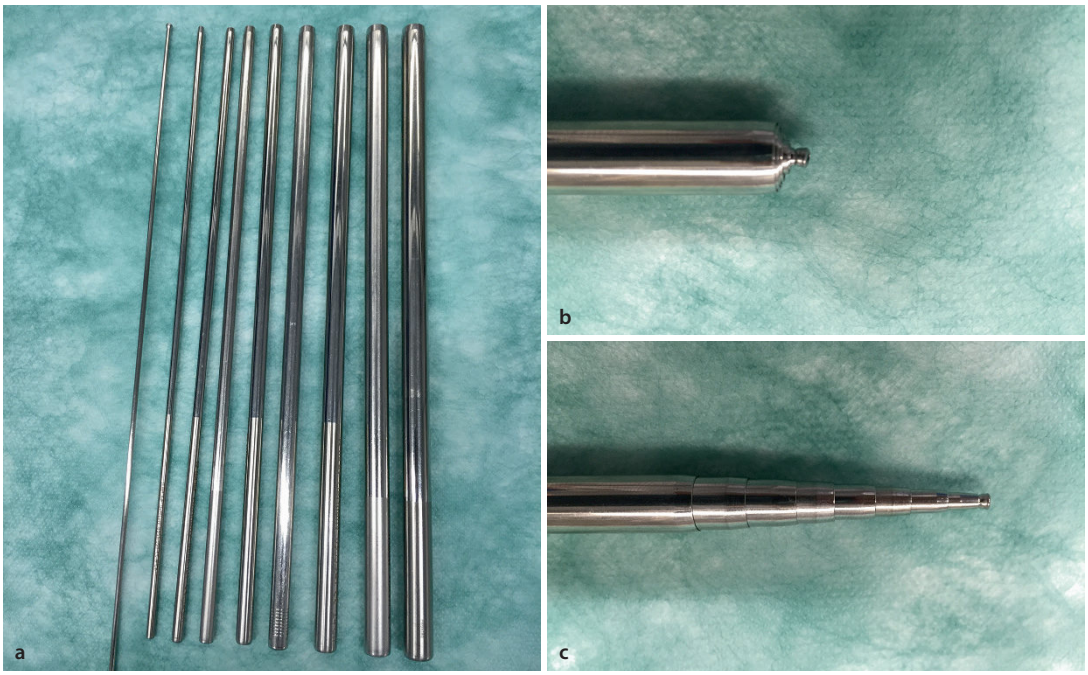


Abb. 20.9a–c Koaxial-Bougie Set nach Alken

Abb. 20.10 Kunststoffbougies mit Amplatz-Schaft

Abb. 20.11 Set zur Ballondilatation

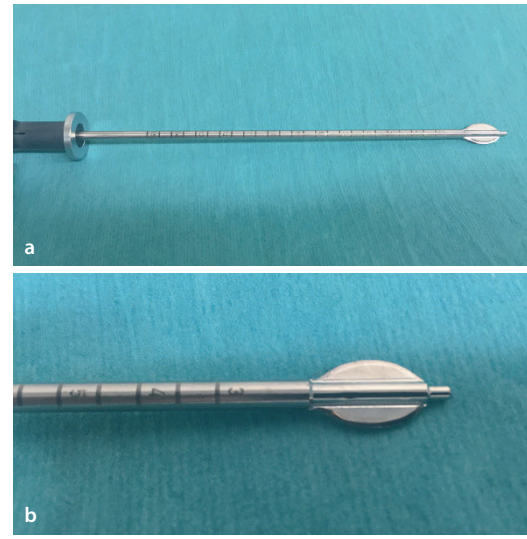


Abb. 20.12a,b Korth-Messer

fohlenen Füllungsdruck (ca. 16 atm) gefüllt. In einem letzten Schritt wird über den Ballon ein Amplatz-Schaft eingeführt (Abb. 20.11).

Im Folgenden wird auf den Gebrauch der metallenen Koaxialbougies nach Alken eingegangen.

Wenn möglich, empfiehlt es sich, wie auch bei der retrograden, ureterorenoskopischen Steintherapie, einen Sicherheitsdraht zu verwenden.

Im ersten Schritt wird die initiale Stichinzision erweitert. Der Draht fungiert hierbei als Führungshilfe. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Inzision ausreichend tief durchgeführt wird, um auch die Faszie ausreichend zu eröffnen. Der Inzision kommt im Rahmen der Dilatation eine entscheidende Bedeutung zu. Bei zu geringer Inzisionstiefe oder -breite ist die weitere Dilatation erschwert, das Risiko einer Perforation steigt. Die Breite der Inzision richtet sich nach dem Durchmesser des verwendeten Schafts. Bei Verwendung eines 30 Charr-Schaftes sollte die Inzisionsbreite ca. 1,5 cm betragen.

Tipps

Die Inzision zu Beginn der Dilatation muss weit und tief genug sein, um den Nephroskopschaft problemlos passieren zu lassen. Zu zaghafte Inzisionen erschweren die Dilatation und erhöhen so das Perforationsrisiko.

Tipps

Genügt aufgrund von Voroperationen oder narbigen Verhältnissen eine Erweiterung der Stichinzision mit dem Stichskalpell nicht, kann alternativ ein Faszienmesser nach Korth eingesetzt werden (Abb. 20.12). Das Messer wird über den Draht unter Durchleuchtung bis vor das Nierenparenchym geschoben.

Hierbei ist aufgrund des erheblichen Parenchymtraumas bei unkontrolliertem Vorschieben äußerste Vorsicht geboten!

Erfahrungsgemäß wird das Messer kaum noch eingesetzt, genügt doch eine korrekt durchgeführte Inzision mit dem Stichskalpell in nahezu allen Fällen.

Nach Inzision der Haut wird ein 8 Charr-Einwegbougie bis in das NBKS vorgeschoben. Die Passage sollte problemlos und ohne großen Druck vonstattengehen. Dann wird der Bougie entfernt und eine hydrophile 10 Charr-Einweg-Schleuse eingeführt. Die Seele der Schleuse wird unter Belassung des Drahtes entfernt und ein zweiter Draht im NBKS platziert. Über einen der beiden Drähte wird nun durch die Schleuse der Metallstab des Bougie-Sets eingeführt, der zweite Draht fungiert als Sicherheitsdraht. Die Schleuse wird entfernt, Sicherheitsdraht und Führungsstab mit innenliegendem Draht verbleiben und die eigentliche Dilatation kann beginnen.

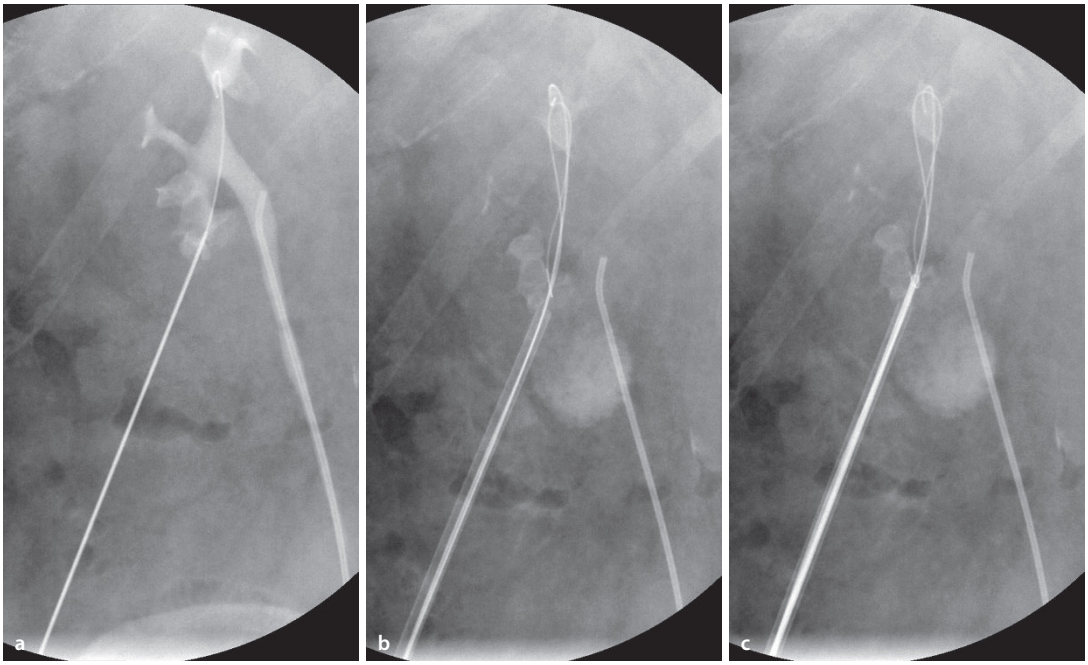


Abb. 20.13a–c Sicherheitsdraht-Anlage im Rahmen der PNL. Nach erfolgreicher Punktion des NBKS wird ein Lunderquist-Draht durch die Nadel bis in die obere Kelchgruppe vorgeschoben (**a**). Über den Draht wird eine 10 Charr-Kunststoffschleuse bis in das NBKS vorgeschoben. Die Seele wird entfernt und durch die Schleuse ein Sicherheitsdraht eingeführt (**b**). Zusätzlich wird dann ebenfalls durch die Schleuse der Metallstab des Koaxial-Bougie-Sets über den Lunderquist-Draht bis zur Oberfläche des Steines vorgeschoben (**c**). (Bei der runden, röntgendichten Struktur zwischen Schleuse und UK handelt es sich um eine kortikale Zyste, die im Rahmen der Punktion perforiert und teilweise mit KM gefüllt wurde.)

Bei Verzicht auf einen Sicherheitsdraht kann auf die Verwendung der 10 Charr-Schleuse verzichtet werden und der Führungsstab nach 8 Charr-Bougierung über den Draht eingeführt werden (Abb. 20.13).

Ein direktes Einführen des Führungsstabes ohne vorherige Dilatation sollte aufgrund des höheren Gewebetraumas und der damit verbundenen Perforationsgefahr unterlassen werden.

Der Führungsstab des Koaxialbougie-Sets hat an der Spitze eine kugelförmige Verdickung, über die der erste Bougie nicht hinausgeschoben werden kann. Ist der Metallstab positioniert, beginnt die eigentliche Dilatation. Hierzu muss die Spitze des Führungsstabes sicher im NBKS platziert sein. Als Zielposition bietet sich der punktierte Kelch an, bei Nierenbeckensteinen kann der Führungsstab auch bis in das Nierenbecken vorgeschoben werden.

Die Bougierung eines engen Kelchhalses sollte unterbleiben. Hier droht eine Zerreißung und aufgrund des Verlaufes der Segmentarterien eine starke Blutung.

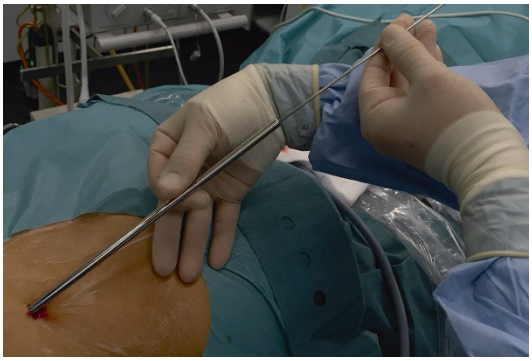


Abb. 20.14 Handhaltung bei Bougierung. Die führende Hand schiebt die Bougies rotierend vor, die andere Hand fixiert den Führungsstab

Ziel für die weitere Bougierung sollte sein, dass die Spitze des Metallstabes ihre gewünschte Position während der gesamten Bougierung nicht mehr ändert. Die Koaxialbougies werden mit der führenden Hand vorgeschoben, die andere Hand fixiert den Metallstab (Abb. 20.14).

Die Bougies werden sukzessive unter wiederholter radiologischer Kontrolle mit langsam rotierenden Bewegungen vorgeschoben. Wichtig ist bei fixiertem

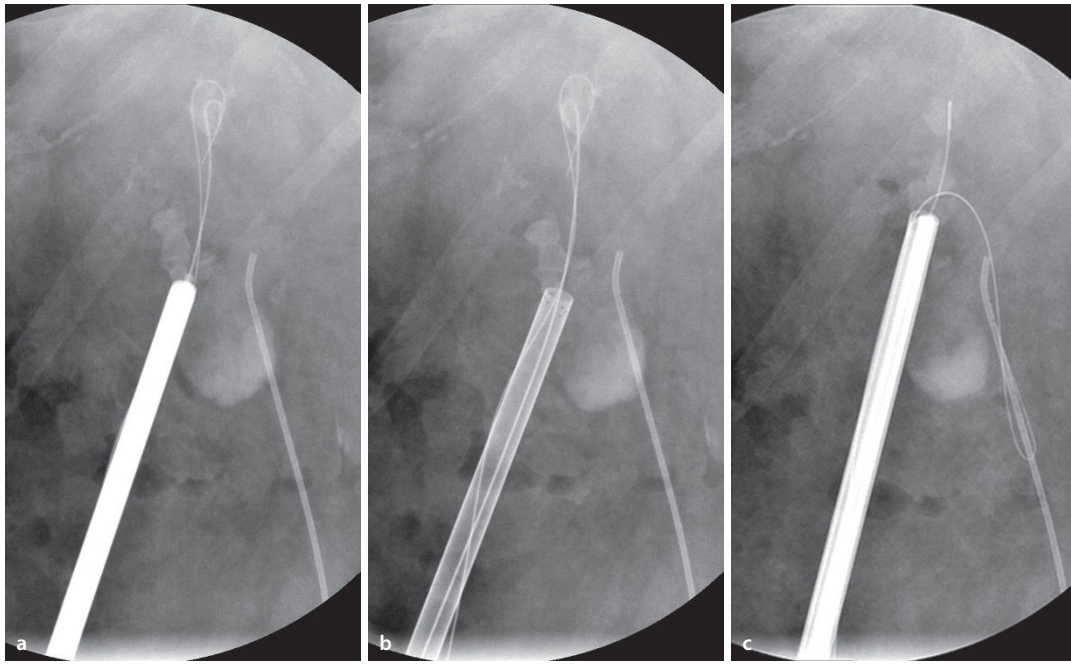


Abb. 20.15a–c Bougierung des Traktes und Positionierung des Nephroskop-Schaftes. Nach Entfernung der Schleuse wird auf dem Stein bis 24 Charr bougiert (**a**). Im letzten Schritt wird der 27 Charr-Schaft bis zum Stein geschoben und das Bougie-Set unter Belassung des Lunderquist-Drahtes entfernt (**b**). Über den Draht wird nun das Nephroskop in den Schaft eingeführt (**c**). Im vorliegenden Fall wurde der Sicherheitsdraht dann antegrad bis in den Harnleiter vorgeschoben

Führungsstab, jeden Bougie komplett vorzuschieben. Die Bougies haben am distalen Ende eine Verjüngung, die ein unkontrolliertes Vorschieben über den vorangehenden Bougie verhindert. Die gesamte Bougierung sollte ohne wesentlichen Kraftaufwand vonstattengehen. Bei starkem Widerstand muss ggf. die Inzision erweitert werden.

In einem letzten Schritt wird der Nephroskop- oder alternativ Amplatz-Schaft über den letzten Bougie vorgeschoben. Hierbei ist zu beachten, dass im Gegensatz zu den Koaxialbougies der Schaft ohne Arretierung über die Bougies vorgeschoben werden kann! Nach Platzierung des Schaftes wird der Führungsstab mit aufgestecktem Bougie-Set entfernt. Der Draht wird vorerst belassen. Über diesen wird das Nephroskop eingeführt und optisch die korrekte Positionierung im NBKS kontrolliert. Nun kann auch der Draht entfernt werden.

Tipps

Was tun bei stark verbogenem Guide-Wire?

- Eine starke Verbiegung des Lunderquist-Drahtes sollte nach Möglichkeit vermieden werden.
- Ist der Draht stark verbogen, wird ein Ureterenkatheter oder der Führungsstab der Bougies über den Knick vorgeschoben. Dadurch wird der Draht begradigt und kann ohne Kollateralschäden entfernt werden (Abb. 20.15).

Tipps

- Vor Beginn der Operation empfiehlt es sich, einmal alle Bougies probehalber übereinander zu schieben, um eine reibungslose Funktion sicherzustellen.
- Die Bougies sollten in aufsteigender Reihenfolge auf dem Instrumentiertisch nebeneinander gelegt werden, um das Auslassen eines Bougies sicher auszuschließen. Das Auslassen eines Bougies führt zu einer Stanzwirkung des nächsten Bougies!
- Zur Dilatation empfiehlt sich die Verwendung von Gleitgel. Hierbei ist darauf zu achten, dass nur die Spitze der Bougies mit Gel benetzt ist. Gleitgel am Handschuh macht eine effektive Bougie-Handhabung unmöglich!

Steinentfernung

Vor der Steinentfernung sollte, soweit möglich, eine ausführliche Nephroskopie erfolgen, um sich im weiteren Operationsverlauf den intrarenalen Begebenheiten bestmöglich anpassen zu können.

Tipps

Was tun, wenn keine Übersicht besteht?

- Zuerst empfiehlt sich eine Überprüfung des Zu- und Ablaufs. Bei insuffizienter Spülung ist es schwer, gute Sichtverhältnisse zu erreichen.
- Nun sollte das Instrument vorsichtig wenige Millimeter zurückgezogen werden. Ein Steinkontakt, abgeschilfertes Gewebe oder Koagel können differenziert, die Sicht verbessert werden. Koagel oder Gewebefetzen werden mit der Ultraschallsonde oder einer Fasszange entfernt.
- Ein Konkrement, das die Nephroskopie verhindert, wird sofort lithotripsiert und entfernt.
- Ist immer noch keine adäquate Orientierung möglich, überprüft man per Durchleuchtung und ggf. KM-Applikation die Position des Instrumentes und korrigiert diese bei Bedarf.

Im weiteren Umgang mit dem Nephroskop müssen einige Dinge beachtet werden: Eine Hand hält das Nephroskop, die andere bedient im weiteren Operationsverlauf die Instrumente. Das Nephroskop sollte hierbei so gehalten werden, dass sowohl Zu- als auch Ablauf bequem bedient werden können, ohne umgreifen zu müssen.

Im Rahmen der Nephroskopie ist ein äußerst behutsamer Umgang mit dem Nephroskop obligat. Ruckartige oder hebelnde Bewegungen können zu Gewebetrauma oder zur Dislokation des Gerätes und somit zu einem Abbruch der Operation führen. Im ersten Schritt werden die entferntesten Anteile des NBKS ausgespiegelt, zum Abschluss sollte dann das Nephroskop behutsam bis in den punktierten Kelch zurückgezogen werden. So erhält man einen Eindruck von der Kelchgruppe und kann abschätzen, wie viel Spielraum im weiteren Operationsverlauf nach distal besteht. Wird ohne Sicherheitsdraht operiert, empfiehlt es sich, bei diesem Manöver erneut einen Draht über das Nephroskop einzuführen (◘ Abb. 20.16).

Die Lithotripsie und Steinentfernung kann grob in zwei Techniken unterteilt werden. Sie hängt vom operativen Verfahren (PNL oder Mini-PNL), Steinlokalistation, Steingröße und -zusammensetzung ab. Die Fragmentierung mit mechanischer Extraktion der entstandenen Konkremente stellt eine Methode dar. Mit zunehmender Miniaturisierung des Instrumentariums wird dieses Verfahren schwieriger. Alternativ steht hier dann ein »Laser-Dusting« der Fragmente auf spontan abgangsfähige Größe mit oder ohne intraoperativer Entfernung der Fragmente zur Verfügung.

◘ **Abb. 20.16** Handhaltung bei PNL. Eine Hand fasst das Nephroskop so, dass eine stabile Haltung garantiert ist. Hierzu empfiehlt sich ein Abstützen auf dem Patientenrücken. Zusätzlich bedient diese Hand Zu- und Ablauf. Die andere Hand, in der Regel die führende, ist so frei zur Bedienung von Lithotripsie- und Fassinstrumenten

Neben verschiedenen Lasersystemen (▶ Kap. 8) stehen mechanische, pneumatisch-ballistische oder ultraschallunterstützte Lithotripsiesysteme zur Verfügung (▶ Kap. 17).

Zur Lithotripsie wird der Stein, wenn er mobil ist, in einen Teil des NBKS mobilisiert, der mit dem Nephroskop gut zugänglich ist und von wo aus ein Abschwimmen der Fragmente wenig wahrscheinlich ist. Häufig eignet sich hierzu die obere Kelchgruppe.

In unserem Haus hat sich die Verwendung eines kombinierten Gerätes aus ballistischem Lithotripter und Ultraschallhohlsonde mit Saugfunktion etabliert und als sehr effektiv bewährt. Zur Desintegration empfiehlt es sich, den Stein an der Wand des NBKS zu fixieren. Bei einem weichen Stein kann jetzt mit der Ultraschallhohlsonde der Stein von außen schichtweise abgetragen und im gleichen Arbeitsschritt evakuiert werden. Ist der Stein hierfür zu hart, erfolgt die ballistische Desintegration. Nach Möglichkeit werden Fragmente produziert, die gerade eben durch den Außenschaft passen und so extrahiert werden können. Zu kleine Konkremente kön-

nen durch den Spülstrom versprengt werden und in Kelche gelangen, die später nicht mehr erreicht werden können. Eine simultane Verwendung von Ultraschall und ballistischer Lithotripsie ermöglicht ein sofortiges Absaugen von kleinen Konkrementen.

Es empfiehlt sich während der Lithotripsie, mehrfach die entstehenden Konkremente zu entfernen. So wird ein Verteilen der Konkremente im übrigen NBKS vermieden. Vordergründig scheint ein häufiger Wechsel zwischen Lithotripter und Fassinstrument zeitaufwendig, resultiert aber nach unserer Erfahrung letztlich in einer verkürzten Operationsdauer und erhöhten Steinfreiheitsrate.

Umgang mit dem Kombinationslithotripter

Tipps

- Bei Verwendung der Ultraschallhohlsonde zur Entfernung von Steinmaterial sollte die innenliegende ballistische Sonde immer entfernt werden. Dies führt zu einer deutlichen Steigerung der Abtrags- und Saugleistung und somit der Effektivität!
- Ein Hebeln mit dem Lithotripter im Arbeitskanal des Nephoskops muss vermieden werden. Ein Brechen der Sonde ist die meist unweigerliche Folge. Dies ist besonders bei Verwendung der dünnen Sonde im Rahmen der Mini-PNL zu beachten!
- Die Spitze der ballistischen Sonde soll gerade eben aus der Ultraschallsonde herausragen. Ist die Sonde zu weit ausgefahren, funktioniert der Ultraschall nicht mehr adäquat, da der Kontakt zum Stein fehlt. Ist die ballistische Sonde zu weit in die Ultraschallsonde zurückgezogen, ist keine ballistische Desintegration möglich!
- Wird bei einer Mini-PNL die dünne Ultraschallsonde verwendet, muss die Leistung auf 40 % reduziert werden!
- Die Verbindungsstelle von Handstück und Sonde sollte nicht berührt werden, hier entstehen Temperaturen von weit über 100°C!
- Werden die Steine bei Ultraschall-Lithotripsie stark verwirbelt, kann eine Drosselung des Zulaufes und/oder eine Erhöhung der Absaugleistung die Effektivität steigern.

Zur Extraktion der Steine stehen verschiedene Greifinstrumente zur Verfügung. Es können sämtliche Körbchen, die auch im Rahmen der retrograden, ureterorenoskopischen Steintherapie eingesetzt werden, verwendet werden (zu den verschiedenen Devices ▶ Kap. 19). Zusätzlich werden Abwandlungen der Körbchen mit einem Handgriff auch speziell für die perkutane Steintherapie angeboten. Beim Einsatz dieser (Einweg-)Instrumente ist der hiermit verbundene, teilweise nicht unerhebliche finanzielle Aufwand zu bedenken.

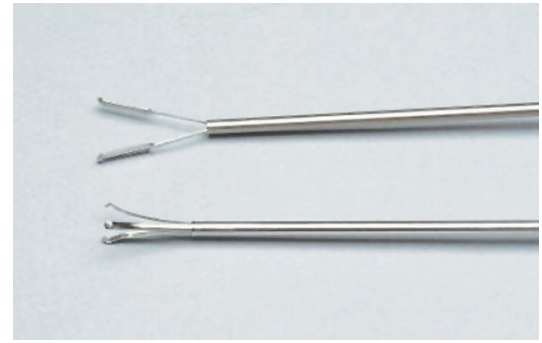


Abb. 20.17 Dreizack-Zange und Krokodil-Zange

Eine Alternative stellen (Mehrweg)Steinfasszangen dar. In unserer Klinik wird häufig der »Dreizack«, eine 3-branchige, atraumatische Fasszange, verwendet, alternativ setzen wir die 2-branchige Fasszange mit geriffelten Branchen (»Krokodilzange«) ein (Abb. 20.17). Ein Nachteil der Krokodilzange ist eine weitere Desintegration des Steines durch die geriffelten Branchen. Der Dreizack hingegen umfasst den Stein sicher. Die Fragmente werden in Längsrichtung zum Schaftverlauf in einem frei zugänglichen Teil des NBKS gefasst. Hierbei muss unbedingt darauf geachtet werden, dass kein Urothel gegriffen wird. Nach Fassen des Steins wird dieser angehoben und vorsichtig in Längsrichtung gedreht. So kann ein ungewolltes Fassen des Urothels zuverlässig ausgeschlossen werden (Abb.20.18).

Tipps

Der Umgang mit dem Dreizack:

- Ist der Stein nicht exakt in Längsrichtung gefasst und verkantet sich am Schafteingang, kann beim Hineinziehen mit dem Dreizack der Zangengriff ein wenig zusammengedrückt werden. Dadurch wird der Stein innerhalb der drei Branchen freigegeben und dreht sich häufig in eine extrahierbare Position, ohne nochmals abgelegt und neu gegriffen werden zu müssen.

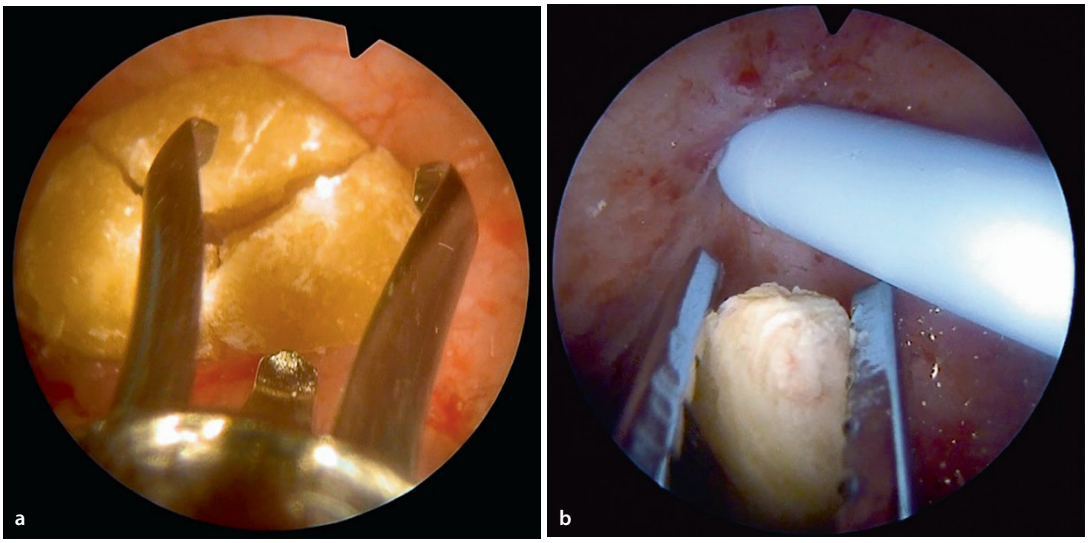


Abb. 20.18a,b Dreizack und Krokodilzange im Einsatz

- Das Festhalten des Steines im Dreizack kann verbessert werden, wenn 2 oder 3 Finger der rechten Hand in den Griff eingeklemmt werden. Dies verhindert, dass bei der Extraktion der Handgriff versehentlich zusammengedrückt wird und der Stein so aus den Branchen fällt.

Wirksame Entfernung kleiner Fragmente

- Einsatz der Ultraschallhohlsonde als »Staubsauger« bei geringer Spülung und starker Saugleistung. Hierzu sollte die ballistische Sonde entfernt werden.
- Sammeln der Konkremente in einem Kelch. Ein Stoppen der Spülung führt zu einer Sedimentation des Steinmaterials. Nun wird das Nephroskop vor der Konkrementansammlung platziert. Ein rasches Entfernen des Nephroskops aus dem Schaft führt zu einer Evakuation der Fragmente aus dem NBKS.
- Entfernung des Nephoskops, Anschluss der Spülung an den Schaft. Mit dem Daumen wird der Schaft verschlossen, das NBKS über den Schaft mit Spülflüssigkeit gefüllt. Gibt man den Ablauf durch ruckartiges Entfernen des Daumens frei, werden die Konkremente ausgespült.
- Spülstrom abstellen, Sedimentation der Fragmente in einem Kelch. Der Schaft wird vor der Konkrementansammlung platziert, die Spülung an den Schaft angeschlossen. Nun wird an den Absaugschlauch ein zentral offener Absaugkatheter angeschlossen. Der Absaugkatheter wird vorsichtig durch den Schaft vorgeschoben und die Konkremente abgesaugt.

Sind alle Konkremente entfernt, sollte nochmals eine ausführliche Nephroskopie aller einsehbaren Anteile des NBKS folgen, um auch versprengte Fragmente zu identifizieren und zu entfernen. Zusätzlich kann bei röntgendichten Steinen eine Durchleuchtung Restfragmente nachweisen. Zum Abschluss der Operation wird das Nephroskop im punktierten Kelch soweit zurückgezogen, dass gerade eben der Übergang ins Parenchym sichtbar wird, um auch hierhin versprengte Konkremente zu identifizieren. Bei diesem Manöver sollte ein fester Sicherheitsdraht über das Instrument ins Nierenbecken vorgeschoben werden (Abb. 20.19).

Mobilisierung versprengter Fragmente

- Befinden sich Steine im pyeloureteralen Übergang, kann zuerst eine Kopftieflagerung versucht werden. Können die Steine so nicht mobilisiert werden, wird das Instrument fixiert und vorsichtig am Patienten gerüttelt.

- Das gleiche Verfahren kann in Fußtieflagerung Steine aus der oberen Kelchgruppe mobilisieren.
- Befindet sich ein Stein im pyeloureteralen Übergang oder im proximalen Harnleiter, kann unter Durchleuchtung ein Körbchen neben dem Ureterenkatheter vorgeschoben werden und der Stein so ohne direkte Sichtkontrolle gefasst werden. Hierzu eignen sich besonders zentral offene Greifkörbchen.
- Befinden sich Steine in Kelchen, die mit dem starren Nephroskop nicht direkt eingesehen werden können, wird das Nephroskop am Kelcheingang positioniert. Nun wird die Spülung voll aufgedreht. Dadurch können Steine oftmals herausgespült werden.
- Führen dies Maßnahmen nicht zum Erfolg, kann über den Arbeitskanal des Nephoskops ein flexibles Ureterorenoskop eingeführt werden und der Stein so erreicht werden.
- Alternativ wird das Nephroskop entfernt und über den Schaft ein flexibles Nephroskop oder Zystoskop eingeführt.

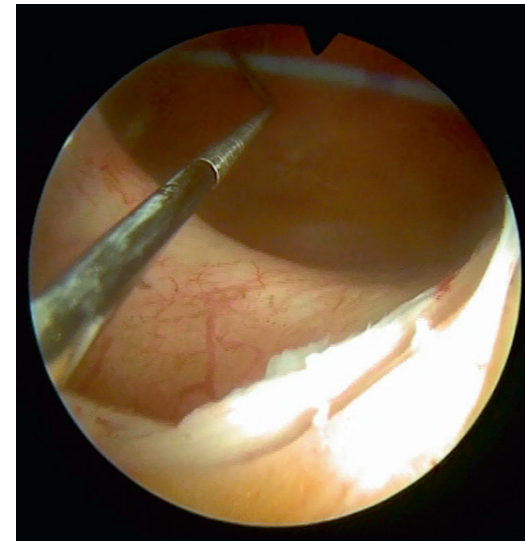


Abb. 20.19 Endoskopische Ansicht des Kelchendes

Operationsabschluss

Nach Entfernung des Steinmaterials wird der Eingriff beendet. Hierbei können letztlich drei verschiedene Möglichkeiten des Operationsabschlusses unterschieden werden:

- konventionell: Versorgung mit Harnleiterschiene (DJ oder Ureterenkatheter) und perkutaner Nephrostomie (PCN)
- »tubeless«: Versorgung mit Harnleiterschiene (DJ oder Ureterenkatheter), Verzicht auf PCN
- »totally tubeless«: Verzicht auf Harnleiterschiene und PCN

Vor- und Nachteile von konventioneller vs. »tubeless« vs. »totally tubeless« PNL werden kontrovers diskutiert. Die »tubeless« PNL scheint sicher und nicht mit vermehrten postoperativen Komplikationen verbunden zu sein, der Krankenhausaufenthalt und der postoperative Analgetika-Bedarf scheinen durch den Verzicht auf eine Nephrostomie verringert zu werden (Shen 2012). Wird eine PCN eingelegt, sollte der Durchmesser knapp unter der Schaftstärke des Nephoskops liegen, die Verwendung dünnerer PCNs bringt keinen Vorteil (Cormio 2013).

In unserem Haus wird routinemäßig eine PCN eingelegt. Diese erfüllt hierbei zwei Aufgaben: Zum einen ist eine adäquate Nierendrainage gewährleistet, zum anderen wird das Nierenparenchym um den Arbeitskanal komprimiert.

Zum Ende der Operation wird über den Schaft unter Durchleuchtungskontrolle ein fester Draht (z. B. Lunderquist-Draht) oder alternativ der Metallstab des Bougie-Sets bis in die obere Kelchgruppe vorgeschoben. Hierüber wird der Schaft entfernt und dann die PCN unter Durchleuchtung bis in das Nierenbecken geschoben. Nach Entfernung von Draht oder Metallstab wird die PCN vorerst mit 1 ml geblockt, um sie zu sichern. Dann erfolgt eine KM-Darstellung des NBKS zur Lagekontrolle. Es empfiehlt sich nun, die PCN unter Durchleuchtung bis in die punktierte Kelchgruppe zurückzuziehen, so ist eine adäquate Drainage der Restniere gewährleistet, und der betroffene Kelch kann selektiv blockiert werden.

Ist dies nicht möglich, wird die PCN im Nierenbecken geblockt. Ist die Endposition der PCN erreicht wird der Block bei Berdarf erhöht. Bei klaren Urinverhältnissen und minimaler Blutung kann die PCN nun abgeleitet werden. Tritt eine relevante Blutung über die PCN auf, wird diese primär mit einem Stopfen verschlossen. So wird eine Tamponade im NBKS erreicht, die die Blutung im Regelfall zum Stillstand bringt. Wird die PCN dann im Verlauf freigegeben, führt der Urinfluss zügig zu einem Auflösen des Koagels.

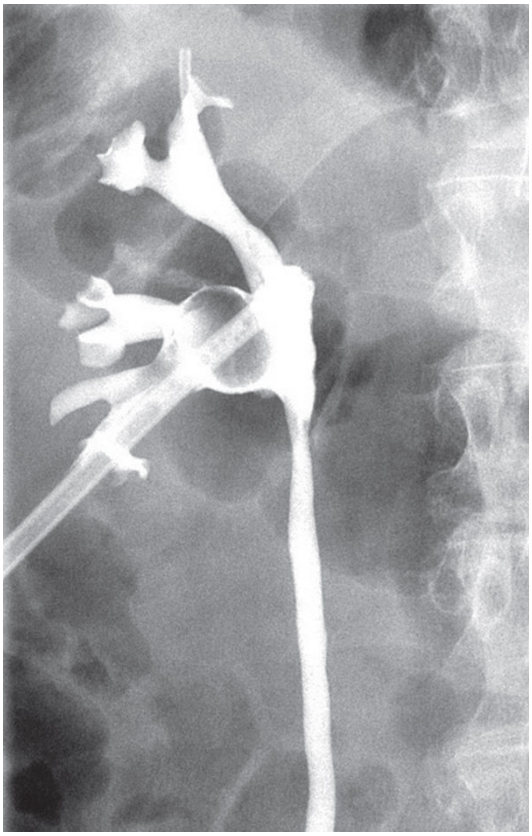


Abb. 20.20 OP-Abschluss. Korrekt positionierte PCN im Nierenbecken, zusätzlich Ureterenkatheter in der oberen Kelchgruppe

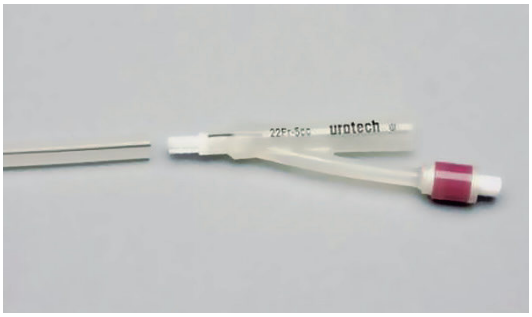


Abb. 20.21 Dekonnektierbare perkutane Nephrostomie

Alternativ kann eine dekonnektierbare PCN (Abb. 20.21) verwendet werden. Diese wird direkt über den Arbeits-/Amplatz-Schaft eingeführt. Nach Positionierung der PCN wird der Schaft über die PCN entfernt. Hierbei ist eine gute manuelle Fixierung der PCN wichtig.

Nach Positionierung und Blockung der PCN sollte in einer abschließenden KM-Darstellung zum einen die korrekte Lage dokumentiert, zum anderen das Vorliegen einer KM-Extravasation und somit einer Perforation des NBKS überprüft werden (Abb. 20.20).

Tipps

- Vor Anlage der PCN Gleitgel von der Spitze aus in die PCN spritzen, so gleitet die PCN mit wenig Widerstand über Draht oder Metallstab.
- Bei Verwendung des Metallstabes zur Anlage der PCN muss gewährleistet sein, dass der extrakorporale Anteil des Stabes lang genug ist, damit das distale Ende festgehalten werden kann.

Die PCN-Anlage über einen flexiblen Sicherheitsdraht sollte vermieden werden, da ein hohes Dislokationsrisiko besteht.

Tipps

Bei 27 oder 30 Charr-PNL noch im Rahmen der Narkose einen Faden durch die Hautinzision neben der PCN als Einzelknopfnaht vorlegen. Nach PCN-Entfernung kann dieser dann zum Hautverschluss bequem verknotet werden.

20.1.5 Postoperatives Management

Nach Abschluss der Operation wird der Patient in Rückenlage gebracht. Nun wird überprüft, ob der Ureterenkatheter weiterhin frei abläuft und es im Rahmen des Dreh-Manövers nicht zu einer Dislokation gekommen ist. In unserer Klinik erfolgt die initiale Überwachung am Operationstag auf der Intermediate Care Station. Die PCN wird, wenn zum Ende der Operation verschlossen, 4 Stunden postoperativ unter forcierter Diurese geöffnet und bei unkompliziertem intra- und postoperativem Verlauf am Morgen des 1. postoperativen Tages (POD) entfernt.

Zur Erfolgskontrolle und Planung des weiteren Procedere erhält in unserer Klinik jeder Patient am 1. POD eine low-dose Nativ-CT des Abdomens, es sei denn, das Steinmaterial wurde in toto extrahiert. Falls keine CT verfügbar ist, kann bei röntgendichten Steinen eine konventionelle Röntgen-Halbseite

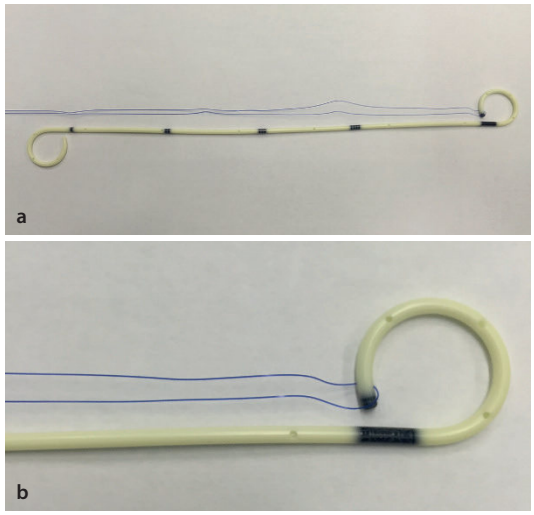


Abb. 20.22a,b »DJ-Katheter am Haar«. Der dünne Faden am distalen Ende des DJ-Katheters wird belassen und hängt aus dem Ostium Urethrae heraus. Durch Zug kann so der DJ-Katheter ohne nochmalige Intervention entfernt werden

durchgeführt werden. Je nach Reststeinlast wird am Morgen des 2. POD der Ureterenkatheter entfernt oder auf einen DJ-Katheter gewechselt, der Patient dann am 3. POD entlassen.

Tipps

Bei Verwendung eines DJ-Katheters anstelle eines Ureterenkatheters empfiehlt sich die Verwendung eines »DJ-Katheter am Haar« (Abb. 20.22). So kann der DJ-Katheter ohne neuerliche Zystoskopie bequem entfernt werden. Soll er verbleiben, wird das »Haar« entfernt.

20.1.6 Miniaturisierung der PNL

Eine zunehmende Miniaturisierung der Instrumente im Laufe der letzten Jahre hat zum einen die perkutane Steintherapie bei Kindern vereinfacht, zum anderen die Indikation bei Erwachsenen erweitert. Die Trendwende hin zur Miniaturisierung der Endoskope wird möglich durch mehrere Faktoren: Zum einen wurden ultraschallbasierte Lithotripter weiterentwickelt, zum anderen ist der Laser als potenter Lithotripter verfügbar.

Zusätzlich erlauben Erkenntnisse über Spülung, Schaftstärke und daraus resultierende, hydrodynamische Effekte (Whirlpool-Effekt, Staubsauger-Effekt) eine suffiziente Steinentfernung trotz geringem Schaftdurchmesser. Sind früher hauptsächlich Steine >2 cm perkutan therapiert worden, stellen heute Steine von 1–2 cm zunehmend eine Indikation für die »miniaturisierte« PNL dar (Tab. 20.1). Retrospektive Studien attestieren dem Verfahren eine geringere Komplikationsrate, vor allem hinsichtlich Blutung und Transfusionsbedürftigkeit, prospektive randomisierte Studien fehlen jedoch bisher (Wilhelm et al. 2015, Ganpule et al. 2015, Rassweiler et al. 2016).

In unserer Klinik wird die 15/18 Charr Mini-PNL bei Steinen von <2,5 cm, bei der Behandlung von Divertikelsteinen und bei der Therapie von Kindern eingesetzt. Bei Punktion und Bougierung gibt es letztlich keine Unterschiede zwischen Standard- und Mini-PNL. Die Steinentfernung mit einer dünnen Ultraschallsonde eignet sich besonders für weiche Steine oder zur Absaugung von per Laserlithotripsie erzeugten kleinen Konkrementen. Bei der Laserlithotripsie hat sich das »Stone-Dusting« als effektiv erwiesen. Hierbei ist eine Lithotripsie auf kleinste Konkremente das Ziel, die dann hydrodynamisch problemlos entfernt werden können.

Tab. 20.1 Nomenklatur und technische Besonderheiten der PNL (modifiziert nach Rassweiler et al. 2016)

	Außenschaft-Durchmesser	Innerer Querschnitt	Lithotripter	Steinentfernung
Konventionelle PNL	24–30 Charr	59 mm^2	Pneumatische Lithotripter, dicke US-Sonde	Mechanische Extraktion, US-Sonde
Midi-PNL	20–22 Charr	38 mm^2	Dünne US-Sonden (3,7 Charr)	Extraktion, US-Sonde
Mini-PNL	15–18 Charr	25 mm^2	Dünne US-Sonden (3,7 Charr)Ho:YAG-Laser (0,4 mm Faser)	US-Sonde, Staubsauger-Effekt
Ultra-mini PNL (UMP)	11–14 Charr	12,5 mm^2	Ho:YAG-Laser (0,4 mm Faser)	Whirpool-Effekt
Micro-PNL	8–10 Charr	7 mm^2	Ho:YAG-Laser (0,2 mm Faser)	Kaum möglich

Möglichkeiten der Laserlithotripsie

- »Dusting«: Geringe Pulsenergie des Lasers bei hoher Frequenz, schichtweise Abtragung des Steines produziert hydrodynamisch entfernbare, kleinste Fragmente.
- »Popcorn-Effekt«: Mittlere Pulsenergie des Lasers bei hoher Frequenz, der Laser wird ohne direkten Steinkontakt in eine Gruppe größerer Fragmente gehalten und dauerhaft aktiviert. Die Steine werden herumgewirbelt und haben immer wieder Kontakt mit der Lasersonde. Dies führt zu einer sukzessiven Zerkleinerung der Fragmente.
- »Bursting«: Eine hohe Pulsenergie des Lasers bei niedriger Frequenz erlaubt eine kontrollierte Lithotripsie von mechanisch extrahierbaren Fragmenten.

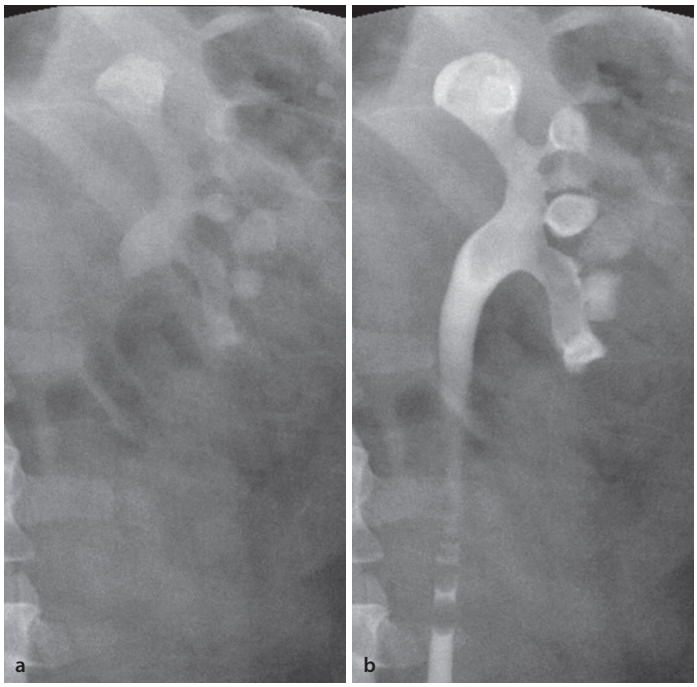
Hydrodynamische Entfernung kleiner Fragmente

- Aktives Wash-Out (▶ Abschn. 20.1.4 Übersicht: Wirksame Entfernung kleiner Fragmente)
- »Staubsauger-Effekt«: Dieser Effekt kann nur bei Verwendung eines Amplatz-Schaftes zur Anwendung kommen. Bei vollem Spülstrom über das Endoskop nähert sich die Endoskop-Spitze dem Stein. Unmittelbar vor der Endoskop-Spitze wird der Stein – dem Bernoulli-Effekt folgend – in einer Zone niedrigeren Druckes fixiert. Nun wird das Endoskop langsam zurückgezogen, der Stein folgt passiv und kann so bequem entfernt werden.
- »Whirlpool-Effekt«: Spülzufluss über ein separates, dünnes Spülrohr des UMP-Schaftes führt zu einer Verwirbelung ähnlich dem Staubsauger-Effekt, die Fragmente werden so über den offenen Schaft ausgespült.

20.1.7 Kompletter Ausgussstein

Der komplette Ausgussstein ist die klassische Indikation für eine konventionelle PNL. Der Erfolg der Operation hängt entscheidend von einer optimalen Vorbereitung und Planung des Eingriffes und optimalen OP-Bedingungen ab (◘ Abb. 20.23).

Zur Planung des bestmöglichen Zugangs zur Niere sollte präoperativ neben der obligaten Sonografie eine CT-Untersuchung durchgeführt werden. So gewinnt der Operateur die beste Vorstellung von



◘ **Abb. 20.23a,b** Ausgussstein des Nierenbeckenkelchsystems. (**a**) Nativ-Technik (**b**) retrogrades Pyelogramm

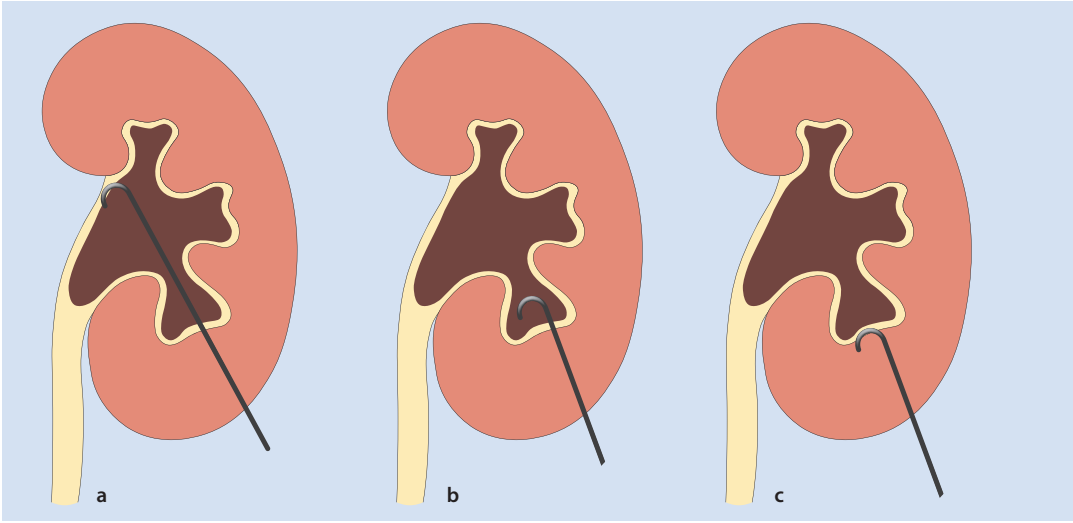


Abb. 20.24a–c Möglichkeiten der Positionierung des Führungsdrahtes bei komplettem Ausgussstein: Eine Passage des Steines und Platzierung des Drahtes im Nierenbecken ist anzustreben (**a**). Ist dies nicht möglich, sollte der flexible Anteil des Drahtes in der punktierten Kelchgruppe positioniert werden (**b**). Gelingt auch dies nicht, verbleibt der Draht in unmittelbarer Nähe zum Konkrement im Parenchym (**c**)

Kelchanatomie und Steinausdehnung. Bei Ausgusssteinen muss – schon aus forensischen Gründen – eine präoperativ adäquate Nierenfunktion per MAG3-Szintigrafie attestiert werden. Ein florider Harnwegsinfekt muss sicher ausgeschlossen oder testgerecht behandelt sein.

Vor allem bei Ausgusssteinen muss vor PNL eine adäquate Nierenfunktion (z. B. durch MAG3-Szintigrafie) dokumentiert werden!

Zur Punktion sollte der Kelch gewählt werden, der den größtmöglichen Zugang zu allen steintragenden Teilen des NBKS bietet. Auch bei Ausgusssteinen wird in unserer Klinik ein Ureterenkatheter zur Füllung des NBKS verwendet. Lässt sich der ausgewählte Kelch nicht füllen, wird direkt auf den Stein punktiert. Der Kontakt macht sich als harter Widerstand bemerkbar, bei Bewegung der Punktionsnadel zeigt sich ein leichtes »Kratzen«. Wird der Mandrin entfernt und bleibt ein Austritt von Urin oder Kontrastmittel aus, heißt das keinesfalls, dass die Punktion nicht erfolgreich war. Ein vorsichtiges Anspritzen mit verdünntem Kontrastmittel kann hilfreich sein. Der Ausrichtung und Position der Nadel nach initialer Punktion kommt eine entscheidende Bedeutung zu. Sie muss in der weiteren Dilatation unbedingt beibehalten werden, um ein Gewebetrauma und damit eine Blutung zu vermeiden.

Der nächste entscheidende Schritt der Operation ist die möglichst optimale Platzierung eines-Drahtes. Ziel ist eine Passage des Steines und eine Platzierung des Drahtes im Nierenbecken (Abb. 20.24a). Gelingt dies nicht, sollte die Platzierung in der punktierten Kelchgruppe angestrebt werden und der Draht hier mit dem flexiblen Anteil »gekringelt« werden, um einen möglichst großen Teil des Drahtes intracalyceal zu platzieren (Abb. 20.24b).

Nicht selten ist auch dies nicht möglich. Dann sollte die Spitze des Drahtes intraparenchymal, möglichst mit direktem Steinkontakt platziert werden (Abb. 20.24c). Je geringer der intracalyceale Anteil des Drahtes ist, desto schwieriger gestaltet sich die Dilatation.

Bei Ausgusssteinen empfiehlt es sich, in der punktierten Kelchgruppe distal des Steines zu bougieren. Wäre auch eine Passage des Steines mit Draht und Metallstab möglich, führt eine Dilatation neben dem Stein häufig zu Zerreißungen im Bereich des Kelchhalses. Von entscheidender Bedeutung bei der Dilatation ist eine größtmögliche Fixierung des Metallstabes. Die initiale Ausrichtung und Position der Punktionsnadel und später des Führungsstabes muss bei der gesamten Dilatation beibehalten werden!

Ist eine primäre Platzierung des Drahtes bis in das Nierenbecken nicht möglich, kann primär erst einmal ein 15 Charr-Endoskop über den zweiten Alken-Bougie eingeführt werden. Unter Sicht ist dann häufig eine optimalere Positionierung des Drahtes möglich. Nun werden die Metallbougies samt Metallstab wieder im 15 Charr-Schaft positio-

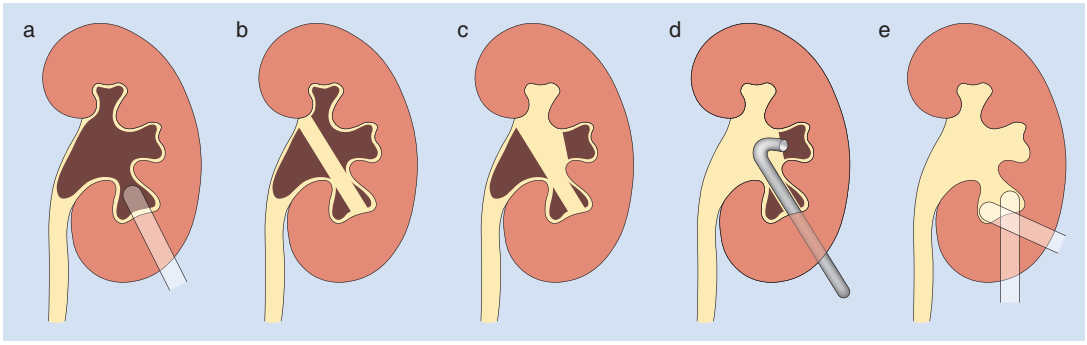


Abb. 20.25 Taktik der Lithotripsie bei einem Ausgussstein. Im ersten Schritt wird ein Kanal zur gegenüberliegenden Nierenbeckenwand geschaffen. Nun folgt der kraniale Anteil des Steines. Der Steinanateil im pyeloureteralen Übergang wird erst später entfernt, da er verhindert, dass Fragmente in den Harnleiter abschwimmen. Nach Entfernung des mit dem starren Renoskop erreichbaren Steinmaterials Wechsel auf ein flexibles Nephroskop zur. Im letzten Schritt wird im Rückzug das Reststeinmaterial aus der punktierten Kelchgruppe entfernt

niert und der Schaft entfernt, die Bougierung wird fortgeführt. Wird direkt auf dem Stein bougiert und schließlich das Nephroskop eingeführt, ist die Sicht meist eingeschränkt, mit etwas Glück kann man den durchschimmernden Stein jedoch erkennen.

Eine Hebelbewegung mit dem Nephroskop verbietet sich, da so ausgedehnte Parenchymschäden provoziert werden können. Nun wird mit der Ultraschallsonde ein direkter Kontakt zum Stein hergestellt und mittels Ultraschall-Lithotripsie der Weg in den Kelch eröffnet. Mit der Sonde wird vorsichtig ein intracalycealer Raum geschaffen und das Nephroskop unter Sicht in den Kelch vorgeschoben.

Besonderheiten bei der PNL von Ausgusssteinen

- Die Dilatation sollte niemals neben, sondern immer distal des Steines erfolgen. Es droht sonst eine Zerreißung des Kelchhalses und damit eine starke Blutung!
- Die initiale Punktionsrichtung und Position der Nadel bestimmt die Richtung der weiteren Dilatation!
- Mit einem zwischenzeitlich eingeführten Mini-Nephroskop gelingt häufig die Positionierung des Drahtes im Nierenbecken. Dies bedeutet Sicherheit bei der Dilatation!
- Niemals intraparenchymal mit dem Nephroskop hebeln, dies führt zu Parenchymschäden, Blutung und häufig zum Abbruch der Operation.

Tipps

Über den Arbeitskanal eines 27 Charr-Nephroskopes kann neben dem Lunderquist-Draht noch die dünne Ultraschallsonde des Lithocast Master® vorgeschoben werden, um intracalyceal Raum zum kontrollierten Vorschieben des Nephroskops zu schaffen, ohne die Führung durch den festen Draht aufgeben zu müssen.

Die Lithotripsie erfolgt von peripher nach zentral. Im nächsten Schritt wird vom Zugangskelch aus ein Kanal bis zur gegenüberliegenden Nierenbeckenwand geschaffen (Abb. 20.25a). Jetzt kann im Notfall oder bei Abbruch der Operation zumindest eine perkutane Nephrostomie platziert werden.

Im nächsten Arbeitsschritt wird das Nierenbecken von Steinmaterial befreit (Abb. 20.25b). Dann schließen sich die mit dem rigiden Nephroskop erreichbaren Kelche an (Abb. 20.25c). Befindet sich jetzt noch Steinmaterial in Kelchen, die mit dem rigiden Endoskop nicht erreicht werden können kann ein flexibles Nephro-/Cysto-/Ureterorenoskop eingesetzt werden (Abb. 20.25d).

Die Strategie der flexiblen, nephroskopischen Steinbehandlung richtet sich nach Lokalisation und Steinbeschaffenheit. Wenn immer möglich sollte per flexibler Nephroskopie Steinmaterial aus peripheren Kelchen in einen dem rigiden Renoskop zugänglichen Teil mobilisiert und mit dem starren Endoskop entfernt werden. Ist eine flexible Laserlithotripsie vonnöten bietet sich der Einsatz eines flexiblen Zystoskops an, hier kann die 600 µm Faser eingesetzt wer-

den. Alternativ ist eine Multitrakt-PNL möglich. Im letzten Schritt werden im Rückzug die Steinreste aus der Zugangskelchgruppe entfernt (Abb. 20.25).

Tipps zur PNL von Ausgusssteinen

- Befindet sich ein Anteil des Steines im pyeloureteralen Übergang, sollte dieser, wenn möglich, zuletzt entfernt werden. So kann ein antegrades Abschwimmen von Konkrementen vermieden werden!
- Ein 9 Charr flexibles Ureterorenoskop (URS) passt genau durch den Arbeitskanal von rigiden Nephroskopen ab 24 Charr!
- Bei Einsatz des flexiblen Zystoskops zur Nephroskopie empfiehlt sich, zusätzlich zur Spülung über das Zystoskop eine Spülung an den Ablauf des Nephroskop-Schaftes anzuschließen. So ist eine adäquate Füllung des NBKS möglich. Hierbei muss auf einen adäquaten Abfluss über den Ureterenkatheter geachtet werden und der für adäquate Sichtverhältnisse minimal nötige Zulauf gewählt werden.
- Alternativ zur konventionellen Multitrakt-PNL besteht die Möglichkeit, den Zugang zu weiteren steintragenden Kelchen, die über den Haupttrakt nicht erreicht werden können, lediglich bis auf 12 Charr zu bougieren und die Steine mit dem Mini-Nephroskop (15 Charr) soweit zu fragmentieren, dass sie in das Nierenbecken mobilisiert werden können.

Bei allen technischen Möglichkeiten der perkutanen Steinentfernung darf letztlich die OP-Zeit nicht aus dem Auge verloren werden. Die Lithotripsie-Zeit wird in unserem Haus auf 90 Minuten begrenzt, befindet sich dann noch Reststeinmaterial im NBKS, wird die Operation abgebrochen und das Reststeinmaterial im Verlauf in einer Second-Look-OP oder mittels ESWL oder Ureterorenoskopie behandelt. So kann die Gefahr einer septischen Einschwemmung, die mit zunehmender Operationsdauer steigt, minimiert werden.

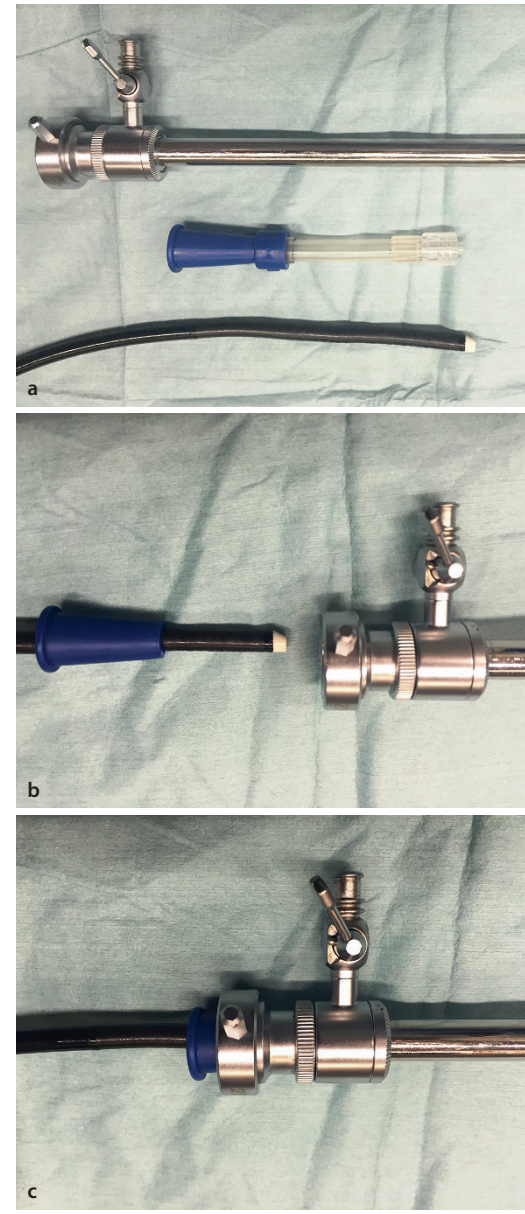


Abb. 20.26a–c Flexible Nephroskopie mit flexiblem Zystoskop. Ein Problem der flexiblen Nephroskopie mit dem flexiblen Zystoskop stellt die fehlende Möglichkeit zur Abdichtung und somit adäquaten Füllung des NBKS dar. Mit einem einfachen Trick kann dieses Problem behoben werden: Der abgebildete konische Katheter-Adapter (blau) wird gekürzt (**a**). Nun passt das Zystoskop bündig hindurch (**b**), der Adapter wird mit sanftem Druck in den Schaft gesteckt (**c**) und eine einfache und kostengünstige Dichtung ist geschaffen

20.1.8 PNL bei Hufeisenniere

Die Hufeisenniere (Abb. 20.27) ist eine Malformation, die die perkutane Steinentfernung letztlich nicht erschwert, sondern sogar eher etwas vereinfacht. Macht man sich die anatomischen Besonderheiten bewusst und beachtet diese bei Planung und Durchführung des Eingriffs, sind die Steinfreiheitsraten vergleichbar mit denen der PNL in normalen

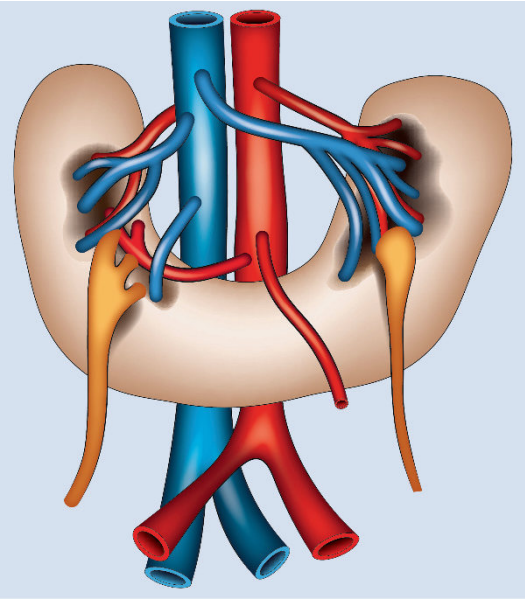


Abb. 20.27 Hufeisenniere

Nieren, auch die Komplikationsraten sind nahezu identisch (Osther et al. 2011).

Die Hili liegen ventral der Niere, also weit entfernt vom Punktionsort, eine Verletzung während Punktion oder Bougierung ist damit sehr unwahrscheinlich. Die meisten Kelche des Mittel- und Obergeschosses der Niere sind nach dorsal gerichtet und damit gut für eine Punktion erreichbar. Die Punktion sollte aufgrund der besonderen Kelchanatomie in Bauchlage erfolgen. Ein Zugang über die mittlere oder obere Kelchgruppe ist dem über die untere überlegen.

Um einen retro-renalen Kolonverlauf zu erkennen und eine Kolonperforation zu vermeiden, sind eine präoperative CT und ein intraoperativer Ultraschall empfehlenswert.

Ein weiterer Vorteil der veränderten Kelchanatomie besteht darin, dass Fragmente in Bauchlage fast immer in das Nierenbecken und nicht in andere Kelche fallen. Diese Eigenheit erschwert allerdings den intraoperativen Zugang zu anderen als dem punktierten Kelch, da viele Kelche nahezu parallel verlaufen und auch mit dem flexiblen Endoskop schwer zu erreichen sind. Der Bewegungsradius während des Eingriffs ist zusätzlich durch die deutlich geringere Beweglichkeit der Niere eingeschränkt.

20.1.9 PNL bei Kelchhalsstenose und Divertikelsteinen

Liegen eine Kelchhalsstenose oder ein Kelchdivertikel mit konsekutiv entstandenem Stein vor, kann die Inzision der Stenose sowohl retrograd als auch perkutan erfolgen. Nachteile der retrograden, ureterorenoskopischen Technik stellen häufig die schlechte Erreichbarkeit des Kelch- oder Divertikelhalses und ein retrograd schwer zu identifizierendes Ostium von Kelch oder Divertikel dar.

Eine simultane Steintherapie ist meist einfacher und effektiver mittels perkutaner Operationstechnik zu bewerkstelligen (Abb. 20.28).

Wenn anatomisch und technisch möglich, ist eine direkte Punktion des Kelches/Divertikels einem indirekten Zugang vorzuziehen, da so nicht erst mühsam das Ostium identifiziert werden muss.

Da eine retrograde KM-Füllung des Kelches/Divertikels meist nicht möglich ist, empfiehlt sich eine sonografisch gesteuerte Punktion. Nach erfolgreicher Punktion wird ein Draht positioniert und im Kelch/Divertikel bougiert. Hier kann der Einsatz eines Mini-Nephroskopes hilfreich sein, da in steintragenden Divertikeln meist auf dem Stein bougiert werden muss. Unter Sicht kann dann, wenn nötig, mit dem Mini-Nephroskop eine Kavität geschaffen werden, die ein weiteres Bougieren gefahrlos möglich macht. Ist in einem ersten Schritt der Stein entfernt, sollte im zweiten die Kelchhalsstenose bzw. der Divertikelhals inzidiert werden.

Tipps

Ist eine direkte Identifizierung des Ostiums eines Divertikels oder eines stenotische Kelchhalses nicht möglich, kann über den UK Methylen-Blau in das Nierenbecken appliziert werden. Durch Übertritt des Methylen-Blau in das Divertikel ist eine Identifizierung des Ostiums meist möglich.

Der Einsatz von Methylen-Blau kann auch im Rahmen eines retrograden Therapieversuches hilfreich sein. Hierzu wird mit einer dünnen Nadel das Divertikel punktiert und perkutan Methylen-Blau eingespritzt. Ureterorenoskopisch ist das Ostium jetzt meist gut zu identifizieren.

Für die eigentliche Inzision empfiehlt sich der Einsatz eines Lasers. Pulsationen im Bereich des Ostiums weisen auf Segmentarterien hin und sollten geschont werden. Nach adäquater Eröffnung des

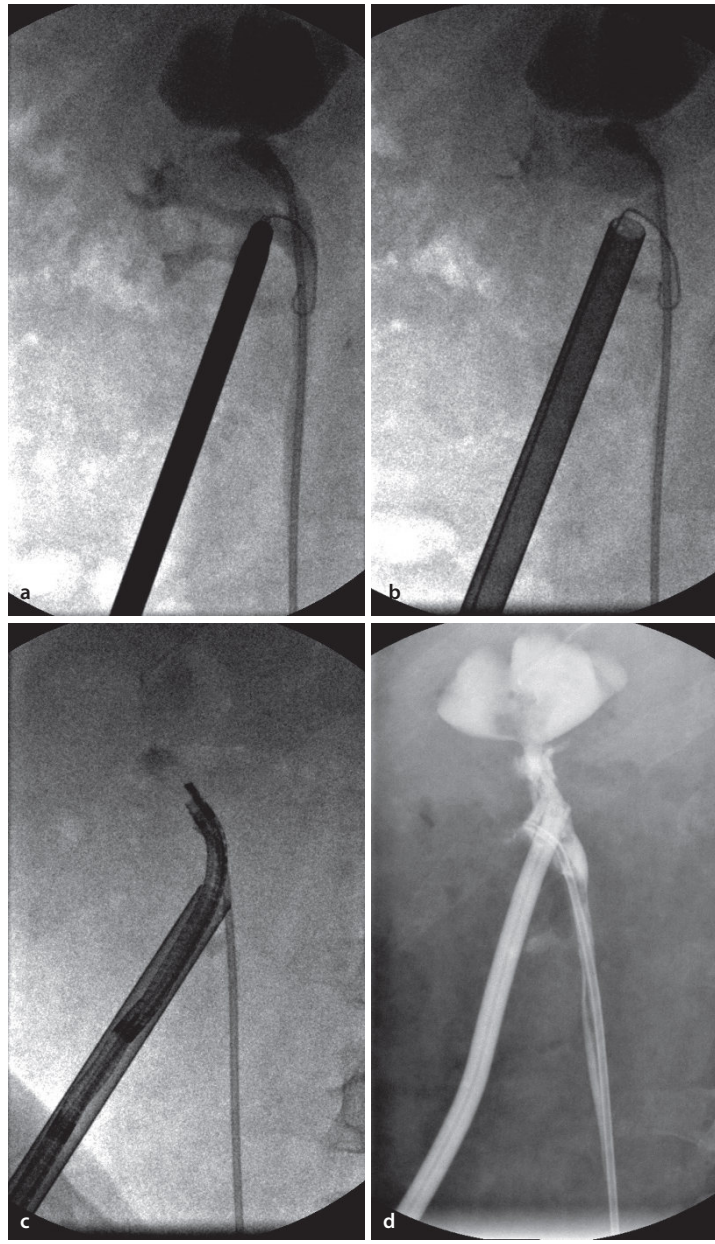


Abb. 20.28a–d PNL bei Megacalyx bedingt durch Stein im Kelchhals der oberen Kelchgruppe. Zugang über die untere Kelchgruppe, da bei direktem Zugang eine Punktion oberhalb der 12. Rippe notwendig gewesen wäre. Bougierung bis 24 Charr, dann flexible Nephroskopie über 27 Charr-Schaft. Abschlussbild mit kleinem KM-Paravasat und jetzt steinfreiem Hals der oberen Kelchgruppe

Ostiums wird antegrad ein Draht in das Nierenbecken vorgeschoben. Über den Draht wird dann eine Nephrostomie im Nierenbecken platziert. Diese wird mindestens einen Tag belassen.

In seltenen Fällen ist sekundär der Kelch- oder Divertikelhals völlig obliteriert und es kann weder per retrograder Gabe von Methylen-Blau über den Ureterenkatheter noch per antegrader KM-Applikation ein Zugang zum restlichen NBKS nachgewiesen werden.

Tipps

Wenn das Vorliegen von Papillen ausgeschlossen und so ein echtes Divertikel bestätigt ist, bietet die elektrische oder laservermittelte Fulguration der gesamten Oberfläche des Divertikels einen alternativen Therapieansatz. Die Nephrostomie wird direkt im Divertikel platziert und am ersten postoperativen Tag entfernt.

20.1.10 PNL und Adipositas per magna

Die perkutane Steintherapie bei sehr adipösen Patienten stellt Operateur, Instrumentarium und Anästhesisten vor Herausforderungen. Entscheidend ist, dass Nierenbecken und Stein sinnvoll mit dem Nephroskop erreicht werden können. Es empfiehlt sich bereits in der präoperativen CT, den potenziellen Trakt zu vermessen. Der Einsatz von extra-langen Amplatz-Schäften und Nephroskopen hat sich bei der Behandlung von adipösen Patienten bewährt. Um einer intraoperativen, antegraden Wanderung des Schaftes zu begegnen, empfiehlt es sich den Schaft mit zwei stabilen 2-0 Durchstichfäden zu armieren. So kann er am OP-Ende problemlos wieder zurückgezogen werden. Alternativ kann bei Verwendung geschlossener Systeme die Inzision bis zur Faszie erweitert und der Schaft bis zur Faszie vorgeschoben werden.

Tipps

Ist im Rahmen der Operation der Amplatz-Schaft im Patienten verschwunden und kann nicht mehr erreicht werden, wird eine gerade Klemme unter Durchleuchtung bis in den Schaft vorgeschoben und gespreizt. So kann der Schaft nun vorsichtig zurückgezogen werden.

20.1.11 Komplikationen und Komplikationsmanagement

Schließt man alle Schweregrade nach Clavien-Dindo ein sind Komplikationsraten bis 84 % publiziert (Michel et al. 2007). Die häufigsten Komplikationen stellen perioperatives Fieber und Blutung dar. Bei jeglichen Problemen oder Komplikationen (◘ Tab. 20.2), die im Rahmen der perkutanen Steintherapie auftreten können, ist die oberste Regel, Ruhe zu bewahren und besonnen zu handeln. Panik und übereiltes Handeln können eine effektive Problemlösung unmöglich machen.

▪ Pleuraverletzung

Pleuraverletzungen sind bei infrakostalen Punktionen selten. Bei suprakostalen Punktionen, insbesondere oberhalb der 11. Rippe, steigt das Risiko einer Pleuraverletzung erheblich.

Wird eine suprakostale Punktion durchgeführt, empfiehlt sich postoperativ routinemäßig eine Röntgen-Thorax-Untersuchung. Wird intraoperativ eine Pleuraverletzung bemerkt, sollte – wenn möglich – eine möglichst vollständige Aspiration der Flüssigkeit erfolgen. Postoperativ muss eine radiologische Kontrolle durchgeführt werden, um die Ausdehnung des Pneumo-/Sero-/Hämatothorax zu bestimmen. Bei ausgedehnten Befunden kann die Anlage einer Thoraxdrainage notwendig werden. Eine maximale Harnableitung ist in jedem Falle zu gewährleisten.

▪ Kolonperforation

Eine Kolonperforation kann mittels intraoperativer Sonografie mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit vermieden werden. In unserer Klinik erfolgt nach Lagerung des Patienten unmittelbar vor Punktion eine Sonografie durch den Operateur zur Beurteilung der anatomischen Verhältnisse im Retroperitoneum und der Anatomie des NBKS. Die eigentliche Punktion erfolgt dann radiologisch gesteuert.

Bei radiologisch gesteuerter Punktion lohnt neben Betrachtung von Niere und NBKS die Beobachtung der fluoroskopisch dargestellten Darmanteile.

◘ **Tab. 20.2** Komplikationsraten nach PNL (Seitz et al. 2012)

	Transfusion	Embolisation	Urinom	Fieber	Sepsis	Thorakale Komplikation	Organverletzung	Tod
Range	0-20 %	0-1,5 %	0-1 %	0-32,1 %	0,3-1,1 %	0-11,6 %	0-1,7 %	0-0,3 %
N=11929	7 %	0,4 %	0,2 %	10,8 %	0,5 %	1,5 %	0,4 %	0,05 %

Tipps

Bewegt sich bei Punktion oder gerade bei Bougierung der Dickdarm synchron mit der Nadel oder Bougies, ist eine Kolonpunktion wahrscheinlich. Die Nadel wird nun komplett zurückgezogen und ein alternativer Punktionsort/-winkel gewählt.

Sofern intraoperativ bemerkt können die meisten Läsionen unter Breitbandantibiose konservativ beherrscht werden. Wird die Verletzung erst nach Bougierung und Etablierung des Traktes bemerkt, muss eine strikte Separierung von Harnabfluss und Stuhl erfolgen. Eine transkolische Nephrostomieanlage verbietet sich, da so die Perforation weiter eröffnet bleibt.

Der antegrade Urinabfluss muss durch eine großlumige Harnleiterschiene gewährleistet sein. Die Verwendung eines Kolostomie-Katheters oder eines Darmrohres kann die Darmentleerung optimieren. Bei ausgeprägteren Verletzungen oder Peritonitis muss eine operative Exploration und Versorgung erfolgen (◘ Abb. 20.29).

Gefäßpunktion

Werden im Rahmen der Punktion Vene oder Arterie punktiert, tut dies dem weiteren Operationsfortgang meist keinen Abbruch. Die Nadel wird zurückgezogen, etwas gewartet und neu punktiert. Eine potenzielle Blutung ist durch das umgebende Parenchym limitiert und klinisch meist nicht relevant.

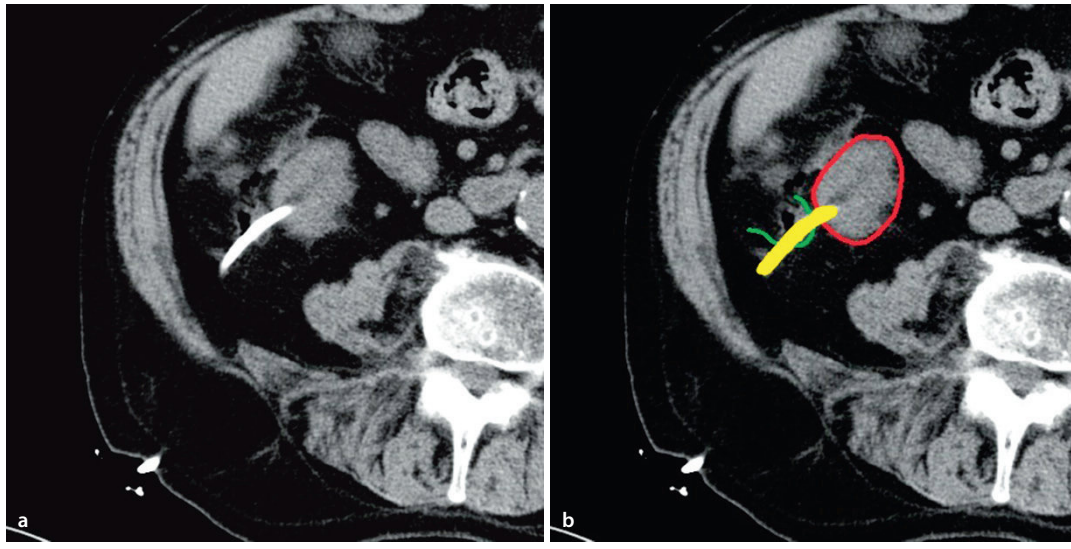
Intraoperative Blutung

Kleinere intraoperative Blutungen werden meist durch Verletzung kleinerer Gefäße im Bereich des transparenchymalen Traktes verursacht. Bei konsequenter Irrigation sind sie selten störend und werden durch den Instrumentenschaft komprimiert. Tritt bereits während der Operation eine starke venöse Blutung auf und ist die Sicht stark eingeschränkt, empfiehlt es sich, den Eingriff abzubrechen. Diese Blutungen werden häufig durch Verletzungen der kelchhalsnahen Venen im Rahmen der Bougierung verursacht. Bei OP-Abbruch wird dann eine möglichst großlumige Nephrostomie (24 Charr) eingelegt.

Je großlumiger die Nephrostomie, desto schwieriger kann die Anlage über einen Draht sein.

Einlegen von großlumigen Nephrostomien

- Über den Schaft wird ein Lunderquist-Draht bis in das Nierenbecken vorgeschoben.
- Über den Draht wird der Führungsstab der Bougies im Nierenbecken platziert. Über den innenliegenden Draht kann nun die Nephrostomie so weit vorgeschoben werden, dass der Führungsstab sicher gegriffen werden kann.



◘ **Abb. 20.29a,b** Läsion des Colon transversum bei PNL. CT-Darstellung einer Kolonverletzung im Rahmen einer Mini-PNL. Grün=Colon descendens, Rot=Unterpol der linken Niere, Gelb=12 Charr-Nephrostomie

- Nun Vorschieben der Nephrostomie in das Nierenbecken über den Führungsstab. Gleitgel im Nephrostomie-Lumen erleichtert das Vorschieben.

Die Nephrostomie wird nun im Nierenbecken geblockt und für 4 Stunden verschlossen. Die entstehende Tamponade im NBKS limitiert meist die Blutung. Bei Bedarf kann der geblockte Nephrostomiekatheter auf den lädierten Kelchhals gezogen werden, um die Kompression zu verstärken. Ist keine großlumige Nephrostomie verfügbar, kann alternativ ein Darmrohr verwendet werden.

Perkutane Anlage eines Darmrohres anstatt einer Nephrostomie

- Kürzen des Darmrohres, sodass es 1 cm kürzer als die Bougies ist.
- Auf den Führungsstab der Bougies werden die ersten drei Bougies geschoben, darauf folgt dann das gekürzte Darmrohr.
- Über den Schaft wird nun das Darmrohr bis zur Nierenbeckenwand vorgeschoben.
- Entfernen von Schaft und Bougies unter Belassen des Darmrohres.
- Fixierung des Darmrohres an der Haut mit Durchstich-Naht.

Ist eine Blutung durch konservative Maßnahmen nicht beherrschbar, empfiehlt sich eine Angiografie mit superselektiver Embolisation. Die operative Freilegung und Umstechung oder gar Nephrektomie stellen die Ultima Ratio dar und sind nur äußerst selten notwendig.

Postoperative Blutung

Blutungen, die nach Entfernung der PCN auftreten, können meist durch Kompression von außen gestillt werden. Hierzu kann der Patient auf einen Sandsack oder ein zusammengerolltes Handtuch gelegt werden. Ein zusätzlicher Druckverband kann diesen Effekt noch verstärken. Ist die Blutung so nicht beherrschbar, so stellen die angiografische Diagnostik und Therapie den nächsten Schritt dar.

Kommt es postoperativ, mit einem Zeitversatz von Tagen, zur Blutung, muss an eine arterio-venöse Fistel oder ein Aneurysma spurium gedacht werden. Therapie der Wahl sind hier ebenfalls die Angiografie und superselektive Embolisation.

Abb. 20.30 Perforation des Nierenbeckens nach medial

Perforation NBKS

Perforationen des NBKS im Rahmen der PNL kommen relativ häufig vor. Meist ist die mediale Nierenbeckenwand betroffen (Abb. 20.30).

Das weitere Vorgehen hängt vom Ausmaß der Perforation ab. Generell sollte der Spülstrom weitestgehend minimiert werden. Bei kleinen Perforationen durch den Draht kann die Operation fortgeführt werden. Die Arbeitsrichtung muss geändert werden, um eine weitere Vergrößerung der Perforation zu verhindern.

Bei größeren Perforationen muss die Operation beendet werden, um eine Extravasation von Spülflüssigkeit und Steinmaterial in das Retroperitoneum zu verhindern. Eine großlumige Nephrostomie garantiert eine optimale Urindrainage. Die Spitzen von Nephrostomie und Ureterenkatheter müssen möglichst weit entfernt von der Perforation platziert werden, um einer Dislokation nach extrarenal und damit einer Etablierung der Perforation vorzubeugen. Vor Entfernung der Nephrostomie sollte eine KM-Darstellung des NBKS erfolgen (Abb. 20.31). Perforationen heilen meist zügig und vollständig ab.

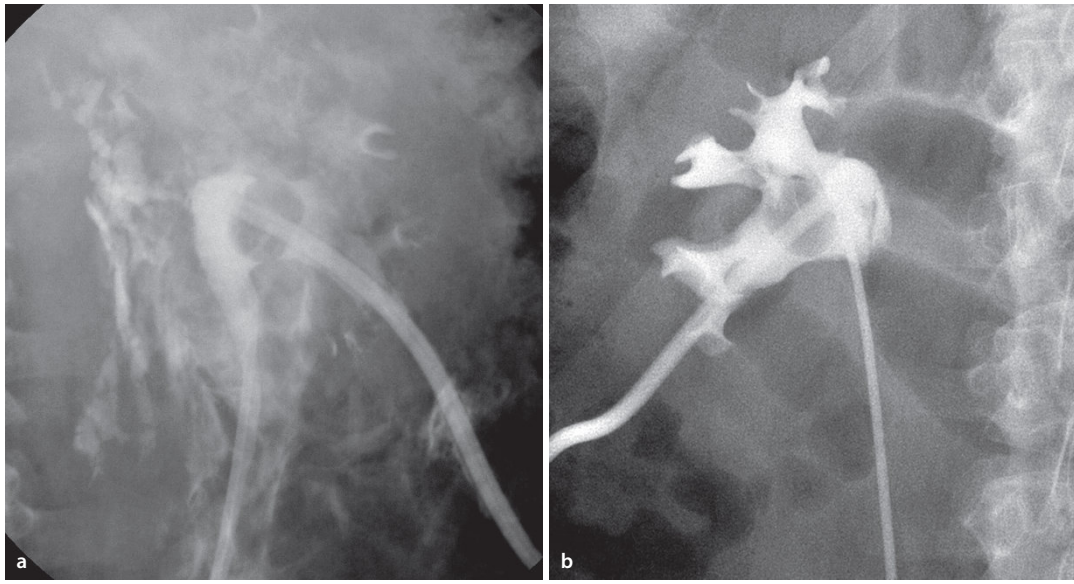


Abb. 20.31a,b Perforation des Nierenbeckens. (**a**) zeigt eine KM-Darstellung des NBKS bei medialer Nierenbeckenperforation zum Abschluss der Operation. (**b**) zeigt die KM-Darstellung desselben Patienten am 1. postoperativen Tag

Tipps

Was tun mit Steinmaterial im Retroperitoneum?

- Liegt das Steinfragment bei einer Perforation direkt außerhalb des Nierenbeckens und ist gut erreichbar, kann der vorsichtige Versuch einer Bergung mittels Greifzange oder Körbchen unternommen werden.
- Im Zweifel wird der Stein im Retroperitoneum belassen, um eine Vergrößerung der Perforation zu vermeiden.

Dislokation Nephroskop

Fällt man mit dem Nephroskop in der Rückwärtsbewegung aus der Niere heraus und ist ein Sicherheitsdraht vorhanden, wird über diesen rasch erneut bougiert und der Schaft platziert.

Wird kein Sicherheitsdraht verwendet, ist rasches Handeln essenziell, um den etablierten Trakt nochmals sondieren zu können. Gelingt es nicht, das NBKS zu sondieren, wird die Operation abgebrochen. Eine perkutane Nephrostomie wird extrarenal, möglichst nahe an der Niere platziert, um eine Drainage von Urin/Blut zu gewährleisten. Der antegrade Urinabfluss muss durch einen möglichst kaliberstarken Ureterenkatheter gewährleistet sein. Bei ausbleibender Nachblutung oder Urinextravasation kann nach retrograder Pyelografie die Nephrostomie zügig entfernt werden.

Tipps

Was tun bei Dislokation des Nephroskops?

- Rasches Handeln!
- Befinden sich Ultraschallsonde oder Greifzange im Instrument, kann zügig versucht werden, damit vorsichtig unter Sicht den Kanal zu sondieren, um dann mit dem Nephroskop zu folgen
- Wird der Kanal nicht auf Anhieb gefunden, kann Methylenblau über den UK appliziert werden und der Zugang zur Niere so visualisiert werden.
- Unter Sicht und Fluoroskopie kann der Versuch der Sondierung mit hydrophilem Draht unternommen werden.
- Im Zweifel sollte der Eingriff abgebrochen werden!

Dislokation Nephrostomie

Kommt es am OP-Ende zu einer Dislokation der Nephrostomie, wird KM vorsichtig über die Nephrostomie appliziert, um den Trakt zu visualisieren. Nun kann versucht werden, über die Nephrostomie mit einem hydrophilen Draht den Zugang zum NBKS zu sondieren. Gelingt dies, wird der hydrophile Draht über einen UK gegen einen steifen Draht getauscht und die Nephrostomie platziert. Gelingt die Sondierung des NBKS nicht, wird eine perkutane Nephros-

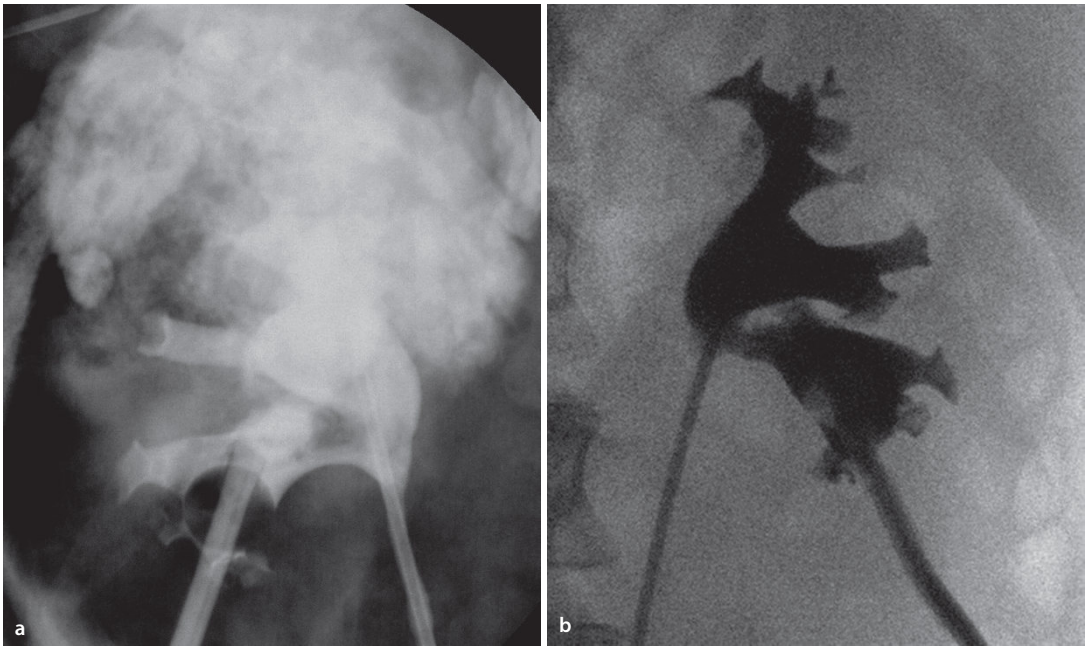


Abb. 20.32a,b Perforation des Kelchhalses bei Neprostomie-Anlage. (**a**) zeigt eine KM-Darstellung des NBKS bei Perforation des unteren Anteiles eines dichotomen Nierenbeckens. (**b**) zeigt die KM-Darstellung am 1. postoperativen Tag

tomie extrarenal möglichst nahe an der Niere platziert (Abb. 20.32).

Tipps

Wird bei der Nephrostomie-Anlage das NBKS antegrad perforiert und die PCN versehentlich außerhalb des Nierenbeckens platziert, wird im langsamen Rückzug unter Durchleuchtung KM appliziert. Sobald sich das NBKS füllt, ist dieses erreicht und die Nephrostomie kann geblockt und optimal platziert werden.

20.1.12 Ergebnisse der PNL

Die PNL erreicht bei reduzierter Invasivität Steinfreiheitsraten ähnlich derer der offen operativen Steintherapie. Sowohl als alleinige Therapieform als auch in Kombination mit der Ureterorenoskopie oder ESWL stellt die PNL aktuell den Goldstandard in der Behandlung großer Nierensteine dar.

Mehrere, teils prospektiv randomisierte Studien attestieren der PNL gerade bei Unterpolsteinen hervorragende Ergebnisse, die weder von ESWL noch von flexibler Ureterorenoskopie (URS) erreicht werden (de la Rosette et al. 2011).

In der »CROES PCNL global study« wurden zwischen November 2007 und Dezember 2009 prospektiv 5803 Patienten in 96 Zentren weltweit erfasst, bei denen eine PNL durchgeführt wurde. 76 % der Patienten waren nach primärer PNL steinfrei, bei 15 % war ein Folgeeingriff notwendig (Kamphuis et al. 2015).

Bei selektionierten Patientenkollektiven, v.a. bei Vorliegen von Unterpolsteinen, werden noch deutlich höhere Steinfreiheitsraten berichtet. Eine Einschränkung in der Beurteil- und v.a. der Vergleichbarkeit der publizierten Steinfreiheitsraten nach PNL stellt ohne Frage die Tatsache dar, dass in nicht weniger als der Hälfte der Studien keinerlei Angaben zur Definition der Steinfreiheit gemacht wurden (Opondo et al. 2014).

20.2 Perkutane antegrade Ureteroskopie

Ist eine Endoskopie des Harnleiters zur Diagnostik, Steinbehandlung oder im Rahmen einer antegraden Harnleiterschienung indiziert und eine retrograde Passage nicht möglich, kann die Ureteroskopie perkutan, transrenal erfolgen (Abb. 20.33). Zu den Indikationen, in denen eine antegrade Ureteroskopie notwendig sein kann, zählen Patienten mit Harnab-

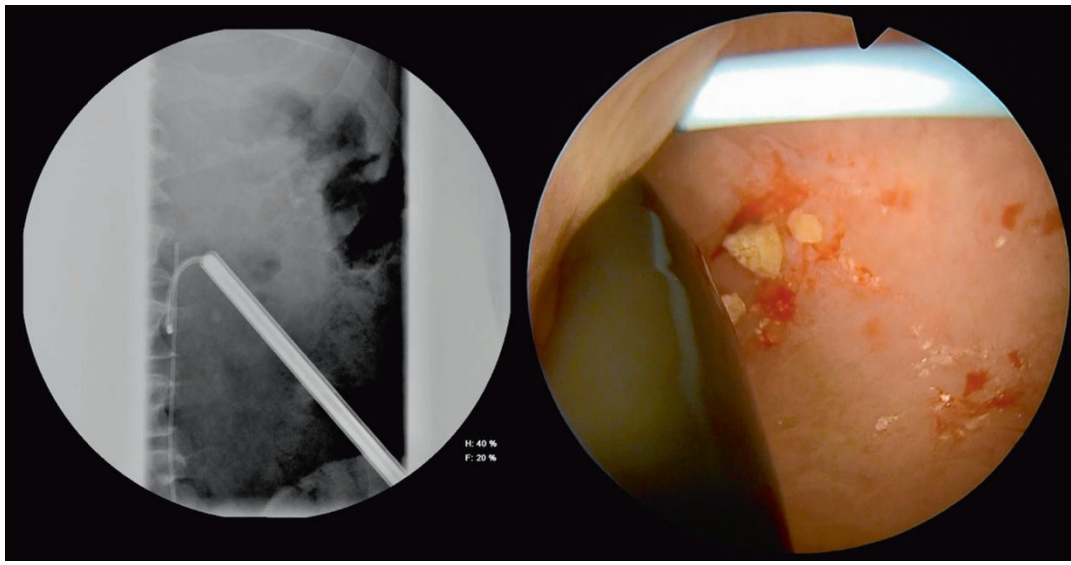


Abb. 20.33 Antegrade, flexible Ureteroskopie durch den Arbeitskanal eines 27 Charr-Nephroskops

leitung nach Zystektomie, aber auch vorangegangene offene Reflux-Chirurgie kann eine retrograde URS unmöglich machen.

Tipps

Ist im Rahmen einer 24/27 Charr-PNL eine flexible, antegrade URS notwendig, kann das flexible Endoskop direkt durch den Arbeitskanal des Nephroskops eingeführt werden.

In einem ersten Schritt wird ein transurethraler Katheter eingelegt, der ein Abfließen der Spülflüssigkeit gewährleistet. Die Punktion erfolgt analog der PNL (▶ Abschn. 20.1.4 Punktion). Da häufig die retrograde Harnleiterschienung zum Auffüllen des NBKS mit Kontrastmittel nicht möglich ist, erfolgt die Punktion bei ektatischem NBKS sonografisch gesteuert. Der Zugang zum Nierenbecken wird über eine Kelchgruppe gewählt, die einen möglichst flachen Winkel zwischen Kelchhals und pyeloureteralem Übergang zulässt. Dies ist häufig die mittlere Kelchgruppe. Je flacher der Winkel ist, desto atraumatischer gelingt letztlich das antegrade Einspiegeln in den Harnleiter.

Punktion bei nicht ektatischem NBKS

- Bei refluxivem Harnleiter Einlage eines transurethralen Katheters und Füllung der Blase mit KM. NBKS füllt sich dann sekundär. Kopftieflagerung des Patienten begünstigt die Füllung des NBKS.
- i.v. KM-Gabe wie bei einem Ausscheidungsurogramm, dann fluoroskopisch gesteuerte Punktion in der Ausscheidungsphase.
- Sonografisch gesteuerte Punktion des Nierenbeckens mit einer dünnen Punktionsnadel unter fluoroskopischen Bedingungen. Vorsichtiges Anspritzen mit KM, ggf. weiteres Anspritzen im Rückzug der Nadel. Sobald sich das NBKS mit KM füllt, wird es vollständig aufgefüllt und die Nadel wieder entfernt. Nun radiologisch gesteuerte Punktion mit üblicher Punktionsnadel, über die dann ein Draht eingelegt werden kann.

Nach erfolgreicher Punktion des NBKS wird ein Draht über die Nadel bis in das Nierenbecken vorgeschoben. Die Nadel wird entfernt und mit Kunststoff-Einwegbougies bis auf 12 Charr bougiert. Nun wird eine Schleuse bis in das Nierenbecken vorgeschoben. Bei flachem Winkel zwischen Nierenbecken und pyeloureteralem Übergang kann diese bis in den proximalen Harnleiter vorgeschoben werden. In einem Zwischenschritt kann vorher ein Sicherheitsdraht platziert werden (▶ Abschn. 20.1.4 Bougierung).

Jetzt kann über die Schleuse antegrad in den Harnleiter gespiegelt werden. Ein antegrad vorge-

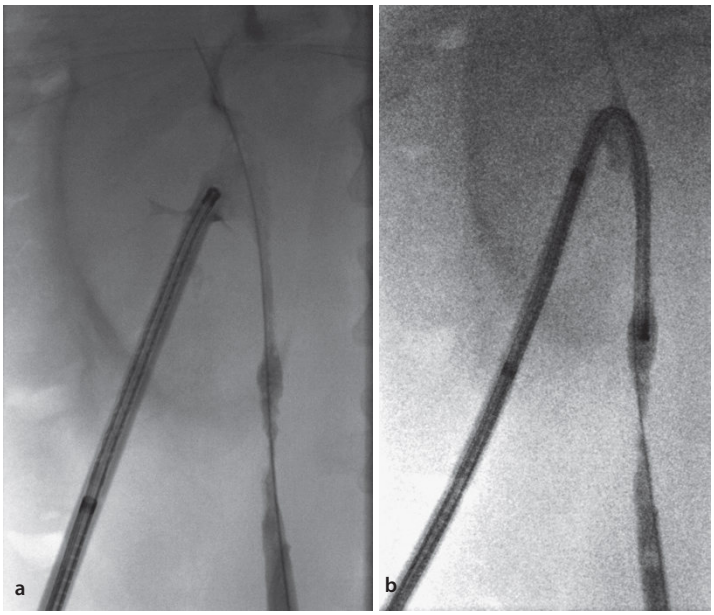


Abb. 20.34a,b Antegrade, flexible URS

schobener Draht erleichtert das Vorschieben des Instrumentes. Das Vorgehen im Harnleiter unterscheidet sich dann nicht mehr von der konventionellen, retrograden URS. Der antegrade Abfluss der Spülflüssigkeit ist durch den transurethralen Dauerkatheter garantiert (Abb. 20.34).

Tipps

Gelingt aufgrund von Kinkings das antegrade Vorschieben des Endoskopes in Bauchlage nicht, empfiehlt es sich, den Patienten in Seitenlage zu drehen. Hierdurch sind ventrale Kompressionen aufgehoben und eine antegrade Passage wird häufig möglich.

Beim Rückzug des flexiblen Endoskops muss unbedingt darauf geachtet werden, dass kein spitzer Winkel zwischen Schleuse und Harnleiter/flexiblem Endoskop vorliegt! Wird das flexible Endoskop in einem spitzen Winkel über die scharfe Kante der Schleuse bewegt, kommt es meist zu einer Beschädigung der Ummantelung und eine teure Reparatur ist die Folge!

20.3 Perkutane antegrade Endopyelotomie

Ursache einer rezidivierenden Nephrolithiasis können urodynamisch wirksame Abflusshindernisse, wie beispielsweise eine Nierenbeckenabgangsenge, sein. Liegt gleichzeitig ein großer Nierenbeckenstein vor, kann präoperativ häufig nicht hinreichend zwischen einer echten Nierenbeckenabgangsenge und einer Schwellung im Bereich des pyeloureteralen Übergangs durch den Stein unterschieden werden.

Erst nach kompletter Steinentfernung kann im Intervall mittels Nierenfunktionsszintigrafie (MAG-3-Clearance) mit Lasix-Auswaschtest eine valide Aussage hinsichtlich der urodynamischen Relevanz einer Nierenbeckenabgangsenge getroffen werden.

Eine perkutane, antegrade Endopyelotomie ist nur bei echter intrinsischer Abgangsenge indiziert und verbietet sich bei extrinsischer Ursache, wie beispielsweise aberrierend kreuzender Unterpolgefäße, da hier schwere Blutungskomplikationen auftreten können. Eine adäquate Diagnose- und daraus resultierende Indikationsstellung sind bei Vorliegen eines großen Nierenbeckensteines schwierig, sodass eine simultane Schlitzung des pyeloureteralen Übergangs im Rahmen einer PNL nur selten indiziert ist.

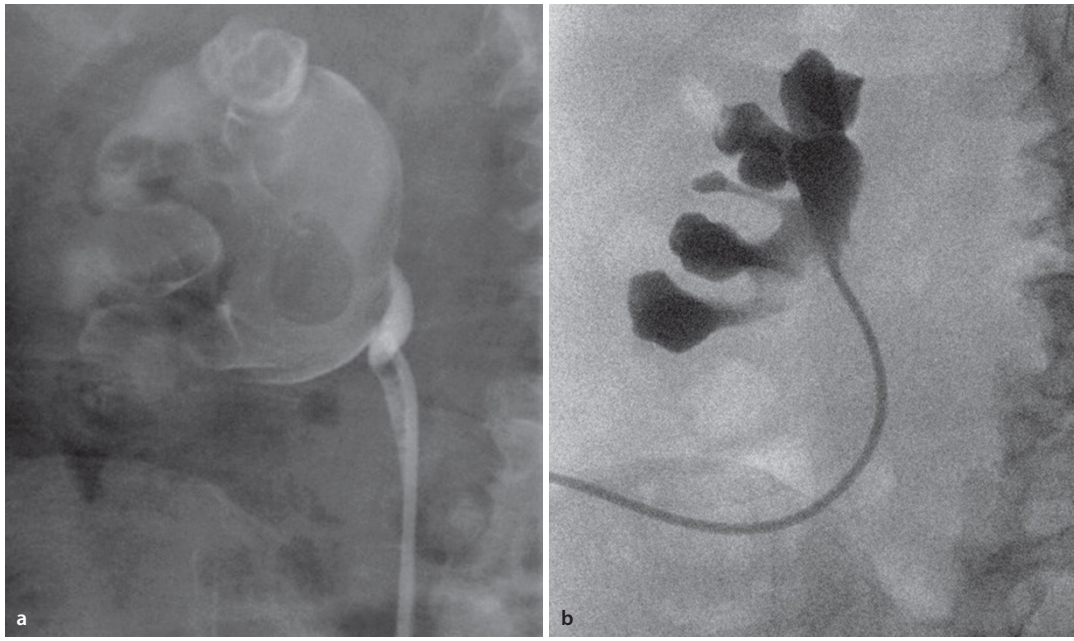


Abb. 20.35a,b Ausgussstein bei Nierenbeckenabgangsenge. Kontrastmitteldarstellung des NBKS vor und nach offener Pyeloplastik mit Steinextraktion

20.3.1 Präoperative Diagnostik

Neben Sonografie mit Gefäßdoppler und einer Kontrastmitteldarstellung des NBKS (Abb. 20.35) entweder im Rahmen eines Ausscheidungs-Urogramms oder einer retrograden Pyelografie ist eine Nierenfunktionsprüfung mit Lasixauswaschtest indiziert. Zur Beurteilung der lokalen Gefäßanatomie empfiehlt sich eine Angio-MRT mit Urografie. Liegt der Abgangsenge eine extrinsische Ursache, wie z. B. ein aberrierendes Unterpolgefäß, zugrunde, sollte eine offene oder vorzugsweise laparoskopische Pyeloplastik erfolgen.

20.3.2 Operatives Vorgehen

In einem ersten Schritt wird der Nierenstein per PNL vollständig entfernt. Der Zugang zum Nierenbecken sollte nach Möglichkeit über eine Kelchgruppe erfolgen, über die zum einen der Stein komplett entfernt werden kann, zum anderen der pyeloureterale Übergang gut erreichbar ist. Da bei klassischer Nierenbeckenabgangsenge das NBKS häufig stark dilatiert ist, erlaubt meist auch ein Zugang über die untere Kelchgruppe die antegrade Endopyelotomie.

Nach vollständiger Entfernung des Steines wird ein Draht antegrad bis in die Blase vorgeschoben. Dieser kann, wenn nötig, auch als Durchzugsschiene genutzt werden. Die Endopyelotomie erfolgt üblicherweise mit einem Laser, kann aber auch mit dem Messer oder Elektrohäkchen durchgeführt werden. Der Schnitt sollte immer posterior-lateral erfolgen, da kreuzende Unterpolgefäße meist ventral verlaufen. Der Schnitt muss die komplette Länge der Enge überschreiten und durch alle Wandschichten bis in das perirenale Fettgewebe reichen.

Zum Abschluss wird über den Draht ein spezieller Endopyelotomie-DJ-Katheter eingelegt. Dieser läuft – je nach Anbieter – von 7–8 Charr im distalen Katheteranteil konisch auf 12–14 Charr im proximalen, pyeloureteral befindlichen Anteil zu. Bei korrekter Indikationsstellung und Durchführung stellt die antegrade Endopyelotomie im Rahmen einer PNL ein sicheres Therapieverfahren mit guten Langzeitergebnissen dar (Berkman et al. 2009).

20.4 Perkutane Behandlung von Nierenbeckentumoren

Das Urothelkarzinom stellt eine pan-urotheliale Erkrankung dar. Karzinome des oberen Harntraktes sind entsprechend ihres Anteiles am Gesamt-Urothel selten. Ca. 4 % der Urothelkarzinome finden sich im Nierenbeckenkelchsystem und sind in fast 20 % der

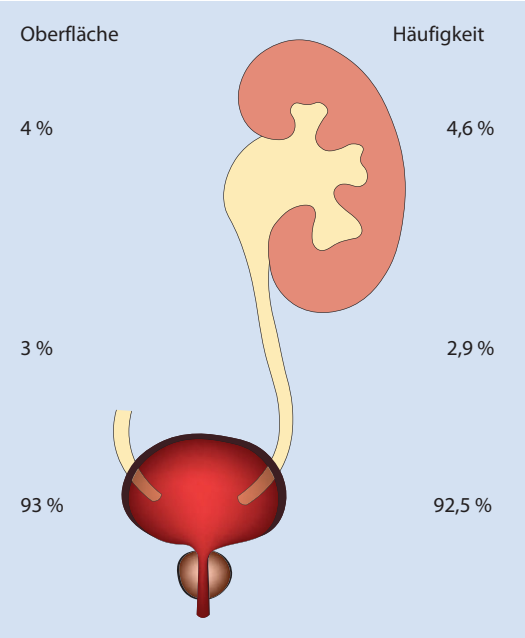


Abb. 20.36 Verteilungsmuster des Urothelkarzinoms im Harntrakt

Fälle mit syn- oder metachronen Urothelkarzinomen der Harnblase vergesellschaftet (Abb. 20.36) (Cosentino et al. 2013).

Den Goldstandard der Therapie des Nierenbeckentumors stellt die radikale Nephroureterektomie mit Entfernung einer Blasenmanschette dar (Rouprêt et al. 2007).

Ein Dilemma stellt hierbei die potenzielle Übertherapie kleiner, oberflächlicher low-risk-Tumore dar. Ein akkurates Staging ist trotz radiologischer Diagnostik und endoskopischer Biopsie kaum möglich. Somit ist eine präzise Selektion der Patienten, die von einer organerhaltenden Therapie profitieren würden, ebenfalls nicht mit hinreichender Sicherheit zu erreichen, und ein organerhaltendes Vorgehen bei Nierenbeckentumoren stellt die Ausnahme dar. Neben der Ureterorenoskopie mit Laserablation stellt die perkutane Elektroresektion, die erstmals 1982 von Tomera et al. beschrieben wurde, ein Verfahren zur organerhaltenden Therapie von Tumoren des Nierenbeckenkelchsystems dar (Tomera et al. 1982).

20.4.1 Indikationen

Gemäß der aktuellen EAU-Leitlinie zur Behandlung von Urothelkarzinomen des oberen Harntraktes kann bei Vorliegen eines Niedrig-Risiko-Tumors im Bereich des Harnleiters eine organerhaltende Therapie durchgeführt werden (Rouprêt et al. 2015). Bei Urothelkarzinomen des Nierenbeckens sollte eine organerhaltende, endoskopische Therapie nur bei imperativer (Niereninsuffizienz, Einzelniere) oder palliativer (blutender Tumor bei Systemerkrankung) Indikation erfolgen. Tumore, die aufgrund ihrer Größe oder anatomischen Lage nicht ureterorenoskopisch mittels Laserablation behandelt werden können, stellen in seltenen Fällen eine Indikation für die perkutane Elektroresektion dar. Eine weitere, sehr seltene Indikation für die perkutane Elektroresektion sind benigne Tumoren (z. B. Fibroepitheliome).

20.4.2 Kontraindikationen

Liegt keine imperative oder palliative Indikation vor, sollte von einer Elektroresektion eines Nierenbeckentumors abgesehen werden. Eine weitere Kontraindikation stellen radiologische Zeichen einer Wandinfiltration oder Hoch-Risiko-Tumore dar (Abb. 20.38).

20.4.3 Operatives Vorgehen

Zur besseren Planung des Eingriffes erfolgen präoperativ eine Schnittbildgebung (CT oder MRT) sowie eine Urografie. Bei radiologischem Verdacht auf ein invasives Wachstum ist eine Elektroresektion in kurativer Intention obsolet. Zur genauen anatomischen Beurteilung und präzisen Indikationsstellung sowie histologischen Sicherung empfiehlt sich eine diagnostische Ureterorenoskopie.

Zu Beginn der Operation wird analog zur PNL retrograd ein großlumiger Ureterenkatheter (8–10 Charr) eingelegt. Dieser dient zum einen der retrograden Füllung des NBKS, zum anderen der Optimierung des antegraden Abflusses von Spülflüssigkeit. Der perkutane Trakt zum NBKS wird analog zur PNL geschaffen. Hierbei muss über den punktierten Kelch der Tumor problemlos erreich- und resezierbar sein. Über einen 26–30 Charr Amplatz-Schaft kann die Resektion mit einem herkömmlichen Resektoskop (24–27 Charr) erfolgen (Abb. 20.39).

Zunächst wird der exophytische Tumoranteil reseziert und zur histologischen Beurteilung asserviert. Eine separate Resektion oder Biopsie des Tumorgrundes ist wünschenswert, sollte jedoch nur mit äußerster Vorsicht erfolgen, da schwere Komplika-

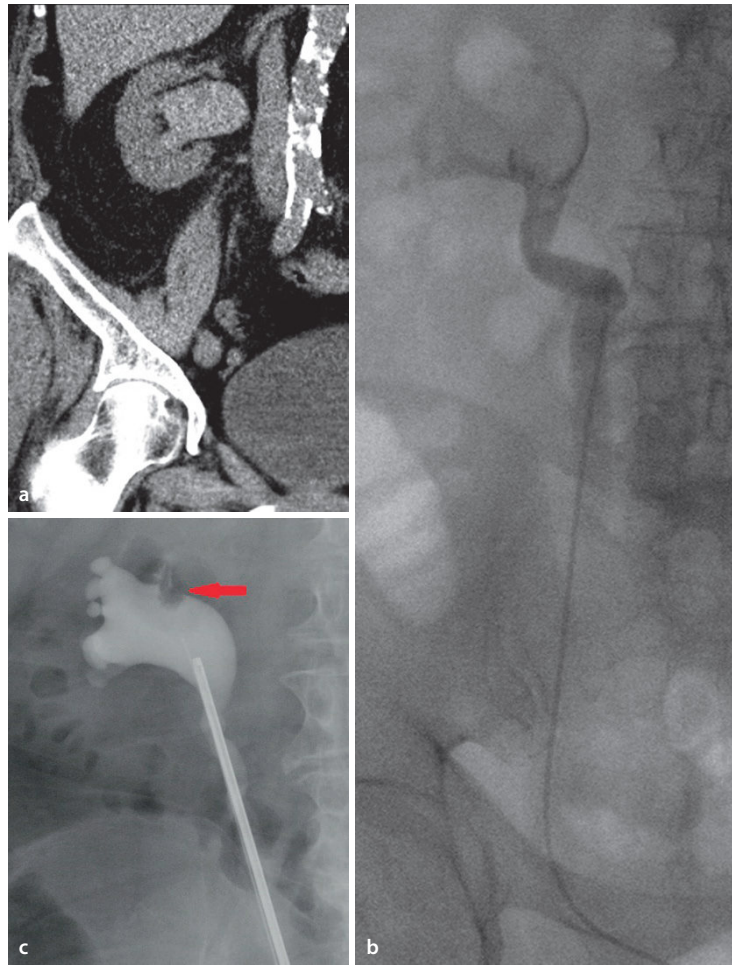


Abb. 20.37a–c Nierenbeckentumor. Native CT-Darstellung mit tamponiertem Nierenbecken, retrograde Darstellung mit Koagel im Nierenbecken, Durchleuchtungsaufnahme im Rahmen der diagnostischen URS mit Darstellung eines Nierenbeckentumors ausgehend von der oberen Kelchgruppe mit Vorwachsen in das Nierenbecken

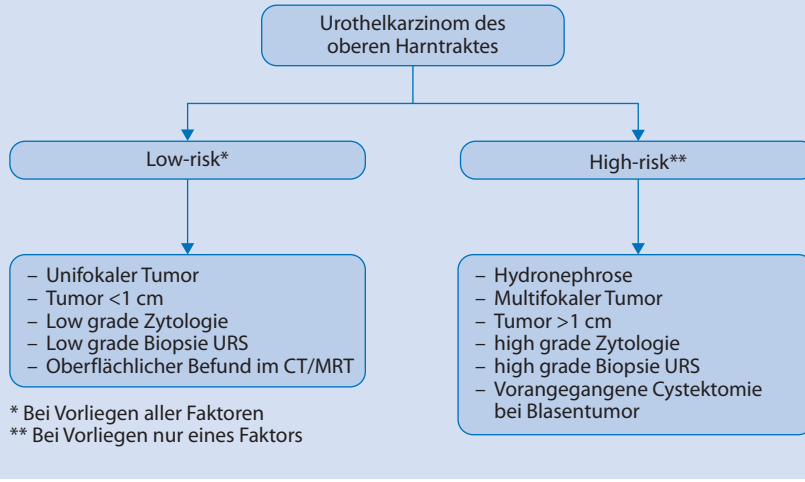


Abb. 20.38 Risikogruppen der Urothelkarzinome des oberen Harntraktes

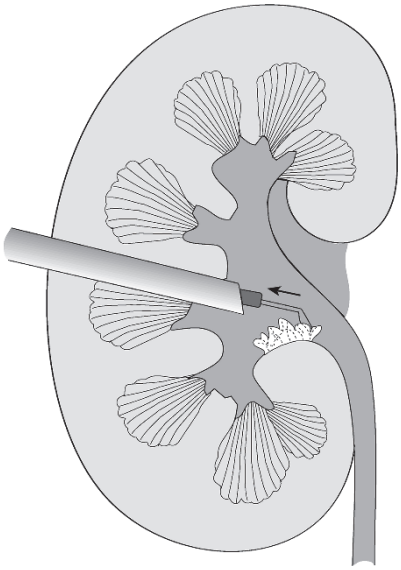


Abb. 20.39 Resektion im Nierenbecken. Zugang über die mittlere Kelchgruppe

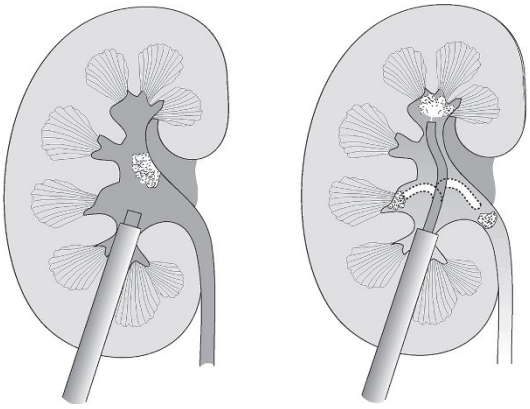


Abb. 20.40 Laserung von Tumoren im Nierenbecken. (**a**) mittels starrem Nephroskop, (**b**) mittels flexiblem Zystoskop, das durch den Außenschaft des Nephoskops eingeführt wurde

tionen wie Perforationen mit Tumorspilling nach extrarenal oder Verletzung kaliberstarker Gefäße die Folge sein können.

Die Elektrokoagulation sollte gezielt und punktuell erfolgen. Längeres Koagulieren auf einer Stelle muss unbedingt vermieden werden, da es zu einem Einsinken der Schlinge in das weiche Nierengewebe oder zur Perforation des extrarenalen Nierenbeckenanteils führen kann. Zum Abschluss der Operation wird eine großlumige Nephrostomie eingelegt, die am ersten postoperativen Tag entfernt wird.

Tipps

Entstehende Resektionsspäne sollten mit der Schlinge eingeklemmt und direkt extrahiert werden. Ein manuelles Ausspülen der Resektionschips wie bei der transurethralen Resektion der Harnblase kann zu Verletzungen und Blutungen führen.

Durch die Elektroresektion besteht ein hohes Blutungsrisiko. Dieses (wie auch der Durchmesser des perkutanen Traktes) kann durch Anwendung eines Lasers deutlich gesenkt werden (Abb. 20.40). Der größte Nachteil eines laser-ablativen Verfahrens ist das Fehlen einer histologischen Aussage zu Tumor-Grading und -Ausdehnung.

Die Elektroresektion im Nierenbeckenkelchsystem stellt ein technisch anspruchsvolles und selten indiziertes Operationsverfahren dar und sollte dem endoskopisch versierten Endourologen vorbehalten bleiben

20.4.4 Ergebnisse

Angesichts der seltenen Indikation des beschriebenen Operationsverfahrens finden sich in der Literatur nur sehr wenige und retrospektive Untersuchungen mit geringen Patientenzahlen. Die Rezidivrate wird mit 20–40 % beziffert, 20–30 % der Patienten werden sekundär innerhalb von 5 Jahren nephroureterektomiert.

Die Ergebnisse des Verfahrens hängen in erster Linie von einer guten Patientenselektion ab. Oberflächliche, solitäre, gut differenzierte Tumore kleiner 2 cm können bei spezieller Indikation mittels perkutaner Elektroresektion behandelt werden (Rouprêt et al. 2007, Goel et al. 2003, Suh et al. 2003).

Literatur

Fernström I, Johansson B. (1976) Percutaneous pyelolithotomy. A new extraction technique. Scand J UrolNephrol.;10(3): 257–9

Chaussy C, Brendel W, Schmiedt E. (1980) Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. Lancet. Dec 13; 2(8207):1265–8

http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/043-025l_S2k_Urolithiasis_Diagnostik_Therapie_Metaphylaxe_2015-03.pdf

http://uroweb.org/wp-content/uploads/EAU-Guidelines-Urolithiasis-2015-v2.pdf

Leavitt DA, Theckumparampil N, Moreira DM, Elsamra SE, Waingankar N, Hoenig DM, Smith AD, Okeke Z. (2014) Continuing aspirin therapy during percutaneous nephrolithotomy: unsafe or under-utilized? J Endourol. 2014 Dec;28(12):1399–403

El-Nahas AR, El-Assmy AM, Mansour O, et al. (2007) A prospective multivariate analysis of factors predicting stone disintegration by extracorporeal shock wave lithotripsy: the value of high-resolution noncontrast computed tomography. EurUrol 2007 Jun;51(6):1688–93

Zhang X, Xia L, Xu T, Wang X, Zhong S, Shen Z. (2014) Is the supine position superior to the prone position for percutaneous nephrolithotomy (PCNL)? Urolithiasis. 2014 Feb;42(1):87–9

Gupta R, Patel A. (2013) Percutaneous nephrolithotomy: does position matter? – prone, supine and variations. CurrOpin Urol. 2013 Mar;23(2):164–8

Karami H, Mohammadi R, Lotfi B. (2013) A study on comparative outcomes of percutaneous nephrolithotomy in prone, supine, and flank positions. World J Urol. 2013 Oct;31(5):1225–30

de la Rosette JJ1, Tsakiris P, Ferrandino MN, Elsakka AM, Rioja J, Preminger GM. (2008) Beyond prone position in percutaneous nephrolithotomy: a comprehensive review. Eur Urol. 2008 Dec;54(6):1262–9

Kukreja R, Desai M, Patel S, Bapat S, Desai M. (2004) Factors affecting blood loss during percutaneous nephrolithotomy: prospective study. J Endourol. 2004 Oct;18(8):715–22

Shen P, Liu Y, Wang J. (2012) Nephrostomy tube-free versus nephrostomy tube for renal drainage after percutaneous nephrolithotomy: a systematic review and meta-analysis. Urol Int. 2012;88(3):298–306

Cormio L, Preminger G, Saussine C, Buchholz NP, Zhang X, Walfridsson H, Gross AJ, de la Rosette J. (2013) Nephrostomy in percutaneous nephrolithotomy (PCNL): does nephrostomy tube size matter? Results from the Global PCNL Study from the Clinical Research Office Endourology Society. World J Urol. 2013 Dec;31(6):1563–8

Wilhelm K, Fritsche HM, Netsch C (2015) AG »Endourologie und Urolithiasis« der GeSRUAcademics. Percutaneous Stone Treatment Today: Standard-, Mini-, Micro-, Ultramini-PCNL. Aktuelle Urol. 2015 Jul;46(4):297–302

Ganpule AP, Bhattu AS, Desai M. (2015) PCNL in the twenty-first century: role of Microperc, Miniperc, and Ultraminiperc. World J Urol. 2015 Feb;33(2):235–40

Rassweiler J, Rassweiler MC, Klein J. (2016) New technology in ureteroscopy and percutaneous nephrolithotomy. Curr Opin Urol. 2016 Jan;26(1):95–106

Osther PJ, Razvi H, Liatsikos E, Averch T, Crisci A, Garcia JL, Mandal A, de la Rosette J; Croes (2011) PCNL Study Group. Percutaneous nephrolithotomy among patients with renal anomalies: patient characteristics and outcomes; a subgroup analysis of the clinical research office of the endourological society global percutaneous nephrolithotomy study. J Endourol. 2011 Oct;25(10):1627–32

Michel MS, Trojan L, Rassweiler JJ. (2007) Complications in percutaneous nephrolithotomy. Eur Urol. 2007 Apr;51(4):899–906

de la Rosette J, Assimos D, Desai M, Gutierrez J, Lingeman J, Scarpa R, Tefekli A (2011) CROES PCNL Study Group. The Clinical Research Office of the Endourological Society Percutaneous Nephrolithotomy Global Study: indications, complications, and outcomes in 5803 patients. J Endourol. 2011 Jan;25(1):11–7

Kamphuis GM, Baard J, Westendarp M, de la Rosette J (2015) Lessons learned from the CROES percutaneous nephrolithotomy global study. World J Urol (2015) 33:223–233

Opondo D, Gravas S, Joyce A, Pearle M, Matsuda T, SunYH, Assimos D, Denstedt J, de la Rosette J. (2014) Standardization of patient outcomes reporting in percutaneous nephrolithotomy. J Endourol. 2014 Jul;28(7):767–74

Cosentino M, Palou J, Gaya JM, Breda A, Rodriguez-Faba O, Villavicencio-Mavrich H. (2013) Upper urinary tract urothelial cell carcinoma: location as a predictive factor for concomitant bladder carcinoma. World J Urol. 2013 Feb;31(1):141–5

Rouprêt M, Babjuk M, Compérat E, Zigeuner R, Sylvester RJ, Burger M, Cowan NC, Böhle A, Van Rhijn BW, Kaasinen E, Palou J, Shariat SF (2015) European Association of Urology Guidelines on Upper Urinary Tract Urothelial Cell Carcinoma: 2015 Update. Eur Urol. 2015 Nov;68(5):868–79

Tomera KM, Leary FJ, Zincke H. (1982) Pyeloscopy in urothelial tumors. J Urol. 1982 Jun;127(6):1088–9

Rouprêt M, Traxer O, Tligui M, Conort P, Chartier-Kastler E, Richard F, Cussenot O. (2007) Upper urinary tract transitional cell carcinoma: recurrence rate after percutaneous endoscopic resection. Eur Urol. 2007 Mar;51(3):709–13

Goel MC, Mahendra V, Roberts JG (2003) Percutaneous management of renal pelvic urothelial tumors: long-term followup. J Urol. 2003 Mar;169(3):925–9

Suh RS, Faerber GJ, Wolf JS Jr. (2003) Predictive factors for applicability and success with endoscopic treatment of upper tract urothelial carcinoma. J Urol. 2003 Dec;170 (6 Pt 1):2209–16

Berkman DS, Landman J, Gupta M (2009) Treatment outcomes after endopyelotomy performed with or without simultaneous nephrolithotomy: 10-year experience. J Endourol. 2009 Sep;23(9):1409–13

Seitz C, Desai M, Häcker A, Hakenberg OW, Liatsikos E, Nagele U, Tolley D (2012) Incidence, prevention, and management of complications following percutaneous nephrolithotomy. Eur Urol. 2012 Jan;61(1):146–58

Endoskopische Therapie der Nierenbecken-abgangsenge – antegrade oder retrograde Laserendopyelotomie (LEP)

J. Klein, J. Rassweiler

21.1 Einleitung – 298

21.2 Pathophysiologie der Nierenbecken-abgangsenge – 298

21.3 Indikationen – 299

21.4 Präoperative Diagnostik und perioperatives Vorgehen – 301

21.4.1 Standarddiagnostik – 301
21.4.2 Perioperative Antibiotikagabe – 302
21.4.3 Aufklärung des Patienten – 302
21.4.4 Vorbereitung und Lagerung – 302
21.4.5 Instrumentarium – 302

21.5 Durchführung der retrograden und antegraden Laserendopyelotomie – 303

21.5.1 Präoperative DJ-Einlage – 303
21.5.2 Retrogrades Vorgehen – 303
21.5.3 Antegrades Vorgehen – 304

21.6 Komplikationen – 305

21.7 Postoperatives Vorgehen – 305

21.7.1 Kurzfristige Kontrollen – 305

21.8 Ergebnisse – 306

Literatur – 306

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_21

21.1 Einleitung

Die Nierenbeckenabgangsenge ist die häufigste angeborene Ursache für Obstruktionen im oberen Harntrakt. Heutzutage werden Hydronephrosen, in Folge der verbesserten Ultraschalldiagnostik (Fernbach et al. 1992, Gignon et al. 1986), bereits pränatal gefunden, führen jedoch zumeist erst in der späteren Entwicklung zu klinisch apparenten Beschwerden. Zumeist machen sich die ersten Symptome erst im jugendlichen Erwachsenenalter bemerkbar. Häufig handelt es sich um uncharakteristische Symptome wie Inappetenz, rezidivierende Übelkeit, Hämaturie, rezidivierende Harnwegsinfekte und Pyelonephritiden. Am häufigsten treten aber Flankenschmerzen und Nierenkoliken bei beginnender Dekompensation der Nierenbeckenabgangsenge sowie eine Verschlechterung der Nierenfunktion auf.

Lange galt die offene Pyeloplastik nach Anderson-Hynes in verschiedenen Modifikationen, z. B. nach Sigel, mit Erfolgsraten von mehr als 90 % als Standardoperation für die Nierenbeckenabgangsenge. Jedoch mit zunehmender Erfahrung in der Naht- und Knotentechnik hat die laparoskopische Pyeloplastik als eine minimal-invasive Methode mit vergleichbaren Ergebnissen in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen (Rassweiler et al. 2007).

Eine neue Entwicklung ist auf diesem Gebiet die Anwendung weiter miniaturisierter Instrumente die sogenannte laparoskopische SMART-Pyeloplastik sowie seit 2002 der Einsatz des DaVinci® Operationsroboters (Al Nasser et al. 2014, Peschel et al. 2004).

Die Entwicklung der endoskopischen Therapie der Nierenbeckenabgangsenge basiert auf der von Albarran (1909) beschriebenen »Ureterotome externe« und dem Prinzip der offenen Ureterotomie von Davis (1943) (Davis 1957, Davis 1943). Die Erstbeschreibung der antegraden Endopyelotomie erfolgte durch Wickham und Kollegen (Wickham et al. 1983). In den 1980er und frühen 1990er Jahren wurden von mehreren Autoren erfolgreiche antegrade und retrograde Modifikationen dieser Technik publiziert (Tab. 21.1).

Tab. 21.1 Geschichte der offen-chirurgischen und minimal-invasiven Vorgehensweise zur Behandlung der Nierenbeckenabgangsenge

Jahr	Maßnahme	Erstbeschreiber
Offen-chirurgische Operationsmethoden		
1886	Erste Pyeloplastik	Trendelenburg
1891	Erste erfolgreiche Pyeloplastik	Kuster
1909	Ureterotomie, externe	Albarran
1923	Y-V-Plastik	Schwyzer
1943	Intubierte Ureterotomie	Davis
1949	Spatulierte Ureter	Anderson-Hynes
1951	Spiral-Flap	Culp und De Weerd
1953	Vertikal-Flap	Scardino und Prince
Minimal-invasive Operationstechniken		
1982	Ballondilatation	Kadir
1983	Perkutane Pyelolyse	Wickham und Miller
1986	Endopyelotomie	Smith
1986	Retrograde Endopyelotomie	Inglis und Tolley
1992	Acucise-Ballon	Clayman
1993	Laparoskopische Pyeloplastik	Kavoussi
2002	DaVinci® Pyeloplastik	Peschel
2012	Laparoskopische SMART Pyeloplastik	Rassweiler

21.2 Pathophysiologie der Nierenbeckenabgangsenge

Die Harnleiterperistaltik bildet sich v. a. in den proximalen Anteilen des Nierenkelchsystems aus und wird über eine Art Reizleitungssystem fortgeleitet. Im pyeloureteralen Übergang kommt es jedoch zu einer physiologischen Blockade, die entsprechend der diuretischen Menge moduliert wird.

Die Definition der Nierenbeckenabgangsenge nach hydrodynamischen Gesichtspunkten erfolgte 1972 durch Johnston (Johnston et al. 1977). Dabei wurden zwei verschiedene Ursachen beschrieben. Bei primären Nierenbeckenabgangsstenosen (intrinsisch) haben sich Unregelmäßigkeiten oder sogar komplette Blockaden der Reizleitung gezeigt. Andererseits wurden extrinsische Ursachen wie kreuzende Gefäße beschrieben, die eine Nierenbeckenabgangsstenose bewirken können.

Die intrinsische Nierenbeckenabgangsstenose findet sich v. a. bei Kindern und Neugeborenen. Entsprechend der oben beschriebenen Hypothese adynamischer Segmente hat sich die kontinuitätsunterbrechende Pyeloplastik nach Anderson-Hynes für diese Gruppe etabliert.

Als Hauptursache für extrinsische Stenosen haben sich eine Vielzahl von Variationen kreuzender Gefäße gefunden:

- Dorsal kreuzende Unterpolarterie
- Ventral kreuzende Unterpolarterie
- 2 kreuzende Gefäße (Vene und Arterie)
- Begleitäste einer Arterie im Bereich des Nierenbeckenabgangs
- Kleine lumbale oder gonadale, den Ureter kreuzende Gefäße

Die extrinsische Nierenbeckenabgangsstenose findet sich entsprechend im Erwachsenenalter. Ob oder wie oft kreuzende Gefäße die entscheidende Ursache für die Nierenbeckenabgangsstenose sind bzw. nur einen Zufallsbefund darstellen, ist ein derzeit viel diskutiertes Thema. Janetschek fand bei einem gesunden Kollektiv in 116 von 331 Fällen mittels Dopplersonografie nicht obstruierende Gefäße im Bereich des Nierenbeckenabgangs (Janetscheck et al. 1999, Janetscheck et al. 2000). Es hat sich aber gezeigt, dass asymptomatische Patienten mit kreuzenden Gefäßen ein erhöhtes Risiko haben, im weiteren Leben eine Nierenbeckenabgangsstenose zu entwickeln.

Die Nierenbeckenabgangsstenose im Kindes- und Erwachsenenalter besitzt eine komplett verschiedene Ätiologie. Bei einem von Ross beschriebenen Kollektiv von 30 Säuglingen, bei denen bei der pränatalen Sonografie Nierenbeckenabgangsstenosen diagnostiziert wurden, fanden sich keine kreuzenden Gefäße. Diese Erkenntnis unterstützt ebenfalls die veröffentlichte Studie der Society of Fetal Urology (Maizels et al. 1994).

21.3 Indikationen

Jede symptomatische Nierenbeckenabgangsstenose bedarf einer operativen Korrektur. Zeigt sich bei der Funktionsprüfung eine Funktionsminderung auf <40 %, ist eine Operation indiziert. Wird eine symptomlose Nierenbeckenabgangsstenose mit einer Nierenfunktion von >40 % gefunden, besteht erst bei auftretenden Symptomen eine Indikation zur operativen Sanierung.

Indikationen zur retrograden Laserendopyelotomie/antegraden Endopyelotomie

- Rezidivierende Pyelonephritis
- Rezidivierende Nephrolithiasis
- Eingeschränkte Nierenfunktion (<40 %)
- Rezidivierende Symptome

Als signifikante Auswahlkriterien haben sich ergeben:

- Alter des Patienten (Kinder versus Erwachsene)
- Art der Nierenbeckenabgangsstenose (extrinsisch versus intrinsisch)
- Konfiguration des Nierenbeckens (Dilatationsgrad)

Die adäquate Vorgehensweise bei einer Nierenbeckenabgangsstenose basiert auf einem von uns konzipierten Algorithmus (◘ Abb. 21.1). Bisher wurden überwiegend Erwachsene nach diesem Konzept behandelt. Entscheidend dafür ist, dass bei der Therapie der Kinder üblicherweise für jeden Eingriff (z. B. retrogrades Pyelogramm mit DJ-Einlage, LEP und DJ-Entfernung) eine Narkose erforderlich ist und somit der minimal-invasive Aspekt relativiert wird. Entsprechend der Körpergröße ist ein modifiziertes Instrumentarium erforderlich.

Die offene Pyeloplastik nach Anderson-Hynes gilt nach wie vor als der Goldstandard für die operative Therapie der Nierenbeckenabgangsenge bei Kindern. Insbesondere wegen der kleineren Verhältnisse und teils schwierigen Bedingungen für die Naht der Anastomose wurde bisher überwiegend der offene Zugangsweg gewählt. Die Ergebnisse vergleichender Studien zeigen vergleichbare Erfolgsraten der minimalinvasiven Techniken zu den offenen Techniken (Rassweiler et al. 2007, Klingler et al. 2003). Die laparoskopische Pyeloplastik sowie die roboterassistierte Pyeloplastik wird heutzutage in zunehmender Zahl und guten Erfolgsraten auch bei Kindern zur Versorgung der kindlichen Nierenbeckenabgangsenge eingesetzt (Subotic et al. 2008, Silay et al. 2016, Minnillo et al. 2011).

Die anfänglich publizierten Erfolgsraten der LEP konnten durch die inzwischen vorliegenden Langzeitdaten nicht bestätigt werden (Elabd et al. 2009, Gallo et al. 2009). Generell sind die Erfolgsraten deutlich abhängig von der Nierenbeckenkelchektasie und sind signifikant schlechter bei einer höchstgradigen Ektasie. Extrinsisch bedingte Stenosen durch

Tab. 21.2 Endopyelotomie – Ergebnisse laut Literatur

Autoren		Anzahl [n]	Alter [Jahre]	Zugang	Stenose (primär/ sekundär)	Methode (Messer/ Laser)	Erfolgs-rate [%]	Kompli-kationen [%]
Badlani et al.	1986	31	7—79	Antegrad	0/31	31/0	87,1	k.A.
Korth et al.	1987	71	49 (8–79)	Antegrad	33/38	71/0	79	15,5
Gallucci und Alpi	1996	46	37 (5–62)	Antegrad	46/0	46/0	80	4
Knudsen et al.	2004	80	35 (4–76)	Antegrad	61/19	77/3	67	k. A.
Dimarco et al.	2006	225	47,2 (15-87)	Antegrad	192/33	225/0	61	11,1
Vaarala et al.	2008	64		Antegrad/ Retrograd	57/7	37/17 (Acucise)	90,6	23,4
Motola et al.	1993	212	41 (2,75–84)	Retrograd	110/102	212/0	86	3,1
Van Cangh et al.	1994	102	k.A.	Retrograd	86/16	102/0	73	k. A.
Renner et al.	1998	34	9–82	Retrograd	27/7	0/34	85	15
Biyani et al.	2000	20	21–76	Retrograd	16/4	0/20	75	10
Giddens und Grasso	2000	28	43,5 (7–75)	Retrograd	20/8	5/23	79	7,1
Matin et al.	2003	45	42 (16–71)	Retrograd	40/5	0/45	73,1	11,1
Rassweiler et al.	2007	113	43 (7–86)	Retrograd	101/12	0/113	72,6	5,3
Figenshau, Elabd SA et al.	2009	42	43	Retrograd	42/0	0/42	80,9	n.a.

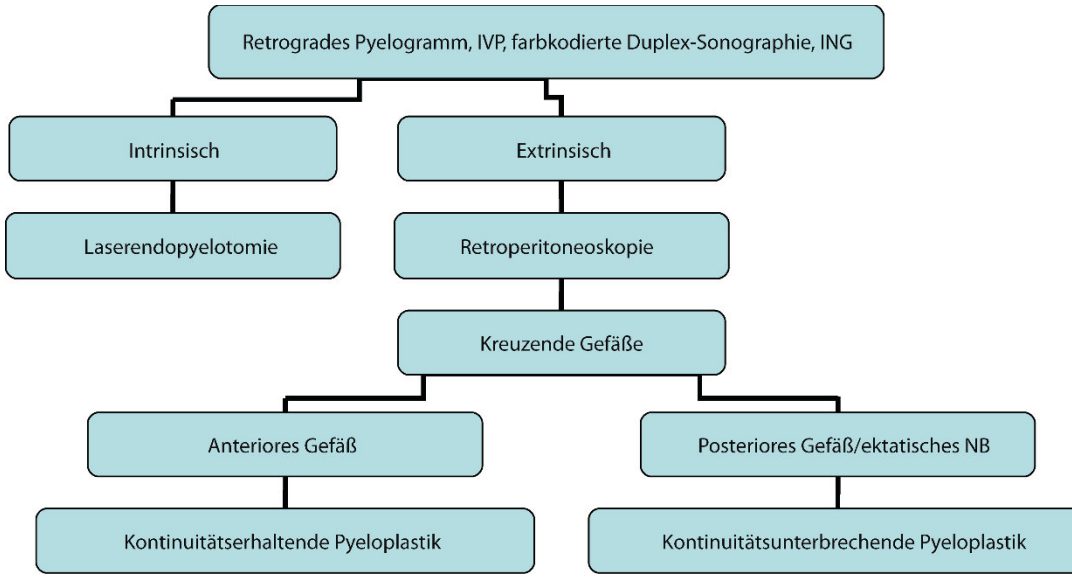


Abb. 21.1 Diagnostisch-therapeutischer Algorithmus der Nierenbeckenabgangsenge. *IVP* intravenöse Pyelografie, *ING* Isotopennephrografie, *NB* Nierenbecken

kreuzende Gefäße können durch die LEP nicht adäquat behandelt werden und senken ebenfalls die Erfolgsrate einer LEP (Gallo et al. 2009, Patel et al. 2011).

Die Vorteile einer minimal-invasiven, nicht plastischen Korrektur der Nierenbeckenabgangsstenose bei der LEP ohne perkutanen Zugang oder bei muskelschonender Lumbotomie liegen v. a. in der minimierten perioperativen Morbidität. Dafür sollte die Erfolgsrate idealerweise im Bereich der offenen Pyeloplastik (85–95 %) liegen. Die veröffentlichten Erfolgsraten schwanken allerdings zwischen 67 und 90 % (Tab. 21.2).

Die Selektion der geeigneten Patienten für die LEP ist essenziell für den Erfolg des Verfahrens. Insbesondere voroperierte und multimorbide Patienten, die sich einem größeren Eingriff wegen pulmonaler oder kardialer Vorerkrankungen nicht unterziehen können, sind für die LEP geeignet. Zuvor durchgeführte Niereneingriffe sind grundsätzlich keine Kontraindikation für eine LEP. Patienten mit vorausgegangener offener oder laparoskopisch durchgeführter Pyeloplastik können ebenfalls einer LEP unterzogen werden (Patel et al. 2011).

Entscheidend für eine hohe Erfolgsrate ist die korrekte Auswahl des für den einzelnen Patienten besten operativen Vorgehens (Abb. 21.1).

21.4 Präoperative Diagnostik und perioperatives Vorgehen

21.4.1 Standarddiagnostik

Die Diagnose einer Nierenbeckenabgangsenge stützt sich neben den klinischen Symptomen wie Flankenschmerzen primär auf die Befunde des *Ultraschalls* und der *intravenösen Pyelografie (IVP)* und ist nicht selten ein Zufallsbefund (Abb. 21.2). Bei der Evaluierung der Stauungsgrade empfiehlt sich die Einteilung nach der Society for Fetal Urology (SFU) mit einer Einteilung in 4 Grade. Eine drittgradige Hydronephrose zeigt ein dilatiertes Nierenbecken und dilatierte Kelche mit normaler Parenchymdicke. Bei einer viertgradigen Hydronephrose nach SFU sind das Nierenbecken und die Kelche zusätzlich erweitert und das Parenchym verschmälert. Des Weiteren wird ein *Isotopennephrogramm (ING) mit Furosemid* zur Evaluierung der funktionellen Bedeutung der Enge durchgeführt.

Als invasive Diagnostik erfolgt ein *retrogrades Pyelogramm* zur Darstellung der Genese (intrinsisch versus extrinsisch). Im Fall einer extrinsischen Ursache werden zusätzlich eine *farbkodierte Duplexsonografie* und/oder ein Spiral-CT zum Nachweis evtl. kreuzender Gefäße durchgeführt. Die Sensitivität der farbkodierten Duplexsonografie wurde bereits durch die intraoperativ gefundenen Befunde bei der laparoskopischen Pyeloplastik bewiesen. Zudem lässt sich mittels der farbkodierten Duplexsonografie der *Resistive-Index (RI)* bestimmen. Dieser kann als zusätzlicher Kontroll- und Verlaufsparameter bei signifikanten Nierenbeckenabgangsstenosen bestimmt werden. Die Verlässlichkeit der Methode wird in der Literatur beschrieben (Frauscher et al. 2002, Shokeir et al. 1997). Der RI ist als eine ergänzende Methode zur Bestimmung der Druckverhältnisse anzusehen und hat zunehmend in der Kinderurologie den klassischen Whitaker-Test ersetzt. Die Bestimmung des RI mit allen Vorteilen der Minimalinvasivität kann in geübten Händen möglicherweise ein ING pro Jahr einsparen. Als Cut-off-Wert für eine Obstruktion respektive ein Abflusshindernis gilt 0,75.

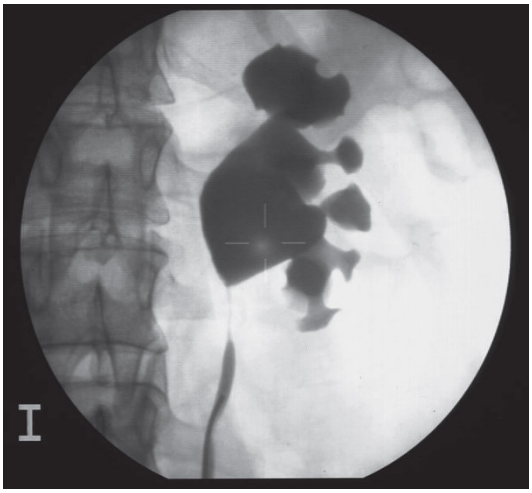


Abb. 21.2 Retrogrades Pyelogramm bei einer Nierenbeckenabgansenge

Alternativ ist die *Magnetresonanzurografie (MR-Urografie)* eine nichtinvasive Methode, ohne Anwendung von nephrotoxischem Kontrastmittel, um die ableitenden Harnwege und die Gefäßversorgung darzustellen. Die MR-Urografie ist insbesondere bei der Diagnostik von Kindern, Schwangeren oder Patienten mit Einzelniere und somit potenziell eingeschränkter Nierenfunktion als First-Line-Diagnostik zu empfehlen. Zudem steht sie in Hinblick auf den Strahlenschutz von Kindern und Schwangeren an erster Stelle (Abb. 21.3).

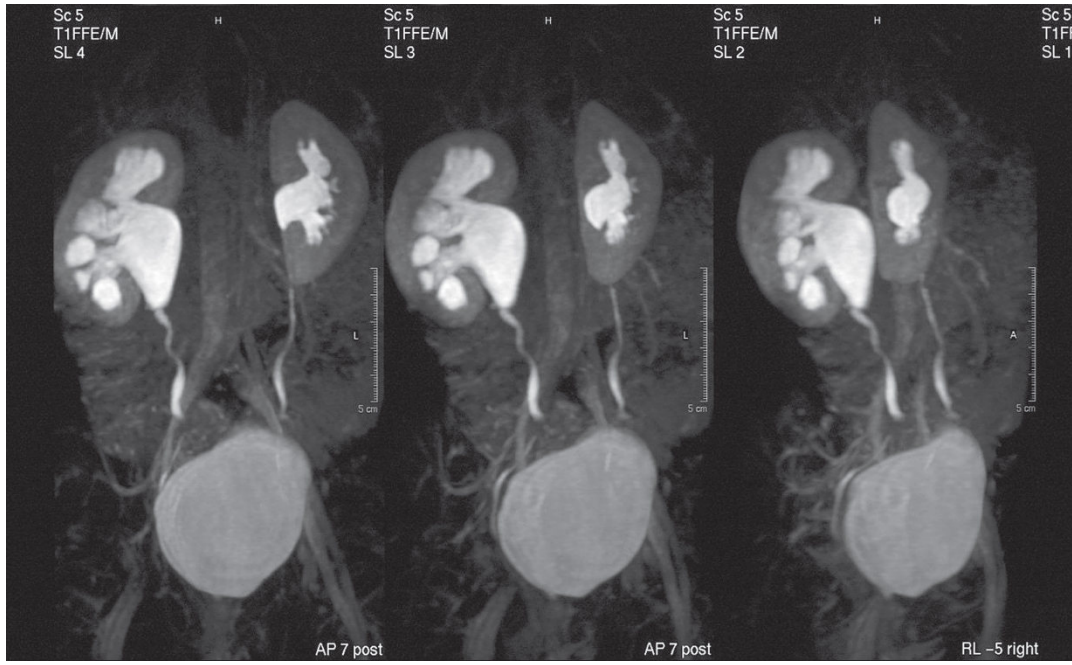


Abb. 21.3 MR-Urogramm bei Nierenbeckenabgangsenge

21.4.2 Perioperative Antibiotikagabe

Präoperativ diagnostizierte Harnwegsinfekte gilt es im Vorfeld zu therapieren und erst im abgeheilten Intervall die LEP durchzuführen. Eine mikrobiologische Untersuchung des Urins präoperativ zum Ausschluss einer Bakteriurie ist obligat. Eine Single-shot-Gabe eines Antibiotikums ca. 30 min vor dem Eingriff entsprechend der Resistenzlage der jeweiligen Klinik ist sinnvoll. Sollte sich intraoperativ eine Verletzung (Extravasation) des Harnleiters zeigen, empfehlen wir eine prolongierte präventive antibiotische Therapie (Trimethoprim-Sulfamethoxazol, Gyrasehemmer oder Cephalosporine).

21.4.3 Aufklärung des Patienten

Neben den üblichen Aufklärungspunkten (Infektionen, Thrombose, Embolie, Sepsis, Blutung mit ggf. Transfusion von Fremdblut und damit der Gefahr von HIV- oder Hepatitisinfektionen) muss über Nachbarorganverletzung (Darm, Nerven und insbesondere Gefäße) aufgeklärt werden.

Auch wird über ein erneutes Wiederauftreten einer Enge im Bereich des Nierenbeckens und mögliche Folgeoperationen aufgeklärt. Komplikationen mit geringer Eintrittswahrscheinlichkeit wie starke Blutung aus Nierenstielgefäßen und folgendem Nierenverlust müssen ebenfalls erörtert werden. Der Patient ist zusätzlich über eine verbleibende Schmerzsymptomatik oder gar Funktionseinbußen der behandelten Niere aufzuklären.

21.4.4 Vorbereitung und Lagerung

Eine präoperative Rasur ist nicht erforderlich. Der Patient wird in Steinschnittlage gelagert. Das kontralaterale Bein des Patienten kann bei Bedarf abgesenkt und abduziert werden, um die Intubation des Ostiums zu erleichtern. Anschließend erfolgt das Abwaschen mit einer desinfizierenden Lösung für etwa 5 min.

21.4.5 Instrumentarium

Das Instrumentarium zur Durchführung der retrograden und antegraden Laserendopyelotomie wird im Folgenden dargestellt.

Instrumentarium

- Retrograde Laserendopyelotomie:
  - Laser
  - Ureterorenoskop (7–9 Charr)
  - Führungsdraht ggf. hydrophil beschichteter Draht
  - Ureterkatheter mit zentral offener Spitze
  - Harnleiterschiene (9 Charr)
- Ergänzend benötigt werden zur antegraden Laserendopyelotomie:
  - Ureterkatheter
  - Bougierungsset
  - Punktionsnadel und Führungsdraht
  - Amplatz-Schaft (30 Charr)
  - Sachse-Urethrotom
  - Nephroskop
  - Nephrostomiestent (7–14 Charr), alternativ DJ-Schiene antegrad (10 Charr)

21.5 Durchführung der retrograden und antegraden Laserendopyelotomie

21.5.1 Präoperative DJ-Einlage

Im Rahmen der präoperativen Diagnostik erfolgt bei der retrograden Abklärung eine DJ-Einlage (7 F) 3–10 Tage vor der LEP. Die Schienung bewirkt eine Dilatation des Ureters und ermöglicht somit in den meisten Fällen eine problemlose Passage des Harnleiters mittels Ureterorenoskop bis in Höhe der Nierenbeckenabgangsstenose.

21.5.2 Retrogrades Vorgehen

Zunächst erfolgt eine diagnostische Urethrozystoskopie, wobei der liegende DJ mit der Zange aus der Blase luxiert und darüber ein Führungsdraht mit weicher Spitze bis in das Nierenbecken vorgeschoben wird. Die Verwendung eines hydrophil beschichteten Drahts kann bei schwer zu passierenden Stenosen sinnvoll sein. Anschließend wird die Ureterorenoskopie (URS) mit einem semirigiden Ureterorenoskop mit einem Durchmesser von ca. 7–9 F und einem Arbeitskanal von 3,6 F (z. B. Fa. Karl Storz, Tuttlingen) durchgeführt. Kann das Ostium trotz liegendem Führungsdraht nicht intubiert werden, wird eine Dilatation mit einem Ballon oder Bougie durchgeführt. Üblicherweise stellt aber die Intubation des Ostiums bei zuvor liegendem DJ-Katheter keine Schwierigkeit dar. Deshalb empfehlen wir bei primären Intubationsschwierigkeiten eine DJ-Einlage und in der zweiten Sitzung die LEP.

Das Ureterorenoskop wird vorsichtig *neben* dem liegenden Führungsdraht unter kontinuierlicher Flüssigkeitsspülung eingeführt. Um einen tubulären Reflux oder eine Fornixruptur zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass der Irrigationsdruck durch regelmäßige Aspirationen Druckwerte von 40 cm H_2O nicht überschreitet.

Ist eine primäre Passage der Enge im Bereich des Nierenbeckenabgangs mit dem URS nicht möglich, wird von einem forcierten, gewaltsamen Vorschieben dringlich abgeraten. Ein häufiger Fehler ist der Versuch, die Nierenbeckenabgangsenge mit dem Instrument vor der Inzision zu dilatieren. Während dies nach der durchgeführten LEP durchaus sinnvoll ist, besteht bei der primären Bougierung der Enge die Gefahr einer konservativ nicht zu beherrschenden Harnleiterperforation, die bis zum Harnleiterabriss führen kann oder ein Wandgefäß im Übergang rupturieren lässt.

Zur Inzision der Nierenbeckenabgangsstenose können verschiedene Laseroptionen verwendet werden:

1. Thullium-Laser mit Ablationseinstellungen
2. Holmium:YAG-Laser (z. B. Lumenis, Yokneam, Israel) mit einer Energie von 1.000 mJ und einer Frequenz von 20 Hz im Ablationsprogramm

Im Vergleich zum vorher eingesetzten Neodym:YAG-Laser ist die Schneidewirkung des Holmium-Lasers deutlich besser. Zudem treten keine Gewebekarbonisierungseffekte auf. Die Inzision erfolgt streng laterodorsal, da hier in der Regel keine Gefäße verlaufen (◘ Abb. 21.4).

Endoskopisch muss unbedingt vor einer Inzision auf Gefäßpulsationen im Bereich der Nierenbeckenabgangsenge geachtet werden.

Es muss eine vollständige Durchtrennung der Narbenstränge erfolgen, um frühe Rezidive zu vermeiden. Es empfiehlt sich zur Durchführung einer exakten Inzision die Vorlage eines Führungsdrahts, der als Leitschiene genutzt wird. Die Laserinzision erfolgt nur unter Sichtkontrolle.

Nach durchgeführter Inzision wird über das Ureterorenoskop eine Kontrastmitteldarstellung des ureteropelvinen Übergangs durchgeführt, ggf. mit

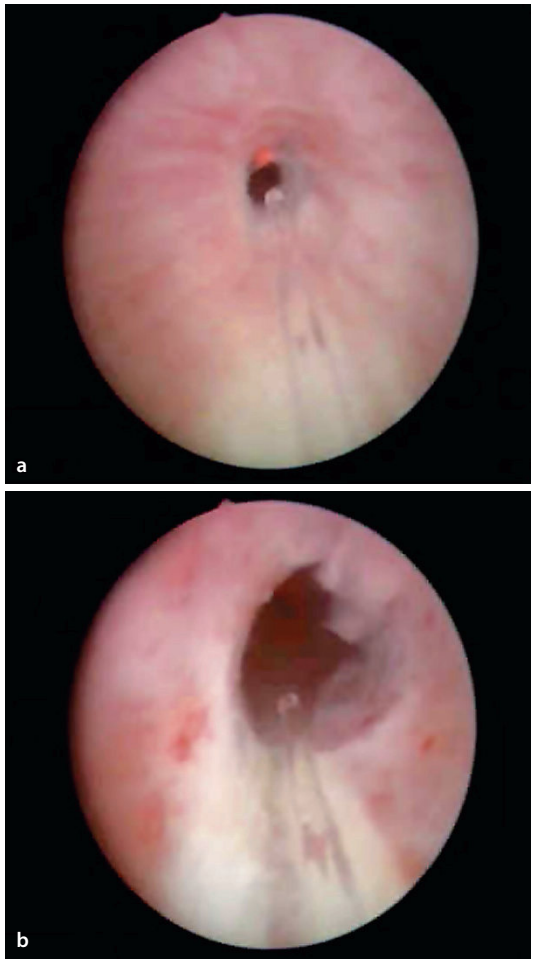


Abb. 21.4a,b Retrograde Darstellung einer Nierenbeckenabgangsenge mit Laserfaser (**a**). Die Enge wurde bereits großteils inzidiert (**b**)

Darstellung eines durchaus erwünschten Extravasats (Abb. 21.5).

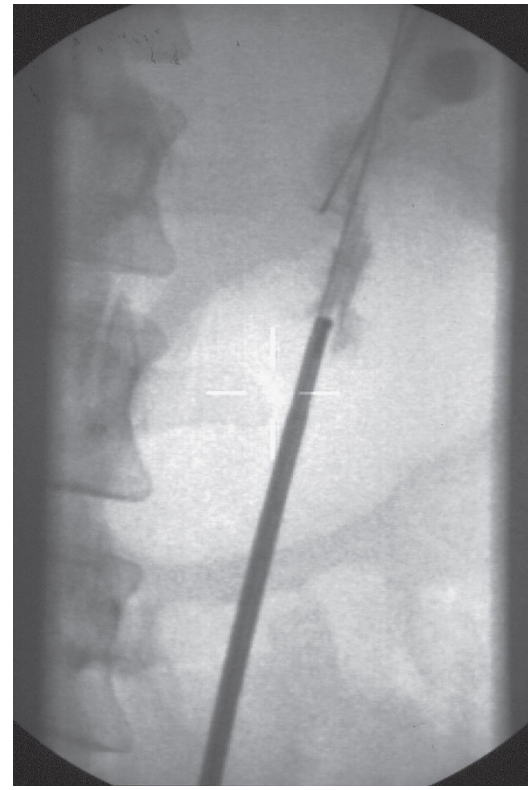


Abb. 21.5 Retrograde Schlitzung der Nierenbeckenabgangsenge. Durch das Ureteroskop wurde ein Draht in das Nierenbecken vorgeschoben. Über den Draht wird anschließend eine DJ-Schiene eingelegt

21.5.3 Antegrades Vorgehen

Entsprechend dem retrograden Vorgehen wird zunächst ein Führungsdraht platziert und parallel dazu ein Ureterkatheter bis in das Nierenbecken vorgeschoben. So kann alternativ bei geringgradiger Dilatation des Nierenbeckenkelchsystems von retrograd gefüllt werden, um den perkutanen Zugang zu erleichtern

Perkutane Nierenpunktion

Unter Ultraschallkontrolle erfolgt anschließend die perkutane Punktion und Dilatation, in der Regel über die mittlere Kelchgruppe. Bei hohen Zugängen ist darauf zu achten, dass Nachbarorgane (Leber, Milz, Lungenspitze, Pleuraspalt) sonografisch präoperativ genau zu lokalisieren sind, um keine Verletzungen zu verursachen.

Nach durchgeführter Punktion wird der Arbeitskanal aufbougiert. Hierfür stehen verschiedene Alternativen zur Verfügung. Verwendung eines Teleskop-Bougie-Sets (nach Alken), eines Ballondilatatorsystems oder eines Einmalbougiesets. Anschließend Einlage eines Arbeits- oder Amplatzschafts, wobei sich die Größe nach dem verwendeten Instrumentarium richtet (16-30 Charr). Wenn man mit dem Laser arbeitet, benötigt man keine großen Arbeitskanaldurchmesser.

Alternativ kann mit einem Elektrohaken, der entweder mono- oder bipolar elektrisch versorgt wird, gearbeitet werden. Hierfür benötigt man größere Instrumentendurchmesser bis Charr 26. Der zuvor gelegte Draht kann jetzt durch den Arbeitskanal herausgeführt werden und dient entsprechend dem retrograden Vorgehen als Leitschiene für die Laser-

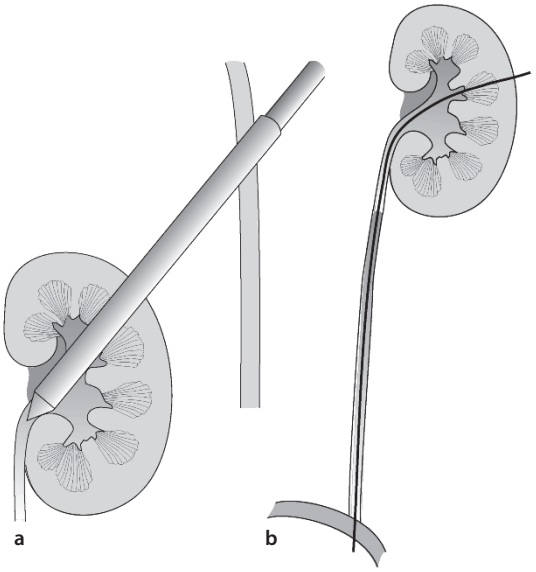


Abb. 21.6 Schematische Darstellung der antegraden Schlitzung einer Nierenbeckenabgangsenge (**a**). Die Punktion erfolgt in die mittlere oder obere Kelchgruppe (**b**)

endopyelotomie, bzw. der Draht (Durchzugsschiene) kann die Enge strecken. Wird ein Sachse-Urethrotom zur kalten Inzision der Abgangsenge verwendet, kann dies nach Platzierung eines Amplatz-Schafts (30 Charr) eingeführt werden (Abb. 21.6).

Das Nephroskop wird über den Arbeitsschaft eingeführt und unter Sicht die Nierenbeckenabgangsenge inzidiert. Dabei ist darauf zu achten, dass der Winkel zum Harnleiterabgang möglichst flach gehalten wird. Die Schnittführung erfolgt dorsolateral.

Zur sicheren Harndrainage und Vermeidung eines frühen Rezidivs wird antegrad ein DJ-Katheter (9 Charr) über den Führungsdraht oder alternativ ein PCN-Stent (7–14 Charr) eingelegt. Der DJ-Katheter sollte für 3 Wochen belassen werden. Bei Ableitung über eine DJ-Schiene empfiehlt es sich, den Dauerkatheter für 2–3 Tage zu belassen, um ein Urinextravasat (Reflux über die Schiene) zu vermeiden.

21.6 Komplikationen

Durch die Verwendung des Lasers kommt es selten zu lokalen *Blutungen*, die zumeist schnell koaguliert werden können. Bei Auftreten von Blutungen, die die Sichtverhältnisse trotz ausgiebiger Spülung massiv einschränken, empfehlen wir die Einlage eines 9-F-DJ-Katheters und Spülkathetereinlage. Der DJ-Katheter bewirkt eine Kompression des verletzten Harnleiteranteils und führt in den überwiegenden Fällen zu einem Stillstand der Blutung. In sehr seltenen Fällen lässt sich die Blutung aber endoskopisch nicht beherrschen und erfordert eine offene oder laparoskopische Revision. Sofern ein größeres Gefäß betroffen ist, ist auch ein Versuch der angiografischen Darstellung der Blutung mit anschließendem Coiling gerechtfertigt.

Harnleiterperforationen sind in den meisten Fällen wegen des brüchigen und derben Gewebes im Bereich des Nierenbeckenabgangs nicht zu vermeiden, zumal der Harnleiter in diesem Bereich sehr dünnwandig sein kann. Kleinere Extravasate sind meist nicht relevant bzw. gewollt und können mittels Harndrainage über eine Harnleiterschiene, die für 4 Wochen belassen wird, therapiert werden. Es ist darauf zu achten, dass bei der Inzision eine breite Perforation vermieden wird. Tritt eine breite Perforation auf und ist eine retrograde Schienung primär nicht möglich, erfolgt die Einlage einer perkutanen Nierenfistel.

Die Komplikation eines Harnleiterabrisses ist beschrieben, kommt aber bei der Durchführung der Laserendopyelotomie unter Sichtkontrolle sehr selten vor. Ein kompletter Harnleiterabriss erfordert eine offen-operative Nierenbeckenplastik.

Regelmäßige postoperative sonografische Kontrollen ggf. unter Bestimmung des Resistance Index sind angeraten (alle 3 Wochen für 3 Monate), um *Rezidivstenosen* frühzeitig zu entdecken. Stellt sich der Verdacht auf eine Rezidivstenose, empfiehlt sich ein Lasix-ING zur Kontrolle der Funktion und des Ablaufs.

Kleinere Koagel oder Gewebefetzen können zu einem Verschluss des liegenden DJ und *Pyelonephritis* führen.

21.7 Postoperatives Vorgehen

21.7.1 Kurzfristige Kontrollen

Ist der Patient beschwerdefrei, wird er nach einem Intervall von 3–6 Wochen zum DJ-Auslassversuch wiedereinbestellt. Nach Entfernung des DJ-Katheters wird der pyeloureterale Übergang erneut mit Kontrastmittel dargestellt und der Ablauf dokumentiert. Zeigt sich ein verzögerter Ablauf und der Patient klagt über rezidivierende Flankenschmerzen, wird erneut ein DJ-Katheter platziert.

Restektasie ≠ Stauung. Da hier keine plastische Korrektur des Pyelons erfolgt und somit eine Restektasie des Nierenbeckenkelchsystems (NBKS) bestehen bleibt, darf selbstverständlich das zuvor und postoperativ dilatierte NBKS nicht mit einer Stauung verwechselt werden.

Hilfreich ist in diesem Zusammenhang die Kontrolle des RI, der sich in einem Bereich von <0,75 befinden sollte und so eine weiter bestehende oder neu aufgetretene Obstruktion anzeigen kann.

Ein beschwerdefreies Intervall nach Entfernung des DJ-Katheters vorausgesetzt, ist in einem Abstand von ca. 3 Monaten eine Funktionsprüfung der Nieren mittels Lasix-ING erforderlich.

21.8 Ergebnisse

Vergleicht man die Daten von minimal-invasiven laparoskopischen und roboterassistierten laparoskopischen Vorgehensweisen mit dem bisherigen Goldstandard der offenen Pyeloplastik, so werden ähnliche oder bessere Ergebnisse erzielt (Subotic et al. 2008, Monn et al. 2013, Braga et al. 2009, Schwentner et al. 2007, Fontenot et al. 2016, Lucas et al. 2010).

Beim Vergleich des rein endourologischen Vorgehens (z. B. LEP) mit der offenen, laparoskopischen oder robotischen Vorgehen zeigt die aktuelle Literatur für die Behandlung von primären Nierenbeckenabgangsstenosen einen klaren Vorteil der operativen Verfahren. Für die sekundären Engen sowie für selektierte Patienten hat die LEP weiterhin einen Stellenwert, da mittels Endopyelotomie Erfolgsraten von ca. 80 % in den Langzeitdaten beschrieben werden. (Tab. 21.2). Eingeschlossen sind dabei auch mit dem Messer durchgeführte Endopyelotomien. Diese Daten sind den Erfolgsraten von über 90 % bei der offenen Operation bzw. der laparoskopischen Pyeloplastik gegenüberzustellen (Shalhav et al. 1998, Yong und Albala 2010).

Der Wandel bei der Therapie der Nierenbeckenabgangsstenose weg von der offenen Pyeloplastik, hin zu den endoskopischen Verfahren der laparoskopischen Pyeloplastik und roboterassistierten laparoskopsichen Pyeloplastik sowie für selektierte Patienten zur Laserendopyelotomie oder Ballondilatation ist bereits vollzogen. Selbst bei der Therapie der kindlichen Nierenbeckenabgangsstenose werden Erfolgsraten von 87–100 % angegeben (Silay et al. 2016, Minnillo et al. 2011).

Die Behandlung der Nierenbeckenabgangsstenose sollte multimodal erfolgen. Dabei bleibt die LEP solchen Patienten vorbehalten, die einem »invasiveren« Eingriff nicht zugänglich sind und/oder im Vorfeld ein kreuzendes Gefäß im pyeloureteralen Übergang mit großer Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden konnte.

Literatur

Fernbach SK, Maizels M, Conway JJ (1992) Ultrasound grading of hydronephrosis: introduction in the system used by the Society for Fetal Urology. Ped Rad 23: 478

Gignon A, Filiastrault D, Homsy Y, Robitaille P, Filion R, Boutin H, Leblond R (1986) Ureteropelvic junction stenosis: antenatal ultrasonographic diagnosis, postnatal investigation and follow-up. Radiology 160: 649

Rassweiler JJ, Subotic S, Feist-Schwenk M, Sugiono M, Schulze M, Teber D, Frede T (2007) Minimally invasive treatment of ureteropelvic junction obstruction: long-term experience with an algorithm for laserendopyelotomy and laparoscopic retroperitoneal pyeloplasty. J Urol 177: 1000–1005

Al Nasser M, Pini G, Gözen AS, Elashry OM, Akin Y, Klein J, Almouhissen T, Rassweiler J. Comparative study for evaluating the cosmetic outcome of small-incision access retroperitoneoscopic technique (SMART) with standard retroperitoneoscopy using the Observer Scar Assessment Scale: are small incisions a big deal? J Endourol. 2014 Dec;28(12):1409-13

Peschel R, Neururer R, Bartsch G, Gettman MT. Robotic pyeloplasty: technique and results. Urol Clin North Am. 2004 Nov. 31(4):737-41.

Davis DM (1957) Urinary tract obstruction: what has been learned about it, and what is still to be learned. Trans South Cent Sect Am Urol Assoc 52: 47–55

Davis DM (1943) Intubated ureterotomy: a new operation for ureteral and ureteropelvic strictur. Surg Gynecol Obstet 76: 513–6

Wickham JEA, Miller RA (1983) Percutaneuos renal access, Percutaneous Renal Surgery. New York: Churchill Livingstone, Chap 2, pp 33–39

Culp OS, De Weerd JH (1951) A pelvic flap operation for certain types of ureteropelvic obstruction. Preminary report. Mayo Clin Proc 26: 483–5

Scardino PL, Prince CL (1953) Vertical flap ureteropelvioplasty. South Med J 46 (4): 325–31

Kadir S, White RI Jr, Engel R (1982) Ballon dilatation of a ureteropelvic junction obstruction. Radiol 143 (81): 263–4

Wickham JE, Kellet MJ (1983) Percutaneous pyelolysis. Eur Urol 9 (2): 122–4

Inglis JA, Tolley DA (1986) Ureteroscopic pyelolysis for pelviureteric junction obstruction. Br J Urol 58 (3): 250–2

Clayman RV (1992) Balloon-facilitated antegrade endopyelotomy. Contemp Urol 4 (9): 13–6, 28, 109–11

Kavoussi LR, Peters CA (1993) Laparoscopic pyeloplasty. J Urol 150 (6): 1891–4

Johnston JH, Evans JP, Glassberg KI, Shapiro SR (1977) Pelvic hydronephrosis in children: a review of 219 personal cases. J Urol 117(1): 97–101

Janetscheck G, Frauscher F, Helweg G (1999) Incidence of crossing vessels at the ureteropelvic junction in healthy volunteers: assessment of Doppler imaging. J Urol 161: 324 (Abstract)
Janetschek G, Peschel R, Bartsch G (2000) Laparoscopic Fenger plasty. J Endourol 14: 889–93
Maizels M, Mitchell B, Kass E, Fernbach SK, Conway JJ (1994) Outcome of nonspecific hydronephrosis in the infant: a report from the Registry of the Society for Fetal Urology. J Urol 152(6 Pt 2): 2324–7
Klingler HC, Remzi M, Janetschek G, Kratzik C, Marberger MJ (2003) Comparison of open versus laparoscopic pyeloplasty techniques in treatment of uretero-pelvic junction obstruction. Eur Urol 44: 340–345
Subotic S, Schulze M, Gözen A, Rassweiler J, Teber D (2008) Laparoskopischen Pyeloplastik bei der Behandlung der Nierenbeckenabgangsstenose im Kindesalter: Erfahrungen und Ergebnisse. Urologe A 47(6): 718–23
Silay MS, Spinoit AF, Undre S, et al. Global minimally invasive pyeloplasty study in children: Results from the Pediatric Urology Expert Group of the European Association of Urology Young Academic Urologists working party. J Pediatr Urol. 2016 May 12.
Minnillo BJ, Cruz JA, Sayao RH, et al. Long-term experience and outcomes of robotic assisted laparoscopic pyeloplasty in children and young adults. J Urol. 2011 Apr. 185(4): 1455-60.
Elabd SA, Elbahnasy FA, Farahat YA, Soliman MG, Taha MR, Elgarabawy MA, Figenshau R. Minimally-invasive correction of ureteropelvic junction obstruction: do retrograde endo-incision techniques still have a role in the era of laparoscopic pyeloplasty? Ther Adv Urol. 2009 Dec; 1(5):227-34.
Gallo F, Schenone M, Giberti C. Ureteropelvic junction obstruction: which is the best treatment today?. J Laparoendosc Adv Surg Tech A. 2009 Oct. 19(5):657-62.
Patel T, Kellner CP, Katsumi H, Gupta M. Efficacy of endopyelotomy in patients with secondary ureteropelvic junction obstruction. J Endourol. 2011 Apr. 25(4):587-91.
Badlani G, Eshghi M, Smith AD (1986) Percutaneous surgery for ureteropelvic junction obstruction (endopyelotomy): technique and early results. J Urol 135 (1): 26–8
Korth K, Künkel M, Erschig (1987) Perkutane Pyeloplastik. Indikation, Technik, Ergebnisse. Urologe A 26 (4): 173–80
Gallucci M, Alpi G (1996) Antegrade transpelvic endopyelotomy in primary obstruction of the ureteropelvic junction. J Endourol 10 (2): 127–32
Knudsen BE, Cook AJ, Watterson JD, Beiko DT, Nott L, Razvi H, Dentstedt JD (2004) Percutaneous antegrade endopyelotomy: lang-term results from one institution. Urology 63 (2): 230–4
Dimarco DS, Gettmann MT, McGee SM, Chow GK, Leroy AJ, Slezak J, Patterson DE, Segura JW (2006) Long-term success of antegrade endopyelotomy compared with pyeloplasty at a single institution. J Endourol 20(10): 707–712
Vaarala MH, Marttila T, Paananen I, Hellström P (2008) Retrospective analysis of long-term outcomes of 64 patients treated by endopyelotomy in two low-volume hospitals: good and durable results. J Endourol 22(8):1659–1664
Motola JA, Badlani GH, Smith AD (1993) Results of 212 consecutive endopyelotomies: an 8-year follow-up. J Urol 149 (3): 453–456
Van Cangh PJ, Wilmart JF, Opsomer RJ, Abi-Aad A, Wese FX, Lorge F (1994) Long-term results and late recurrence after endoureteropyelotomy: a critical analysis of prognostic factors. J Urol 151 (4): 934–7
Renner C, Frede T, Seemann O, Rassweiler J (1998) Laser-Endopyelotmy: Minimally invasive therapy of ureteropelvic junction stenosis. J Endourol 12 (6): 537–44
Biyani CS, Corford PA, Powell CS (2000) Ureteroscopic endopyelotomy with the Holmium: Yag laser. mid-term results. Eur Urol 38 (2): 139–43
Giddens JL, Grasso M (2000) Retrograde ureteroscopic endopyelotomy using the Holmium: YAG laser. J Urol 164 (5): 1509–12
Matin SF, Yost A, Streem SB (2003) Ureteroscopic laser endopyelotomy: a single-senter experince. J Endourol 17 (6): 401–4
Frauscher F, Janetschek G, Klauser A, Peschel R, Halpern EJ, Pallwein L, Bartsch G (2002) Laparoscopic pyeloplasty for UPJ obstruction with crossing vessels: contrast-enhanced color Doppler findings and long-term outcome. Urology 59: 500
Shokeir AA, Provoost, Nijman RJM (1997) Resistive index in obstructive uropathy. Br J Urol 80: 195–200
Monn MF, Bahler CD, Schneider EB, Sundaram CP. Emerging trends in robotic pyeloplasty for the management of ureteropelvic junction obstruction in adults. J Urol. 2013 Apr. 189(4):1352-7
Braga LH, Pace K, DeMaria J, Lorenzo AJ. Systematic review and meta-analysis of robotic-assisted versus conventional laparoscopic pyeloplasty for patients with ureteropelvic junction obstruction: effect on operative time, length of hospital stay, postoperative complications, and success rate. Eur Urol. 2009 Nov. 56(5):848-57.
Schwentner C, Pelzer A, Neururer R, Springer B, Horninger W, Bartsch G. Robotic Anderson-Hynes pyeloplasty: 5-year experience of one centre. BJU Int. 2007 Oct. 100(4):880-5.
Fontenot PA Jr, Capoccia TR, Wilson B, Arthur A, Duchene DA. Robotic-assisted Laparoscopic Pyeloplasty: Analysis of Symptomatic Patients With Equivocal Renal Scans. Urology. 2016 Jul. 93:92-6.
Lucas SM, Sundaram CP, Leveillee RJ, Bird VG. Laparoscopic and robotic pyeloplasty collaborative group: Analysis of factors influencing success in 800 patients. J Endourol. 2010. 24(S1):A31-A2.
Shalhav AL, Giusti G, Elbahnasy AM, Hoenig DM, McDougall EM, Smith DS. Adult endopyelotomy: impact of etiology and antegrade versus retrograde approach on outcome. J Urol. 1998 Sep. 160(3 Pt 1):685-9.
Yong D, Albala DM. Endopyelotomy in the age of laparoscopic and robotic-assisted pyeloplasty. Curr Urol Rep. 2010 Mar. 11(2):74-9.

Harnleiterschienung

S. Sevinc, R. Hofmann

22.1 Grundlagen und Indikationen – 310
22.1.1 Grundlagen – 310
22.1.2 Indikationen – 310

22.2 Periinterventionelles Management – 311
22.2.1 Patientenvorbereitung – 311
22.2.2 Durchführung der Harnleiterschienung – 311
22.2.3 Schwierige Doppel-J-Anlage – 313
22.2.4 Antegrade Schienung – 316
22.2.5 Wechsel und Entfernung von Harnleiterschienen – 317
22.2.6 Postinterventionelles Management – 317

22.3 Komplikationen – 317

Literatur – 319

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_22

22.1 Grundlagen und Indikationen

22.1.1 Grundlagen

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen aus dem Körper ausgeleiteten Kathetern (Mono-J-Katheter, Ureterkatheter (UK)) und im Körper versenkten Ureterschienen (Doppel-J-Katheter (DJ), Tumorstents etc.). Ureterschienen können üblicherweise transurethral, wie auch transkutan, transvesikal oder über Urostomata (TUUC, Ileum-Conduit) ausgeleitet werden.

Diese Art der künstlichen Urinableitung kann zu verschiedenen Zwecken genutzt werden. Neben der Urindrainage (Tagesmenge, seitengetrennte Nierenfunktion etc.) kann sie auch zur radiologischen Darstellung der ableitenden Harnwege mittels Kontrastmittel genutzt werden, Urin zur mikrobiologischen Aufarbeitung entnommen werden oder bei Makrohämaturie (begrenzt) eine Spülung des Nierenbeckenkelchsystems durchgeführt werden. Eine besondere Ausnahme stellt die Instillation von Medikamenten (z. B. BCG) via Ureterschienen dar.

Die versenkbaren Harnleiterschienen (Doppel-J-Katheter) sind in der Regel 24–32 cm lang mit einer möglichen Schienenstärke zwischen 4 und 10 Charr. Es sollten nur noch beidseits zentral offene Harnleiterschienen eingesetzt werden, insbesondere im Hinblick darauf, dass eventuell ein Wechsel derselben bevorsteht.

Die Mono-J-Katheter sind weitaus länger (140 cm), können aber nach Bedarf entsprechend gekürzt werden. Ein Nachteil dieser transurethralen Harnleiterschienung ist die potenzielle Dislokationsmöglichkeit. Der Mono-J-Katheter muss an einem transurethralen Katheter befestigt sein. Mit den zugehörigen Katheterbeuteln ist nur eine eingeschränkte Mobilität möglich. Ein Vorteil jedoch ist die Möglichkeit der seitengetrennten (qualitativ wie auch quantitativ) Beurteilung der Urinproduktion.

22.1.2 Indikationen

Das hauptsächliche Ziel der Harnleiterschienung ist der Schutz der oberen Harnwege sowohl funktionell, wie auch anatomisch. Die Indikationsbreite zur Einlage von Harnleiterschienen ist groß und beinhaltet diagnostische, prophylaktische sowie therapeutische Indikationen:

1. **Akute Ureterobstruktion** (z. B. Urolithiasis, Blutkoagel)
   Die mit einer akuten Harnleiterkolik einhergehende Schmerzsymptomatik kann manchmal mit Schmerzmitteln nicht beherrschbar sein, sodass eine Ureterschienung zu einer Entlastung führen kann (Pearle et al. 1998). Ein durch die Obstruktion bedingtes postrenales Nierenversagen kann mit dem Ureterstent abgewendet werden. Nicht allzu selten findet man begleitend zur akuten Harnleiterkolik eine Fornixruptur, die zu einem perirenalen oder ein retroperitonealem Urinom führen kann. Hier gilt es, zügig mit einer Ureterschienung in Kombination mit einem transurethralen Katheter eine Harnableitung zu schaffen. Wird die Symptomatik von Fieber begleitet und man vermutet eine Pyonephrose, sollte vorzugsweise ein Mono-J-Katheter in die betroffene Niere eingelegt werden.
2. **Chronische Ureterobstruktion** (extra- wie auch intraluminale Tumore)
   Der Primärtumor selbst oder Metastasen können den Ureter extrinsisch wie auch intrinsisch obstruieren. Meist erfolgt die Obstruktion sukzessive über mehrere Wochen, bleibt lange asymptomatisch und wird auch entsprechend spät entdeckt. Vor der Indikation zur Ureterschienung ist die Durchführung einer MAG3 Szintigrafie mit Lasix-Auswasch sehr sinnvoll, um zum einen den Grad der Obstruktion und zum anderen auch die seitengetrennte Nierenfunktion festzustellen. Ist die Indikation gestellt, sollte vorzugsweise ein sogenannter »Tumorstent« eingelegt werden, der der Kompression von außen Stand hält. Das Fehlen von seitlichen Austrittslöchern verhindert das Eindringen von Tumorgewebe (oder Abschilferungen des Harnleiterepithels) (Auge und Preminger 2002).
3. **Akute (intraoperative) Harnleiterverletzungen**
4. **Rekonstruktive Chirurgie der ableitenden Harnwege** (z. B. Ileum-Conduit, Ileum-Neoblase, INDIANA-Pouch, UC, TUUC)
   Harnleiterschienen werden regelmäßig bei rekonstruktiven Eingriffen der ableitenden Harnwege eingesetzt, insbesondere bei der Schienung von Anastomosen.
5. »**Prestenting« vor geplanter URS**
   Harnleiterschienen bewirken im Laufe der Zeit eine Dilatation des Harnleiters, dies kann den Abgang eines Harnleitersteins begünstigen. Dieser Effekt kann durch »prestenting« 1–2 Wochen vor einer Ureterorenoskopie (URS)

genutzt werden, da hierdurch die Passage des Ostiums und des Harnleiters mit dem Endoskop vereinfacht wird und iatrogene Verletzungen seltener auftreten.

6. **Nierensteine (>1 cm) vor geplanter ESWL**
   Im Rahmen der extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie (ESWL) kommt es zur Desintegration von Steinen. Durch eine prophylaktische Ureterschienung werden eine Obstruktion und damit eine Kolik verhindert sowie die Steinpassage an der Außenseite der Schiene entlang beschleunigt.
7. **Präoperative Harnleiterschienung vor großen intraabdominellen Eingriffen**
   Intraoperativ lassen sich Ureterenschienen bei schwieriger Präparation ertasten. Bei einer Harnleiterläsion wird die Rekonstruktion über dem Splint erleichtert.

22.2 Periinterventionelles Management

22.2.1 Patientenvorbereitung

Das Vorliegen bildgebender Diagnostik wie Sonografie, Ausscheidungsurogramm, CT oder MR erleichtert das Vorgehen. Der Patient wird anschließend vollständig über den Ablauf des Eingriffes (Intention des Eingriffes, Komplikationsmöglichkeiten, postinterventionelles Management etc.) aufgeklärt. An dieser Stelle soll nicht unerwähnt bleiben, dass in diesem Zusammenhang der perkutane Zugangsweg zur Entlastung einer Harnstauungsniere als eine alternative Option immer mit aufgeklärt werden muss.

Der Eingriff wird meist in Lokalanästhesie, gelegentlich in Sedoanalgesie durchgeführt. Im Rahmen der Patientenvorbereitung wird mit dem Team besprochen, welche Materialien benutzt werden und wie der Ablauf sein wird. Im Sinne der Zeitökonomie sollten kliniksinterne Standards hierfür festgelegt werden.

Eine halbe Stunde vor Beginn des Eingriffes sollte eine »single-shot« periinterventionelle Antibiotikaprophylaxe gegeben werden (z. B. Levofloxacin 500 mg p.o. oder Sultamicillin 750 mg p.o.). Weiterhin sollte im Anschluss eine periinterventionelle Analgesie (z. B. 1 g Novaminsulfon i.v., 7,5 mg Piritramid i.v.) oder orales schnellwirksames Morphin (z. B. Sevredol 10 mg) erfolgen.

Der Patient wird in Steinschnittlage auf einem Durchleuchtungstisch aufgelegt. Auf eine adäquate Lagerung sollte geachtet werden (Unterpolsterung, Kissen, Decken, trockene Unterlage etc.).

22.2.2 Durchführung der Harnleiterschienung

»Einblenden« des Röntgenfeldes mit einem Lichtraster auf die ROI (region of interest). Die Verweilzeit während der Lokalanästhesie wird nun benutzt, um Gerätschaften (Albarran-Optik, Zu- und Ablaufschläuche, Lichtkabel, Kamera etc.) korrekt zusammenzubauen, anzuschließen und auf Funktionstüchtigkeit zu überprüfen.

Diese Überprüfung sollte nicht während des Eingriffes stattfinden!

Unter Sicht wird nun das Zystoskop (Geradeaus-Optik) eingeführt. In der Harnblase angelangt, wird auf die »Albarran« Optik (70°) gewechselt. Der Albarran-Hebel sollte zugeklappt gelassen werden. Es erfolgt eine orientierende Zystoskopie und die Identifikation beider (!) Harnleiterostien und der Ureterenleiste. Achten Sie in diesem Moment auf eine mäßige Füllung der Harnblase, denn eine zu volle oder eine zu leere Harnblase könnte die Ostiumsuche eventuell erschweren, insbesondere bei stark angehobenem Blasenboden, wie bei einer benignen Prostatahyperplasie(BPH).

Tipps

Falls Sie das betreffende Ostium nicht finden, suchen Sie zunächst das kontralaterale Ostium. Ist dieses sicher identifiziert, schwenken Sie die Optik entlang der Ureterenleiste zurück und finden das Ostium in den allermeisten Fällen an korrespondierender Stelle.

Auf eine Urinejakulation aus dem betreffenden Ostium sollte nicht gewartet werden, da der Eingriff meist aufgrund einer Ureterobstruktion durchgeführt wird. Nützlich könnte jedoch eine peristaltische Welle sein, die in der Region der Harnleitermündung beobachtet werden kann.

Das betreffende Ostium wird nun in der Art eingestellt, dass das Zystoskop wie ein Dach über dem Ostium fungiert. Diese Position ist nahezu den gesamten Vorgang über beizubehalten. Der Assistent reicht nun einen beidseits zentral offenen, gebogenen

Ureterkatheter (UK) (3–5 Charr) mit Führungsdraht (»innerer Seele«) an, welcher solange eingeführt wird, bis die Spitze gerade eben vor der Optik sichtbar wird. Die innere Seele dieses Ureterenkatheters (UK) wird nun entfernt und der Ureterenkatheter (UK) zur Verhinderung der Bläschenbildung mit 3–5 ml NaCl 0,9 % durchspült.

Tipps

Hiernach wird die Seele bis etwa 0,5 cm vor dem Ende des UK vorgeführt. Dadurch wird erreicht, dass sich der zuvor »ausgesteifte, gerade« UK an der Spitze etwas krümmt und atraumatischer eingeführt werden kann.

Der Einsatz des Albarran Hebels kann manchmal nützlich sein, da er den Winkel des UK günstig beeinflussen kann. Wichtig ist nur, dass nach dem Einsatz des Hebels dieser wieder zugeklappt werden muss. Dabei gilt es zu beachten, den UK zunächst nicht mehr als 1 cm in den Ureter vorzuschieben (Cave: Perforationsgefahr!). Nun wird die innere Seele endgültig entfernt.

Tipps

Um bei der retrograden Ureteropyelografie eine Bläschenbildung zu verhindern, sollte der Assistent die mit KM gefüllte Spritze senkrecht halten, eventuell im UK stehengebliebene Luft aspirieren und danach im senkrecht gehaltenen Zustand die Applikation beginnen.

Dabei ist auf eine vorsichtige, kontinuierliche (**nicht** stoßweise!) Applikation zu achten. Andernfalls können Koliken ausgelöst werden. Die initiale Menge, die in den Ureter abgegeben wird, sollte nicht mehr als 5 ml betragen (retrograde Ureteropyelografie (rUPG)).

Tipps

Vor Einlage des DJ-Katheters ist eine retrograde Darstellung und radiologische Dokumentation – vor allem im Nachtdienst – wichtig. Nach der Einlage der Schiene kann die Ätiologie der Obstruktion (Differenzialdiagnose Stein oder Harnleitertumor) nicht mehr bestimmt werden.

Unbedingt sollten anatomische Besonderheiten (Stenosen, Divertikel, Kinkings, Paravasationen etc.) erfasst werden. Es wird nun ein 0,035-inch Polytetrafluoroethylen beschichteter Draht oder ein flexibler, vorne weicher, hydrophiler Doppel-J-Draht (Terumo) eingesetzt. Der Draht wird nun aus der bisherigen UK-Position heraus vorsichtig vorgeschoben. Bei einer Obstruktion besteht die Gefahr der Via falsa oder des suburothelialen (!) Vorbeigleitens des Drahtes. Auf Höhe der Gefäßkreuzung kann es zu einer Perforation in die A. Iliaca communis kommen, evtl. auch mit Ausbildung einer uretero-iliacal-arteriellen Fistel. Tumorerkrankungen, permanente Harnleiterschienen oder radiogen bedingte Ureterläsionen sind mit Ausbildung dieser Fistel assoziiert.

Tipps

Einfacher und sicherer ist folgendes Vorgehen: Der Draht wird vor dem Hindernis belassen. Der gebogene Ureterkatheter wird etwa 1 cm vor dem Hindernis positioniert. Der Draht wird in den UK zurückgezogen, die Spitze des UK wird nun im Uhrzeigersinn gering gedreht. Aus dieser neuen Position heraus wird der Draht wieder vorgeschoben. Falls frustran wiederholt man diesen Vorgang mit einer erneuten geringen Drehung der UK-Spitze, bis man schlussendlich am Hindernis vorbei ist.

Falls man weiterhin keinen Erfolg hat, kann man nun den Draht entfernen und einen Kontrastmittelstoß versuchen. Falls das Hindernis vom KM umflossen wird, wird man mit Geduld gute Chancen haben, am Hindernis vorbeizukommen. Höchstwahrscheinlich kommt es bei einem KM-Stoß zur Repositionierung eines obstruierenden Konkrementes.

Ist man mit dem Draht nun am Hindernis vorbei, ist es sehr wichtig, den Ureterkatheter am Draht entlang hinterher zu schieben, um die gewonnene Position zu halten. »Alleingelassene«, eingelegte Drähte neigen dazu, spontan herauszugleiten.

Ist der Draht nun im Nierenbecken angelangt, sollte das flexible Ende in der oberen Kelchgruppe positioniert werden. Das ist taktisch insofern sinnvoll, da das bei dem Vorschub des Doppel-J häufig beobachtete Dislozieren des Drahtes seltener auftritt, da ein längerer Drahtanteil im Nierenbecken verweilt. Im Idealfall schmiegt sich der Draht an die Wand der oberen Kelchgruppe und liegt mit einer Schleife in ihr – ohne Perforationsgefahr.

Der gebogene Ureterkatheter wird nun unter Belassen des Drahtes komplett entfernt. Der ausgesuchte Doppel-J-Katheter wird mit einem sog. Pusher

versehen (steuerbarer Doppel-J). In Seldinger-Technik wird nun das System auf den Draht eingefädelt.

Tipps

Entscheidend beim Vorschub des Doppel-J-Systems ist, dass der Assistent auf den Drahtverlauf achtet (»in-line«-Position) und die Spannung des Drahtes aufrecht erhält. Somit ist der Doppel-J-Katheter aufgespannt wie eine Wäscheleine, nur dass sie nur einen Fixpunkt hat, nämlich die Finger der Assistenz. Der Operateur behält beim Vorschub des Katheters unter Durchleuchtung immer die Position der Drahtspitze im Nierenbeckenkelchsystem im Auge.

Hier sei noch mal erwähnt, dass das Zystoskop ständig wie eine Überdachung über dem Ureterostium gehalten werden muss.

Im Nierenbecken angelangt, wird nun zeitgleich die Doppel-J-Spitze vorgeschoben und der Draht aktiv zurückgezogen, sodass sich der Kringel des Doppel-J im Nierenbecken positioniert. Nun wird der Draht im Doppel-J bis auf Uretermündungsniveau zurückgezogen. Erst jetzt verlässt das Zystoskop die Überdachungsposition in Richtung mittlere Trigonalleiste, also vom Ostium weg. Hier geschieht analog zum Nierenbecken dasselbe. Der Assistent zieht nun den Draht zurück, der Doppel-J wird dadurch weich, der Operateur schiebt im gleichen Verhältnis und zeitgleich nun den Pusher vor. Der Doppel-J-Katheter knickt vor der Uretermündung ab (ins Blasenlumen), und durch Entfernen des Drahtes kann nun der Operateur über einen Klickmechanismus den gekringelten Doppel-J-Katheter abwerfen.

Tipps

Wird der Draht nicht auf Uretermündungsniveau zurückgezogen, sondern im Ureterverlauf belassen, so kann durch blindes Vorschieben des Doppel-J-Katheters derselbe im Ureter versenkt werden.

Nach dem »Abwurf« des Doppel-J-Katheters wird ein Röntgenbild angefertigt, das die endgültige Position dokumentiert. Im Anschluss kann dann die Albarran Optik durch einen Obturator ersetzt werden und der Zystoskopschaft problemlos entfernt werden.

Tipps

Gelingt es nicht, das Ostium mit einem UK zu sondieren, so kann der gebogene UK vor dem Ostium platziert werden. Der Assistent führt einen geraden oder leicht gebogenen hydrophilen Draht vor, der in das Ostium manipuliert wird. Über diesen Draht als Leitstruktur wird dann der UK in den Harnleiter vorgeschoben.

Tipps

Wird ein DJ-Katheter nur unter Durchleuchtung ohne Zystoskop (z. B. nach Ureteroskopie) eingelegt, so wird DJ und Pusher in Seldinger-Technik über den Draht geführt. Der *stehende* Operateur zieht nun den Draht bis in den fest konnektierten Pusher zurück. Anschließend wird der weiche DJ-Katheter mit dem Pusher in die Blase vorgeschoben. Dies sollte unter Durchleuchtung beobachtet werden. Erst dann wird die Konnektion gelöst.

Hierdurch lässt sich vermeiden, dass der ausgesteifte DJ-Katheter in den Harnleiter vorgeschoben wird oder in der Harnröhre diskonnektiert wird.

Fixierung des transurethral ausgeleiteten DJ-Katheters oder UKs

- Festhalten des UK und Zurückziehen des Dauerkatheters an den Blasenhals
- Reinigen des UK und DK mit Alkohol oder Benzin
- Trockenen mit einer Kompresse
- Beide Katheter werden *direkt am Meatus* mit einem kleinen (und kurzen) braunen Pflasterstreifen umwickelt und auf diesem mit einem Faden aneinandergeknotet (der gut klebende Pflasterstreifen verhindert ein Verrutschen der Naht).

22.2.3 Schwierige Doppel-J-Anlage

Nicht allzu selten ist man bei einer retrograden Harnleiterschienung mit einem schier unüberwindlichen Hindernis konfrontiert. Dies kann bedingt sein durch eine hochgradige extrinsische wie intrin-

sische Stenose. Am häufigsten handelt es sich um einen impaktierten Harnleiterstein. Entsprechende Vorsicht und Geduld sind geboten.

Verschiedene Tricks können helfen:

- Mittels eines KM-Stoßes ist die grundsätzliche Passierbarkeit zu prüfen, denn wo keine Flüssigkeit vorbeikommt, wird schwerlich etwas Solides vorbeikommen.
- Mit einem gebogenem UK wird die Steinposition geändert (»sich Platz machen«). Dies wird gelingen, wenn der Stein entgegen aller Erwartung sich doch bewegt, jedoch ist die Gefahr der Harnleiterverletzung mit konsekutiver Makrohämaturie nicht zu unterschätzen.
- Der UK wird in die Ureterschleimhaut direkt neben dem impaktierten Stein gelegt und ein hydrophiler Draht (Terumo) »vorbeigedrückt«. Dies kann gelingen, birgt aber die Gefahr der Perforation oder sogar des suburothelilalen Verlaufes des Drahtes mit Urinparavasation.

Gelingt die Passage mit dem Terumo, sollte der gebogene UK zunächst hinterher bis ins Pyelon geschoben werden. Der Terumo sollte dann auf einen sehr steifen »Amplatz-Draht« gewechselt werden. Zusätzlicher Vorteil dieses Drahtes ist, dass er ein mehrere Zentimeter langes weiches Ende hat. Ist der Amplatz-Draht nun korrekt positioniert, sollte die Passage mittels üblichen 7-Charr-Doppel-J begonnen werden. Hier ist es nun an der Stenose wichtig, ohne hektische Bewegungen zu arbeiten. Kontinuierlicher Druck über mehrere Sekunden angehalten ist effektiver als ein unkoordiniertes Vor- und Zurückziehen des Doppel-J.

Tipps

Bemerkt man ein sogenanntes Akkordeon-Phänomen am Doppel-J, ist dies ein Zeichen entweder für einen zu weichen Doppel-J (→ Wechsel auf einen steiferen Tumorstent sinnvoll) oder einen zu großen Umfang des Doppel-J-Katheters.

In der Konsequenz sollte man nun mit einem 6- oder 5-Charr-Doppel-J-Katheter fortfahren. Nach initialer Manipulation passieren die dünneren Doppel-J-Katheter dann meist problemlos das Hindernis. Bemerkt man zwischenzeitlich, dass es zu einer Komplikation gekommen ist, hat sich die passagere Mono-J-Ableitung insbesondere bei koagelbildender Makrohämaturie bewährt.

Gelingt es nicht, den UK über den Terumo-Draht vorzuschieben, so kann die *»pull-push-Technik«* (Hofmann et al. 1995) helfen:

- Festhalten des hydrophilen Drahtes mit einer Klemme, einer Kompresse oder einem kleinen Haltegriff (»torque-device«)
- Strecken des Terumodrahtes, wenn möglich
- Geringes Zurückziehen des hydrophilen Drahtes und gleichzeitiges Vorschieben des UK
- Austausch des weichen hydrohilen Drahtes gegen einen steiferen 0,035 inch Draht
- Vorschieben des DJ-Katheters über den Draht, bis er fast im Zystoskop verschwunden ist (und damit bereits weit im Harnleiter ist), dann erst Konnektion mit dem Pusher (besserer »Kraftvektor«)

Komplizierte Harnleiterschienung

Falls die Obstruktion länger bestanden hat, ist meist einige Zentimeter darüber ein Phänomen nachweisbar, was als Harnleiterkinking bezeichnet wird. Dabei handelt es sich um eine Schleifenbildung, die bedingt durch die kontinuierlich gegen das Hindernis arbeitende Peristaltik und den dazugehörigen Harnstau entsteht. Dabei sind ein ringförmiges Kinking und zwei hintereinander geschaltete Kinkings (zwei aufeinander folgende ringförmige Schleifen) sehr kompliziert überwindbare Situationen.

Der Erfolg der Passage basiert zu ¾ auf Technik (Einsatz des hydrophilen Drahtes) zu ¼ auf Glück (oder göttliche Fügung). Beste Erfahrungen hat man mit dem weitestmöglichen Vorschub des Drahtes und direktem Hinterhertreiben des gebogenen UK bis zum Ende des Drahtes.

Und nun ist Geduld angesagt:

- Man wartet nun 10 s und versucht mit dem Draht weiter vorzugehen.
- Wenn man ⅔ der Strecke überwunden hat und den UK entsprechend bis zur Draht-Endposition vorgeschoben hat, sollte man den Draht nicht mehr weiter vorzuschieben, sondern den Draht im liegengelassenen UK zurückzuziehen, bis man aus dem loop heraus ist. Dadurch wird der gebogene UK weicher und passt sich dem Verlauf des Ureters an. In den meisten Fällen begradigt sich der Ureter im Verlauf und gibt den Weg ins Nierenbecken frei.
- Eine weitere Möglichkeit in dieser Position ist das ruckartige Zurückziehen des UK etwa um 3–5 cm.
- Im schlechtesten Fall muss man den Terumo-Draht mit kontinuierlichem Druck vorschieben.

Gelingt dies, sollte der Draht soweit wie möglich vorgeschoben werden und der UK unter Druck nachgeschoben werden, um so viel wie möglich Strecke zu gewinnen (Cave: Harnleitereinriss, Abriss!).

Der Ureterverlauf ist unter solchen Bedingungen relativ gesehen zu lang, hier muss eventuell an einen längeren Doppel-J-Katheter gedacht werden.

Retrograde Steinreposition

Zur unkomplizierten Einlage eines DJ-Katheters oder zur verbesserten Steinfragmentation einer ESWL im Nierenbecken kann es notwendig sein, einen Stein aus dem Harnleiter in das Nierenbecken zurückzupushen:

- Platzierung des gebogenen 5-Charr-UK am Stein
- Gabe eines KM-Stoßes von NaCl oder Glycerol
- Versuch, den Terumo-Draht am Stein vorbeizuluxieren und den Stein aus seinem »Bett« zu hebeln (Drehen der UK-Spitze)
- Strecken des Harnleiters (Beine absenken, Kopftieflage, Eindrücken der Flanke)

Intraoperative Einlage eines DJ-Katheter

Muss intraoperativ ein DJ-Katheter gelegt werden, so ist es relativ einfach, diesen über eine Vesikostomie einzulegen und evtl. nur die Harnleiterläsion zu übernähen. Hierdurch wird das Loch nicht durch die Manipulation der DJ-Einlage über die Ureterotomie vergrößert.

Vorgehen über Ureterotomie:

- Der Draht wird mit dem **festeren** Ende über ein seitliches Loch in den DJ eingeführt und bis etwa 2–3 mm vor dem Ende des Katheters vorgeschoben (Länge mindestens 28 Charr, länger als abgeschätzt!). Die Drahtspitze sollte keinesfalls aus dem DJ herausragen: Perforation!)
- DJ und Draht werden mit einer Pean-Klemme fest fixiert und nach kranial vorgeschoben.
- Belassen des Drahtes und Legen des Drahtes zu einer Schlaufe.
- Einführung des **weicheren** Endes in den DJ und Vorschieben in die Blase.

Wenn es nicht gelingt, Draht und DJ gleichzeitig in die Niere vorzuschieben, so kann folgende Methode gelingen:

- Draht mit dem weichen Ende zur Niere führen
- DJ-Katheter vom Ende des Drahtes her auffädeln und überschieben
- Draht herausziehen, dabei der DJ mit einer Pinzette festhalten
- Draht nun mit dem weichen Ende zur Blase führten
- Eine Schlaufe mit dem DJ bilden und auf den Draht überschieben
- Festhalten des DJ mit einer Pinzette in der Ureterotomie und herausziehen des Drahtes

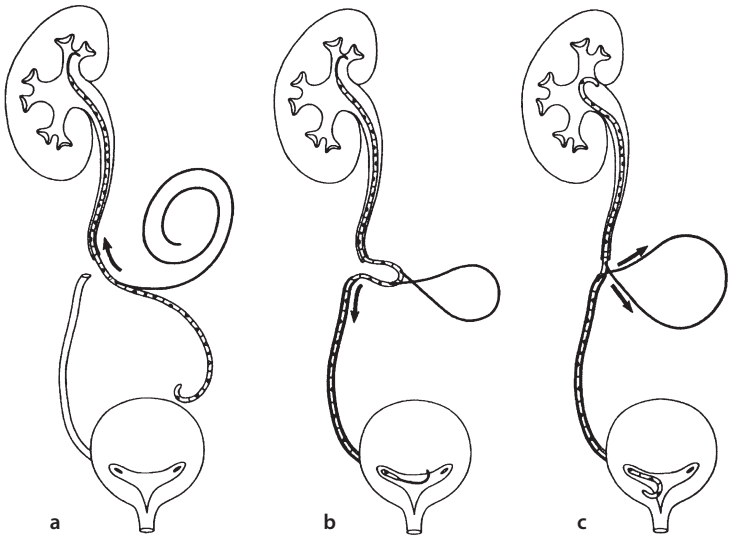


Abb. 22.1 Intraoperative Einlage einer DJ-Harnleiterschiene. **a** Ein flexibler Führungsdraht wird nach kranial über seitliche Perforationen des DJ-Katheters eingeführt. **b** Der flexible Führungsdraht wird zur Blase hin durch ein weiter distal im DJ gelegenes Loch eingeführt. **c** Der DJ-Katheter wird gleichzeitig nach kranial und distal geschoben, bis er in der Ureterotomie versenkt ist. Herausziehen des Drahtes von kaudal und kranial, während der DJ in der Ureterotomie mit einer Pinzette festgehalten wird

Tipps

Der DJ liegt richtig, wenn er sich mit einer Pinzette *leicht* innerhalb der Ureterotomie etwas hin- und herschieben lässt. Er liegt gut in der Blase, wenn intravesikal instilliertes Methylen-Blau aus dem DJ austritt (intraoperative Durchleuchtung zeitaufwändig!).

22.2.4 Antegrade Schienung

Ist bei einer Harnleiterstenose der retrograde Weg ins Pyelon nicht möglich, sollte eine antegrade Schienung erfolgen. Spezielle Indikationen sind z. B. Patienten mit einer Ileum-Neoblase, Ileum-Conduit oder bei Harnleiterimplantationsstenosen nach Nieren-Transplantation.

Je nachdem, welche Harnableitung vorhanden ist, kann der Eingriff in Bauch-, Seiten- wie auch in Rückenlage stattfinden.

Vorgehen:

- Die Initialpunktion der Niere sollte über die *mittlere* (oder obere) Kelchgruppe durchgeführt werden. Der Weg über die untere Kelchgruppe könnte den Eingriff verkomplizieren, da sich die Drähte und Katheter im Nierenbecken »aufwerfen« oder immer in die obere Kelchgruppe führen. Die Kraftverteilung beim Vorschieben geht dann immer nach kranial.
- Einlegen eines Lunderquist-Drahts und Überführen eines gebogenen 5-Charr-UKs.
- Spitze des UK's sollte in Richtung pyeloureteraler Übergang zeigen.

Tipps

Falls schwierige Verhältnisse vorliegen, kann über den Lunderquist Draht eine hydrophile Schleuse bis ins Nierenbecken eingelegt werden, über den der Wechsel der Instrumente weitaus einfacher vonstattengeht und die Dislokationsgefahr am geringsten ist.

- Füllung des Nierenbeckens mit KM und antegrade Darstellung des Ureters.
- Ein flexibler, hydrophiler Terumo-Draht wird bis zur Stenose vorgeführt, der UK vorgeschoben und nahe an der Stenose platziert (dabei Anspannen des Terumo-Drahtes, halten des Endes mit einer Pean-Klemme).
- Erneute KM-Darstellung des stenotischen Anteils (am besten in 2–3-facher Röntgenbild-Vergrößerung). Der UK wird entsprechend ausgerichtet und dann Passage mit dem Terumo-Draht. Dabei ist darauf zu achten, dass der Terumo-Draht nun wieder so weit wie möglich vorzuschieben ist.

Der Terumo kann sich aufgrund von Zug- und Scherkräften jederzeit »selbstständig machen« und muss vom Assistenten ständig fixiert werden.

Weiteres Vorgehen:

- Zügiges Überschieben des UK über den Terumo-Draht in die Blase (evtl. »pull-push-Technik)«, Entfernen des Terumo und KM-Darstellung der Blase (alternativ Methylen-Blau-Gabe: Der Urin im Katheter wird sich sofort blau anfärben.).
- Einführen eines PDFE-beschichteten Doppel-J-Drahtes durch den UK.
- Beim Diskonnektieren in der Niere ist darauf zu achten, dass der DJ in der Niere eine kleine Schlaufe bildet und der Übergang-Pusher-DJ im Nierenbecken sichtbar ist.

Bei zu frühem Abwurf kann das Doppel-J-Ende (Spitze) im Nierenparenchym liegen bleiben und eine Makrohämaturie mit Verstopfung zur Folge haben. Bei zu spätem Abwurf kann bereits der pyeloureterale Übergang passiert sein und der Doppel-J-Katheter wäre dann im Ureter versenkt.

Ist auf Grund einer distalen Harnleiterstenose der Kraftvektor für das Vorschieben des DJ über den Draht zu gering (lange Strecke mit »Aufwerfen des Drahtes/DJ) in der Niere, so kann eine »Durchzugsschiene« mit dem Draht gebildet werden:

- Der Draht wird aus der Blase geborgen – flexible Zystoskopie in Bauchlage des Patienten!
- Der Draht wird an beiden Enden mit Pean-Klemmen fixiert (Cave: Einschneiden im Nierenparenchym!) und der DJ von **unten nach oben** geschoben.

Im Falle eines Ileum-Conduits ist die antegrade Schienung ein wenig modifiziert: Der Draht wird vom Assistenten am Conduit-Ausgang in Empfang genommen. Bildung eines Durchzuges mit dem Terumo-Draht und retrogrades Legen unter Anspannen des Drahtes.

22.2.5 Wechsel und Entfernung von Harnleiterschienen

Abhängig vom Urinstatus wird eine Urinkultur angelegt. Zur periinterventionellen Antibiotikaprophylaxe wird ein single-shot Antibiotikum 30 min vor dem Eingriff gegeben. Dabei sollte sich die Auswahl des Antibiotikums an frühere Antibiogramme oder nach den kliniksinternen Standards richten. Bei Frauen wird der Doppel-J-Wechsel regelhaft mit einem starren Endoskop durchgeführt, bei Männern hingegen mittels flexiblem Zystoskop.

Die Doppel-J-Katheterspitze wird nun in der Blase aufgesucht und mit einer Zange gepackt. Das Hervorluxieren des Doppel-J-Katheters sollte vorsichtig und unter Durchleuchtung erfolgen, um die Position des oberen Endes zur verfolgen. Die Dislokationsgefahr ist sehr groß. Die Doppel-J-Katheterspitze wird bis kurz vor den Meatus urethrae externus gezogen und mit der freien Hand gesichert. Nun werden alle Instrumente abgegeben und der Assistent gibt je nach Position der oberen Doppel-J-Spitze einen üblichen, steiferen Doppel-J-Draht oder einen Terumo. Der Terumo hat den Vorteil, einen nicht allzu großen Hebeleffekt zu haben.

Durch Vorschieben des steiferen Drahtes in den Doppel-J kann bei zu naher Ostiumlage der kranialen Doppel-J-Spitze dieser komplett in die Blase herausgehebelt werden.

1. Wenn der Patient sich zu einem Wechsel vorstellt und der Urinstatus einen asymptomatischen nitrit-positiven Harnwegsinfekt aufweist, ist es ratsam, bei Absenz von früheren Urinkulturen den Eingriff so lange zu verschieben, bis eine getestete Urinkultur vorliegt (Urosepsis).
2. Bei visuell sichtbarer Pyurie und einliegender Harnleiterschiene sollte unbedingt eine mehrtägige Antibiotikatherapie vorausgehen. Bei symptomatischen Patienten ist ein Wechsel auf einen Mono-J-Katheter indiziert.
3. Bei Inkrustrationen oder gar Versteinerungen im DJ (Patient incompliant!) kann unachtsames, unkontrolliertes Ziehen Harnleitereinrisse oder sogar -abrisse herbeiführen
4. Versteinerte Doppel-J-Katheter sollten am besten mit ESWL, evtl. mit einem Steinpunch in der Blase oder einer PCNL vorbehandelt werden (evtl. Pyelo- oder Ureterotomie) (Cass et al. 1993, Bultitude et al. 2003).
5. Bei Frauen kann über einen inkrustierten Doppel-J-Katheter eine Schleuse in das Ostium geschoben werden. Evtl. muss das Ende des DJ durchstochen werden und ein langer Faden durch die Schleuse geführt werden.

22.2.6 Postinterventionelles Management

Gelegentlich kann eine Manipulation im Harntrakt eine Makrohämaturie auslösen, die meist mit zusätzlicher Anlage eines transurethralen Spülkatheters beherrscht werden kann. Ist im Rahmen der Manipulation eine stärkere Makrohämaturie aufgetreten, sollte auf einen Doppel-J-Katheter verzichtet und direkt ein Mono-J-Katheter angelegt werden.

Die Kontrolle der Durchgängigkeit eines DJ-Katheters kann mit einem Refluxzystogramm überprüft werden.

22.3 Komplikationen

Die allermeisten Patienten mit einem DJ-Katheter beklagen irritative Beschwerden wie Harndrang, Pollakisurie, Flanken und Unterbauchschmerzen oder eine leichte Makrohämaturie. Urge-Symptomatik kann von einem zu lang ausgewählten oder zu hartem DJ resultieren. Anticholinerge Medikation bessert meist die Symptomatik (Borboroglu et al. 2001).

Ein Refluxschmerz zeigt einen durchgängigen DJ an und tritt bevorzugt bei Männern während der Miktion auf (höherer Miktionsdruck). Verkürzte Miktionsintervalle und eine Miktion ohne Pressen verbessern die Situation (Mosli et al. 1991, Joshi et al. 2001, Denstedt et al. 1998, Richter et al. 2000).

DJ-Katheter können inkrustieren und sollten deshalb alle 3 (bis 6 Monate) gewechselt werden. Es ist auf eine ausreichende Trinkmenge des Patienten zu achten. Ansäueren des Urins oder Gabe von Nitrofurantoin kann die Bildung eines Biofilms, die Infektion und damit die Verkrustung vermindern. Infizierte Schienen können durch Antibiotika **nicht** saniert werden und müssen gewechselt werden.

Die Migration eines DJ-Katheters ist bei korrekter Länge selten. Zu weiche DJ können aus der Niere in den Harnleiter und manchmal in die Blase displatziert werden. Tritt eine permanente Inkontinenz auf, so liegt der DJ kaudal des Sphinkters. Mit einem dicken Dauerkatheter oder Zystoskop kann er zurückgeschoben werden. Schienenbrüche treten meist bei langliegenden und inkrustierten DJ auf. Das

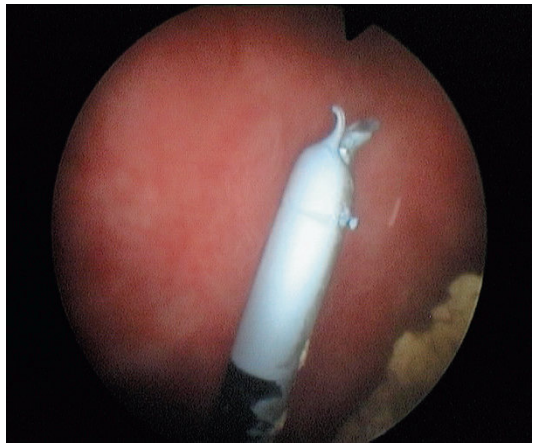


Abb. 22.2 Abgebrochener DJ-Katheter im Nierenbecken mit Stein

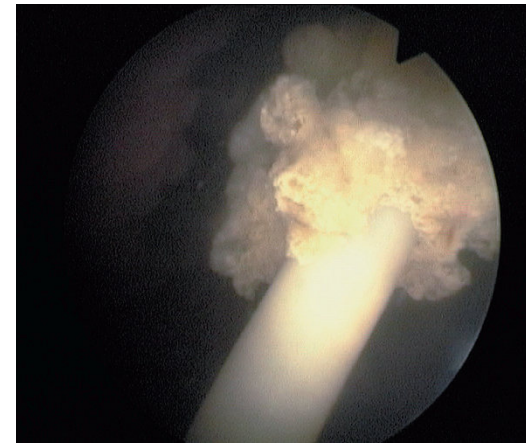


Abb. 22.3 Verkalkter DJ-Katheter in der Blase

Abb. 22.4 Abgebrochener DJ-Katheter im Harnleiter

Bergen der – evtl. zahlreichen – Bruchstücke kann schwierig werden (Dyer et al. 2002).

Tritt beim Schienenwechsel oder spontan eine massive Blutung aus dem Ostium auf, so muss an eine uretero-iliakale Fistel gedacht werden. Charakteristisch ist, dass Patienten langeinliegende DJ-Katheter haben, meist vorbestrahlt sind oder in diesem Bereich noch einen Tumor haben.

Ist die Blutung akut, sollte wenn möglich zügig ein Mono-J-Katheter eingelegt werden und eine Angiografie durchgeführt werden. Bei V. a. Fistel kann der DJ-Wechsel auch im Angiografieraum durchgeführt werden. Therapie der Wahl ist die Platzierung eines gecoverten Gefäßstents über die Fistel. Eine offen-chirurgische Operation sollte vermieden werden.

Bei der Platzierung des DJs ist ein abschließendes Röntgenbild durchzuführen. Ist noch Kontrastmittel (KM) von der vorausgegangenen retrograden Darstellung im Nierenbecken, ist die Lagekontrolle einfach. Ohne KM ist auf die Orientierung des kranialen Kringels zu achten (nach lateral!).

Weitere mögliche Komplikationen ◘ Abb. 22.2, ◘ Abb. 22.3 und ◘ Abb. 22.4.

»Versenkter« DJ-Katheter

Wurde der DJ-Katheter versehentlich in den distalen Harnleiter geschoben und dort abgeworfen, sollte dieser möglichst rasch ureteroskopisch geborgen werden. Längeres Zuwarten führt zu einem Ödem in der Harnleiterwand und einem erschwerten Auffinden des distalen Endes des DJ.

Ein radiologisch überprüftes »blindes Zubeißen« mit einem Zängchen kann zu Blutung oder Harnleiterperforation führen.

Endoskopisch könnte noch folgendes Vorgehen gelingen:

- Vorbeischieben eines 4-Charr-Ballondilatationskatheters (mit länglichem Ballon) am DJ-Katheter
- Aufblasen des Ballons und Herandrücken des DJ an die Blasenwand
- Beim vorsichtigen, radiologisch kontrolliertem Zurückziehen des Ballonkatheters kann der DJ mit in die Blase wandern

Patienten mit einliegenden Schienen müssen engmaschig überwacht werden (Kreatinin, Sonografie, Urinkontrolle). Der Patient **und** der weiterbehandelnde Arzt müssen informiert sein, dass eine Schiene gelegt wurde – evtl. Erstellen eines Patientenpasses – und dass diese regelmäßig gewechselt oder wieder entfernt werden muss.

Literatur

Pearle, M. S., Pierce, H. L., Miller, G. L., Summa, J. A., Mutz, J. M., Petty, B. A., Roehrborn, C. G., Kryger, J. V., and Nakada, S. Y. (1998) Optimal method of urgent decompression of the collecting system for obstruction and infection due to ureteral calculi. J Urol, 160:1260-1264.

Auge, B. K. and Preminger, G. M. (2002) Ureteral stents and their use in endourology. Curr Opin Urol, 12: 217-222,

Hofmann, R., Pickl, U., and Hartung, R. Negotiating ureteral stenoses and kinks with a hydrophilic wire. Urol Int, 54: 162-164., 1995

Cass, A. S., Kavaney, P., Levine, L., Lundblad, R., Robbins, J., Stern, J., and Wolpert, J (1993) Extracorporeal shock wave lithotripsy for calcified ureteral stent. J Endourol, 7: 7-10

Bultitude, M. F., Tiptaft, R. C., Glass, J. M., and Dasgupta, P. (2003) Management of encrusted ureteral stents impacted in upper tract. Urology, 62: 622-626.,

Borboroglu, P. G., Amling, C. L., Schenkman, N. S., Monga, M., Ward, J. F., Piper, N. Y., Bishoff, J. T., and Kane, C. J. (2001) Ureteral stenting after ureteroscopy for distal ureteral calculi: a multi-institutional prospective randomized controlled study assessing pain, outcomes and complications. J Urol, 166: 1651-1657

Mosli, H. A., Farsi, H. M., al-Zimaity, M. F., Saleh, T. R., and al-Zamzami, M. M. (1991) Vesicoureteral reflux in patients with double pigtail stents. J Urol, 146: 966-969

Joshi, H. B., Stainthorpe, A., Keeley, F. X., Jr., MacDonagh, R., and Timoney, A. G. (2001) Indwelling ureteral stents: evaluation of quality of life to aid outcome analysis. J Endourol, 15: 151-154

Denstedt, J. D., Wollin, T. A., and Reid, G. (1998) Biomaterials used in urology: current issues of biocompatibility, infection, and encrustation. J Endourol, 12: 493-500

Richter, S., Ringel, A., Shalev, M., and Nissenkorn, I. (2000) The indwelling ureteric stent: a 'friendly' procedure with unfriendly high morbidity. BJU Int, 85: 408-411

Dyer, R. B., Chen, M. Y., Zagoria, R. J., Regan, J. D., Hood, C. G., and Kavanagh, P. V. (2002) Complications of ureteral stent placement. Radiographics, 22: 1005-1022

Sonografisch gesteuerte Punktionen

R. Häußermann

23.1 Harnableitung – 322
23.1.1 Anlage eines suprapubischen Blasenkatheters – 322
23.1.2 Anlage einer perkutanen Nephrostomie – 323

23.2 Biopsie – 325
23.2.1 Nierenbiopsie – 325
23.2.2 Transplantatniere – 325
23.2.3 Prostatastanzbiopsie – 326

23.3 Punktion – 326
23.3.1 Abszesspunktion – 326
23.3.2 Lymphozelenpunktion – 326

Literatur – 327

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_23

23

23.1 Harnableitung

23.1.1 Anlage eines suprapubischen Blasenkatheters

Indikationen

Die Indikation zur Anlage eines suprapubischen Katheters besteht bei verschiedenen Formen der Blasenentleerungsstörung. Üblicherweise wird der anatomische Weg durch die Harnröhre zur Entlastung der Harnblase mittels transurethralem Katheterismus bevorzugt. In akuten Notfallsituationen kann dies jedoch behindert werden durch subvesikale Hindernisse wie Harnröhrenstenose, Via falsa der Harnröhre, Harnröhrensteine, Sphinkterspasmus, Fehllage eines artifiziellen Harnröhrensphinkters oder andere Fremdköper sowie intraprostatische Obstuktionen durch benigne Prostatahyperplasie (BPH) oder Prostatakarzinom.

Neurogen oder myogen bedingte Blasenentleerungsstörungen können üblicherweise mittels sterilem Selbstkatheterismus behandelt werden. Eine suprapubische Ableitung wird häufig als Alternative aus pflegerischen Gründen gewählt oder bei Männern als Alternative zur dauerhaften transurethralen Kathetereinlage.

Bei Kindern kann die suprapubische Punktion aus diagnostischen Gründen durchgeführt werden, insbesondere bei kleinen Jungen zur sterilen Uringewinnung.

Vorbereitung

Eine schriftliche Aufklärung über den Eingriff sollte unbedingt durchgeführt werden, ebenso eine Kontrolle der Blutgerinnungsparameter. In der Anamnese ist auf blutgerinnungshemmende Medikamente zu achten. Der Eingriff wird unter sterilen Bedingungen durchgeführt, d. h. mehrfaches Desinfizieren, sterile Abdeckung, Kleidung und Handschuhe. Ein signifikanter Harnwegsinfekt muss ausgeschlossen werden. Die Blase kann über einen transurethralen Katheter mit steriler Kochsalzlösung aufgefüllt werden. Sonografisch wird die Füllung kontrolliert und auf Interposition von Darmschlingen zwischen Bauchwand und Blase geachtet. Ebenso sollte die endovesikale Ausdehnung der Prostata beurteilt werden, um ggfs. den Punktionswinkel bei großem Mittellappen anzupassen.

Tipps

Durch langsames Füllen der Blase können Tenesmen und frühzeitiger Harndrang verhindert werden.

Durchführung

Die Punktion erfolgt 2–3 cm kranial des Symphysenoberrandes in der Mittellinie bei gefüllter Harnblase. Es wird ein Depot eines schnellwirksamen Lokalanästhetikums in der Haut gesetzt und mit einer ausreichend langen Punktionskanüle eine Probepunktion durchgeführt. Punktionstiefe und Punktionswinkel können so kontrolliert werden. Im Rückzug kann der gesamte Punktionskanal betäubt werden. Nach Stichinzision der Haut wird nun ein Punktionstrokar in die Blase gelegt, durch den gleichzeitig der Katheter vorgeschoben werden kann. Alternativ kann ein Seldinger-Draht durch die Nadel eingeführt werden, der Weg bougiert und anschließend der Katheter eingeführt werden.

Tipps

Im Gegensatz zur Punktionsnadel bietet die Blasenwand dem Punktionstrokar einigen Widerstand. Dieser sollte bis zur Blasenwand gleichmäßig vorgeschoben werden. Bei spürbarem Widerstand wird mit einem kurzen kontrollierten Ruck die Wand durchstoßen.

Vorsicht ist bei fixierten Darmschlingen nach Unterbauchlaparotomien und anatomischen Besonderheiten der Harnblase wie z. B. Blasendivertikel geboten (Abb. 23.1, Abb. 23.2).

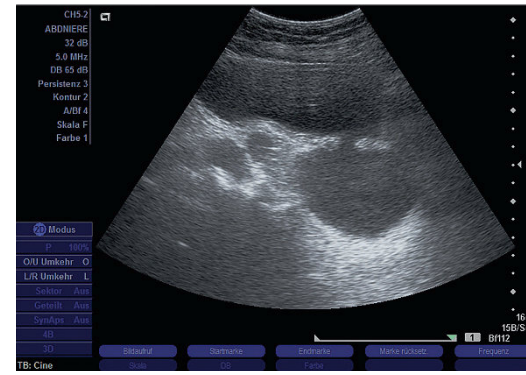


Abb. 23.1 Geringe Blasenfüllung bei großem Blasendivertikel nach dorsal und dorsokranial gelegene Darmschlingen

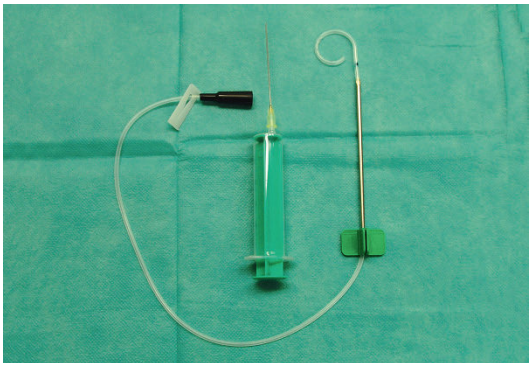


Abb. 23.2 Spritze für Lokalanästhetikum und zur Probepunktion mit Punktionstrokar mit nicht - blockbarem Harnblasenkatheter

23.1.2 Anlage einer perkutanen Nephrostomie

Unter einer perkutanen Nephrostomie wird die bildgebend geführte perkutane Anlage einer Fistel in das Nierenbecken verstanden. 1954 wurden erstmals durch Weens und Florence (Weens und Florence 1954) sowie Wickboom (Wickboom 1954) perkutane Punktionen des Nierenbeckens zur antegraden Pyelografie durchgeführt. 1955 erfolgte die erste perkutane Nephrostomie durch Goodwin et al. (Goodwin et al 1955), damals noch unter Röntgenkontrolle. Rund 20 Jahre später haben Günther und Kollegen (Günther 1977) sonografisch gezielt die Punktion durchgeführt. Mit der Verbesserung der Punktionssysteme und der Weiterentwicklung der Ultraschallgeräte ist dieses Verfahren zur Routine geworden und fest etabliert.

Indikationen

Diagnostische Indikationen
- Antegrade Darstellung von Nierenbecken und Harnleiter
- Nierenbeckendruckmessung
- Beurteilung der Nierenfunktion (Ausscheidung, spezifisches Gewicht des Urins, Kreatinin-Clearance)

Therapeutische Indikationen
- Obstruierende Harnleitersteine
- Harnleitertumoren
- Iatrogene Harnleiterstrikturen (postoperativ, radiogen)
- Externe Tumorkompression (Lymphome, gynäkologische Tumoren, Kolonkarzinom)
- Notfallmäßige Ableitung infizierter Harnstauungsnieren
- Zugangsweg für Chemolyse von Harnsteinen
- Zugangsweg für BCG-Instillationen bei Nierenbeckenkarzinom

Die Indikation zur Anlage einer perkutanen Nephrostomie wird aus diagnostischen oder therapeutischen Gesichtspunkten gestellt. In den meisten Fällen kann das Für und Wider zwischen dem retrograden endoluminalen Zugangsweg durch Harnblase und Harnleiter und dem perkutanen Verfahren abgewogen werden. Für beide Zugangswege besteht die Notwendigkeit zur schriftlichen Aufklärung aufgrund der Invasivität der Maßnahme. Lediglich bei vollständiger Obstruktion durch Tumor, Stein, Faden, Clip oder bei Harnleiterabriss stellt der perkutane Zugangsweg die einzige einfache notfallmäßige Ableitungsform dar.

Durchführung

Vorbereitung und Lagerung

Die Durchführung erfolgt am einfachsten in Bauchlage mit Unterpolsterung unter dem Oberbauch (»Katzenbuckel«, Abb. 23.3) auf einem Röntgentisch mit Durchleuchtungsmöglichkeit. Der Eingriff kann in lokaler Anästhesie erfolgen und erfordert aseptische Bedingungen. Technische Voraussetzung ist ein Punktionsschallkopf oder eine aufsteckbare Punktionshilfe.

Tipps
- Ideale Anordnung des Ultraschall- und Röntgenmonitors in Punktionsrichtung vor Beginn der Punktion (Abb. 23.4).
- Zur besseren Ortung der Nadel geringes Hin- und Herbewegen senkrecht zur Schallebene.
- Bei Neupunktion komplettes Zurückziehen der Nadel bis ins Hautniveau.
- Den Patienten auffordern, die Luft anzuhalten, um eine kurzzeitige Fixierung der Nierenlage zu erzielen.
- Sollte sich nach Punktion bis ins Nierenbecken kein Urin entleeren, kann die Nadel gedreht oder millimeterweise zurückgezogen werden.

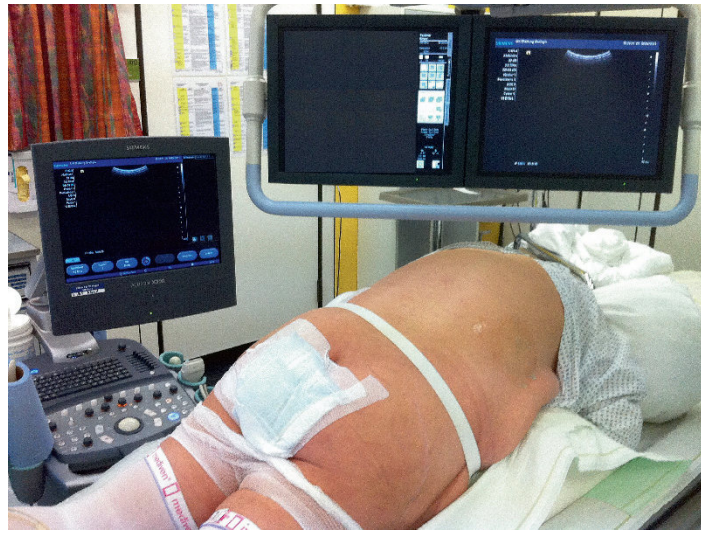


Abb. 23.3 Bauchlagerung des Patienten mit Unterpolsterung des Oberbauches (»Katzenbuckel«). Insbesondere beim narkotisierten Patienten ist auf eine gute Unterpolsterung aller Druckpunkte zu achten.

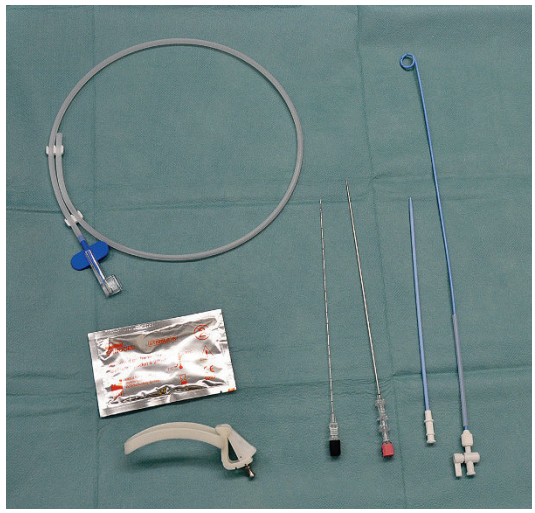


Abb. 23.4 Punktionsbesteck: Die sterile Punktionshilfe wird am Ultraschallkopf montiert. Zunächst erfolgt die Lokalanästhesie mit einer dünnen Injektionsnadel. Durch die Punktionsnadel kann ein Führungsdraht ins Nierenbecken vorgeschoben werden. Mit einem Teflonbougie wird das Einlegen der Nephrostomie vorbereitet.

Abb. 23.5 Curved-array-Ultraschallkopf mit lateraler Punktionshilfe. Einsatz unter aseptischen Bedingungen mit steriler Abdeckung des Patienten und des Ultraschallkopfes.

Punktion

Die Punktion erfolgt durch den Retroperitonealraum von laterodorsal nach mediokranial (Abb. 23.5). Als Standard wird die untere Kelchgruppe punktiert. Die Punktion der mittleren oder oberen Kelchgruppe ist bestimmten Indikationen vorbehalten, z. B. bei anatomischen Besonderheiten oder zur antegraden Schienung. Hierbei steigt das Verletzungsrisiko von Leber, Milz und Pleura deutlich an. Nach erfolgreicher Punktion des Hohlsystems erfolgt eine Darstellung mit Kontrastmittel.

Bei infizierter Harnstauungsniere sollte möglichst wenig Kontrastmittel gegeben werden, um eine Keimeinschwemmung durch Überdruck zu vermeiden.

- Die Anlage einer einfachen dünnen Nephrostomie ist einer dicklumigen Ballon-Nephrostomie in diesem Fall zu bevorzugen.
- Vorteilhaft ist ein zweizeitiges Vorgehen zur weiteren diagnostischen Darstellung oder Aufbougieren auf eine dicklumige Nephrostomie als Dauerversorgung.
- Eine Asservation des Punktionsurins zur Keimanalyse ist empfehlenswert.

Abb. 23.6 Punktion im Bereich der Führungslinien bis ins Nierenbecken mit der Punktionsnadel. Tipp: Sollte sich kein Urin entleeren, kann die Nadel gedreht oder millimeterweise zurückgezogen werden.

Drahtvorlage, Bougierung und Nephrostomie-Einlage

Unter Durchleuchtung wird ein Lunderquist-Draht mit weicher gekrümmter Spitze möglichst weit ins Hohlsystem oder den Harnleiter vorgeschoben, um eine Dislokation bei den weiteren Schritten zu vermeiden. Die Passage einer Kelchhalsstenose kann unter Umständen mit einem Seldinger-Draht oder Terumo-Draht gelingen. Nach Bougierung des Stichkanals kann der Nephrostomiekatheter eingelegt werden. Das Katheterende sollte im Nierenbecken platziert werden, um Beschwerden vorzubeugen. Der Ballon sollte nicht zu stark geblockt werden, um keine Kelchhalsobstruktion zu verursachen. Eine radiologische Kontrolle und Dokumentation zum Abschluss ist sinnvoll (Abb. 23.6).

Tipps

Bei Einlage einer dicklumigen Nephrostomie auf eine ausreichend tiefe Stichinzision von Haut und Faszie achten.

Ist die Nephrostomie als permanente Harnableitung angelegt, so empfiehlt sich die Einlage einer Ballonnephrostomie mit gerader offener Spitze. Ein Wechsel sollte über einen Führungsdraht alle 8–10 Wochen erfolgen. Treten Komplikationen wie häufige Verstopfung und Inkrustationen auf, so kann ein Ansäuern des Urins mit L-Methionin oder das Aufbougieren auf einen stärkerlumigen Katheter hilfreich sein. Eine antibiotische Dauerprophylaxe ist nicht indiziert.

23.2 Biopsie

23.2.1 Nierenbiopsie

Die histologische Untersuchung von Nierengewebe stellt trotz moderner nichtinvasiver Verfahren den diagnostischen Goldstandard der Nephrologie dar. Die Punktion der Niere wird unter sonografischer Kontrolle und sterilen Bedingungen durchgeführt. Die Lagerung erfolgt analog der Anlage einer perkutanen Nephrostomie (▶ Abschn. 23.1.1 Vorbereitung, Abb. 23.3).

Mittels einer Punktionshilfe am Ultraschallkopf wird nach lokaler Anästhesie der Haut die True-cut-Nadel bis an die Nierenkapsel vorgeschoben. Der Patient wird aufgefordert, tief zu inspirieren und die Luft anzuhalten. Die Biopsie erfolgt mit Hilfe eines automatisierten Biopsieapparates, der einen 1,5–2 cm langen Stanzzylinder in der Hohlnadel abtrennt.

Tipps

- Es wird die Entnahme von 2 Biopsien in unmittelbarer Nachbarschaft empfohlen.
- Um Verletzungen an größeren Gefäßen und harnableitenden Strukturen zu vermeiden, erfolgt die Punktion in der Regel am unteren Pol.

23.2.2 Transplantatniere

Die Biopsie einer Tranplantatniere im Unterbauch erfolgt in Rückenlage, ggf. mit leicht erhöhtem Oberkörper. Das Vorgehen erfolgt analog der Biopsie einer Eigenniere (▶ Abschn. 23.2.1) in Lokalanästhesie unter sterilen Bedingungen.

Tipps

Es sollte der besser erreichbare Nierenpol biopsiert werden. Verletzungsgefahr besteht am Unterpol für die Harnblase und die iliacalen Gefäße, am Oberpol ist auf Darmschlingen und das Peritoneum zu achten.

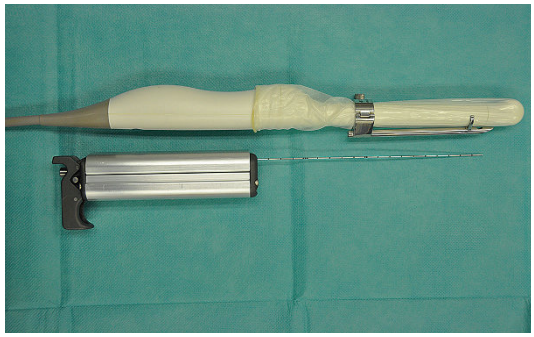


Abb. 23.7 Transrektalultraschallkopf, mit Ultraschallgel gefülltes Kondom zur Wahrung hygienischer Bedingungen, Punktionsnadelführung in Side-fire-Technik, Springfederbiopsiepistole mit Punktionshohlnadel.

Abb. 23.8 PPE-Lagerung. Lagerung des Patienten in Seitenlage, Abdeckung mit sterilen Tüchern.

23.2.3 Prostatastanzbiopsie

Die Prostatastanzbiopsie ist die diagnostische Methode der Wahl zum Nachweis eines Prostatakarzinoms. Es kann transrektal oder perineal biopsiert werden. Der perineale Zugangsweg sollte nur bei Patienten mit Rektumamputation benutzt werden. Standard ist die transrektale Biopsie.

Die Lagerung erfolgt in Seiten- oder Steinschnittlage. Historisch wurden Handführungshilfen zur Punktion suspekter Areale verwendet. Heutzutage erfolgt die Biopsie üblicherweise sonografisch gesteuert mit einem rektalen Schallkopf nach einem systematischen Schema (Abb. 23.7, Abb. 23.8). In der aktuellen Fassung der S3-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie des Prostatakarzinoms von 2015 wird die Ultraschall-gestütze systematische Biopsie immer noch als Mittel der ersten Wahl empfohlen.

Die MRT kann als ergänzende bildgebende Diagnostik nach negativer Biopsie eingesetzt werden. MR-Spektroskopie, Elastografie, Histoscanning, kontrastmittelverstärkter Ultraschall (CEUS) oder PET-CT bieten ergänzende Informationen, insbesondere wo die Möglichkeit einer echten real-time Bildfusion besteht, sind jedoch teuer, nicht überall verfügbar und immer noch stark vom Untersucher abhängig. Es wurde daher bislang keine Empfehlung zum Einsatz in der Primärdiagnostik ausgesprochen.

Tipps

Die Prostatastanzbiopsie soll unter transrektalsonografischer Kontrolle erfolgen.

23.3 Punktion

23.3.1 Abszesspunktion

Oberflächliche Abszedierungen sind an den typischen klinischen Symptomen (Fluktuation, Rubor, Dolor, Calor) zu erkennen. Zur Detektion intrakorporaler Abszesse sind bildgebende Verfahren wie Computertomografie und Sonografie erforderlich. Durch den Einsatz der kontrastmittelverstärkten Sonografie (CEUS) hat der Stellenwert der Sonografie zugenommen.

Sonografisch kommen Abszesse als echofreie oder echoarme Bezirke zur Darstellung, teilweise gekammert oder mit Sedimentationseffekten. Die Ultraschall- oder CT-gesteuerte Abszessdrainage erfolgt in Lokalanästhesie und erlaubt eine weniger invasive Ableitung des flüssigen Abszessinhaltes als die offene Abszessdrainage.

Die Punktion eines Abszesses erfolgt in Analogie zur Anlage einer perkutanen Nephrostomie. Zunächst wird das zu punktierende Areal mit einer dünnen Nephrostomienadel in sonografischer Real-time-Kontrolle punktiert. Nun wird Material zur bakteriologischen Untersuchung aspiriert. Ist über die diagnostische Punktion hinaus die Einlage einer therapeutischen Abszessdrainage notwendig, kann dies über den vorgelegten Führungsdraht in das entsprechende Areal platziert werden. Zur Verwendung kommen normalerweise 8–10-Charr-Pigtailkatheter.

23.3.2 Lymphozelenpunktion

Eine Lymphozele ist eine Lymphansammlung in einem dafür nicht vorgesehenen Kompartiment.

Diagnostik

Lymphozelen treten häufig als Folge einer operativen Lymphadenektomie auf, z. B. im Retroperitoneum nach radikaler Prostatektomie oder nach retroperitonealer Lymphadenektomie (RPLA) bei Hodentumoren. Sonografisch finden sich meist homogene, flüssigkeitsisodense Strukturen. Teilweise besteht eine enge Lagebeziehung zu den Blutgefäßen, in deren Bereich eine Lymphadenektomie erfolgte. Differenzialdiagnostisch muss ein Hämatom oder ein Urinom erwogen werden. Durch Bestimmung von Kreatinin und Harnstoff nach Punktion kann ein Urinom von der Lymphozele differenziert werden.

Indikationen

Schmerzen, Infektion und Fieber stellen eine Indikation zur diagnostischen oder therapeutischen Punktion dar. Klinische Zeichen einer Thrombose oder Abschwächung der venösen Flusssignale sollten an eine mechanische Kompression durch eine Lymphozele denken lassen und ebenfalls therapeutisch punktiert werden. Asymptomatischen Lymphozelen als Zufallsbefund im Rahmen der postoperativen Ultraschallkontollen finden sich in >50 % der Fälle nach offener radikaler Prostataektomie. In 5–10 % der Fälle besteht therapeutischer Interventionsbedarf (Vogel et al. in: Anheuser und Steffens 2012).

Punktion

Die sonografisch gesteuerte Lymphozelenpunktion wird in Lokalanästhesie durchgeführt. Hier hat sich ein Punktionsset zur suprapubischen Blasendrainage bewährt. Der dünne Drainageschlauch wird in die Lymphozele eingelegt und kutan fixiert. Bei sistierter Fördermenge kann die Drainage entfernt werden, andernfalls bietet sich eine Lymphozelensklerosierung oder eine laparoskopische Lymphozelenfensterung an.

Literatur

Weens, H.S. und Florence, T.J (1954): The diagnosis of hydronephrosis by percutaneus renal puncture. J Urol 72 (1954) 589-595

Wickboom, J. (1954). Pyelography after direct puncture of the renal pelvis. Acta Radiol (Stockholm) 41 (1954) 505-512

Goodwin, W.E, et al. (1955). Percutaneous trocar (needle) nephrostomy in hydronephrosis. J Am Med Assoc 157 (1955) 891-894

Günther, R. (1977). Feinnadelpunktion zur antegraden Pyelograhpie und perkutanen Nephropyelostomie. Fortschr Röntgenstr 127 (1977) 439-442

Vogel S. et al. (2012) Komplikationen der offenen Tumorchirurgie - Prostata. In: Anheuser P. & Steffens J. (Hrsg) Risiken und Komplikationen in der Urologie. Thieme Stuttgart New York, S. 107ff

Endoskopie bei speziellen Patientengruppen

Kapitel 24 **Endoskopische Eingriffe bei Kindern – 331**
T. Becker, J. Oswald

Kapitel 25 **Steintherapie bei Kindern – 345**
F. Brüning

Kapitel 26 **Endoskopische intrauterine Eingriffe – 357**
R. Hofmann

Kapitel 27 **Strahlenschutz bei endoskopischen Eingriffen – 363**
R. Leppek

Endoskopische Eingriffe bei Kindern

T. Becker, J. Oswald

24.1 Indikationen – 332

24.2 Technik – 332

24.3 Normalbefunde – 333

24.4 Pathologische Befunde – 334
24.4.1 Blasenwand und Trigonum – 334
24.4.2 Harnleiterostien – 334
24.4.3 Ureterozele – 335
24.4.4 Harnröhrenklappen – 335

24.5 Endoskopische Therapien bei Kindern – 336
24.5.1 Vesikoureteraler Reflux – 336
24.5.2 Ureterozelen – 338
24.5.3 Harnröhrenklappen – 339
24.5.4 Intravesikale Injektion von Botulinum-A-Toxin bei neurogener Blase – 342

Literatur – 343

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_24

24.1 Indikationen

Beim Erwachsenen gehört die Endoskopie auch ohne Narkose häufig zur allgemeinen urologischen Abklärung. Im Gegensatz dazu ist ein endoskopischer Eingriff bei Kindern in der Regel nur in Narkose möglich, sodass die Indikation zur Endoskopie enger gestellt wird. Unabhängig davon, ob eine Endoskopie aus diagnostischer oder therapeutischer Sicht durchgeführt wird, gehört die Endoskopie bei Kindern in erfahrene Hände, um das Risiko des Eingriffs für das Kind zu minimieren und eine korrekte Interpretation der erhobenen Befunde zu gewährleisten. Jede diagnostische Endoskopie bei Kindern sollte hinsichtlich Notwendigkeit und eventueller therapeutischer Konsequenzen mit Sorgfalt hinterfragt werden. Eine suffiziente konservative Diagnostik sollte obligat vorangestellt werden, entsprechend dem Grundsatz »vom wenig Invasiven zum Invasiven« und um dem Kind ggf. den Eingriff in Narkose zu ersparen.

Bei unauffälliger bildgebender Diagnostik (sonografisch und radiologisch), z. B. insbesondere bei rezidivierenden afebrilen Harnwegsinfekten bei Mädchen und unauffälligem DMSA-Scan, bringt die diagnostische Endoskopie selten einen pathologischen Befund. Bei Nachweis von Auffälligkeiten, wie z. B. Restharn nach Spontanmiktion, Blasenwandverdickung und/oder dem Verdacht auf eine strukturelle subvesikale Obstruktion in Folge von Harnröhrenklappen oder -engen, sollte neben der reinen endoskopischen Diagnostik eine endoskopische Therapie in gleicher Sitzung angestrebt werden, um dem Kind eine zusätzliche Narkose wenige Tage später zu ersparen.

24.2 Technik

In Allgemeinnarkose wird das Kind in Lithotomieposition gelagert. Es ist darauf zu achten, dass das Gesäß bis zum Ende des Operationstisches vorgezogen wird und die Unterschenkel in den Beinstützen gut abgepolstert werden. Der Genitalbereich wird mit einer desinfizierenden Lösung gereinigt. Während des Waschens wird ein saugendes Einmaltuch unter das Gesäß eingezogen, um dieses und den Rücken trocken zu halten. Vor dem sterilen Abdecken wird das Tuch wieder entfernt.

Tipps

Insbesondere bei Säuglingen und Kleinkindern und längeren diagnostischen oder therapeutischen Eingriffen empfiehlt sich eine fortwährende Überwachung der Körpertemperatur während des Eingriffs, um ein Auskühlen der Kinder zu vermeiden. Schon unmittelbar nach dem Entkleiden sollte die Körpertemperatur ggf. mittels Wärmelampen oder Wärmeumluft auf 37°C konstant gehalten werden.

Unmittelbar vor der Endoskopie wird der Genitalbereich sorgfältig auf eventuelle Pathologien, wie beispielsweise eine Phimose bei Jungen oder Labiensynechien, Hymenalatresien oder ektope Harnleitermündungen mit ggf. ständigem, tropfenweisen Harnverlust bei Mädchen, inspiziert, der Meatus wird vor dem Eingehen mit dem Instrument nochmals desinfiziert.

Zunächst werden wenige Milliliter eines gut gleitenden Gels in die Harnröhre eingebracht, alternativ wird der Schaft des Endoskops benetzt. Das Zystoskop sollte nie gegen einen Widerstand eingeführt werden! Das Einführen des Zystoskopschaftes mit dem gut abschließenden Obturator in die vordere Harnröhre kann insbesondere beim Jungen die atraumatische Passage des Meatus erleichtern.

Anschließend wird der Obturator gegen eine 0°-Optik ausgewechselt, und das Instrument wird unter Sicht und unter vollem Spülstrom ohne Widerstand durch die gestreckte Harnröhre bis zu Blase vorgeschoben. Blutungen beim Einführen des Instruments sollten vermieden werden, da sonst postoperativ Harnröhrenstrikturen auftreten können.

Relative Harnröhrenengen, die nicht ohne Widerstand mit dem Schaft zu überwinden sind, sollten mit einer Urethrotomia interna bei 12 Uhr inzidiert werden. Nach dem Einführen des Instruments in die Blase kann über das Endoskop eine Urinprobe zur Diagnostik gewonnen werden, soweit dies präoperativ nicht erfolgte.

Zunächst erfolgt eine sorgfältige systematische Inspektion der Blase. Zur Orientierung wird das Endoskop bis zum Blasenhals zurückgezogen, anschließend erfolgt die Beurteilung des Trigonums sowie die Identifikation beider Harnleiterostien. Darüber hinaus werden Zahl, Form, Lage und Funktion der Harnleiterostien bei unterschiedlichen Füllungsgraden der Harnblase beurteilt, ebenso wie die bolusartige Urinejakulation und Urinbeschaffenheit. Nach

der Beurteilung des Trigonums und der Ostien erfolgen die Untersuchung des Blasenbodens sowie die systematische Untersuchung beider Seitenwände, der Hinterwand, des Blasendachs und der Vorderwand.

Mit der 0°-Optik können weite Bereiche der Blase beurteilt werden. Insbesondere zur Beurteilung der Blasenvorderwand empfiehlt sich jedoch der Wechsel der 0°-Optik gegen eine 30- oder 70°-Optik. Darüber hinaus kann die Beurteilung der Blasenvorderwand durch manuelles Eindrücken der Bauchdecke erleichtert werden.

Nach der Beurteilung der Blase wird das Endoskop erneut bis zum Blasenhals zurückgezogen. Anschließend erfolgt das langsame Zurückziehen des Instruments, abwechselnd unter vollem Spülstrom oder ohne, in die Harnröhre. Auf diese Weise wird die Beurteilung des Blasenhalses, der prostatischen Harnröhre, des Colliculus seminalis mit Utrikel sowie evtl. der Nachweis von Harnröhrenklappen oder Harnröhrendivertikeln möglich.

Idealerweise erfolgt heute die Endoskopie bei Kindern diagnostisch und therapeutisch unter Videobedingungen. Dank der hervorragenden Videosysteme und des Vergrößerungseffekts ist heute die Videoendoskopie aus mehreren Gründen auch in der Kinderurologie der alten »einäugigen Kunst ohne Zeugen« überlegen und generell zu empfehlen.

Jede Phase des Eingriffs kann zu Demonstrations- oder Überwachungszwecken jederzeit von Lernenden oder Lehrenden optisch begleitet werden. Jeder Befund und jede Sequenz können aus medizinischen oder forensischen Gründen im Einzelbild oder als Videosequenz festgehalten sowie für Statistik, Zuweiser oder Studienzwecke dokumentiert werden.

Moderne, leichte Videokameras sind heute mit Dampf autoklavierbar, bedürfen keines sterilen Überzugs mehr und sind somit sehr benutzerfreundlich in der Kinderurologie universell einsetzbar.

Meatuskalibrierung

Tipps

Beim Mädchen empfiehlt sich eine Meatuskalibrierung vor dem Einführen des Zystoskops zum Ausschluss einer Meatusstenose. Die Messung der Meatusweite erfolgt mittels »bougie à boule«.

Die mit Gleitmittel versehenen Sondenspitzen werden in steigender Charrière-Zahl in die Harnröhre eingeführt. Bei einer Meatusstenose kommt es zu einem Hängenbleiben der kegelförmigen Sondenspitze beim Zurückziehen in die distale Harnröhre. Typischerweise erkennt man einen anämischen Ring im Bereich der Enge. Die Harnröhrenweite ist altersabhängig, signifikante Meatusstenosen sind selten. Zeigt sich präoperativ bei der Harnstrahlbeobachtung ein nach vorne flektierter Harnstrahl (anterior deflected urinary stream – ADUS), ist eine Kalibrierung und gegebenenfalls posteriore Meatotomie sinnvoll.

Die Methode ist zur Diagnose einer mechanischen Obstruktion geeignet. Eine funktionelle Harnröhrenenge wie beispielweise bei Detrusor-Sphinkter-Dyskoordination lässt sich auf diese Weise nicht ausschließen. Bei funktioneller subvesikaler Obstruktion ist eine Urotherapie zu empfehlen. Eine anatomische Meatusenge erfordert eine chirurgische Korrektur.

Therapie der Wahl ist eine plastische Meatotomie oder Bougie-Urethrotomie. Harnröhrenbougierungen bedingen ein sternförmiges Einreißen der zarten Urethralschleimhaut, haben somit eine hohe Rezidivrate und sollten deshalb unterbleiben. Eine interne Urethrotomie nach Otis sollte wegen der Gefahr einer iatrogenen Harninkontinenz bei Mädchen nicht durchgeführt werden.

In der Vergangenheit wurde die Indikation zur »Harnröhrenschlitzung« zu oft gestellt. Bei sonografisch normaler Blasenwanddicke, unauffälliger Miktionszystourethrografie, normalem Harnstrahl und/oder unauffälliger Uroflow-Kurve besteht bei unauffälligem Harnstrahl *keinerlei* Indikation zur Meatotomie.

24.3 Normalbefunde

Sowohl die Farbe des Trigonums als auch der übrigen Blasenschleimhaut ist u. a. von der Stärke der Lichtquelle sowie dem Füllungsgrad der Blase abhängig. Bei geringer Blasenfüllung ist die normale Blasenschleimhaut rötlich im Gegensatz zur gelben bis nahezu weißen Färbung bei maximaler Blasenfüllung. Vom Blasenauslass gesehen erscheint das Trigonum leicht rötlich und erhaben. Das Trigonum hat eine dreieckige Form. Der Apex strahlt in die hintere Harnröhre, an beiden oberen Winkeln des Trigonums münden die Harnleiter. Die Harnleiterostien sind normalerweise schlitzförmig, nicht aufspülbar und die Urinejakulation erfolgt bolusartig.

Die Form des Trigonums sowie Form und Funktion der Harnleiterostien sind vom Füllungszustand der Blase abhängig.

Wird das Endoskop langsam in die Harnröhre zurückgezogen oder in Richtung Blase vorgeschoben, wird der Blasenhals sichtbar. Bei mäßiger Blasenfüllung erscheint der Blasenhals als irregulärer, leicht geröteter Ring. Mit zunehmender Blasenfüllung wird die Blasenschleimhaut blasser, die Fältelung der Blasenwand verstreicht und der Blasenhals imponiert wie ein blasser, unter Spannung stehender Ring bei maximaler Blasenfüllung.

Weiter distal wird beim Jungen der Collikulus seminalis sichtbar. Es handelt sich um eine ovale bis rundliche Struktur in der Mitte der dorsalen prostatischen Harnröhre, auf deren Oberseite gelegentlich die Mündung des Utriculus sichtbar ist. Von der Unterseite erheben sich jeweils 1–2 divergierende Falten beidseits an der hinteren Wand der Harnröhre, die weiter distal in Höhe der membranösen Harnröhre in die laterale Harnröhrenwand einstrahlen. In diesem Bereich zeigt sich eine Lumeneinengung der Urethra, verursacht durch das Diaphragma urogenitale. Zahlreiche anatomische Variationsmöglichkeiten erschweren die Beurteilung der proximalen Harnröhre, während die Befundung der distalen penilen Harnöhre selten Schwierigkeiten bereitet.

▪ Normale weibliche Harnröhre

Die kurze Harnröhre beim Mädchen erlaubt meist das problemlose Einführen des Endoskops. Während keine Unterschiede in der Befundung von Trigonum, Harnleiterostien und Blasenschleimhaut bei den beiden Geschlechtern bestehen, ist die Beurteilung der Harnröhre beim Mädchen aufgrund der Kürze häufig etwas erschwert. Im Vergleich zur männlichen Harnröhre imponiert die weibliche Harnröhre stärker gefaltet, mit längs verlaufenden Falten insbesondere an der hinteren Harnröhrenwand, und die Schleimhaut wirkt rötlicher, sodass eine »Urethritis« vorgetäuscht werden kann.

24.4 Pathologische Befunde

24.4.1 Blasenwand und Trigonum

Iatrogene Veränderungen der Blasenschleimhaut durch das Trauma des Endoskops wie Petechien, Blutungen etc. sollten vermieden werden. Sie sind zudem von Schleimhautveränderungen aufgrund einer akuten Entzündung oder einer chronischen Reizung der Blase zu unterscheiden. Die Reaktionen der Blasenschleimhaut und der Blasenwand entsprechen denen im Erwachsenenalter. Im Rahmen einer akuten Zystitis erscheint die Blasenschleimhaut stärker gerötet, vermehrt gefäßinjiziert, ödematös verdickt und leichter vulnerabel. Bei chronischen Formen können sich Veränderungen im Sinne einer Cystitis cystica oder glandularis zeigen.

Als Folge einer funktionellen oder strukturellen subvesikalen Obstruktion mit intravesikaler Druckerhöhung kann es zu einer Verdickung der Blasenwand mit Trabekelbildung und ggf. Ausbildung von Pseudodivertikeln durch eine Herniation der Mukosa durch die hypertrophierten Fasern des M. detrusor kommen. Echte kongenitale Blasendivertikel sind davon abzugrenzen. Solche kongenitalen Divertikel zeigen einen regelrechten Wandaufbau und sind meist an der ureterovesikalen Verbindungsstelle, unmittelbar neben einem häufig refluxiven Ostium, lokalisiert (»Hutch-Divertikel«). Direkt am Blasenscheitel gelegene Divertikel sind meist persistierende Relikte des Urachus, die mit dem Blasenlumen kommunizieren. Im Rahmen einer einseitigen Nierenagenesie zeigt sich zystoskopisch ein Hemitrigonum ohne Harnleiterostium auf der betroffenen Seite.

24.4.2 Harnleiterostien

Die Harnleiterostien zeigen Anomalien bezüglich Anzahl, Lage, Form und Funktion. Kann ein Harnleiterostium nicht in der Harnblase identifiziert werden, kann es nicht existent sein wie bei einseitiger Nierenagenesie, oder es kann ektop außerhalb der Blase münden. Die Ektopie geht insbesondere beim Mädchen in bis zu 75 % der Fälle mit einer Doppelbildung einher. Beim Vorliegen einer Ureterdoppelbildung liegt die Mündung der zweiten Ureterknospe entsprechend der Meyer-Weigert-Regel weiter kaudal und medial als die meist regelrecht im Winkel des Trigonums gelegene erste Mündung. Beim Mädchen kann die ektope Mündung am Blasenhals oder in der Urethra liegen (35 %), aber auch distal des externen Sphinkters, z. B. neben dem Meatus externus (30 %), oder außerhalb des Harntrakts in Gartner-Gang-Strukturen wie Vagina (25 %) oder Uterus (5 %). Auch außergewöhnliche Ektopien, wie die im Rektum, wurden beschrieben. Der ektope Ureter beim Jungen kann in die hintere Harnröhre bzw. Prostata proximal des Sphinkter externus (55 %) oder in den Genitaltrakt (45 %) münden und führt im Gegensatz

zum Mädchen nie zu einer extraurethralen Harninkontinenz.

Mackie und Stephens entwickelten 1975 eine Lageklassifikation der Harnleiterostien. Hierbei werden eine normale trigonale Zone, eine kraniale Zone und eine kaudale Zone unterteilt (Mackie und Stephens 1975). Innerhalb dieser 3 Zonen wird eine Subtypisierung mittels römischer Buchstaben vorgenommen. Im klinischen Alltag wird vereinfacht die Lage eines Ostiums von A (trigonal) bis D (stark lateralisiert) angegeben. Je lateraler das Ostium liegt, desto häufiger zeigen sich pathomorphologische Auffälligkeiten, wie z. B. ein vesikoureteraler Reflux.

Nach Lyon wird die endoskopisch nachweisbare Morphologie eingeteilt in: normales schlitzförmiges Ostium, Stadion-, Hufeisen- und Golflochostium. Neben der Lage und der Morphologie sollte auch die Aufspülbarkeit der Ostien beurteilt werden: H0 (nicht aufspülbar) bis H3 (Visualisierung des extramuralen Harnleiters). Dazu wird das Ostium dem Spülstrahl des Endoskops ausgesetzt und geprüft, inwieweit das Ostium aufspülbar ist. In ausgewählten Fällen, z. B. bei Verdacht auf einen okkulten Reflux, kann zum Aufspülen ein Röntgenkontrastmittel verwendet werden. Erfolgt zeitgleich eine röntgenologische Untersuchung, kann der Reflux bildlich dargestellt werden (PIC-Zystogramm, »positioning the instillation of contrast«). Die Aufspülbarkeit des Ostiums korreliert mit dem Grad des »PIC-Refluxes«. Der Verdacht auf einen okkulten Reflux besteht beispielsweise bei wiederholten febrilen Harnwegsinfekten, negativem Miktionszystourethrogramm und positivem DMSA-Scan mit Nachweis zunehmender Speicherdefekte bzw. Seitenfunktionsverlust.

Die endoskopische Beurteilung der Ostienkonfiguration, -lage und -aufspülbarkeit kann bei Kindern mit vesikoureteralem Reflux einen Beitrag zur Therapieentscheidung liefern. Aufgrund der Invasivität und der Notwendigkeit einer Narkose steht die Endoskopie, falls erforderlich, an letzter Stelle der Stufendiagnostik mit der Möglichkeit einer anschließenden operativen Refluxkorrektur. Für eine evtl. geplante endoskopische Refluxkorrektur scheint die Ostienkonfiguration von größerer Bedeutung als der Refluxgrad.

Im Falle eines orthotop mündenden Megaureters zeigen sich endoskopisch häufig wenig Auffälligkeiten.

24.4.3 Ureterozele

Die Ureterozele ist definiert als zystische Erweiterung des intravesikalen submukösen Harnleitersegments. Die Ureterozele hat eine Inzidenz von 1:500, sie tritt bei Mädchen 4- bis 7-mal häufiger auf als bei Jungen. In ca. 10 % der Fälle tritt sie bilateral auf. In 80 % sind die Ureterozelen mit einem Doppelsystem vergesellschaftet. Wir unterscheiden die intravesikale von der extravesikalen Ureterozele.

Tipps

Der zystoskopische Befund ist häufig sehr variabel, insbesondere kleine Ureterozelen können am besten bei nahezu leerer Blase mit Kompression der Flanke beurteilt werden. Bei zunehmender Blasenfüllung können Ureterozelen unter Umständen aufgrund der Kompression bei der Diagnostik übersehen und lediglich bei Ankunft einer peristaltischen Welle sichtbar werden.

Ist die Blase prall gefüllt, imponiert eine Ureterozele gelegentlich auch wie ein Blasendivertikel. Ursächlich ist der veränderte Aufbau der Blasenwand im Bereich der Zele mit vermindertem muskulärem Widerlager.

Sehr große Ureterozelen können die Identifikation der Ureterostien erschweren oder gar unmöglich machen. Ein transurethraler Prolaps der (nun ektopen) Zele kann zur Verlegung des Blasenauslasses und der Harnröhre führen. Das Eingehen mit dem Zystoskop in die Blase kann bei großen Ureterozelen manchmal etwas erschwert sein. Gelegentlich kommt es hier sogar wie auch beim Katheterisieren zur Perforation der Zele. Die Ureterozele ist obligat dem oberen dilatierten Doppelnierenanteil zugehörig. Ureterozelen, die mit einem singulären (ohne Doppelbildung) System einhergehen, sind meistens klein und liegen intravesikal.

24.4.4 Harnröhrenklappen

Im Rahmen der Endoskopie sind häufig zunächst sekundäre Veränderungen auffällig. Charakteristisch sind die dickwandige, trabekulierte Harnblase, die elongierte und dilatierte prostatische Harnröhre und der steil aufgebaute, eingeengte, hypertrophe Blasenhals. Hinzu kommen Pseudodivertikel und meist ein vesikoureteraler Reflux, ein- oder beidseitig, in weit

über der Hälfte der Fälle. Der Colliculus seminalis kann normal ausgebildet sein oder flach an der Hinterwand der Harnröhre liegen. Distal davon entspringen zwei kräftige Schleimhautfalten, die sich meist ventral vereinigen und das Lumen der Harnröhre einengen. Wird das Endoskop weiter zurückgezogen, ist das Lumen durch die Klappen plötzlich verschlossen, oder es ist lediglich eine schlitzförmige Öffnung sichtbar. Bei nur mehr diskret ausgebildeten Klappen (»Restklappen« primär oder sekundär durch transurethrale Katheterisierungen teilweise rupturiert) können durch Druck auf die Blase und Positionierung des Zystoskops am äußeren Sphinkter diese Restklappen dargestellt werden.

Eine häufig assoziierte Anomalie ist das sog. VURD-Syndrom (posterior urethral valve, unilateral vesicoureteral reflux, renal dysplasia). Dies bedeutet einen massiven, meist unilateralen Grad-V-Reflux in eine funktionslose, dysplastische Niere. Seltener kommt es zur Ausbildung großer Blasendivertikel oder renaler Fornixrupturen, die zu Urinaszites führen.

24.5 Endoskopische Therapien bei Kindern

24.5.1 Vesikoureteraler Reflux

Indikationen

Die Therapie der kindlichen Refluxerkrankung erfordert Kompetenz, Erfahrung und ein gewisses Fingerspitzengefühl. Die Behandlung ist im Einzelfall individuell, aber auf der Basis von klaren Leitlinien durchzuführen. Derzeit werden dennoch von Pädiatern, Urologen bzw. Kinderurologen und Kinderchirurgen oft sehr unterschiedliche Therapieempfehlungen abgegeben. Die Refluxtherapie ist grundsätzlich abhängig vom Refluxgrad, der ipsilateralen Nierenfunktion, der Blasenfunktion, einer evtl. Begleitpathologie, vom Alter und Geschlecht des Kindes, der Klinik und von der Compliance und der Präferenz der Eltern.

Die endoskopische Refluxtherapie wurde Anfang der 1980er Jahre inauguriert und wird als Alternative zur antibiotischen Reinfektionsprophylaxe verstanden. Die Indikation zur endoskopischen Ostiumunterspritzung mit einem »bulking agent« ist der ein- oder beidseitige zweit- bis viertgradige vesikoureterale Reflux bei Kindern >1 Jahr ohne ausgeprägte Veränderungen in der Nierenszintigrafie (DMSA Scan). Erstgradige kontralaterale Refluxe werden simultan mitversorgt.

Diagnostik

Der Refluxnachweis erfolgt mittels konventionellem (röntgenologischen) Miktionszystourethrogramm (MCU) oder als Alternative mittels Sono-MCU oder direktem bzw. indirektem Isotopen-MCU. Weitere Voraussetzung zur Klassifikation der Refluxerkrankung ist eine isotopennephrografische Beurteilung der Niere mittels DMSA-Scan sowie bei toilettentrainierten Kindern die Überprüfung der Blasenfunktion mit Miktionsprotokoll, Uroflow/EMG und sonografischer Restharnmessung. Eine Narkosezystoskopie zur Beurteilung der Ostienkonfiguration und -lage zur Festlegung bzw. Auswahl des Therapieverfahrens ist routinemäßig nicht notwendig, kann aber im Einzelfall zur genaueren Festlegung des Operationsverfahrens sinnvoll sein.

Substanzen und Technik

Die Verwendung von Teflon oder bovinem Kollagen (Zyplast) ist heute nicht mehr indiziert. Derzeit kommen vorwiegend 2 Substanzen zur Anwendung.

Polymethylsiloxane ist ein Silikonelastomer (Silikongummi), suspendiert in einem Carrier-Gel. Die Partikelgröße von 100–210 µm verhindert eine Phagozytierung durch Monozyten oder Makrophagen. Das Carrier-Gel wird absorbiert und durch Kollagen ersetzt, welches das Implantat einkapselt. Wegen der geringen Viskosität ist die Applikation mit einer Hochdruckpistole erforderlich. Die Kanüle benötigt ein Gleitgel.

Hyaluronsäure/Dextranomer-el besteht aus dextranomeren Mikrosphären in einer Lösung von Hyaluronsäure. Es handelt sich um eine organische Substanz mit einer Partikelgröße von 80–250 µm, die nicht migriert oder kalzifiziert. Die Mikrosphären induzieren das Einsprossen von Fibroblasten und Kollagen und lösen sich dann innerhalb einer Woche wieder auf. Bei halb voller Blase wird die Substanz (meist 0,5–1 ml) über ein 8,5- bis 11-Charr-Urethrozystoskop mit einer 30°-Optik und einer 30 cm langen, starren, polytetrafluorethylenbeschichteten 3,7-F-Nadel unter die Mukosa des distalen Harnleiters injiziert. Der submuköse Anteil des Ureters wird dadurch etwas verlängert, was den Ventilmechanismus bzw. Refluxschutz verbessert (◘ Abb. 24.1, ◘ Abb. 24.2, ◘ Abb. 24.3 und ◘ Abb. 24.4). Anfänglich erfolgte lediglich eine Punktion in der 6-Uhr-Position (subureterisch, STING).

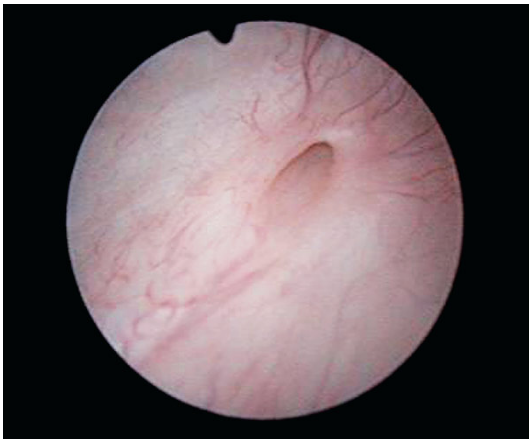


Abb. 24.1 Lateralisiertes aufspülbares Ostium

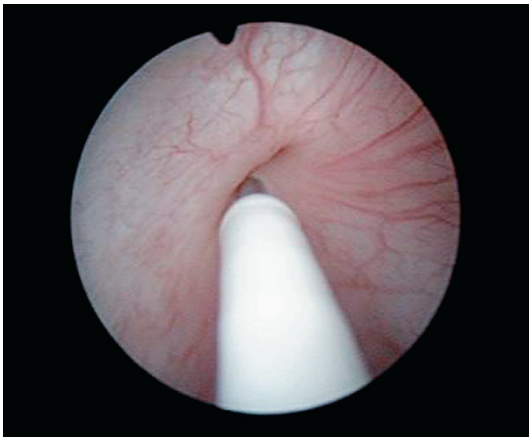


Abb. 24.2 Position der Nadel

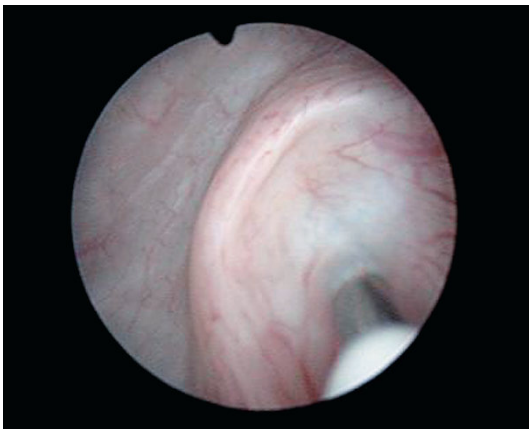


Abb. 24.3 Unterspritzung des Ostiums

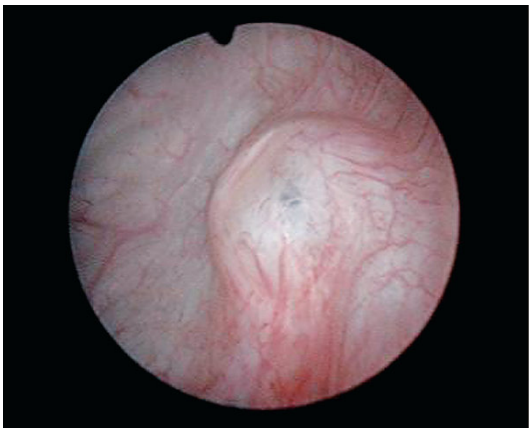


Abb. 24.4 Ostiumkonfiguration nach Unterspritzung

Tipps

Bessere Ergebnisse lassen sich mit der Hydrodistensionstechnik (HIT) erzielen. Dabei wird das Harnleiterostium mit dem Spülstrom des Instruments aufgespült, um eine präzisere Positionierung der Nadel zu ermöglichen. Die »HIT-Punktion« erfolgt im intramuralen Harnleiteranteil. Bei Bedarf kann eine Punktion proximal intramural und eine weitere distal intramural (»Doppel-HIT«) mit dem Resultat einer Koaptation der Ureterwände erfolgen.

Zusätzlich kann eine »klassische« STING-Punktion in üblicher Weise in der 6-Uhr-Position durchgeführt werden (HIT+STING Technik) (Abb. 24.5). Bei Bedarf können weitere Punktionen durchgeführt werden, bis das Ostium nicht mehr refluxiv erscheint. Dieser kurze Narkoseeingriff kann heute tagesklinisch angeboten werden.

Die Erfolgsrate nach einer Erstinjektion liegt bei durchschnittlich 65–70 %, nach einer Zweitinjektion bei ca. 80 %. Die Vorteile der endoskopischen Therapie liegen in der Vermeidung einer längeren antibiotischen Dauertherapie, in der Reduktion der Anzahl der Refluxzystogramme, in der guten Verträglichkeit und schließlich im Vermeiden eines offen-chirurgischen Eingriffs. Die Nachteile sind der fehlende Erfolg in 20–30 %, die Notwendigkeit einer Narkose und einem Rezidivrefluxrisiko von ca. 25 % ca. 2 Jahre nach primär erfolgreicher Refluxtherapie.

Komplikationen

Die Hauptkomplikation ist der persistierende Reflux je nach Refluxgrad und Expertise des Operateurs in bis zu 30 % der Patienten. Ursache dafür ist v. a. die zu tiefe, paraureterale Injektion (Injektion in die sog.

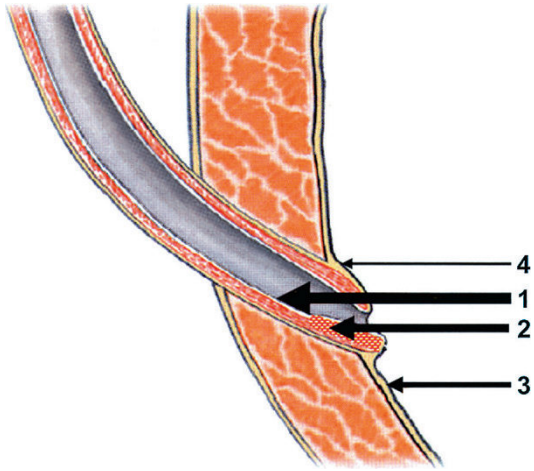


Abb. 24.5 Hydrodistensionstechnik (HIT). Das Harnleiterostium wird mit dem Spülstrom des Instruments aufgespült, dann erfolgen die Punktionen. *1* Intramural proximal (HIT), *2* intramural distal (HIT), *3* subureterisch (STING), *4* oberer Tunnel

Waldeyersche Scheide). Die Ursache eines Refluxrezidivs kann aber auch eine Blaseninstabilität (30–40 %) oder ein »dysfunctional voiding« (15–50 %) sein, die einer konsequenten Therapie mit einem Anticholinergikum bzw. eines gezielten urotherapeutischen Trainings bedürfen.

Häufig kommt es durch die submuköse Unterspritzung zu einer passageren Hydronephrose des ipsilateralen Hohlsystems (10 %), eine persistierende, therapiebedürftige Obstruktion wird bei ca. 1 % der Patienten beschrieben. Diese therapiebedürftigen Obstruktionen traten z. T. erst mehrere Monate bis Jahre nach der Unterspritzung auf, sodass zur Sicherheit sonografische Langzeit-Follow-up-Untersuchungen nach endoskopischer Refluxtherapie erfolgen sollten. Eine vorausgegangene submuköse Ostiumunterspritzung ist keine Kontraindikation für eine evtl. folgende offene Antirefluxplastik. Das in diesen Fällen häufig paraureteral gelegene Depot kann meist mühelos entfernt werden.

24.5.2 Ureterozelen

Indikationen

Über die Therapie der Ureterozele herrscht keine Einstimmigkeit. Sie hängt von zahlreichen Faktoren wie Ausprägung und Lage der Ureterozele, Alter, ipsilateraler Nierenfunktion, Klinik, insbesondere uroseptischem Zustandsbild, begleitendem Reflux ipsi- und/oder kontralateral sowie auch wesentlich vom Zustand der einzelnen Nierenanteile ab. Die Therapie reicht von der minimal-invasiven endoskopischen Schlitzung über offen-operative rekonstruktive Verfahren bis hin zu ablativen Verfahren wie Heminephrektomie, Heminephroureterektomie und Ureterozelenexstirpation.

Ureterozelen werden heute meist bereits prä- oder unmittelbar postpartal sonografisch entdeckt. Bei Vorliegen einer deutlichen konsekutiven Dilatation des oberen Nierenanteils im Sinne einer oberen Teilhydronephrose mit Hydroureter werden heute praktisch alle intra- und extravesikalen Ureterozelen bereits im Säuglingsalter transurethral inzidiert. Vor allem bei Kindern mit einer Urosepsis als Folge einer obstruktiven Pyelonephritis gewährleistet die endoskopische Ureterozeleninzision eine Desobstruktion des Systems mit Stabilisierung des klinischen Bildes. Ziel der frühzeitigen endoskopischen Inzision ist die Beseitigung der Obstruktion mit Erhalt oder ggf. Verbesserung der Nierenfunktion und Senkung des Risikos rezidivierender obstruktiver Pyelonephritiden mit nachfolgendem neuerlichem Funktionsverlust. Führte eine prolabierende Ureterozele zu einer Blasenentleerungsstörung, kann sich nach Therapie die Blasenfunktion verbessern und eine restharnfreie Blasenentleerung ermöglicht werden. Die endoskopische Inzision stellt in 50 % aller intravesikalen, jedoch nur in einem geringen Prozentsatz aller extravesikalen Ureterozelen die definitive Therapie dar.

Nach der Schlitzung erfolgt zunächst eine Reinfektionsprophylaxe. Die weitere Reevaluierung mittels Refluxzystogramm und DMSA-Scan erfolgt in Abhängigkeit von dem klinischen Verlauf sowie sonografischen Befund. Sind Hydronephrose und Dilatatation des Megaureters rückläufig und treten unter Infektprophylaxe keine Harnwegsinfekte auf, kann mit der Reevaluierung bis zum Abschluss des ersten Lebensjahres gewartet werden. Das Vorliegen eines Refluxes in den unteren Nierenanteil und/oder in den kontralateralen Nierenanteil bzw. mitunter auch nach Schlitzung in den zelentragenden oberen Anteil sowie die Nierenfunktion beeinflusst wesentlich die weitere Therapie.

Während in der Vergangenheit, v. a. in der angloamerikanischen Schule, primär eine Heminephrektomie durchgeführt und ggf. sekundär der dazugehörige Oberpolharnleiter entfernt wurde, wurde v. a. im deutschsprachigen Raum primär heminephroureterektomiert und die Ureterozele exstirpiert. Heute ist man bemüht,minimal invasiv den oberen Nierenanteil zu belassen, dem Kind einen Eingriff an der Niere mit Gefährdung des Unterpols zu ersparen und lediglich die Rekonstruktion im Blasenniveau

durchzuführen. Von einem Pfannenstielschnitt aus wird die Ureterozele exstirpiert und beide Harnleiter en bloc neu implantiert.

Diagnostik

Sonografie, Miktionszystourethrografie sowie Nierenfunktionsszintigrafie sind integrale Bestandteile der diagnostischen Abklärung. Neben dem Nachweis einer möglichen Doppelniere mit hydronephrotischem oberen Doppelnierenanteil und zugehörigem dilatierten Ureter ist meist auch die Ureterozele bei voller Blase gut sonografisch darstellbar. In 50 % der Fälle zeigt sich ein Reflux in den ipsilateralen unteren Doppelnierenanteil, in 25 % ist ein Reflux kontralateral nachweisbar.

Eine weiterführende präoperative Bildgebung ist nur in komplexen Fällen und unklarer Anatomie notwendig. Das konventionelle Ausscheidungsurogramm wird heute in diesen Fällen von der MR-Urografie abgelöst. Selbst bei stark eingeschränkter Funktion lässt sich der meist megasierte Oberpolharnleiter samt oberem Nierenanteil in der MR-Urografie im Gegensatz zum Ausscheidungsurogramm gut darstellen. Die Oberpolhydronephrose bedingt häufig eine Achsenfehlstellung der betroffenen Nieren mit Verdrängung des unteren Doppennierenanteils (Syndrom der »welkenden Blume«).

Technik

Die Inzision der Ureterozele erfolgt mit dem Messer eines Urethrotoms. Alternativ kann auch eine transurethrale Punktion erfolgen mit einem elektrischen Häkchen, einer 3-Charr-Bugbee-Elektrode oder dem Führungsdraht eines 3-Charr-Harnleitersplints, der über den Arbeitskanal eines 7,5- bis 10-Charr-Endoskops eingeführt wird. Bei intravesikalen orthotopen Ureterozelen erfolgt die wenige Millimeter lange horizontale Inzision (»smile-incision«) bzw. die Punktion am tiefsten Punkt der Zele am Übergang zur normalen Blasenwand, um die Entstehung einer obstruktiven Gewebelippe zu vermeiden.

Tipps

Infolge der Inzision bzw. Punktion sollte die Ureterozele kollabieren. In einigen Fällen erleichtert die manuelle Kompression der Flankenregion über der entsprechenden ureterorenalen Einheit die Identifikation der Ureterozele und verursacht eine Urinentleerung im Strahl über die Punktionsstelle.

Bei ektopen Ureterozelen erfolgt die Dekompression in gleicher Technik intravesikal am Übergang der Zele zur normalen Blasenwand. Bei Zäkoureterozelen, die in die Harnblase münden und deren Ausläufer bis in die Harnröhre reichen, ist eine zusätzliche Inzision bzw. Punktion distal des Blasenhalses am tiefsten Punkt der Ureterozele notwendig. Erfolgt keine Inzision des urethralen Anteils, so kann dieser Gewebestreifen nach Art einer Klappe die Urethra verschließen.

Komplikationen

Die wesentlichen Komplikationen nach endoskopischer Ureterozelenschlitzung sind die Entwicklung eines de novo vesikoureteralen Refluxes in ca. 50 % der Fälle und dem damit erhöhten Risiko insbesondere für febrile Harnwegsinfekte sowie die persistierende Obstruktion, die eine erneute Intervention erforderlich macht (in ca. 20 % der Fälle). Bei extravesikalen Ureterozelen kann bei Verbleib einer distalen Gewebelippe eine obstruktive Blasenentleerungsstörung resultieren. Insbesondere bei extravesikalen Ureterozelen in Verbindung mit Doppelsystemen wird in der Mehrzahl der Fälle ein sekundärer operativer Eingriff erforderlich werden.

24.5.3 Harnröhrenklappen

Indikationen

Hintere Harnröhrenklappen sind mit einer Inzidenz von 1:5.000 bis 8.000 Geburten eine seltene Fehlbildung. Sie sind jedoch für 10 % aller pränatal diagnostizierten Uropathien ursächlich. Harnröhrenklappen führen zu langandauernden, schwerwiegenden Konsequenzen an Blasen- und Nierenfunktion. Werden diese nicht oder zu spät erkannt, führen sie zu akuter Lebensbedrohung. Bis in die 1970er-Jahre betrug die Mortalitätsrate noch über 50 %. Eine deutliche Verbesserung im prä- und postnatalen Management hat diese Rate in den letzten Jahren deutlich gesenkt. Die unmittelbare postpartale Abklärung und frühe endoskopische Therapie bei reif geborenen Säuglingen ist heute ganz allgemein in den ersten Lebenswochen indiziert. Die fetale Intervention wird weiterhin sehr kontrovers diskutiert.

Diagnostik

Die routinemäßige Sonografie von Schwangeren und Neugeborenen hat den Diagnosezeitpunkt entscheidend und erfreulich zeitlich nach vorne verlagert,

so wird die kongenitale Klappenerkrankung heute überwiegend bereits pränatal diagnostiziert. Neben der Menge der Amnionflüssigkeit, die von der fetalen Urinproduktion abhängt, gibt es weitere wichtige präpartale Prognosefaktoren (siehe Übersicht). Ein Oligohydramnion signalisiert eine schlechte fetale Nierenfunktion und prädisponiert eine Lungenhypoplasie.

Pränatale, prognostisch ungünstige sonografische Parameter, die ein früheres Nierenversagen signalisieren

- Dilatation des Harntrakts vor der 24. Schwangerschaftswoche
- Nierenbeckenquerdurchmesser über 10 mm im zweiten Trimester
- Dicke Blasenwand
- Oligohydramnion
- Sonografische Zeichen einer Nierendysplasie: echogener Kortex, mikrozystische Nierenveränderungen

Für die Klappenerkrankung typisch sind beidseitige Megaureteren mit Hydronephrosen, die in ihrem Ausmaß recht unterschiedlich ausgeprägt und durch distale Obstruktion und/oder Reflux verursacht sein können.

Die Harnblase ist meist prall gefüllt, entleert sich nur mangelhaft, und die dilatierte und elongierte prostatische Harnröhre ist sonografisch einsehbar (»keyhole sign«). Die postpartale Klinik hängt vom Zeitpunkt der Präsentation und vom Ausmaß der Obstruktion ab.

Wenn nicht schon prä- oder neonatal erkannt, werden 50–70 % der Jungen mit hinteren Harnröhrenklappen innerhalb des ersten Lebensjahres symptomatisch. Dehydrierung, Azotämie, Harnwegsinfektionen bis hin zu einer hochfieberhaften Urosepsis können Erstsymptome sein. Auch eine palpatorisch vergrößerte Blase, eine Harnstrahlabschwächung oder ein nur tröpfelnder Harnabgang sowie eine Gedeihstörung können Anlass sein für eine Abklärung. Rudimentäre Harnröhrenklappen können auch erst verspätet nach afebrilem Harnwegsinfekt oder im Rahmen der Abklärung einer Einnässproblematik diagnostiziert werden.

Die postnatale Diagnostik umfasst initial die Sonografie der Nieren und Blase, die sonografische Darstellung der dilatierten prostatischen Harnröhre von suprapubisch oder perineal, des Weiteren die Untersuchung von Serumkreatinin, Elektrolyten und Blutgasen sowie letztlich für die Klappe beweisend das Miktionszystourethrogramm.

Technik und Management

Das initiale Management besteht in der sofortigen Drainage der Blase mittels eines dünnen, suprapubischen Katheters oder alternativ mittels einer Fütterungssonde. Idealerweise wird die suprapubische Drainage mit der radiologischen Diagnostik kombiniert. Wird eine transurethrale Harnableitung bevorzugt, sollte die Fütterungssonde unter sonografischer Kontrolle gelegt werden, um die korrekte Lage der Sondenspitze in der Blase zu dokumentieren.

Sobald die Diagnose Harnröhrenklappe gestellt und das akute Krankheitsbild stabilisiert ist, kann mit der definitiven Behandlung der Obstruktion begonnen werden. Die Klappenschlitzung erfolgt bei einem reifen Neugeborenen in den ersten Lebenswochen mit einem optischen 8,5-Charr-Urethrotom. Die posteriore Segelklappe wird mit einem Sichelmesser bei 5 und 7 Uhr und anschließend bei 12 Uhr kalt transurethral geschlitzt.

Tipps

Eine Schlitzung primär in 12-Uhr-Position birgt ein höheres Risiko einer Blutung im Vergleich zur Schlitzung in 5 und 7-Uhr-Position. Dadurch kann die Sicht insbesondere bei den kleinen Instrumenten und dem geringen Spülstrom so stark beeinträchtig werden, dass eine weitere Orientierung erschwert sowie die anschließende Schlitzung der Segel bei 5 und 7 Uhr unmöglich ist.

Die Blase bleibt für 24–48 h suprapubisch abgeleitet. Der transurethrale Miktionsversuch bei geklemmtem suprapubischem Katheter erfolgt meist am zweiten oder dritten postoperativen Tag. Alternative Techniken sind die transurethrale Elektrokoagulation oder Resektion der Harnröhrenklappe mit einem 9- oder 11,5-Charr-Kinderresektoskop. Je nach Befund ist eine Second-look-Zystoskopie ggf. mit Restklappenschlitzung ca. 6 Wochen nach dem Ersteingriff empfehlenswert.

Tipps

- Handelt es sich um ein Frühgeborenes mit noch sehr kleiner Harnröhre (<8 Charr), sodass eine Endoskopie mit den üblichen

Urethrotomen aus anatomischen Gründen bis auf Weiteres nicht möglich ist, so ist als Alternative zur prolongierten Harnableitung über einen suprapubischen oder transurethralen Katheter die passagere Anlage einer Vesikostomie in Blocksom-Technik zu empfehlen.

- Kommt es trotz Drainage der Blase zu einem weiteren Anstieg des Serumkreatinins, bleiben Ureteren und Nieren weiter maximal dilatiert, so kann die Anlage einer beidseitigen Ureterostomie sinnvoll und notwendig werden (◘ Abb. 24.6).

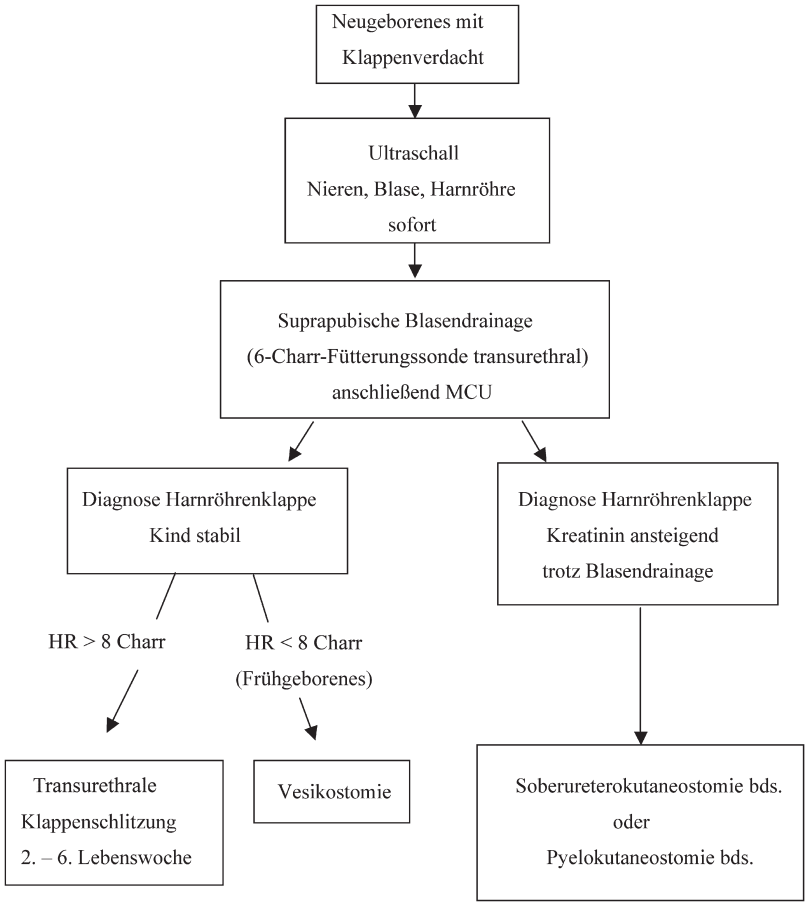
Die bereits fetale therapeutische Intervention – Legen eines vesikoamnialen Shunts oder fetoskopische Klappensprengung – haben noch experimentellen Charakter und sind wegen der hohen Morbidität dieser Eingriffe nicht zu empfehlen.

Komplikationen

Der transurethrale Katheterismus eines frisch geborenen »Klappenkindes« bedarf erfahrener Hände.

Es besteht aufgrund des steil aufgebauten, z. T. engen Blasenhalses die Gefahr, dass bei Verwendung eines Ballonkatheters der Katheter nur bis in die prostatische Harnröhre vorgeschoben wird und der Ballon dort aufgeblockt wird. Deshalb sollten Ernährungssonden bevorzugt werden, alternativ dazu die suprapubische Drainage mittels Cystofix.

Das Einführen des 8,5-Charr-Urethrotoms scheitert am ehesten bereits am Meatus oder an der Fossa navicularis. Ein rigider Einführungsversuch führt sehr schnell zu einer Urethralschleimhautläsion, zur Blutung und konsekutiv narbiger Meatusstenose oder Harnröhrenstriktur. Es empfiehlt sich, obligat vor dem Einführen des Instruments den Meatus vorsichtig mittels mit Gleitmittel versehenen Hegar-Stiften zu kalibrieren bzw. bis 9 Charr zu dehnen,



◘ **Abb. 24.6** Algorithmus bei Verdacht auf Harnröhrenklappen. *HR* Harnröhre, *MCU* Miktionszystourethrogramm

um eine mühelose Passage des Urethrotoms zu ermöglichen.

24.5.4 Intravesikale Injektion von Botulinum-A-Toxin bei neurogener Blase

In der modernen Therapie der neurogenen Blasenentleerungsstörung bei Säuglingen mit Myelomeningozele wird heute bereits im ersten Lebensjahr mit dem intermittierenden, sauberen Katheterismus (CIC) und der oralen anticholinergen Therapie begonnen. Das gefährlichste urologische Langzeitproblem ist in dieser Patientengruppe die Detrusor-Sphinkter-Dyssynergie, die in etwa bei 50 % dieser Kinder zu finden ist. Über 80 % entwickeln hohe intravesikale Drücke mit einem »leak point pressure« von über 40 cm H_2O mit konsekutiver Entwicklung eines vesikoureteralen Refluxes bzw. einer Hydronephrose.

Um die nur allzu gut bekannten Komplikationen wie renale Narbenbildung oder Niereninsuffizienz mit nachfolgendem Versagen zu vermeiden, ist eine frühzeitige Therapie erforderlich. Rund 10 % dieser Kinder reagieren nicht auf Anticholinergika (»non responder«) oder entwickeln Nebenwirkungen, sowohl bei oraler als auch bei intravesikaler Anwendung. In diesen Fällen ist oft ein chirurgisches Vorgehen mit Augmentation der Blase zur Wiederherstellung von normalen intravesikalen Drücken unvermeidlich. Alternativ bietet sich nun als erfolgversprechende Therapie bei Detrusorüberaktivität und guter Compliance der Blase die intravesikale Injektionstherapie mit Botulinum-A-Toxin (Botox) an.

Indikationen

Diese endoskopische Therapie der neurogenen Blase ist indiziert, wenn bei guter Compliance der Blase trotzt täglicher Gabe von Anticholinergika die hohen intravesikalen Drücke persistieren, rezidivierende Harnwegsinfekte auftreten und/oder die Harninkontinenz zwischen den Katheterismen aufgrund der sekundär verminderten Blasenkapazität infolge der Überaktivität der Blase persistiert.

Diagnostik

Basis für diese Behandlung ist eine sorgfältige vorausgehende Diagnostik. Miktionsverhalten, Miktionsvolumina und Inkontinenzepisoden unter CIC werden über mindestens 3 Tage dokumentiert. Eine Urinanalyse einschließlich bakterieller Kultur ist prätherapeutisch notwendig. Oberer und unterer Harntrakt werden sonografisch untersucht und bei sonografisch unauffälligem oberem Harntrakt ein DMSA-Scan, bei dilatiertem oberem Harntrakt ein Diureserenogramm mittels MAG 3 durchgeführt. Wichtigste prätherapeutische Untersuchung ist die Videourodynamik.

Der intravesikale Druck wird mittels 6-Charr-Doppellumenkatheter und der abdominelle Druck mit einem 10-Charr-Rektalballon-Zweiwegekatheter gemessen. Die Füllgeschwindigkeit der Blase soll 10 % der bekannten aktuellen Blasenkapazität betragen, wobei ein 24 %iges vorgewärmtes Kontrastmittel beigegeben wird. Das Beckenboden-EMG wird über am Perineum angebrachte Einwegelektroden aufgezeichnet. Besonderes Augenmerk wird auf das Reflexvolumen, den maximalen Detrusordruck während der Miktion, die Detrusor-Compliance und die maximale zystometrische Blasenkapazität gelegt. Als Reflexvolumen wird das infundierte Volumen, das eine erste hyperreflexive Detrusorkontraktion während der Manometrie auslöst, definiert. Der Detrusordruck wird während der Blasenentleerung sowie bei ⅔ der maximalen zystometrischen Blasenkapazität gemessen.

Technik

Botulinum-A-Toxin (Botox, Allergan) wird zystoskopisch an 25–40 Stellen der Blase in den Detrusor injiziert. Dazu wird eine polytetrafluoroethylenbeschichtete, 25 cm lange 3,7-Charr-Nadel (Williams Needle, Cook) über ein 8,5- oder 11-Charr-Endoskop verwendet. Die Dosierung wird dem Körpergewicht entsprechend angepasst und beträgt 10 U/kgKG bis zu einem Maximum von 350 U, wobei das Toxin 1:10 mit normalem Kochsalz verdünnt wird. Bei Kindern oder Jugendlichen und zusätzlich bestehendem vesikoureteralen Reflux kann in gleicher Sitzung endoskopisch das Ostium unterspritzt werden. Der endoskopische Eingriff erfolgt in Narkose.

Unmittelbar im Anschluss wird noch in Narkose die Blase komplett entleert, und Patient bzw. die Eltern werden angewiesen, mit dem intermittierenden Katheterismus 4 h postoperativ wieder zu beginnen. Der Eingriff kann tagesklinisch durchgeführt werden. Urodynamische Nachfolgeuntersuchungen sind nach 3 und 12 Monaten zu empfehlen.

Studienergebnisse belegen eine mittlere Wirkdauer des Toxins von durchschnittlich 9 Monaten, eine deutliche Erhöhung der Blasenkapazität und eine Abnahme des maximalen Detrusordrucks, so dass ein Großteil dieser Kinder zwischen den Katheterismen trocken wird.

Komplikationen

Botulinum-A-Toxin ist das für Menschen tödlichste natürlich vorkommende Toxin. Es wird durch das anaerobe, stäbchenförmige, grampositive Bakterium Clostridium botulinum gebildet und führt zu schlaffen Skelettmuskelparesen, bedingt durch eine präsynaptische Blockade der Acetylcholinausschüttung. Diese Veränderungen an den Muskelzellen sind vergleichbar mit den Effekten einer Denervation. Botulinum-A-Toxin wird seit vielen Jahren in vielen Bereichen der Medizin verwendet. Die häufigste Nebenwirkung steht immer im direkten Verhältnis zur Toxindosierung und besteht vorwiegend in einer lokalen Schwäche des behandelten Muskels, was jedoch das primäre Ziel der Therapie ist.

Bis dato wurde kein Todesfall unter der Behandlung mit Botulinum-A-Toxin berichtet. Die mittlere letale Dosis (LD 50) wurde anhand mehrerer verschiedener Tierarten ermittelt. Anhand von Studien an Primaten wurde die menschliche LD 50 mit 3.000 U für einen 70 kg schweren Erwachsenen hochgerechnet. Somit liegt die derzeit bei Kindern verwendete Dosis um das 10-fache unter der LD 50 von Erwachsenen. In den derzeit veröffentlichten Studien bei Erwachsenen und Kindern in der Therapie der neurogenen Blasenentleerungsstörung wurden keine Komplikationen beschrieben.

Literatur

Berger C, Becker T, Koen M, Zeino M, Fitz F, Beheshti M, Wolf-Kohlmeier I, Haim S, Riccabona M (2013) Positioning irrigation of contrast cystography for the diagnosis of occult vesicoureteric reflux: association with technetium-99m dimercaptosuccinic acid scan. J Pediatr Urol 9: 846-850

Blyth B, Passerini-Glazel G, Camuffo C, Snyder HM, Duckett JW (1993) Endoscopic incision of ureteroceles: intravesical versus endoskopic. J Urol 149: 556

Caldamone AA, Snyder HM, Duckett JW (1984) Ureteroceles in children: follow-up of management with upper tract approach. J Urol 131: 1130–1132

Cerwinka WH, Scherz HC, Kirsch AJ (2008) Dynamic hydrodistension classification of the ureter and the double hit method to correct vesicoureteral reflix. Arch Esp Urol 61: 882-887

Churchill BM, Mc Lorie GA, Khoury AE et al. (1990) Emergency treatment and long-term follow-up of posterior urethral valves. Urol Clin North Am 17, 343–360

Mc Aleer IM, Mc Kenna PH, Blyth B, Belman AB, Packer MG (1993) Controversies in and management of ureteroceles. Dialog in Ped Urol 16: 1

Coplan DE, Ducket SW (1995) The modern approach to ureteroceles. J Urol 153: 166–171

Cuckow PM, Dinneen MD, Ridson RA et al. (1997) Long-term renal function in the posterior urethral valves, unilateral reflux and renal dysplasia syndrom. J Urol 158: 1004–1007

De Jong TPVM, Dik P, Klijn AJ, Uiterwaal CSPM, van Gool JD (2000) Ectopic ureterocele: results of open surgical therapy in 40 patients. J Urol 164: 2040–2044

Ericsson NO (1954) Ectopic urterocele in infants and children. Acta chir scand 197: 1–9

Fritz T, Müller SC, Hohenfellner R (1991) Operation an der weiblichen Harnröhre: Meatusstenose, Urethralkarunkel, Harnröhrenprolaps und Urethradivertikel. Akt Urol 22: I–XII

Glassberg KI (2001) The valve bladder syndrome: 20 years later. J Urol 166: 1406–1414

Gonzales ET (1998) Posterior urethral valves and other urethral anomalies. In: Wein AJ, Kavoussi LR, Novick AC, Patin AW (eds) Campbell's urology, 7th ed. Vol. 2. Philadelphia: Saunders, pp 2069–2087

Hendren H, Mitchell ME (1979) Surgical correction of ureteroceles. J Urol 121: 590–597

Herz D, Hafez A, Bogli D et al. (2001) Efficacy of endoscopic subureteral polymethylsiloxane injection for treatment of vesicoureteral reflux in children: a North American clinical report. J Urol 166: 1880–1886

Immergut MA, Wahmann GE (1968) The urethral caliber of female children with recurrent urinary tract infections. J Urol 99: 189–192

Jayanthi VR, Koff SA (1999) Long-term outcome of transurethral puncture of ectopic ureteroceles: initial success and late problems. J Urol 162: 1077–1080

Jelloul L, Berger D, Frey P (1997) Endoscopic management of ureteroceles in children.Eur Urol 32: 321–327

Lyon RP, Marshall S, Tanagho E (1969) The ureteral orifice: its configuration and competeny. J Urol 102: 504

Mackie CG, Stephens FD (1975) Duplex kidneys: a correlation of renal dysplasia with position of the ureteral orifice. J Urol 114: 274

Malek RS, Kelalis PP, Burke EC, Stickler GB (1972) Simple and ectopic ureterocele in infancy and childhood. Surg Gynecol Obstet 134: 611–616

Molitierno JA, Scherz HC, Kirsch AJ (2008) Endoscopic treatment of vesicoureteral reflux using dextranomer hyaluronic acid copolymer. J Ped Urol 4: 221 – 228 (2008)

Läckgren G, Waklin N, Sköldenberg E et al. (2001) Long term follow up of children treated with dextranomer/hyaluronic acid copolymer for vesicoureteral reflux. J Urol 166: 1887–1892

Oswald J, Riccabona M, Lusuardi L, Bartsch G, Radmayr C (2002) Prospective comparison and 1 year follow up of a single endoscopic subureteral polydimethylsiloxane versus dextranomer/hyaluronic acid copolymer injection for treatment of vesicoureteral reflux in children. Urology 60(5): 894–898

Petit T, Ravasse P, Delmas P (1999) Does the endoskopic incision of ureteroceles reduce the indications for partial nephrectomy? Br J Urol 83: 675–678

Pfister C, Ravasse P, Barret E, Petit T, Mitrofanoff P (1998) The value of endoscopic treatment for ureteroceles during the neonatal period. J Urol 159: 1006–1009

Riccabona M, Koen M, Schindler M, Beckers G, Pycha A, Lusuardi L (2004) Botulinum-A toxin into the detrusor – a safe alternative in the treatment of children with myelomeningocele with detrusor hyperreflexia. J Urol 171: 845–848

Rubenstein JN, Maizels M, Kim SC, Houston JT (2003) The PIC cystogram: a novel approach to identify »occult« vesico-

ureteral reflux in children with febrile urinary tract infections. J Urol 169: 2339-2343
Schulman C (1991) Ureterocele. In: Glenn JF (ed) Urologic Surgery, 4th Ed. Lippincott, pp 381–389
Schulte-Baukloh H, Michael T, Schobert J, Stolze T, Knipsel H (2002) Efficacy of botulinum-A toxin in children with detrusor hyperreflexia due to myelomeningocele: preliminary results. Urology 59: 325–331
Schurch B, Stöhrer M, Kramer G, Schmid DM, Gaul G, Hauri D (2000) Botulinum-A toxin for treating detrusor hyperreflexia in spinal cord injured patients: a new alternative to anticholinergic drugs? Preliminary results. J Urol 164: 692–696
Shekarriz B, Upadhyay J, Fleming P, Gonzalez R, Bathold JS (1999) Long-term outcome based on the initial surgical approach to ureterocele. J Urol 162: 1072–1076
Shokeir AA, Nigmann RSM (2002) Ureterocele: an ongoing challenge in infancy and childhood. BJU 90; 777–781
Stenberg A, Lackgren G (1995) A new bioimplant for the endoscopic treatment of vesicoureteral reflux: experimental an short-term clinical results. J Urol 154: 800–803
Stephens FD (1963) Congenital malformations of the rectum, anus and genitourinary tracts. London: Livingstone
Uson AC, Lattimer JK, Melicow MM (1961) Ureteroceles in infants and children: a report based on 44 cases. Pediatrics 27: 971
Williams DI, Woodard JR (1964) Problems in the management of ectopic ureteroceles. J Urol 92: 635–651

Steintherapie bei Kindern

F. Brüning

25.1 Einleitung – 346

25.2 Epidemiologie – 346

25.3 Steinarten/Genese – 346

25.4 Symptome – 346

25.5 Diagnostik – 346

25.6 Interventionen – 348

25.7 Therapie – 349

25.7.1 Konservative Therapie – 349
25.7.2 Extrakorporale Stoßwellenlithotripsie (ESWL) – 349
25.7.3 Ureterorenoskopie (URS) – 351
25.7.4 Perkutane Nephrolitholapaxie (PNL) – 352
25.7.5 Offene/laparoskopische Steinsanierung – 354

25.8 Metabolische Abklärung – 354

Literatur – 354

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_25

25.1 Einleitung

Harnsteinerkrankungen im Kindesalter stellen ein wichtiges kinderurologisches Krankheitsbild dar und beinhalten eigene Herausforderungen im Hinblick auf Diagnostik, Therapie und Metaphylaxe im Vergleich zu erwachsenen Patienten. Da es sich um eine lebenslang rezidivierende Erkrankung handelt, ist bei jedem Kind eine umfassende metabolische Abklärung erforderlich, um über eine spezifische Metaphylaxe ein Rezidiv und/oder Langzeitkomplikationen zu verhindern.

In der Diagnostik und Therapie von Steinen im Erwachsenenalter gehören endoskopische Verfahren zum Standard; endoskopische Eingriffe im Kindesalter erfordern erfahrene Hände und entsprechendes miniaturisiertes Instrumentarium sowie eine pädiatrisch adaptierte Anästhesie, um das Risiko des Eingriffes für das Kind zu minimieren.

25.2 Epidemiologie

Harnsteinerkrankungen im Kindesalter sind in den westlichen Ländern seltene Ereignisse mit einem Anteil von ca. 1–2 % aller Harnsteinerkrankungen. Mädchen und Jungen sind gleich häufig betroffen und seit den 1980er Jahren ist die Prävalenz wieder ansteigend.

Weltweit bestehen jedoch große geografische Unterschiede. Endemiegebiete liegen in Teilen des indischen Subkontinentes, im mittleren Osten und in Nordafrika bedingt durch geografische, soziokulturelle und genetische Faktoren (Knoll et al. 2013).

25.3 Steinarten/Genese

Eine Übersättigung des Urins mit steinbildenden Substanzen oder verringerte bzw. fehlende Substanzen, welche die Steinbildung inhibieren, können zur Steinbildung führen. Die Formalgenese der Harnsteine im Kindesalter unterscheidet sich nicht von der erwachsener Patienten, jedoch ist die Konzentration steinbildender Substanzen im Urin im Kindesalter höher und es können angeborene Uropathien bestehen, die mit einem veränderten Harntransport vergesellschaftet sein können (Battino et al. 2002).

Hereditäre Ursachen der Steinbildung wie die Zystinurie (autosomal-rezessiv vererbt), die renal tubuläre Azidose (vererbt oder erworben), Hyperkalzurie oder Hyperoxalurie finden sich bei Kindern konsekutiv häufiger und bedürfen einer umfassenden metabolischen Abklärung (Knoll et al. 2005). Auch infektassoziierte Steine (Struvit) durch Urease produzierende Bakterien (Proteus, Klebsiella oder Pseudomonas) sind bei Kindern häufiger als bei erwachsenen Steinpatienten. Hier gilt es vor allem die den Infektionen zugrundeliegende Uropathie kausal zu therapieren. Zudem ist eine komplette Steinsanierung anzustreben da die in Restkonkrementen persistierenden Bakterien sich einer antibakteriellen Therapie entziehen (Cameron et al. 2005).

25.4 Symptome

Das klinische Beschwerdebild der Kinder ist altersabhängig und unterscheidet sich teilweise deutlich von den Symptomen im Erwachsenenalter. Lediglich im fortgeschrittenen Kindesalter und bei Jugendlichen bestehen die typischen Symptome im Sinne kolikartiger Flankenschmerzen mit Ausstrahlung inguinogenital je nach Steinlokalisation (VanDervoort et al. 2007).

Kleine Kinder fallen häufig im Rahmen der Abklärung unspezifischer Symptome wie Gereiztheit, Nabelschmerzen, Übelkeit, Erbrechen oder Fieber auf. Desweiteren sollte bei einer Makro- oder Mikrohämaturie und bei rezidivierenden Harnwegsinfektionen ohne diagnostizierbare Ursache eine suffiziente Steindiagnostik durchgeführt werden.

25.5 Diagnostik

Die Diagnostik umfasst die ausführliche (Familien-) Anamnese, die körperliche Untersuchung, laborchemische Blutuntersuchungen, eine Urinkultur und einen Urinstatus. Im Rahmen bildgebender Diagnostik sollte im Kindesalter die Strahlenexposition so gering wie möglich gehalten werden.

Somit ist die Sonografie das Verfahren der ersten Wahl, um Steine und steinbedingte Obstruktionen zu detektieren. Grundvoraussetzungen sind ein kooperatives Kind und ein ausreichender Hydratationszustand. Bei Konkrementen insbesondere im Bereich des mittleren Harnleiters stößt diese Technik jedoch an ihre Grenzen, sodass oft zusätzliche radiologische Techniken zum Einsatz kommen müssen (Riccarbona et al. 2009) (◘ Abb. 25.1).

Bei klinischem Verdacht auf eine Urolithiasis ohne sonografischen Nachweis besteht die Indikation für ein natives low-dose-Computertomogramm (Palmer

Abb. 25.1 Ultraschall bei einem 9-jährigen Kind mit proximalem Harnleiterstein links

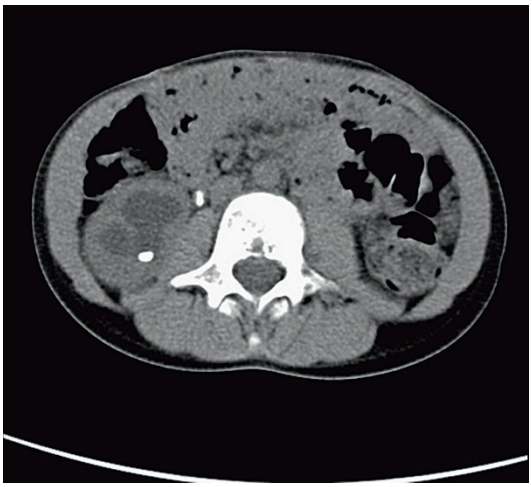


Abb. 25.2 Nativ-CT-Abdomen bei einem 10-jährigen Kind mit proximalem Harnleiterstein und Nephrolithiasis mit konsekutiver Harnstauung

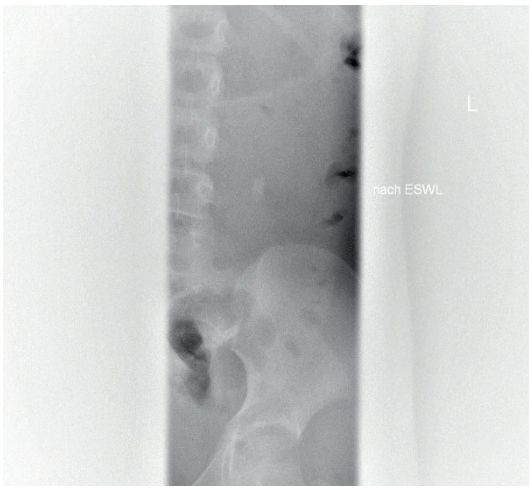


Abb. 25.3 Röntgen Halbseite bei einem 9-jährigen Kind mit proximalem Harnleiterstein nach ESWL

Abb. 25.4 Retrograde Darstellung mit zwei Kontrastmittelaussparungen in Projektion auf die untere sowie drei Kontrastmittelaussparungen in Projektion auf die obere Kelchgruppe bei Nephrolithiasis eines 6-jährigen Kindes

2006). Hiermit können sämtliche zu beurteilenden Strukturen abgebildet werden, die Untersuchung ist schnell durchführbar und durch kinderadaptierte Protokolle kann die Strahlenbelastung reduziert werden (Abb. 25.2). Kernspintomografische Aufnahmen werden zur Steindiagnostik bei Kindern nicht eingesetzt.

Weitere Bildgebende Diagnostik wie z. B. die i.v.-Pyelografie (IVP) oder konventionell radiologische Abdomen-Halbseiten Aufnahmen können sinnvoll sein zur Planung einer invasiven Therapie (ESWL, URS oder PNL) oder zur Verlaufskontrolle unter Therapie (Abb. 25.3, Abb. 25.4).

Ebenfalls kann eine Nierenszintigrafie vor invasiver Therapie bei klinischem und sonografischem Verdacht auf eine Funktionseinschränkung der betroffenen Niere zur Therapieentscheidung beitragen, wird aber in der primären Diagnostik nicht empfohlen.

Jede Diagnostik, Intervention bzw. Therapie welche für das Kind mit einer Strahlenexposition einhergeht muss nach den ALARA-Prinzipien (»**A**s **L**ow **A**s **R**easonably **A**chievable«) erfolgen.

Tipps

Es sollte auf eine besonders strenge Indikationsstellung geachtet werden und entsprechende personelle und technische Voraussetzungen (Röntgeneinheit mit Kinderfilter, gepulste Durchleuchtung, entfernbares Streustrahlenraster) in der durchführenden Abteilung vorhanden sein.

Untersuchungen mit fahrbaren Durchleuchtungsgeräten sollten vermieden werden, da die oben genannten technischen Voraussetzungen meistens nicht erfüllt sind.

25.6 Interventionen

Wie bei erwachsenen Patienten, kann auch im Kindesalter eine Intervention am oberen Harntrakt indiziert sein. Sämtliche Interventionen am oberen Harntrakt bei Kindern werden in Allgemeinnarkose durchgeführt. Bei elektiver Harnleiterschienung und Nephrostomieanlage sollte eine Urinkultur zur Untersuchung auf Keimfreiheit vorliegen. Die Eingriffe werden unter antibakterieller Prophylaxe durchgeführt.

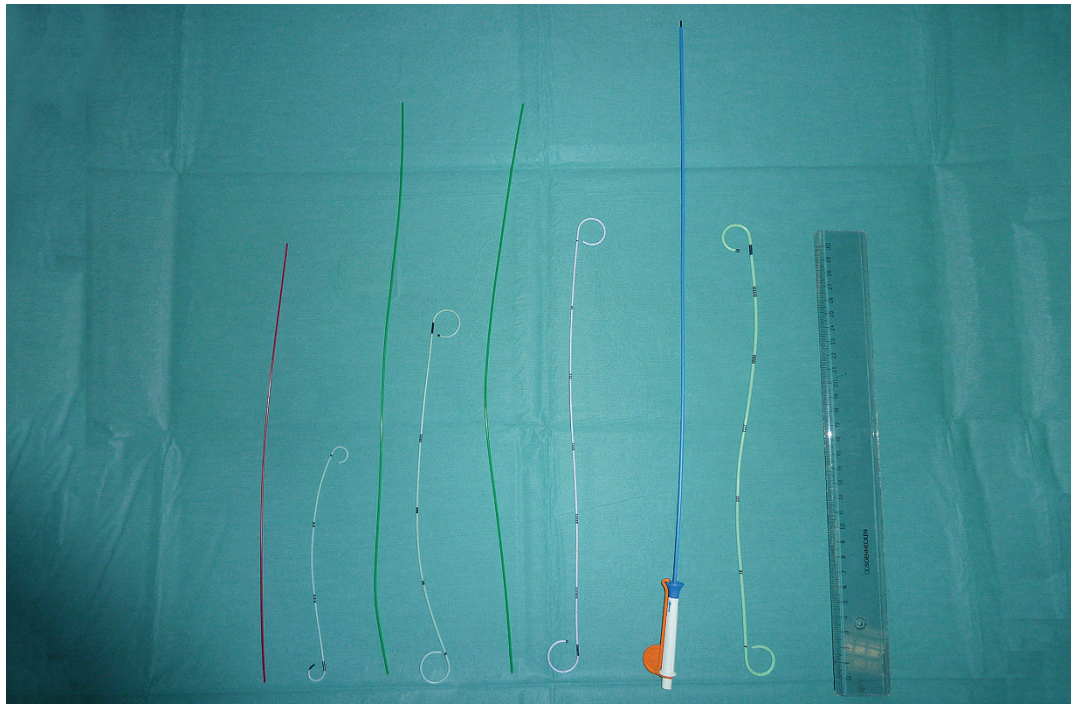
Indikationen zu Interventionen

- Beseitigung einer Obstruktion
- Prophylaktische Harnleiterschienung (z. B. vor ESWL oder URS)
- Postoperative Harnleiterschienung (z. B. im Rahmen einer URS)
- Infizierte Harnstauungsniere
- Harnleiterverletzungen

Die grundsätzlichen Techniken unterscheiden sich nicht von denen bei erwachsenen Patienten, auf Unterschiede wird im Folgenden hingewiesen:

Es sollten der Patientengröße adaptierte Katheter und Instrumente verwendet werden. Harnleiterschienen sind ab einer Stärke von 3 Charr erhältlich, Nephrostomieanlagesets ab 6 Charr mit Punktionsnadeln ab einem Durchmesser von 0,95 mm. Die Harnleiterschienenlänge beginnt ab 8 cm (◘ Abb. 25.5, ◘ Abb. 25.6), zu empfehlen sind beidseits zentral offene Harnleiterschienen. Aufgrund der geringen Lumina können sich die Wechselintervalle im Vergleich zu normalkalibrigen Ableitungen verkürzen. Regelmäßige Kontrollen bei einliegenden Schienen sind obligat, eine Verweildauer von maximal 6 Monaten sollte gemäß den Herstellerempfehlungen nicht überschritten werden.

Die Nephrostomieanlage erfolgt beim Kind sonografisch, es sollte ein Punktionsschallkopf mit aufklippbarer Punktionshilfe verwendet werden. Die Punktion erfolgt in Bauchlage auf einem stationären Röntgentisch mit Kinderfilter. Zum Ausgleich der Lendenlordose erfolgt eine Unterpolsterung unter den Oberbauch; hierzu haben sich ein gefaltetes Bettlaken/Handtuch oder eine entsprechend an die Kindergröße angepasste vorgefertigte Schaumstoffpolsterung bewährt (▶ Kap. 24).



◘ **Abb. 25.5** Vergleich DJ-Katheter von 4 Charr/14 cm bis 7 Charr/32 cm

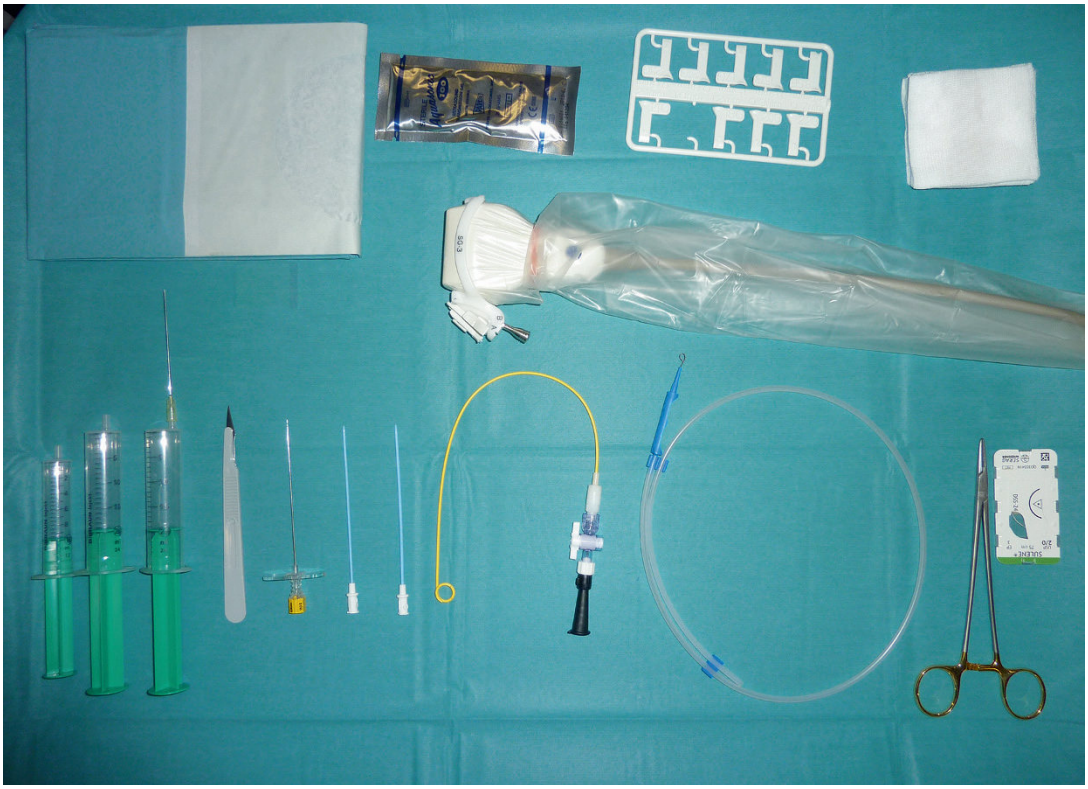


Abb. 25.6 Instrumentarium zur perkutanen Nephrostomie 6 Charr, Punktionskanüle 0,95 mm, Dilatator 5/6 Charr

Tipps

Insbesondere bei kleinen, sehr schlanken Kindern sowie bei Säuglingen stellt sich die Niere oft als hypermobil dar, im Rahmen der Neprostomie-Anlage kann es hilfreich sein, diese perkutan mit einer Hand als Wiederlager zu fixieren, um ein Weggleiten zu verhindern.

25.7 Therapie

25.7.1 Konservative Therapie

Der kindliche Ureter ist in der Lage, im Verhältnis zu seinem Durchmesser größere Konkremente oder Desintegrate zu transportieren als der erwachsene Ureter (Gofrit et al. 2001). Ein abwartendes Verhalten ist somit bei fehlender Interventionsindikation (z. B. Schmerzen, Anstieg der Retentionsparameter, Fieber, Harnwegsinfekt, Infektsteine, Ausgusssteine) unter engmaschiger Verlaufskontrolle mit paralleler Stoffwechselabklärung indiziert (Tab. 25.1).

25.7.2 Extrakorporale Stoßwellenlithotripsie (ESWL)

Einleitung

Nach Einführung der Extrakorporalen Stoßwellenlithotripsie bei erwachsenen Patienten Anfang der 1980er Jahre konnten bereits kurze Zeit später große Serien bei Kindern vergleichbare Ergebnisse bezüglich Sicherheit, Komplikationen und Steinfreiheitsraten beschrieben werden (Newman et al. 1986). Im weiteren Verlauf etablierte sich die ESWL als Standardverfahren bei Kindern mit Steinen des oberen Harntraktes.

Technik

Mit einem Generator werden Schallwellen erzeugt (elektrohydraulisch, elektromagnetisch oder piezoelektrisch), diese werden in einem Fokus außerhalb des Generators gebündelt. An physikalischen Grenzflächen (z. B. Flüssigkeit/Stein) werden Kräfte freigesetzt, die zur Desintegration des Steines führen. Es ist eine grenzflächenarme Koppelung des flüssigkeitsgefüllten Generatorgehäuses mit der Haut des Patienten notwendig; dies kann durch Koppelung mittels Gel erreicht werden.

Tab. 25.1 Empfehlungen zur interventionellen Therapie bei Kindern mit Urolithiasis (ausgenommen Zystin- und Harnsäuresteinen), nach S2k-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Metaphylaxe der Urolithiasis (DGU 2015)

Steingröße und Lokalisation	1. Wahl	2. Wahl
Ausgussstein oder NB/mKG/oKG >20 mm	PNL (±ESWL)	ESWL
NB/mKG/oKG 10–20 mm	ESWL oder PCL	Flexible URS
NB/mKG/oKG <10 mm	ESWL	Flexible URS
uKG >10 mm	PNL oder ESWL	Flexible URS
uKG <10 mm	ESWL	Flexible URS, PNL
Proximaler Harnleiter	ESWL	URS
Distaler Harnleiter	URS	ESWL

Der Stein wird mittels Ultraschall oder Röntgen geortet und im Fokus eingestellt desintegriert.

Indikation und Aufklärung

Bei proximalen Harnleitersteinen und Nierensteinen bis zu einer Größe von 2 cm empfiehlt die aktuelle Leitlinie der »Deutschen Gesellschaft für Urologie« (DGU) die ESWL als Verfahren der 1. Wahl. Einschränkungen bestehen bei Konkrementen der unteren Kelchgruppe, dort liegt die Indikation bei Steinen unter 1 cm Größe (Tab. 25.1). Die hohen Steinfreiheitsraten von 57–97 % (Schultz-Lampel et al. 1997) erklären sich durch eine postulierte bessere Transportfähigkeit des kindlichen Harnleiters für Desintegrate und durch geringere Energieverluste der Schallwellenübertragung im kleineren kindlichen Körper (Muslumanoglu et al. 2003). Die Steinfreiheitsrate nimmt mit zunehmender Steingröße ab.

Bei der Aufklärung zur ESWL müssen die Eltern und das Kind über sämtliche Komplikationen, mögliche Mehrfachbehandlungen und mögliche Folgeeingriffe (Anlage einer Harnleiterschiene, Nephrostomieanlage, URS, PNL) ausführlich aufgeklärt werden. Langzeitfolgen und Nierenfunktionsschäden nach ESWL bei Kindern sind auch in Serien mit großen Fallzahlen nicht bekannt (Al-Busaidy et al. 2003).

Kontraindikationen zur ESWL

- Gerinnungsstörungen
- Unbehandelte Obstruktion
- Harnwegsinfektion
- Alter des Kindes ist kein limitierender Faktor

Tipps

Brushit (Kalziumhydrogenphosphat Dihydrat), Whewellit (Kalziumoxalatmonohydrat) und Cystinsteine sprechen schlecht auf eine ESWL an.

Durchführung

Die Wahl des Narkoseverfahrens ist altersabhängig (Allgemeinnarkose vs. Sedoanalgesie), ab ca. dem 10. Lebensjahr kann der Eingriff in Sedoanalgesie durchgeführt werden (Aldridge et al. 2006). Der kleine Patient wird nach Narkoseeinleitung in Rücken-/oder Bauchlage (je nach Steinlokalisation) gelagert und teilweise entkleidet, hierbei ist auf eine suffiziente Polsterung der Druckpunkte (insbesondere bei Gerätetischen mit großen Ausschnitten für die Stoßwellenapplikation) und auf ein entsprechendes Wärmemanagement zu achten.

Anschließend wird der Stein sonografisch oder radiologisch lokalisiert, in den Gerätefokus eingestellt und nach Ankoppelung des Stoßwellenapplikators altersabhängig mit bis zu 4000 (bei kleinen Kindern 2000) Stoßwellen pro Sitzung in modulierter Stoßwellenenergie (17–22kV) desintegriert. Es entstehen idealerweise spontan abgangsfähige Fragmente (Farhat et al. 2007).

Dies gelingt nur effektiv und dauerhaft während der gesamten Interventionszeit, wenn der Patient still liegt. Eine präinterventionelle Harnleiterschienung ist individuell zu diskutieren und abhängig von Alter, Anatomie, Steingröße und Steinlokalisation.

Während der Behandlung erfolgt regelmäßig die sonografische oder radiologische Kontrolle der

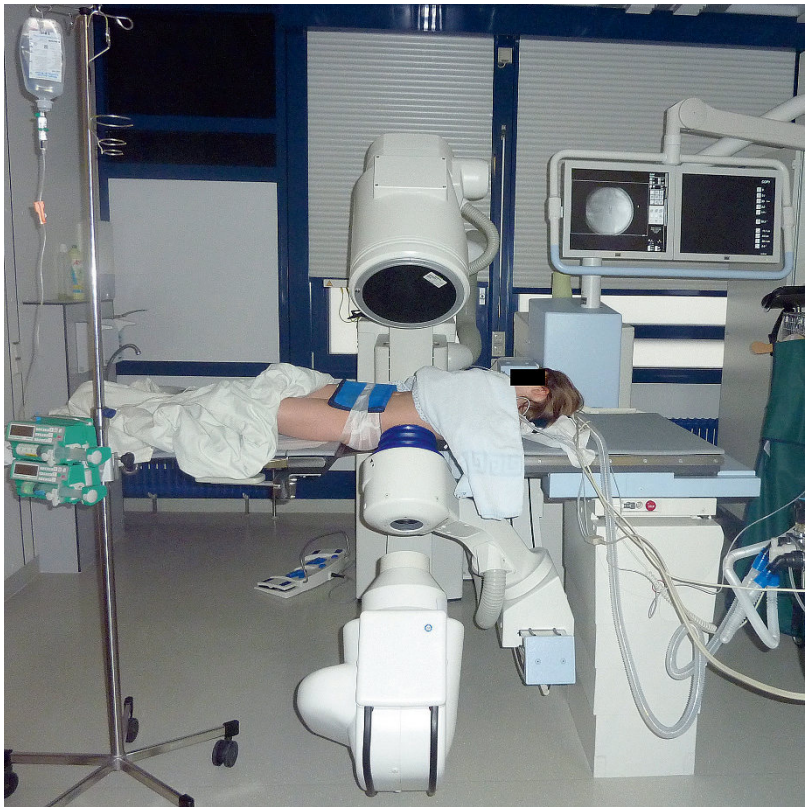


Abb. 25.7 ESWL bei einem Kind

Steinlage im Fokus. Diese wird dokumentiert und bei Bedarf nachjustiert (Abb. 25.7).

Komplikationen intrainterventionell
- Stoßwellenabhängige Arrhythmien
- Petechiale Hauteinblutungen
- Hämatom des Nierenparenchyms
- Hämatom des Nierenbeckenkelchsystems
- Makrohämaturie

Komplikationen postinterventionell
- Leichte Flankenschmerzen
- Koliken/Obstruktion
- Harnwegsinfektion/Sepsis
- Hämatom des Nierenparenchyms
- Makrohämaturie

Postinterventionelles Management

Unmittelbar postinterventionell sollte eine Überwachung im Kinderaufwachraum erfolgen. Anschließend erfolgt die Verlegung auf die kinderurologische Normalstation, eine optische Beurteilung des ersten Urins, eine pädiatrisch adaptierte Analgesie und die Entlassung nach sonografischer Kontrolle am Folgetag. Abhängig von Steinlage und Größe sind eventuell mehrere Sitzungen ESWL notwendig.

25.7.3 Ureterorenoskopie (URS)

Nach Einführung der URS Ende der 1980er Jahre wird nach zunehmender Miniaturisierung der Instrumente diese Technik heute starr (ab 4,5 Charr) und flexibel (ab 5,3 Charr) auch bei Kindern erfolgreich eingesetzt (Smaldone et al. 2009) (Abb. 25.8a+b).

Die Indikation der starren URS liegt bei distalen Harnleitersteinen, die der flexiblen URS bei Nierenbeckensteinen, Steinen der oberen und mittleren Kelchgruppe von 10–20 mm Größe und insbesondere bei Steinen der unteren Kelchgruppe ≥ 10 mm (Tab. 25.1). Zudem gibt es keine Beschränkungen bei der Steinzusammensetzung, eine Steinbergung/Desintegration kann mittels Zangen, Körbchen, Lithotripsiesonden oder einem Holmium:YAG-Laser erfolgen (Dogan et al. 2012).

Die grundsätzlichen Techniken und Komplikationen unterscheiden sich im Wesentlichen nicht von denen bei erwachsenen Patienten (▶ Kap. 19); auf Unterschiede wird im Folgenden hingewiesen. Die URS bei Kindern erfolgt bei sterilem Urin unter antibiotischer Prophylaxe in Narkose in Steinschnittlage auf einem stationären Röntgentisch.

Eine aktive Ostiumdilatation durch das Ureterorenoskop kann notwendig sein (eine Ballondilatation bei Kindern ist erfahrungsgemäß nicht sinnvoll). Sollte dies nicht gelingen, kann eine aktive Dilatation mit koaxialen Dilatatoren (8/10 Charr) erfolgen oder eine passive Dilatation durch Einlage eines Harnleiterkatheters mit einer erneuten URS im zeitlichen Verlauf.

Bei flexibler URS mit großer Steinmasse kann der Einsatz einer Schleuse (ab 9,5 Charr) durch einen vereinfachten wiederholten Zugang die intrarenalen Drücke reduzieren, die Operationszeit verkürzen und die Steinfreiheitsrate erhöhen (Singh et al. 2006).

Tipps

Unbedingt empfehlenswert ist die Verwendung eines Führungsdrahtes bei flexibler URS sowie eines zusätzlichen Sicherheitsdrahtes bei flexibler und starrer URS.

Kinder sind anfälliger für eine Hypothermie und Hyperhydratation! Daher ist eine isotonische, körperwarme Spülflüssigkeit im Rahmen der URS zu verwenden.

Eine abschließende Einlage einer Harnleiterschiene ist abhängig von der Erfahrung des Operateurs, der Dauer des Eingriffes, der Anzahl der Harnleiterpassagen mit dem Instrument, anatomischen Gegebenheiten, der Blutungssituation und sichtbaren Traumata oder Ödemen des Harnleiters am Ende des Eingriffes und stellt somit jeweils eine individuelle Entscheidung dar.

Somit können unter Umständen zusammen mit einer präoperativen Harnleiterschienung drei Narkosen zur ureterorenoskopischen Steinsanierung notwendig sein; dies sollte in der Indikationsstellung im Vergleich alternativer Behandlungsmodalitäten (ESWL/PNL) beachtet werden.

Postoperatives Management

Unmittelbar postoperativ erfolgt eine Überwachung des Kindes im Kinderaufwachraum mit anschließender Verlegung auf die kinderurologische Normalstation. Der einliegende Dauerkatheter wird am Abend der Operation oder am Folgetag entfernt.

25.7.4 Perkutane Nephrolitholapaxie (PNL)

Bei Nierensteinen >20 mm, Steinen der unteren Kelchgruppe >10 mm, bei multiplen Nierensteinen oder bei Kelchdivertikelsteinen sollte eine PNL im Kindesalter durchgeführt werden. Steine des Nierenbeckens sowie der oberen oder mittleren Kelchgruppe von 10–20 mm Größe können mittels PNL

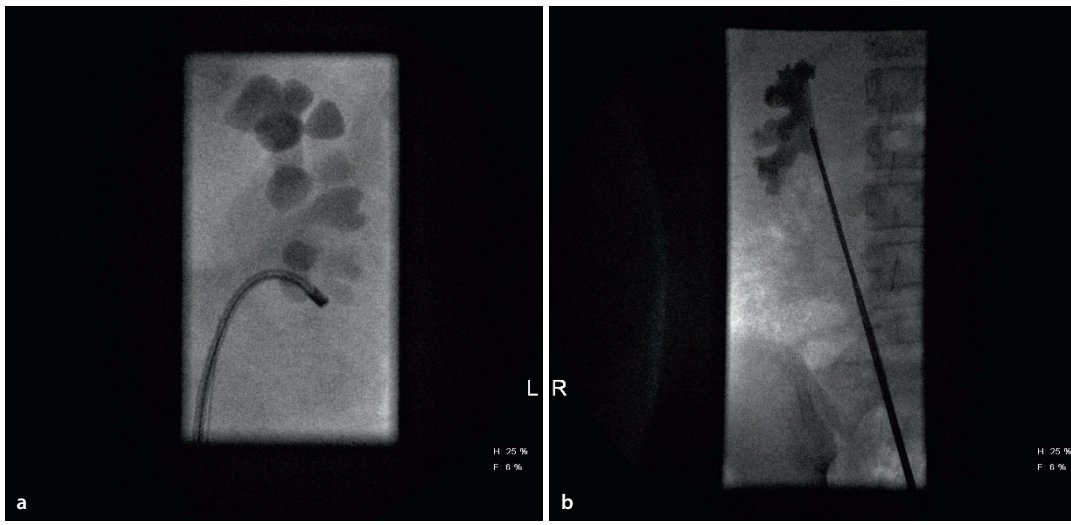


Abb. 25.8a,b **(a)** Flexibles Ureterorenoskop in der unteren Kelchgruppe bei einem 8-jährigen Kind. **(b)** Nierenbeckenkelchsystemdarstellung im Rahmen einer starren URS bei einem 12-jährigen Kind

oder ESWL behandelt werden (Tab. 25.1). Hierbei weist die PNL insbesondere bei Cystinsteinen die besseren Steinfreiheitsraten auf (Bogris et al. 2010). Die PNL wird bei Erwachsenen seit Mitte der 1970er Jahre eingesetzt, die ersten Serien bei Kindern erfolgten ab Mitte der 1980er Jahre (Woodside et al. 1985). Mit der zunehmenden Miniaturisierung der Instrumente stellt sie heute auch bei Kindern und Kleinkindern eine Alternative zur ESWL oder URS dar mit der Möglichkeit der Steinsanierung in einer Sitzung (Dogan et al. 2012).

Bei größeren Kindern wurden in den ersten Serien Instrumente mit 24 Charr Durchmesser erfolgreich eingesetzt; mit Einführung der Mini-PNL ab 14 Charr Durchmesser (Lahme et al. 2001) wird diese bei Kindern erfolgreich und mit niedrigeren Komplikationsraten durchgeführt (Unsal et al. 2010). Eine weitere Miniaturisierung der Instrumente führte zur Entwicklung der Mikro-PNL über eine 4,85-Charr-Nadel mit Dreiwegeadapter für eine 0,9 mm Optik, eine Spülung und eine Laserfaser zur intrakorporalen Fragmentation der Konkremente. Diese Technik erlaubt keine Steinbergung und bislang liegen nur geringe Fallserien vor, sie könnte aber eine Alternative für Steine <20 mm Größe darstellen (Desai et al. 2011).

Die grundsätzlichen Techniken und Komplikationen unterscheiden sich im Wesentlichen nicht von denen bei erwachsenen Patienten (▶ Kap. 20); auf Unterschiede wird im Folgenden hingewiesen.

Die PNL bei Kindern erfolgt bei sterilem Urin unter antibiotischer Prophylaxe in Narkose in Bauchlage auf einem stationären Röntgentisch. Zum Ausgleich der Lendenlordose erfolgt eine Unterpolsterung unter den Oberbauch durch ein gefaltetes Bettlaken/Handtuch oder eine entsprechend an die Kindergröße angepasste vorgefertigte Schaumstoffpolsterung (Abb. 25.9). Auf eine suffiziente, druckpunktfreie Lagerung ist zu achten. Kinder sind anfälliger für eine Hypothermie und Hyperhydratation, daher ist eine isotonische, körperwarme Spülflüssigkeit zu verwenden und ein entsprechendes anästhesiologisches Wärmemanagement durchzuführen.

Die Punktion erfolgt radiologisch oder zur Reduktion der Strahlenbelastung sonografisch geführt (Penebegül et al. 2012). Nach Etablierung des Zugangs erfolgt die Desintegration ballistisch, mittels Ultraschallsonde oder mit dem Holmium:YAG-Laser.

Untersuchungen konnten zeigen, dass bei Kindern nach PNL keine Parenchymnarben nachzuweisen sind (Dwaba et al. 2004), ebenfalls konnten keine Nierenfunktionsverluste nachgewiesen werden (Reisiger et al. 2007).

Tipps

Für in ihrer Lokalisation schwer erreichbare Steine kann ein flexibles Nephroskop das Instrumentarium der PNL ergänzen!

Postoperatives Management

Unmittelbar postoperativ erfolgt die Überwachung auf der Kinderintensivstation, am Folgetag erfolgt die Verlegung auf die kinderurologische Normalstation. Die eingelegte perkutane Nephrostomie

Abb. 25.9 PNL-Lagerung bei einem 9-jährigen Kind

kann in der Regel am Folgetag entfernt werden. Einen Tag später werden bei Beschwerdefreiheit der einliegende Ureterenkatheter und der transurethrale Dauerkatheter entfernt. Dieses Vorgehen ist abhängig vom Patienten und Operateur; aus der vorliegenden Literatur kann keine allgemeine Empfehlung zum Management der postoperativen Ableitungen gegeben werden (Dogan et al. 2012).

25.7.5 Offene/laparoskopische Steinsanierung

Offene oder laparoskopische/roboterassistierte Verfahren werden nur noch sehr selten durchgeführt (Smaldone et al. 2010). Zum einen kann eine Indikation bestehen, wenn gleichzeitig eine Uropathie operativ saniert werden kann (z. B. Steinsanierung im Rahmen einer Pyeloplastik), wenn eine minimalinvasive Therapie keine Steinsanierung möglich machte oder wenn anatomische Besonderheiten einen endoskopischen Eingriff unmöglich machen (z. B. dystope Niere, orthopädische Fehlbildungen).

Zum anderen kann eine Nephrektomie einer steintragenden Niere bei szintigrafisch nachgewiesener deutlicher Funktionseinschränkung indiziert sein (Dogan et al. 2012).

25.8 Metabolische Abklärung

Alle Kinder mit Urolithiasis werden definitionsgemäß der Hochrisikogruppe der Harnsteinbildner zugerechnet und erfordern eine erweiterte metabolische Abklärung mit ausführlicher Anamnese, körperlicher Untersuchung, Sonografie, Blutuntersuchung, Urinstatus, Urinsediment, Urinkultur und zweimaligem Sammelurin (bei Säuglingen ist auch die Untersuchung mehrerer Spontanurinproben möglich). Zudem ist eine Steinasservierung und Steinanalyse unbedingt anzustreben, um gemeinsam mit der metabolischen Abklärung neben Empfehlungen zur allgemeinen Steinmetaphylaxe auch eine spezifische Metaphylaxe durchführen zu können und um Rezidive und/oder Langzeitkomplikationen zu verhindern (Hoppe et al. 2010).

Literatur

Al-Busaidy SS, Prem AR, Medhat M (2003) Pediatric staghorn calculi: the role of extracorporal shock wave lithotripsy monotherapy with special referrence to ureteral stanting. J Urol 169: 629-633

Aldridge RD, Aldridge RC, Aldridge LM (2006) Anesthesia for pediatric lithotripsy. Pediatr Anaesth 16: 236-241

Battino BS, DeFoor W, Coe F (2002) Metabolic evaluation of children with urolithiasis: are adult references for supersaturation appropriate? J Urol 168: 2568–2571

Bogris S, Papatsoris AG (2010) Status quo of percutaneous nephrolithotomy in children. Urol Res 38: 1-5

Cameron MA, Sakhaee K, Moe OW (2005) Nephrolithiasis in children. Pediatr Nephrol 20: 1587-1592

Desai MR, Sharma R, Misrah S (2011) Single step percutaneous nephrolithotomy (microperc): The initial clinical report. J Urol 186: 140-145

Dogan HS, Tekgul S (2012) Minimally invasive surgical approaches to kidney stones in children. Curr Urol Rep 13: 298-306

Dwaba MS, Shokeir AA, Hafez AT (2004) Percutaneous nephrolithotomy in children: Early and late anatomical and functional results. J Urol 172: 1078-1081

Farhat, WA, Kropp BP (2007) Surgical treatement of pediatric urinary stones. AUA Update Series 26: lesson 3

Gofrit ON, Pode D, Meretyk S, Katz G, Shapiro A, Golijan D (2001) Is the pediatric ureter as efficient as the adult ureter in transporting fragments following extracorporal shock wave lithotripsy for renal calculi larger than 10mm? J Urol 166: 1862-1869

Hoppe B, Kemper MJ (2010) Diagnistic examination oft he childwith urolithiasis or nephrocalcinosis. Pediatr Nephrol 25: 403-413

Knoll T, Humke U (2013) Urolithiasis im Kindesalter. Urologe A 52: 1084-1091

Knoll T, Zollner A, Wendt-Nordahl G (2005) Cystinuria in childhood and adolescence: recommendations for diagnosis, treatement and follow-up. Pediatr Nephrol 20: 19-24

Lahme S, Bichler KH, Strohmaier WL (2001) Minimally invasive PCNL in patients with renal pelvic and calyceal stones. Eur Urol 40: 619–624

Muslumanoglu AY, Tefekli A, Sarilar O (2003) Extracorporal shock wave lithotripsy as first line treatement alternative for urinary tract stones in children: a large retrospective analysis. J Urol 153: 453-457

Newman DM, Coury T, Lingeman JE, Mertz JH, Mosbaugh PG, Steele RE (1986) Extracorporal shock wave lithotripsy experience in children. J Urol 136: 238-246

Palmer, LS (2006) Paediatric urologic imaging. Urol Clin North Am 33(3): 409-423

Penebegül N, Tepeler A, Sancaktutar AA (2012) Safety and efficiacy of ultrasound-guided percutaneous nephrolithotomy for treatement of urinary stone disease in children. Urology 79: 1015-1019

Reisiger K, Vardi I, Yan Y (2007) Pediatric nephrolithiasis: Does treatement affect renal growth? Urology 69: 1190-1204

Riccabona, M. (2009) Imaging recommendations in paediatric uroradiology. Minutes of the ESPR uroradiology task force session on childhood obstructive uropathy, high-grade fetal hydronephrosis, childhood haematuria, and urolithiasis in childhood. ESPR Annual Congress, Edinburgh, UK, June 2008. Pediatr Radiol 39(8): 891-908

Samad L, Aquil S, Zaidi Z (2006) Paediatric percutaneous nephrolithotomy: Setting new frontiers. BJU Int 97: 359-363

Schultz-Lampel D, Lampel A, Lazica M (1997) Extracorporal shockwave lithotripsy in childhood. Urologe A 36: 200-208

Singh A, Shah G, Young J, Sheridan M, Haas G, Upadhyay J (2006) Ureteral access sheath fort he management of pediatric renal and ureteral stones: A single center experiance. J Urol 175: 1080-1091

Smaldone MC, Corcoran AT, Docimo SG, Ost MC (2009) Endourological management of pediatric stone disease: Present status. J Urol 181: 17-28

Smaldone MC, Domico SG, Ost MC (2010) Contemporary surgical management of pediatric urolithiasis. The urological clinics of North America 37: 253-267

Unsal A, Resorlu B, Kara C, Bozkurt OF, Ozyuvali E (2010) Safety and efficiacy of percutaneous nephrolithotomy in infants, preeschool age, and older children with different sizes of instruments. Urology 76: 247-252

VanDervoort K, Wiesen J, Frank R, Vento S, Crosby V, Chandra M, Trachtman H (2007) Urolithiasis in pediatric patients: A single center study of incidence, clinical presentation and outcome. J Urol 177: 2300-2305

Woodside JR, Stevens GF, Stark GL (1985) Percutaneous stone removal in children. J Urol 134: 1166-1167

Endoskopische intrauterine Eingriffe

R. Hofmann

26.1 Obstruktive Uropathie – 358
26.1.1 Vesikoamniotischer Shunt – 361
26.1.2 Klappenablation – 361

Literatur – 361

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_26

26.1 Obstruktive Uropathie

Die Amnionflüssigkeit wird durch fetalen Urin aufrechterhalten. Die Produktion von Harn beginnt in etwa um die 16. Schwangerschaftswoche, die Lungenentwicklung beginnt mit der Woche 16–28. Ohne Amnionflüssigkeit kann sich der Bronchialbaum nicht entwickeln und eine Lungenhypoplasie resultiert. Kinder mit Lungenhypoplasie bedingt durch ein An- oder Oligohydramnion sterben gewöhnlich bei der Geburt aufgrund eines respiratorischen Versagens (Freedman et al. 1999).

Hintere Harnröhrenklappen treten in einer Frequenz von 1:8.000 bis 1:25.0000 bei männlichen Kindern auf. Die Klappen sind üblicherweise dünne Membranen oberhalb bzw. im Bereich des Kollikels oder distal des Kollikels. Diese Membranen verhindern einen adäquaten subvesikalen Harnfluss. Je früher die Harnröhrenklappen antenatal diagnostiziert werden, desto größer ist die Schädigung der Blasen- und Nierenfunktion.

Die **obstruktive Uropathie** ist gekennzeichnet durch:

- Bilaterale Hydronephrose
- Vergrößerte Blase mit dilatierter hinterer Harnröhre
- Verdickung der Blasenwand
- Oligo- oder Anhydramnion

Harnröhrenklappen können auch postnatal einen vesikoureteralen Reflux verursachen. Funktionelle Ursachen einer bilateralen Hydronephrose sind hauptsächlich der bilaterale antenatale Reflux sowie das Prune-Belly-Syndrom. Die Therapie der antenatalen Hydronephrose lässt sich wie in ◘ Tab. 26.1 gezeigt zusammenfassen.

Die intrauterine fetale Chirurgie bei »Klappenkindern« wurde zuallererst von M. Harrison von der Universität von Kalifornien in San Francisco durchgeführt (Harrison et al. 1981a und 1981b). Eine fetale Mortalitätsrate von bis zu 43 %, durch Infektionen oder vorzeitige Wehentätigkeit, wird in der Erstpublikation angegeben (Holmes et al. 2001).

Eine fetale obstruktive Uropathie durch eine subvesikale Obstruktion kann entweder durch einen Katheter, der zwischen Blase und Amnionhöhle *(vesikoamniotischer Shunt)* oder durch direkte *Klappenablation* umgangen werden (Holmes et al. 2001, Quintero et al. 2000, Nicholas et al. 2001).

Die In-utero-Intervention wird durchgeführt:

- In der 24.–32. SSW (26. SSW)
- Bei bilateraler Hydronephrose
- Bei vergrößerter Blase und erweiterter hinterer Harnröhre
- Wenn keine renalen kortikalen Zysten vorhanden sind
- Bei Oligohydramnion
- Bei günstigen fetalen Urinelektrolyten (Natrium <100 mmol/l, Chlorid <90 mmol/l, Osmolarität <210 mosmol/l)

Der Fall einer fetalen obstruktiven Uropathie, die mit Fetendo (fetoskopischer Endoskopie) und Platzierung eines transurethralen Stents auf antegraden Wege therapiert wurde, wird beschrieben.

Kasuistik

Einer 36-jährigen Frau (Gravida 1, Para 0) wurde die elektive Beendigung der Schwangerschaft vorgeschlagen, da ein erhebliches Oligohydramnion mit konsekutiver fetaler Lungenhypoplasie vorlag. Der Fetus zeigte eine ausgeprägte bilaterale Hydronephrose, vergrößerte Blase, die bis in den Oberbauch reichte, eine Verdickung der Blasenwand sowie einen offenen Blasenhals mit dilatierter hinterer Harnröhre (◘ Abb. 26.1). In der 26. Schwangerschaftswoche wurde ein Oligohydramnion gefunden. Eine Kariotypisierung aus dem Aspirat der Amnionflüssigkeit zeigte ein normales Chromosomenmuster mit 46 XY. Weitere fetale Blasenpunktionen wurden durchgeführt,

◘ **Tab. 26.1** Therapie der antenatalen Hydronephrose

Anomalie	Beispiel	Maßnahme
Unilaterale Anomalie	Nierenbeckenabgangsenge, obstruktiver Megaureter, Ureterozele, zystische Nierendysplasie	Entbindung zum Termin
Anomalien mit terminaler Niereninsuffizienz	»Potters disease«, polyzystische Nierendysplasie	Genetische Untersuchung, frühe Terminierung
Bilaterale Obstruktion	Megaureter, bilaterale Nierenbeckenabgangsenge, Prune-Belly-Syndrom	Adäquates Amnionvolumen; Oligohydramnion: ± Intervention

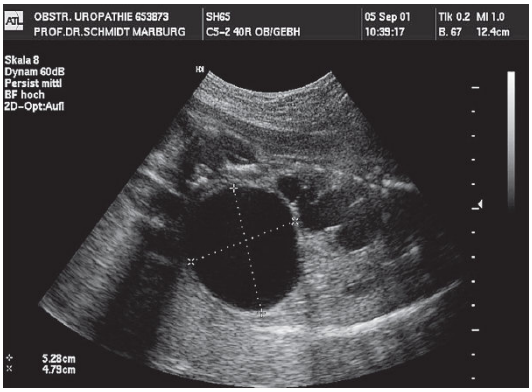


Abb. 26.1 Präoperativer Ultraschall mit Megazystis und Anhydramnion in der 26. Schwangerschaftswoche, bilaterale Hydronephrose

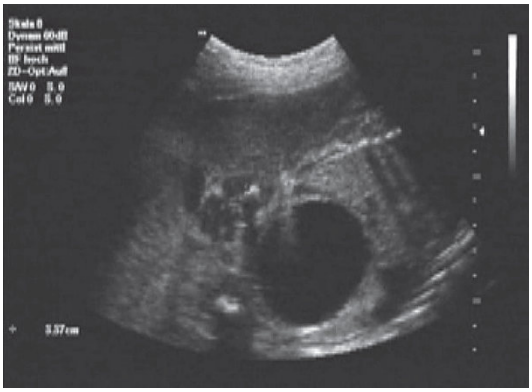


Abb. 26.2 Fetale Blasenpunktion in Lokalanästhesie

wobei Natrium, Chlorid und die Osmolarität im Normbereich waren, sodass dies als günstig zur Erhaltung der Nierenfunktion betrachtet wurde.

Nach der Punktion kam es jedes Mal zu einer Reversibilität der beidseitigen Nierenbecken- und Kelchektasie. Die Elektrolyte und die Osmolarität lagen in einem Bereich, der insgesamt eine günstige Prognose vermuten ließ (Natrium 102 mmol/l, Chlorid 82 mmol/l, Osmolarität 52 mmol/l). Das β-2-Mikroglobulin fiel nach der Dekompression der Blase und des oberen Harntrakts unter einen Wert von 4 mg/l.

Im Ultraschall der fetalen Nieren zeigten sich ein normales Echomuster und keine kortikalen Zysten. In der 26. Schwangerschaftswoche wies der Fetus eine Lungenentwicklung von etwa der 20. Woche auf, er bewegte sich nicht aufgrund des stark ausgeprägten Oligohydramnions.

Eine Lokalanästhesie wurde mit 1 %igem Scandicain durch Hautinfiltration und des Punktionskanals bis zur fetalen Blase durchgeführt. Unter Ultraschallkontrolle wurde die fetale Blase im kranialen Anteil anpunktiert (Abb. 26.2). Der Zugangsweg wurde sorgfältig ausgewählt und führte zwischen den Extremitäten des Feten und unterhalb der Leber direkt an den oberen Anteil der Blase. Aufgrund des Oligohydramnions konnte sich der Fetus nicht bewegen. Ein 0,035-Inch-Führungsdraht wurde durch die Punktionsnadel eingeführt und ein Fetoskop mit einem äußeren Durchmesser von 2,6 mm (8 Charr, Fa. Storz, Tuttlingen) über den Draht vorgeführt.

Die Inspektion der fetalen Blase zeigte eine Trabekulierung bei normal erscheinendem Urothel, orthotope schlitzförmige Harnleiterostien sowie einen offenen hinteren Blasenhals. Die hintere Harnröhre konnte durch das semirigide Fetoskop nicht optimal eingesehen werden. Am Ende der dilatierten hinteren Harnröhre zeigte sich eine Obstruktion. Das Fetoskop wurde in die hintere Harnröhre manipuliert und ein flexibler Führungsdraht durch die Harnröhre vorgeschoben und zum Meatus ausgeführt. Die Platzierung des Drahts durch den Penis des Föten in die Amnionhöhle wurde mit Ultraschall beobachtet.

Das Fetoskop wurde vom Führungsdraht zurückgezogen und anschließend ein Silikon-Doppel-J-Katheter mit 900 µm Außendurchmesser über den Draht vorgeführt. Unter Ultraschallkontrolle wurde die Platzierung des Doppel-J-Katheters zwischen Blase und Amnionhöhle durch den Penis dargestellt. Nach Entfernen des Drahts zeigte sich die korrekte Platzierung des transurethralen Katheters im Ultraschallbild (Abb. 26.3). Urin aus der distentierten Blase drainierte sich sofort über den Harnröhrenstent in die Amnionhöhle, und der Fetus begann sich daraufhin zu bewegen.

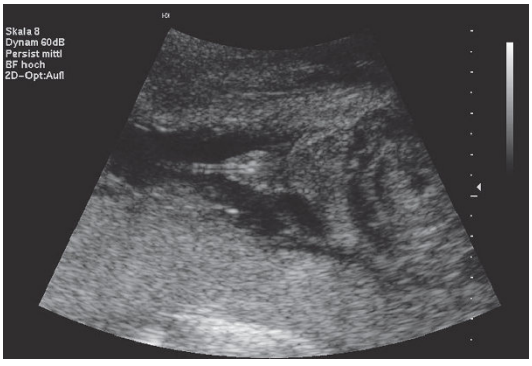


Abb. 26.3 Transurethrale Kathetereinlage mit Drainage der Blase in die Amnionhöhle

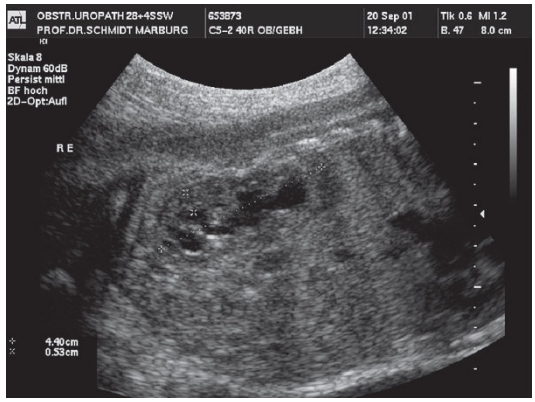


Abb. 26.4 Ultraschall in der 30. Woche mit sonografisch unauffälligen Nieren und leerer Blase

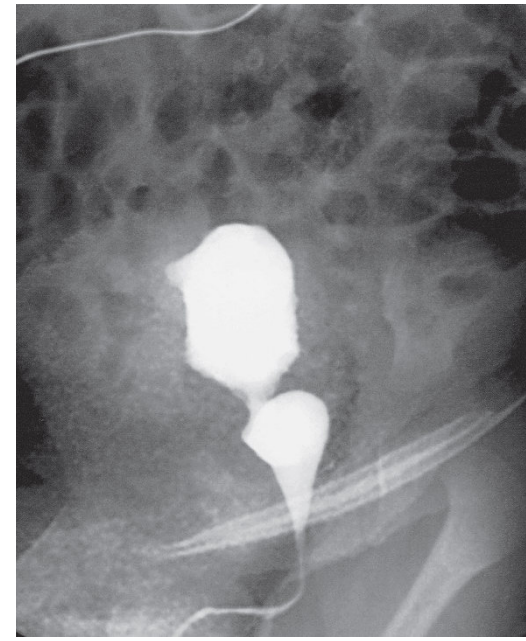


Abb. 26.5 Das MCU 4 Wochen postpartal zeigt eine dilatierte hintere Harnröhre. Posteriore Harnröhrenklappen lassen sich nicht darstellen.

Postoperativ erhielt die Mutter eine prophylaktische Tokolyse (25 µg Fenoterol i.v./min) sowie eine Antibiotikaprophylaxe mit Ampicillin. Vorzeitige Wehentätigkeit oder eine Infektion der Amnionhöhle oder des Feten traten nicht ein. Regelmäßige Ultraschallkontrollen zwischen der 26. und der 36. Schwangerschaftswoche zeigten die Normalisierung der Amnionflüssigkeit und eine sich zeitgerecht entwickelnde Lunge. Die bilaterale Hydronephrose verschwand vollständig (Abb. 26.4).

In der 37. Woche wurde durch Kaiserschnitt ein lebhaftes, spontan atmendes Baby mit guten Blutwerten und einem APGAR-Wert von 9/10/10 nach 1, 5 und 10 min und einem pH-Wert von 7,32 geboren. Das Nierenparenchym des Neugeborenen zeigte eine normale Echogenität ähnlich der Leber, der Serumkreatininspiegel war 0,81 mg/dl bei der Geburt, 1,17 mg/dl am Tag 1, 0,59 mg/dl am Tag 14, und die Kreatininclearance am Tag 14 betrug 50 ml/min/1,73 m^2.

4 Wochen postpartal wurde ein MCU durchgeführt und zeigte einen ungehinderten Harnfluss bei dilatierter hinterer Harnröhre. Reflux oder Restharn traten nicht auf. Hintere Harnröhrenklappen konnten im MCU nicht dargestellt werden (Abb. 26.5).

Das Kind ist nun 14 Jahre alt und hat sich völlig normal entwickelt (Kreatinin 0,82 mg/dl, Harnstoff 34 mg/dl).

Indikationen und Outcome

Eine fetale Intervention zur Verbesserung des postnatalen Outcomes kann durchgeführt werden bei

- Zwerchfellhernie
- Korrektur eines Twin-twin-Transfusionssyndroms
- Korrektur von zystischen pulmonalen Malformationen
- Korrektur von
  - Spina bifida
  - Hydrozephalus
- *Obstruktive Uropathie* (wird kontrovers diskutiert, da der Erfolg nicht vorhergesagt werden kann, Nicholas et al. 2001).

Eine hohe Komplikationsrate (43 % Fetaltod) wurde bei der Intervention der obstruktiven Uropathie beschrieben. Diese Ergebnisse zeigen frühe Erfahrungen mit dieser Methode (Holmes et al. 2001). Verschiedene Zentren (UCSF, Wayne-State-University) haben mittlerweile gute Erfahrungen mit der fetalen Intervention, wobei die Rate fetalen Absterbens deutlich geringer wird und häufiger kleinere Komplikationen wie Shuntmigration, Hernie an der Punktionsstelle oder vorzeitige Wehentätigkeit beobachtet werden. Trotz der Harnableitung zwischen Blase und Amnionflüssigkeit scheint die Niereninsuffizienzrate mit etwa 30–50 % unbeeinflussbar und schicksalhaft zu sein.

Eine Intervention in utero erfolgt üblicherweise in der 20.–28. Schwangerschaftswoche. Dieses Zeitfenster limitiert die Chance, durch Beseitigung der Obstruktion die Nierenfunktion zu verbessern, da

80 % der Nephronentwicklung mit der 24. Woche abgeschlossen ist. Die Desobstruktion ist auf männliche Feten mit normalem 46-XY-Karyotyp beschränkt, da weibliche Feten mit ähnlichen sonografischen Befunden meist an schweren kloakalen Abnormalitäten oder dem Megazystis-Mikrokolon-Hypoperistalsis-Syndrom mit fatalem postoperativem Ausgang leiden (Redman et al. 1984).

Kriterien, die einen günstigen Ausgang vorhersagen lassen, liegen nicht vor. Die renale Funktion ist üblicherweise gut, wenn Natrium <100 mmol/l, Chlorid <90 mmol/l und die Osmolarität <210 mmol/l betragen. Höhere Werte im fetalen Harn bedeuten meist eine Verschlechterung der Nierenfunktion im weiteren Verlauf. Normalwerte des fetalen Harns sind nicht definiert, da eine Harnpunktion bei einem sonst gesunden Fetus nicht durchgeführt wurde. Lediglich Gruppen von Feten, die eine gute, mittlere oder schlechte Prognose hinsichtlich Nierenversagens aufweisen, wurden anhand von fetalen Urinelektrolyten definiert (Oliveira et al. 1999, Smith et al. 1996, Hutton et al. 1994). Eine signifikante Korrelation zwischen niedrigem fetalem Harn-β-2-Mikroglobulin und dem postnatalen Serumkreatinin ein Jahr nach der Geburt wurde gezeigt. Zystatin-C im fetalen Harn war ebenfalls signifikant höher in der Gruppe der Jungen mit späterer erheblicher Niereninsuffizienz (Muller 2001).

Günstige Verläufe können in uteru anhand des fetalen renalen Ultraschalls diagnostiziert werden. Zystisch veränderte hypoechogene Nieren und ein schweres Oligohydramnion führen meist zu irreversibler Niereninsuffizienz oder zum Absterben des Feten (Livera et al. 1989, Freedman et al. 1996, Rosendahl 1990).

26.1.1 Vesikoamniotischer Shunt

Die Platzierung eines vesikoamniotischen Shunts ist insgesamt schwierig, bedingt durch den eingeschränkten Zugang zwischen Leber, Darm sowie den Extremitäten des Feten (Rosendahl 1990). Häufig wird der Doppel-J-Katheter nach kurzer Zeit vom Feten selbst herausgezogen, oder er verliert sich durch die Bewegungen des Feten (Freedman et al. 1996).

Die gängige Technik des *vesikoamniotischen Shunts* beruht in der Einlage eines kleinen Doppel-J-Katheters zwischen fetaler Blase und Amnionhöhle. Ein Herausfallen des Doppel-J-Katheters bzw. das bewusste Herausziehen des Katheters durch den Feten führt häufig zu Wiederholungseingriffen (Holmes et al. 2001).

Komplikationen:

- Urinöser Aszites
- Intraperitoneale Shuntmigration
- Blasenfisteln
- Vorzeitige Amnionhüllenruptur
- Chorioamnionitis

26.1.2 Klappenablation

Eine Klappenablation kann entweder mechanisch, mit einem Laser oder durch Elektrokoagulation durchgeführt werden. Hierfür ist jedoch die Anwendung eines flexiblen Endoskops in der Blase notwendig. Der Vorteil einer direkten Klappenablation könnte eine Verbesserung der Speicherfunktion der Blase sein und die Entwicklung einer normalen Blasenentleerung beim Feten (»bladder cycling«) (Quintero et al. 1995). Eine Ableitung des Harns durch einen vesikoamniotischen Shunt kann zu autonomen Detrusorkontraktionen und einer konsekutiven Miktionsstörung bei den Kindern führen. Durch direkte Ablation der Klappen kann somit eine funktionell normale Blasenentwicklung erfolgen (Quintero et al. 1995).

Offene Chirurgie im Uterus ist kontraindiziert aufgrund hoher Komplikationen und einer hohen fetalen Todesrate (Sholder et al. 1988, Manning et al. 1986). Fetendo ist minimal-invasiv, kann in Lokalanästhesie und unter direkter Sicht durchgeführt werden. Die Platzierung eines transurethralen Stents ist wenig invasiv im Vergleich zur Klappenablation mit einer möglichen Harnröhren- und Sphinkterschädigung. Durch die transurethrale Ableitung wird ein Katheter eingelegt, der wenig durch fetale Bewegung oder absichtliches Herausziehen durch den Feten displatziert werden kann.

Literatur

Freedman AL, Johnson MP, Smith CA, Gonzales R, Evans MI (1999) Longterm outcomes in children after antenatal intervention for obstructive uropathies Lancet 354: 374–377

Harrison MR, Filly RA, Paren JRT (1981) Management of fetus with urinary tract malformation JAMA 246: 635–639

Harrison MR, Golbus MS, Filly RA (1981) Management of fetus with correctable congenital defect. JAMA 246: 774–777

Holmes N, Harrison MR, Baskin LS (2001) Fetal surgery for posterior urethral valves: long-term postnatal outcomes. Pediatrics 108: 1–7

Quintero RA, Shukla AR, Homsy YL, Bukkapatnam R (2000) Successful in utero endoscopic ablation of posterior urethral valves: a new dimension in fetal urology. Urology 55: 774xiii–774 xv

Nicholas H, Harrison MD, Baskin LS (2001) Fetal surgery for posterior urethral valves : long term postnatal outcomes. Pediatrics 108: 1–7

Redman JF, Jiminez JF, Gollady ES et al. (1984) Megacystis-microcolon-intestinal hypoperistalsis syndrome: case report and review of literature. J Urol 131: 981

Oliveira EA, Diniz JS, Cabral ACV (1999) Prognostic factors in fetal hydronephrosis: a multivariate analysis. Pediatr Nephrol 13: 859–864

Smith GH, Canning DA, Schulman SL, Snyder HW, Duckett JW (1996) The long term outcome of posterior urethral valves treated with primary valve ablation. J Urol155: 1730–1734

Hutton KAR, Thomas DFM, Davies BW (1994) Prenatally deteced posterior urethral valves: is gestational age of detection a predictor of outcome J Urol 152: 698–701

Muller F (2001) Fetal urine biochemistry: prognostic factors of renal function. In: Gearhart, Rink, Mouriquand (eds) Pediatric Urology. Philadelphia: Saunders, p 27–37

Livera LN, Brooksfield DSK, Essington JA, Hacunair JM (1989) Antenatal ultrasound to detect fetal ranl anomalies: a prospective screening detectable programme. BMJ 298: 1421–1423

Freedman AL, Bukowski TP, Smith CA, Evans MI, Johnson MP, Gonzales R (1996) Fetal therapy for obstructive uropathy: specific outcome diagnoses. J Urol 156: 720–723

Rosendahl U (1990) Ultrasound screening for fetal urinary tract malformation : a prospective study in the general population. Eur J Obstet Gynecol 36: 27–33

Harrison MR, Golbus MJ, Berkowitz RL (1982) Fetal treatment. N Engl J Med 307: 1651–1652

Quintero R, Johnson MP, Romero R (1995) In utero percutaneous cystoscopy in the managemant of fetal lower obstructive uropathy. Lancet 346: 537–540

Sholder AJ, Maizls M, Depp R (1988) Caution in antenatal intervention. J Urol 139: 1026–1029

Manning FA, Harrison MR, Rodeck C (1986) Catheter shunt for fetal hydronephrosis and hydrocephalus. N Engl J Med 315: 336–340

Strahlenschutz bei endoskopischen Eingriffen

R. Leppek

27.1 Einleitung – 364

27.2 Allgemeiner Strahlenschutz – 366

27.3 Strahlenschutz des Patienten – 368

27.4 Strahlenschutz des Untersuchungspersonals – 370

27.5 Zusammenfassung – 373

Literatur – 374

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1_27

27.1 Einleitung

Die erste Priorität bei endoskopischen, durchleuchtungsgesteuerten Verfahren gehört der Sicherheit, verbunden mit dem diagnostischen und therapeutischen Erfolg des Eingriffs. Allerdings verlangen minimal-invasive Verfahren vom Untersucher auch solide Methodenkompetenz in der Durchführung bildgestützter Eingriffe, um die Anwendung ionisierender Strahlung ebenso schonend und für Patient und Personal »sicher« zu gewährleisten. Gemäß des für alle Strahlenanwendungen geltenden ALARA-Prinzips zur Dosisminimierung, dem Grundsatz »**A**s **L**ow **A**s **R**easonably **A**chievable« folgend, erfordert es Wissen und Fähigkeiten, die Strahlendosis ohne Verlust an diagnostischer Qualität »so gering wie vernünftigerweise möglich« zu halten.

Die präoperative Diagnostik zur Indikation endoskopischer urologischer Eingriffe bedient sich bildgebender Verfahren, die sowohl in Verantwortung des im Strahlenschutz fachkundigen Urologen sind, als auch vom Radiologen insbesondere mit der Computertomografie, Kernspintomografie und weiteren Spezialverfahren zur Eingriffsplanung beigetragen werden.

Diese präoperative, meist elektive bildgebende Diagnostik ist im Rahmen des Qualitätsmanagements in der Regel durch Arbeitsanweisungen, Untersuchungsprotokolle und geschultes Personal in der Radiologie als auch urologischen Teilgebietsradiologie hinsichtlich des Strahlenschutzes ausreichend beherrschbar (Bartal et al. 2014). Seit Inkrafttreten der novellierten Röntgenverordnung am 01.07.2002 sind u. a. die Aufgaben der ärztlichen Stellen zur Qualitätssicherung in der Radiologie mit der Einführung diagnostischer Referenzwerte (DRW) und die Verpflichtung zum Kompetenzerhalt im Strahlenschutz durch Kurse zur Aktualisierung der Strahlenschutz-Fachkunde oder -Kenntnisse als wirksame externe qualitätssichernde Maßnahmen etabliert.

Gut 10 Jahre nach Inkrafttreten der novellierten Röntgenverordnung wurde im Dezember 2013 auf Basis internationaler Erfahrungen vom Rat der Europäischen Kommission die Richtlinie 2013/59 verabschiedet, die bis spätestens zum 06.02.2018 von allen EU-Mitgliedsländern in nationales Recht umgesetzt werden muss (Richtlinie 2014). Diese »*Richtlinie zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom*« gab in Deutschland Anlass zur völligen Neugestaltung des Strahlenschutzrechts in Form eines umfassenden Strahlenschutzgesetzes (StrlSchG) (Bundesministerium für Umwelt 2017). In Deutschland hat das Bundeskabinett am 25.01.2017 den Entwurf eines Strahlenschutzgesetzes beschlossen, dem der Bundesrat am 12.05.2017 zugestimmt hat. Im Zuge dieser grundlegenden Modernisierung des Strahlenschutzrechts werden mit Inkrafttreten des StrlSchG erstmals alle Bereiche des Schutzes vor ionisierender Strahlung systematisch in einem Gesetz zusammengefasst.

Als augenfälligstes Merkmal entfällt zukünftig im Rahmen der Vollzugsvereinfachung die auf dem Atomgesetz beruhende Trennung in eine Strahlenschutzverordnung und Röntgenverordnung. In den Ausführungsbestimmungen des untergesetzlichen Regelwerks, insbesondere in Verordnungen und Richtlinien zu Fachkunde und Kenntnissen im Strahlenschutz, sind für alle Strahlenanwender und einige Strahlenanwendungen relevante Änderungen und Anpassungen zu erwarten. Während beispielsweise bislang der Einsatz von Röntgenstrahlung zur Früherkennung von Krankheiten allein für den Brustkrebs erlaubt war, wird zukünftig der Einsatz radioaktiver Stoffe oder ionisierender Strahlung zur Früherkennung von Krankheiten erweitert, sofern der Nutzen das Risiko der eingesetzten Strahlung überwiegt. Per Rechtsverordnung wird zukünftig dem Strahlenschutzverantwortlichen die Pflicht auferlegt, dass bei geplanten Expositionssituationen »Vorkommnisse« in Verbindung mit z. B. medizinischen Expositionen an ein zentrales »Informations- und Meldesystem medizinischer Vorkommnisse« zu übermitteln sind.

Besondere regulatorische Aufmerksamkeit erhalten zukünftig Strahlenanwendungen in der Computertomografie (CT), Angiografie und Intervention, deren Durchführung erstmals die fachliche Einbindung von Medizinphysik-Experten erfordert. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass trotz aller Bemühungen die kollektive effektive Dosis von der seit Jahren stetig zunehmenden Computertomografie, Angiografie und Intervention dominiert wird (Bundesministerium für Umwelt 2016) (Abb. 27.1).

Statistisch wurden in Deutschland im Jahr 2012 etwa 1,6 Röntgenuntersuchungen pro Einwohner durchgeführt. Die mittlere effektive Dosis aus Röntgenuntersuchungen pro Einwohner belief sich im Jahr 2012 auf ca. 1,8 mSv. Während die Anzahl konventioneller Röntgenuntersuchungen von Schädel, Thorax, Wirbelsäule und Bauchraum einschließlich

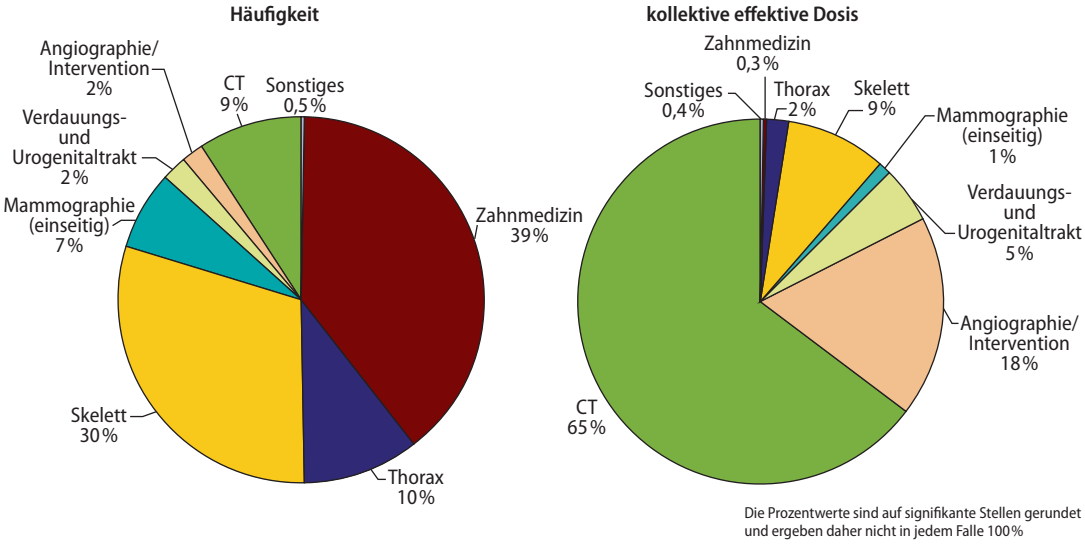


Abb. 27.1 Prozentualer Anteil der verschiedenen Untersuchungsarten an der Gesamthäufigkeit und an der kollektiven effektiven Dosis in Deutschland für das Jahr 2012. Parlamentsbericht (Bundesamt für Strahlenschutz, Stand: Dezember 2015)

Verdauungs- und Urogenitaltrakt im Zeitraum 1996 bis 2012 rückläufig war und die daraus resultierende mittlere effektive Dosis pro Einwohner und Jahr um mehr als ein Drittel sank, zeigt sich im selben Beobachtungszeitraum dennoch ein Anstieg der effektiven Dosis pro Kopf der Bevölkerung. Dies geht hauptsächlich zu Lasten der steigenden Anzahl von CT-Untersuchungen, die sich zwischen 1996 und 2012 mit einem Anstieg um 130 % mehr als verdoppelt haben (Bundesministerium für Umwelt 2016). Lediglich die Anzahl pädiatrischer CT-Untersuchungen hat in Deutschland von 2006 bis 2012 um 29 % abgenommen. Zeitgleich gingen die Organdosen bei CTs mit sinkendem Kindesalter zurück (Pokora et al. 2016).

Obwohl die CT sowie die ebenfalls dosisintensive Angiografie einschließlich interventioneller Maßnahmen nur zu etwa 10 % zur Gesamthäufigkeit beitragen, betrug ihr Anteil an der aus allen Röntgenuntersuchungen resultierenden kollektiven effektiven Dosis im Jahr 2012 mehr als 80 %.

Handlungsbedarf im Sinne des Strahlenschutzes besteht abgesehen von der Computertomografie in Hand des Radiologen also auch in allen klinischen Disziplinen, die sich durchleuchtungsgesteuerter Techniken bedienen (Rehani 2015).

Zum Vergleich ist in Deutschland die natürliche Strahlenexposition, deren maßgeblicher Radon-Anteil wesentlich von der Bodenbeschaffenheit des Wohnorts (Granit bzw. Urangehalt) abhängt, bei einer Spannweite von 1 mSv bis 10 mSv mit etwa 2,1 mSv pro Kopf und Jahr im Mittel noch immer etwas größer als die 1,8 mSv jährliche mittlere effektive Dosis aus Röntgenuntersuchungen pro Einwohner (Bundesministerium für Umwelt 2016). Zivilisatorische Strahlenexpositionen aus technischen Anwendungen schlagen in Deutschland mit nur ca. 0,1 mSv in der kollektiven effektiven Dosis pro Kopf und Jahr zu Buche. Aus strahlenepidemiologischer Sicht ist, wie Abb. 27.1 zeigt, ein für die Bevölkerung wirksamer Strahlenschutz ganz wesentlich von der Expositionskontrolle in der Computertomografie, Angiografie und durchleuchtungsgesteuerten Intervention abhängig (Mettler 2009).

Dem Strahlenschutzkonzept der Internationalen Strahlenschutzkommision folgend (Wrixon 2008), wurden im Juli 2003 erstmals eingeführte und im Juni 2016 aktualisierte diagnostische Referenzwerte (DRW) für ausgesuchte Strahlenanwendungen verbindlich vorgeschrieben (Strahlenschutz 2016). Anders als ein Dosisgrenzwert, der nicht überschritten werden darf und bußbewehrt ist, fordert der diagnostische Referenzwert vom Strahlenanwender Schutzmaßnahmen, um die Exposition für die jeweilige Maßnahme unterhalb des DRW zu halten. Dabei sind die Strahlenanwendungen so zu optimieren, dass der DRW im Mittel (über zehn Anwendungen) nicht überschritten wird (Strahlenschutz 2016). Für den Strahlenanwender gilt in praxis gemäß § 16 Absatz 1 RöV, dass die vom Bundesamt

Tab. 27.1 Diagnostische Referenzwerte für konventionelle Projektionsaufnahmen am Erwachsenen (Strahlenschutz 2016)

Untersuchungsart	Dosisflächenprodukt (DFP) [cGycm^2] bzw. [µGym^2]
Abdomen* AP/PA	230
Becken* AP/PA	250

*AP = Strahlengang anterior-posterior, PA = Strahlengang posterior-anterior

für Strahlenschutz erstellten und veröffentlichten diagnostischen Referenzwerte als Grundlage für die Qualitätssicherung bei der Durchführung von Röntgenuntersuchungen in der Heilkunde heranzuziehen sind. Für das Fachgebiet Urologie liegen DRW für die Miktionscystourografie (MCU) bei Kindern vor. Für urologische Röntgenuntersuchungen beim Erwachsenen gibt der DRW für das Abdomen eine gute Orientierung. Die in Frage kommenden DRW sind tabellarisch zusammengefasst (Tab. 27.1, Tab. 27.2, Tab. 27.3).

Mit dem StrlSchG, welches die eingangs zitierten, grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung berücksichtigt, werden weitere Empfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission in deutsches Recht und damit in die Anwendungspraxis überführt. Das bereits existierende Strahlenschutzkonzept der DRW wird mit Einführung von individuellen, prospektiv festgelegten Dosisrichtwerten, sog. »dose constraints«, erweitert, die noch mehr den patientenindividuellen Gegebenheiten durch Dosisanpassungen der jeweiligen Untersuchung Rechnung tragen (Walz et al. 2016).

27.2 Allgemeiner Strahlenschutz

Fundament des allgemeinen Strahlenschutzes ist bei vorausgesetzter rechtfertigender Indikation die Begrenzung der Strahlenexposition für Patient, beruflich strahlenexponiertes Personal und Umwelt (Minimie-

Tab. 27.2 Diagnostische Referenzwerte für konventionelle Projektionsaufnahmen am Kind (Strahlenschutz 2016)

Untersuchungsart	Gewichts-bzw. Altersklasse	Dosisflächenprodukt (DFP) [cGycm^2] bzw. [µGym^2]
Abdomen AP/PA*	Neugeborenes (3 bis < 5 kg; 0 bis < 3 Monate)	2,0
	Säugling (5 bis < 10 kg; 3 bis < 12 Monate)	5,0
	Kleinkind (10 bis < 19 kg; 1 bis < 5 Jahre)	10
	Grundschulkind (19 bis < 32 kg; 5 bis < 10 Jahre)	20
Becken AP/PA*	Kleinkind (10 bis < 19 kg; 1 bis < 5 Jahre)	12
	Grundschulkind (19 bis < 32 kg; 5 bis < 10 Jahre)	25

*AP = Strahlengang anterior-posterior, PA = Strahlengang posterior-anterior

Tab. 27.3 Diagnostische Referenzwerte für diagnostische Durchleuchtungsuntersuchungen am Kind (Strahlenschutz 2016)

Untersuchungsart	Gewichts-bzw. Altersklasse	Dosisflächenprodukt (DFP) [cGycm^2] bzw. [µGym^2]
Miktions-Cysto-Urografie	Neugeborenes (3 bis < 5 kg; < 3 Monate)	5
	Säugling (5 bis < 10 kg; 3 bis < 12 Monate)	10
	Kleinkind (10 bis < 19 kg; 1 bis < 5 Jahre)	18
	Grundschulkind (19 bis < 32 kg; 5 bis < 10 Jahre)	30

rungsgebot). Formal untergliedert sich der Strahlenschutz in einen ortsbezogenen, personenbezogenen, gerätebezogenen, schaltungsbezogenen und anwendungsbezogenen Strahlenschutz. Dessen ungeachtet stützt sich eine zweckmäßige Umsetzung von Strahlenschutzmaßnahmen jedoch immer auf die Gesamtheit und das Zusammenspiel dieser einzelnen Komponenten. Alle »am Tisch stehenden« Akteure haben mit ihrem Wissen, Können und Fähigkeiten direkten Einfluss auf die Strahlenexposition und garantieren dadurch eine erfolgreiche und sichere Behandlung.

Allerdings ist bekannt, dass der Strahlenschutz allgemein mit den rasanten technischen Entwicklungen, namentlich mit der bereits vollständigen Digitalisierung der gesamten radiologischen Prozess- und Wertschöpfungskette, nur unzureichend Schritt hält (Keeley und Thornton 2009, Mettler 2009, Friedman et al. 2013, Jindal 2013, Soylemez et al. 2013, Bartal et al. 2014, Hoffler und Ilyas 2015, Hristova-Popova et al. 2015, Tok et al. 2015, Galonnier et al. 2016, Horsburgh und Higgins 2016).

Die Benutzung digitaler Systeme verlangt vom Anwender Überlegungen, die als ersten Schritt die für den Zweck der Strahlenanwendung diagnostisch ausreichende Bildqualität festlegen. Die ausreichende, in Abhängigkeit vom jeweiligen Eingriff notwendige Bildqualität und die dafür erforderliche Dosis bedingen einander. Beide Parameter werden in praxi zusätzlich noch durch eine Vielzahl von gerätetechnischen, anwendungsspezifischen und auch patientenseitigen Bedingungen beeinflusst, die in einem zweiten Schritt am besten durch das »Team am Tisch« arbeitsteilig, aber in der Zielsetzung »Behandlungserfolg« und »Sicherheit« gemeinsam kontrolliert und beherrscht werden.

Weil das Tempo gerätetechnischer Innovationen und die Entwicklung neuer Diagnose- und Behandlungsverfahren so rasant sind, sind Kompetenzerwerb und -erhalt unverzichtbare Bestandteile der kontinuierlichen Verbesserungsprozesse, die im Qualitätsmanagement verankert sind. Arbeitsverdichtung, Zeitmangel und ein zu kurzsichtiges Verständnis von Notwendigkeit und Angemessenheit von Strahlenschutzmaßnahmen führen leicht zu Barrieren und Blockaden, die Einbußen an Qualität und Sicherheit nach sich ziehen(Rothmund 2015).

Eine gute und fundierte Strahlenschutzpraxis hat auch die Personal- und Organisationsentwicklung im Blick (Mettler 2009).

Erstaunlich lange halten sich in der Auffassung über und im Engagement für den Strahlenschutz bei manchen Akteuren die klassischen Gründe des »Resistance to change«: Verweigerung gegenüber Innovationen, Furcht vor dem Neuen, Verwirrung, Desorientierung und Krisenbildung (Rick 2011). Unter dem Schlagwort »Dose Awareness«, dem Bewusstsein und dem Wissen über Dosis und Strahlenwirkung für Patient und Personal fängt hier eine gute Personalführung den Mitarbeiter auf und vermittelt ihm für neu eingeführte Techniken und Verfahren notwendiges Wissen, Akzeptanz und Selbstvertrauen. Gute Personalführung heißt auch, dem »Team am Tisch« zu verdeutlichen und die Perspektive zu eröffnen, dass jede Strahlenanwendung nicht nur der Dokumentationspflicht nach RöV (Richtlinie zu Arbeitsanweisungen und Aufzeichnungspflichten 2006) unterliegt, sondern nahezu alle untersuchungs- bzw. behandlungsbezogenen Daten der externen Qualitätssicherung zur Verfügung gestellt werden.

In Deutschland sind nach § 108 SGB V zugelassene Krankenhäuser seit 2004 verpflichtet, alle zwei Jahre strukturierte Qualitätsberichte nach § 137 SGB V vorzulegen. Diese Qualitätsberichte werden im »Portable Document File (PDF)«-Format und als XML-Datensatz zur Abfrage detaillierter Informationen bereit gestellt, die spezialisierte Suchportale benutzen, um dem Bürger im Internet auch im Strahlenschutz ein öffentlichkeitswirksames, wenn nicht wettbewerbswirksames Qualitätsranking anzubieten.

Aus Sicht des Krankenhausmarketings und bereits verfügbarer informationstechnologischer (IT) Lösungen (Hermen et al. 2015) sowie infolge der mit dem StrlSchG einzuführenden Dosismanagement-Systeme (Rehani 2015, Walz et al. 2016) wird eine Transparenz geschaffen, die äquivalent zu klinischen Qualitätsindikatoren anhand von Expositionsdaten entweder gute strahlenschutzgerechte Praxis belegt oder Defizite im Strahlenschutz offen legt. Trotz dieser primär patientenorientierten Perspektive ist nicht zu vergessen, dass in der Regel eine geringere Patientenexposition eine – wenn auch nicht lineare – Verringerung der Exposition des Untersuchers bedeutet (Bartal et al. 2014). Ein zeitgemäßer allgemeiner Strahlenschutz beruft sich nicht ausschließlich auf die eingangs genannten formalen Kategorien, sondern betrachtet Strahlenschutzmaßnahmen als ein mehrdimensional definiertes Instrument und immanenten Bestandteil der Untersuchungs- und Behandlungsqualität.

27.3 Strahlenschutz des Patienten

Ohne die bisherigen Ausführungen zu entkräften, die für ein umfassendes Strahlenschutzverständnis plädieren, bietet sich für dessen praktische Umsetzung die Gliederung in einen »Strahlenschutz für den Patienten« und einen »Strahlenschutz für das Personal« an. Damit wird einer üblichen und gewohnten Einteilung des praktischen Strahlenschutzes gefolgt, obwohl diese Einteilung sowohl für das Target »Patient« als auch das Target »Personal« Überlappungen bereit hält und dem Anwender synergistische und antagonistische Effekte beschert, die es zu beachten gilt. Die Richtlinie für die technische Prüfung von Röntgeneinrichtungen listet die eingangs im Abschnitt allgemeiner Strahlenschutz genannten Kategorien als Positionen der Sachverständigenprüfung auf und beschreibt diese zum besseren Verständnis mit Beispielen (Richtlinie 2011):

- **Ortsbezogener Strahlenschutz**
  z. B. Kontrollbereich, bautechnischer Strahlenschutz, Zusammenwirken mehrerer Strahlenquellen, Arbeitsplätze
- **Personenbezogener Strahlenschutz**
  z. B. Strahlenschutzkleidung des Personals, Patientenschutzmittel
- **Gerätebezogener Strahlenschutz**
  - z. B. Röntgenstrahler, Filterung, Feldgröße, Fokus-Haut-Abstand, Zentrierung, Nutzstrahlungsabschirmung
- **Schaltungsbezogener Strahlenschutz**
  z. B. Bedienungselemente, Betriebszustand, Einschaltsperren, Begrenzung von Betriebswerten
- **Anwendungsbezogener Strahlenschutz**
  z. B. Automatiken, Betriebs- und Dosis-/Dosisleistungswerte, Dosisflächenprodukt-Anzeige, Geräteschwächungsfaktor

Ortsbezogener und personenbezogener Strahlenschutz

Der Strahlenanwender verfügt im allgemeinen über einen intuitiven Zugang zu diesen beiden Kategorien, da ihm Auflagen für Verhalten und Tätigkeiten im Kontrollbereich vertraut sind: Zugangsbeschränkungen und Unterweisungspflicht von Personen, die sich im Kontrollbereich aufhalten oder tätig werden, Duldungspflicht und Dokumentation der Dosisüberwachung für beruflich strahlenexponiertes Personal und am Arbeitsplatz fest installierte oder ortsveränderliche Strahlenschutzmittel, die für Röntgenuntersuchungen und durchleuchtungsgestützte Eingriffe benutzt werden.

Allgemein darf dem Patienten unterstellt werden, dass er den Nutzen einer Röntgenuntersuchung hoch einschätzt und bereit ist, bei Einhaltung von Vorsichtsmaßnahmen auch die Risiken in Kauf zu nehmen. Der im Jahr 2006 durchgeführte Risikomündigkeitssurvey für Bürger in Deutschland zeigte, dass Bürger (Patienten) um die Wirkung von radioaktiver Strahlung auf das menschliche Erbgut (90 %) und den wirksamen Schutz von Bleigummidecken beim Röntgen (89 %) wissen (Bundesministerium für Umwelt 2007).

Demnach gilt unverändert als erste und offenkundige Strahlenschutzmaßnahme für Patient und Personal die Herabsetzung der Strahlenexposition durch Abschirmung und Begrenzung des Nutzstrahlenfeldes, die durch eine sorgfältige organ- oder fragestellungsbezogene Einblendung bzw. Begrenzung von Streustrahlung erreicht wird. Strahlenschutz wird von Patient und Personal in erster Linie mit der Verwendung von bleiarmierten Abschirmungen in Verbindung gebracht.

Für den Patienten gilt, dass nicht exponierte Körperteile, die von Streustrahlung getroffen werden können, mit einem Streustrahlenschutz (mindestens 0,35 mm, typischerweise 0,5 mm Bleigleichwert (Pb)) abzudecken sind. Ist für das geplante durchleuchtungsgestützte Manöver absehbar, dass bestimmte Körperteile sicher nicht in den Nutzstrahlenkegel gelangen, können diese Körperteile auch mit einer strahlerseitig platzierten Bleimatte (1 mm Pb) abgedeckt werden. Für Strahlenschutzmaterialien im Nutzstrahlenkegel gilt einschließlich des Gonadenschutzes des Patienten ein Bleigleichwert von 1 mm Pb, z. B. für die umschließende Hodenkapsel und den Ovarschild. Durch geschickte Platzierung und Fixierung der passenden Hodenkapsel kann auch beim Knaben eine Miktionszystourethrografie mit einem umschließenden Gonadenschutz durchgeführt werden. Es gilt, dass Strahlenschutzmittel in ausreichender Anzahl und Größe vorgehalten werden müssen. Die Richtlinie für die technische Prüfung von Röntgeneinrichtungen listet in der Anlage III »Erforderliche Patientenschutzmittel bei Röntgeneinrichtungen zur Untersuchung von Menschen« verschiedene Anwendungsszenarien und dafür bereit zu haltende Strahlenschutzmittel für den Patienten gemäß DIN EN 61331-3 auf (Richtlinie 2011).

Es ist daher bemerkenswert, dass diese einfachen und wirksamen Strahlenschutzmaßnahmen für den Patienten – Einblendung und Anlage des Gonadenschutzes – in der breiten Praxis noch längst nicht lückenlos und fehlerfrei angewendet werden. Ge-

wöhnlich wird dies mit einer Geringschätzung von Notwendigkeit und Wirksamkeit von Strahlenschutzmaßnahmen, Umständlichkeit ihrer Anwendung und Bequemlichkeit begründet, was sich in den Antworten einer Befragung urologisch tätiger Ärzte spiegelt (Soylemez et al. 2012, 2013).

Speziell für Untersuchungen in Steinschnittlage sind Strahlenschutzscheiben aus Bleiacryl mit sterilen Einwegabdeckungen für das untere Drittel der Schutzscheibe erhältlich. Für interventionelle Anwendungen sind auf dem Markt flexible bleiarmierte textilbasierte Gonadenschutzmaterialien zu erhalten, die auch in Bauchlage des Patienten angelegt werden können.

Eine Übersicht effektiver Dosen bei urologisch indizierten Röntgenuntersuchungen ist ◘ Tab. 27.4 zu entnehmen. Da die Prävalenz von Harnsteinleiden ansteigt, die röntgenologische Bildgebung besonders in der Akutsituation dem Ultraschall nachfolgt und Steinpatienten ggf. Mehrfachuntersuchungen und durchleuchtungsgesteuerten Behandlungen ausgesetzt sind, werden bei diesen Patienten jährliche Strahlendosen bis zu 30 mSv, im Extremfall bis zu 50 mSv berichtet (Lipkin und Preminger 2012). In Abhängigkeit vom Body Mass Index kann für eine perkutane Nephrolithotomie zwischen ca. 3 mSv und ca. 9 mSv veranschlagt werden. Bei Strahlenanwendungen in einem Dosisbereich von deutlich weniger als 100 mSv gilt eine lineare Dosis-Wirkungsbeziehung ohne Schwellenwert, deren Charakteristikum eine mit der Dosis proportional steigende Zunahme der Eintrittswahrscheinlichkeit des Strahlenschadens ist. Allgemein akzeptiert, wenn auch nicht unumstritten, wird diese Korrelation zwischen Dosis und Eintrittswahrscheinlichkeit eines Strahlenschadens mit der Linear-No-Threshold Hypothese beschrieben.

◘ **Tab. 27.4** Strahlenexposition verschiedener urologisch indizierter Röntgenuntersuchungen (zitiert nach Neisius et al. 2016)

Untersuchung	Effektive Dosis
Abdomenübersichtsaufnahme	0,5–0,8 mSv
Ausscheidungsurografie	1,4–3,9 mSv
Low-Dose CT (BMI < 30kg/m^2)	0,97–3,09 mSv
Reguläres natives Abdomen-CT*	4,5–5,19 mSv
Kontrastverstärktes Abdomen-CT*	25–35 mSv

* Besonders in der CT sind die aktuellen Dosiswerte tendenziell geringer einzuschätzen, da die aufgelisteten Werte aus dem Publikationszeitraum 1998–2008 stammen.

Eine grobe Abschätzung zum Auftreten eines postinterventionellen Erythems (deterministischer Strahlenschaden) kann aus dem Dosisflächenprodukt der Untersuchung abgeleitet werden. Zur weiteren Orientierung kann angenommen werden, dass eine Minute Durchleuchtung auf der Haut des Patienten eine Dosis von 10–100 mGy erzeugt (Bartal et al. 2014). Unterstellt man während der Untersuchung eine unveränderte Einstrahlungsfläche, kann damit näherungsweise die Hautdosis aus dem Gesamtbetrag des Dosisflächenprodukts – allerdings nur mit Einschränkungen – abgeschätzt und damit eine Überschreitung der Hauterythemdosis von 2 Gy oder des temporären Haarverlusts mit 3 Gy grob kalkuliert werden. Der beste Messwert zur Abschätzung von Strahlenschäden der Haut ist die sog. »Peak Skin Dose (PSD)«, für dessen Bestimmung allerdings aufwendige Messmethoden erforderlich sind. Der PSD-Wert berücksichtigt im Gegensatz zum Dosisflächenprodukt tatsächliche Dosiseinträge auf der Haut des Patienten, die von der Aufnahmegeometrie, Feldgröße usw. beeinflusst werden.

Informationen zur Einfalldosis (bzw. Hautdosis) werden an modernen Röntgengeräten im jeweiligen untersuchungsspezifischen Dosisbericht aufgeführt. Bei durchleuchtungsgestützten Interventionen ist die Vermeidung deterministischer Strahlenschäden oberstes Gebot des Strahlenschutzes.

Insbesondere an stationären Anlagen kann durch Verwendung von Kupferfilterungen (0,1–0,3 mm Cu) die Hautdosis deutlich reduziert werden. Das Dosisflächenprodukt ist nicht nur abhängig von Durchleuchtungszeit und Strahlenfeld, sondern weitere untersuchungstechnische Parameter wie Dosisleistung, Anzahl der Pulse pro Sekunde, Pulsweite, Aufhärtungsfilter (Kupfer), Kennlinienauswahl, Feldgröße, Benutzung von Last-Image-Hold oder digitaler Aufnahmen, Patientenkonstitution usw. haben Einfluss auf die applizierte Strahlendosis (◘ Tab. 27.5).

An mobilen Durchleuchtungsgeräten (mobile C-Bögen) sind die technischen Möglichkeiten zur Minimierung der Strahlendosis (z. B. Pulsung) nicht immer uneingeschränkt vorhanden, was Gegenstand zukünftiger Anpassungen der Geräte-Mindestanforderungen der Sachverständigenprüfrichtlinie ist. In der Abnahmeprüfung wird die Dosisleistung in der Regel deutlich unterhalb der zulässigen Dosis von max. 0,6 µGy/s in der Durchleuchtung und 2 µGy/Bild

bei digitaler Aufnahme festgelegt. Allerdings kann die Dosisleistung deutlich niedriger als 0,6 µGy/s eingestellt werden.

Für den Untersucher gibt die Beachtung des Dosisflächenproduktes (DFP) pro Minute eine hilfreiche Orientierung zum Dosisbedarf der Untersuchung.

Als Faustregel kann bei einem DFP von ca. 50–100 cGycm² pro Minute bei urologischen Untersuchungen von einer guten Anpassung der technischen Parameter ausgegangen werden.

Dagegen zeigen DFP-Werte von mehr als 500 cGycm² pro Minute einen deutlichen Handlungsbedarf zur Untersuchungsoptimierung und Dosisminimierung an (persönliche Mitteilung Bärbel Madsack, Ärztliche Stelle Hessen Madsack 2017).

27.4 Strahlenschutz des Untersuchungspersonals

Insbesondere Durchleuchtungsuntersuchungen entlarven den Euphemismus, der sich in der Unterscheidung zwischen einem »altruistischen« Strahlenschutz – für den Patienten – und einem »egoistischen« Strahlenschutz – für den Untersucher – versteckt. Auch das Mantra der klassischen 3-A, nämlich »*Abschirmung, Abstand und Aufenthaltsbegrenzung*« (Durchleuchtungszeit) greift viel zu kurz. Aus Sicht des Arbeitsschutzes ist der Blick in die 2017 noch gültige »Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit (PSA Benutzungsverordnung – PSA-BV)« aufschlussreich, in der akribisch u. a. Rechte und Pflichten von Arbeitgeber und Arbeitnehmer im Zusammenhang mit Strahlenschutzmitteln für beruflich strahlenexponierte Personen notiert sind (PSA-Benutzungsverordnung 1996).

Die Ablösung der veralteten Bildverstärker-Technologie durch digitale Flachbilddetektoren kommt in der Dosisersparnis sowohl Patient als auch Untersucher zugute. Die überholte Bildverstärker-Technik ist an dem tonnenförmig konstruierten Bildempfänger und dem im nicht eingeblendeten Nutzstrahlenkegel kreisförmigen Bildausschnitt zu erkennen, während eine moderne digitale Röntgenanlage mit Flachbilddetektor durch einen weniger imposanten, eleganten rechteckigen Bildempfänger besticht, der quadratische oder rechteckige Bilder erzeugt. Die im Vergleich zur Bildverstärkertechnik um 10–20 % bessere Quantenausbeute durch dosiseffiziente Flachdetektoren ermöglicht Dosiseinsparungen in der Größenordnung bis zu 50% (Potter-Lang et al. 2012, Kuon et al. 2015). Weitere Vorteile der Flachdetektortechnik gegenüber der Bildverstärkertechnologie sind eine verbesserte zeitliche Auflösung, verbesserte Speichertiefe mit 12 oder 14 bit pro pixel, weniger geometrische Artefakte oder Vignettierungen und weniger Kontrastverlust.

Gerätebezogener, schaltungsbezogener und anwendungsbezogener Strahlenschutz

Eine Umfrage bei den Mitgliedern der AFUF (French Urology Resident Association, Galonnier et al. 2016) stimmt bedenklich, denn 12 % der befragten urologischen Assistenzärzte konnten bei einer C-Arm-Röntgeneinrichtung nicht zwischen Strahler und Detektor unterscheiden, was aber für die zweckmäßige und sachgerechte Benutzung der Röntgeneinrichtung essenziell ist. Die gerätebezogenen und schaltungsbezogenen technischen Merkmale einer Röntgeneinrichtung sind dem ungeschulten Strahlenanwender nicht auf Anhieb eingängig, sondern erfordern ein ausreichend fundiertes strahlenphysikalisches, gerätetechnisches und anwendungsbezogenes Wissen, um in praxi das Potenzial der Röntgeneinrichtung sachgerecht auszuschöpfen und damit dem Strahlenschutz für Patient und Personal gerecht zu werden. Anders als bei der Verwendung von bleiarmierten Abschirmungsmaterial bleiben dem Patienten Anwendung oder Unterlassung gerätebezogener Strahlenschutzmaßnahmen in der Regel verborgen, sodass er sich auf die Expertise und Kompetenz des Strahlenanwenders verlassen muss, in dessen Hände er sich begeben hat.

Unverzichtbar notwendig ist bei Durchleuchtungsuntersuchungen das sichere Verständnis von Regelkennlinien, die in jedem Durchleuchtungsgerät hinterlegt sind.

Diese Kennlinien stellen während der Durchleuchtung einen konstanten Bildeindruck (ABC = Automatic Brightness Control) sicher, indem der Röhrenstrom (mA) und die Röhrenspannung (kV) der betreffenden Kennlinie folgend während der Durchleuchtung situationsabhängig angepasst werden. Dadurch werden während der Durchleuchtung unterschiedliche Objekt(Patient)-Durchmesser, Projektionswinkel, Detektoreinstellungen und Objekt(Patient)-Abstände zum Detektor ausgeglichen. Für direkte digitale Aufnahmen ist in den Durchleuchtungsgeräten eine »Belichtungsautomatik« (AEC = Automatic Exposure Control) hinterlegt. Oft wird

herstellerseitig eine Vorauswahl der Kennlinien getroffen, indem anwendungsspezifische Aufnahme- und Durchleuchtungsprogramme mit unterschiedlichen Dosiseinstellungen, die sich an den diagnostischen Erfordernissen orientieren, zur Auswahl bereitgestellt werden.

Beispielsweise wird dem Untersucher ein Drei-Stufen-Dosiskonzept angeboten, bestehend aus einem Normal-Mode, einer zweiten Betriebsart mit halber Dosis und reduzierter Bildqualität und einer dritten Betriebsart mit doppelter Dosis und besserer Bildqualität (Nagel). In der Untersuchungsplanung kann für die jeweilige Intervention festgelegt und jederzeit während der Untersuchung angepasst werden, ob die Regelkennlinie für eine minimale Patientendosis unter Inkaufnahme reduzierter Bildqualität tolerabel ist, die Regelkennlinie für die Standardqualität ausreicht oder die Regelkennlinie für hohe Bildqualität unter Inkaufnahme erhöhter Strahlenexposition notwendig ist. Diese herstellerseitig voreingestellten Kennlinien sind nur bedingt optimiert und bieten daher Spielraum zur Untersuchungsoptimierung und Dosisminimierung, wie in einer aktuellen kardiologischen Studie gezeigt werden konnte (Kuon et al. 2015)

Während der Strahlenschutz für den Patienten bei durchleuchtungsgestützten Behandlungen hauptsächlich auf die Vermeidung deterministischer Strahlenschäden (Gewebeschäden) ausgerichtet ist, steht beim Strahlenschutz für beruflich exponierte Personen der stochastische Strahlenschaden (bis hin zum Strahlenkrebs) im Vordergrund. Allerdings führt ein wiederholt unsachgemäßes Hantieren des Untersuchers im Nutzstrahlenkegel als Direktexposition u. U. zu einer chronischen Radiodermatitis, die in ein Plattenepithelkarzinom übergehen kann und damit eine Extremform des deterministischen Strahlenschadens markiert.

Die Hauptlast der Strahlenexposition des Untersuchers resultiert aus der vom Patienten kommenden Streustrahlung, der Untersucher und weiteres anwesendes Personal durch mehr oder minder direkte Nähe zum Patienten ausgesetzt sind (Bartal et al. 2014).

In Tab. 27.5 sind die wichtigsten Strahlenschutzmaßnahmen für Patient und Personal bei urologischen Durchleuchtungen aufgeführt. Bei genauerer Betrachtung kommen jedoch noch weitere Punkte hinzu, die die Komplexität des anwendungsbezogenen Strahlenschutzes unterstreichen. So nimmt bei Vergrößerungstechnik die Patientendosis ca. bis zum Dreifachen zu, vermindert aber die Dosis für das »Team am Tisch« nur geringfügig. Eine Zunahme des BMI hingegen schlägt sich in einem Dosisanstieg für Patient und Personal nieder (Hristova-Popova et al. 2015). Die Position des Untersuchers, dessen Händigkeit und Position zum Patienten, ggf. dadurch eingeschränkte Benutzung von Bleiglasblenden und die Patientenlagerung, haben Einfluss auf die Strahlenexposition des Untersuchers.

Bei Interventionen kann z. B. die linke Seite des Kopfes des Untersuchers bis zum Doppelten der Dosis der rechten Kopfseite erhalten (Bartal et al. 2014, Galonnier et al. 2016). Bei Übertisch-Röhrenposition ist der Schädel des Untersuchers bei bauseitig fehlenden Bleiglasvisieren einer Strahlenexposition ausgesetzt, die spezielle Strahlenschutz-Kopfbedeckungen für den Untersucher rechtfertigen. Selbst bei gleichartigen Eingriffen mit vergleichbaren Patientendosen kann die Strahlenexposition des Untersuchers bis zum 10-Fachen größer sein.

Besonders effektiver Strahlenschutz ist für die Vermeidung eines Strahlenkatarakts erforderlich. Mit Inkrafttreten des StrlSchG wird die Linsendosis gemäß seit langem existierenden Empfehlungen von 150 mSv auf eine Jahresdosis von 20 mSv herabgesetzt.

Bei jährlich 200 Arbeitstagen und jeweils einer perkutanen Nephrolithotripsie würde ohne jeden Linsenschutz eine Linsendosis von 29 mSv resultieren (Hristova-Popova et al. 2015). Die Verwendung von deckenmontierten Bleiglasscheiben, ggf. auch mit einem zusätzlichen Visier für Anästhesist und Pflegekraft am Tisch, senkt die Linsendosis des Untersuchers drastisch um das 30- bis 100-Fache.

Bleiglasbrillen mit einem Bleigleichwert von 0,75 mm können die Linsendosis um ca. 60 % reduzieren (Hoffler und Ilyas 2015). Hersteller von Strahlenschutzmaterialien bieten vollflächige Röntgenschutzvisiere an, die das Gesicht von Wangenknochen bis Kinn abdecken (0,10 mm Pb). Für beruflich strahlenexponierte Personen, die älter als 18 Jahre sind, darf bei gegenwärtiger Rechtslage die Organdosis für die Augenlinse den Grenzwert von 150 mSv im Kalenderjahr nicht überschreiten. Nach § 78 StrlSchG (Bearbeitungsstand 05.05.2017) wird dieser Grenzwert der Organ-Äquivalentdosis für die Augenlinse auf 20 mSv im Kalenderjahr herabgesetzt werden.

Auf der Grundlage einer erneuten Bewertung hat die internationale Strahlenschutzkommission einen überarbeiteten und erweiterten Satz von Gewebewichtungsfaktoren in der ICRP-Publikation 103 ver-

Tab. 27.5 Wirksame Strahlenschutzmaßnahmen für Patient und Personal bei urologischen Durchleuchtungen (mit Ergänzungen in Anlehnung an Bartal et al. 2014)

1	Kompetenzerwerb und -erhalt im Strahlenschutz und Dosismanagement – Supervision und Support durch interventionell erfahrene Ärzte für das gesamte Team am Tisch (»Training on the job«)
2	Sorgfältige präinterventionelle Eingriffsplanung und Eingriffsdurchführung – Untertischröhrenposition (posteriorer-anteriorer Strahlengang des Patienten in Rückenlage) – Zweckmäßige Anwendung der persönlichen Schutzausrüstung (Rundum-Schürzen, Bleigleichwert zwischen 0,35 und 0,5 mm Pb, Schilddrüsenschutz und Linsenschutz, ggf. zusätzliche Kopfhauben oder Achselklappen je nach untersuchungsspezifischer Erfordernis) – Aufenthalt des Untersuchers möglichst auf Detektorseite bei LAO/RAO* > 20° – Dosisüberwachung durch (sofort ablesbare, elektronische) Personendosimeter, mindestens durch amtlich zugelassene Gleitschatten- oder OSL-Dosimeter – Bereitstellung von Teilkörper-Dosimetern durch den Strahlenschutzbeauftragten (z. B. Fingerring-Dosimeter oder Thermolumineszenz-Dosimeter zur Abschätzung der Linsendosis) – Untersucherbezogenes Dosismonitoring mit Echtzeit-Display individueller Dosisverläufe im Untersuchungsraum, Dosisakkumulation mit Hilfe geeigneter Überwachungssysteme
3	Umfassender Einsatz aller vorhandenen Techniken zur Dosisreduktion – Benutzung von Flachdetektorsystemen auf Halbleiterbasis – Konsequente Nutzung der geräteseitigen Strahlenschutzvorrichtungen wie Bleilamellenvorhänge, Fußschalter- und Bedienpultabdeckungen – Einstellung einer möglichst niedrigen Dosisleistung unter Beachtung der erforderlichen diagnostischen Bildqualität – Auswahl passender Regelkennlinien (Hochkontrast oder Niedrigdosis) – Möglichst niedrige Pulsrate (Richtwert 5–7 Pulse/s für Standardsituationen) – Vermeidung von Vergrößerungen – Kompression und/oder Verlagern von Fettmassen des Patienten aus dem Durchleuchtungsfeld durch Hochbinden – Einsatz der Last-Image-Hold-Technik und Beschränkung der Anzahl von Bildserien, Bilddatenspeicherung zur strahlungsfreien Befunderstellung (Last-Image-Run) – Blendensysteme mit Voll-, Halbblenden und Irisblenden – Entfernung des Rasters bei pädiatrischen Untersuchungen – Zuschaltbare Kupfer-Aufhärtungsfilter – Schutz der Untersucherhände durch (sterile) bismuthhaltige Handschuhe – Verwendung von Luft als negatives Kontrastmittel anstelle jodhaltiger Kontrastmittel bei der perkutanen Nephrolithotomie (Lipkin und Preminger 2012) – Einlage einer perkutanen Nephrostomie im offenen Magnetresonanztomographen (Porsch et al. 2012)
4	Konsequente Benutzung des (deckenmontierten) Bleiglasvisiers oder von Bleiglasbrillen, wenn verfügbar ortsveränderliche Bleiwände einsetzen
5	Sicherstellung eines größtmöglichen Abstands zwischen Röntgenröhre und Patient bzw. kleinstmöglicher Abstand zwischen Patient und Detektor
6	Besondere Vorsicht (»Dose Awareness«) beim Einsatz von 3D-fähigen fluoroskopischen C-Bögen (Cone-Beam CT) – Anatomische oder strikt prozedurale Begrenzung der Aufnahmeregion – Auswahl und Anpassung vorgegebener Untersuchungsprotokolle – Begrenzung des Rotationswinkels bzw. der Projektionen

* LAO/RAO = Bezeichnung für einen Strahlengang im schrägen Durchmesser, Links-Anterior-Oblique (früher »Boxerstellung« = Detektor ist nahe der linken Schulter), Rechts-Anterior-Oblique (früher »Fechterstellung« = Detektor ist nahe der rechten Schulter).

öffentlicht. Diese Daten wurden in die EU-Richtlinie »Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung« übernommen, sodass diese Werte mit Inkrafttreten des StrlSchG in das deutsche Strahlenschutzrecht übernommen werden. Der in die Berechnung der effektiven Dosis eingehende Gewebewichtungsfaktor für die Keimdrüsen wurde zwar gegenüber noch geltendem Faktor von 0,20 auf 0,08 herabgesetzt, dennoch gelten Keimdrüsen weiterhin als strahlensensible Organe. Der wissenschaftlichen Erkenntnis folgend wurde demgegenüber der erhöhten Strahlensensibilität der Mamma Rechnung tragend deren Gewebewichtungsfaktor von derzeit 0,05 auf 0,12 heraufgesetzt. Daraus resultiert beispielsweise für röntgenologische Thorax- oder Herzuntersuchungen ein deutlicher Anstieg der effektiven Dosis.

Auch unter Berücksichtigung des aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisstandes, der im StrlSchG seinen Niederschlag findet, bleiben die zurzeit gültigen Grenzwerte und Kategorien beruflicher Strahlenexposition mit Ausnahme der Augenlinsendosis unverändert (Bundesministerium für Umwelt 2017). Nach § 31a RöV »Dosisgrenzwerte bei beruflicher Strahlenexposition« gilt, dass die effektive Dosis als Ganzkörperdosis für beruflich strahlenexponierte Personen den Grenzwert von 20 mSv im Kalenderjahr nicht überschreiten darf. Im Einzelfall kann die zuständige Behörde für ein einzelnes Jahr eine effektive Dosis von 50 mSv zulassen, wobei dann für fünf aufeinander folgende Jahre 100 mSv nicht überschritten werden dürfen. Die Einteilung des Personals in die Kategorie A durch den zuständigen Strahlenschutzbeauftragten trägt diesen Tätigkeitsmerkmalen Rechnung. Maßgeblich ist dabei nur das zu erwartende Gefährdungspotenzial, nicht aber Dienststellung oder Berufsgruppe.

Für beruflich strahlenexponierte Personen unter 18 Jahren darf die effektive Dosis den Grenzwert von 1 mSv im Kalenderjahr nicht überschreiten. Die Organdosis für die Augenlinse darf den Grenzwert von 15 mSv, für die Haut, die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel jeweils den Grenzwert von 50 mSv im Kalenderjahr nicht überschreiten. Abweichend davon kann die zuständige Behörde für Auszubildende und Studierende im Alter zwischen 16 und 18 Jahren festlegen, dass die effektive Dosis den Grenzwert von 6 mSv (Kategorie B), die Organdosis der Augenlinse den Grenzwert von 45 mSv und die Organdosis der Haut, der Hände, der Unterarme, der Füße und Knöchel jeweils den Grenzwert von 150 mSv im Kalenderjahr nicht überschreiten darf, wenn dies zur Erreichung des Ausbildungszieles notwendig ist.

Im § 31b RöV »Berufslebensdosis« (neu § 77 StrlSchG; Bearbeitungsstand 05.05.2017) wird festgelegt, dass die Summe der in allen Kalenderjahren ermittelten effektiven Dosen beruflich strahlenexponierter Personen den Grenzwert von 400 mSv nicht überschreiten darf. Die zuständige Behörde kann im Benehmen mit dem Arzt nach § 41 Abs. 1 Satz 1 eine weitere berufliche Strahlenexposition zulassen, wenn diese 10 mSv effektive Dosis im Kalenderjahr nicht überschreitet und die beruflich strahlenexponierte Person schriftlich einwilligt.

27.5 Zusammenfassung

Der Blick auf die kollektive effektive Dosis zeigt, dass besonders die Computertomografie, Angiografie und Intervention diejenigen medizinischen Anwendungen sind, die in Deutschland eine jährliche zivilisatorische Strahlenexposition von etwa 1,8 mSv pro Kopf der Bevölkerung verursachen.

Die Zunahme urologischer Interventionen sowohl aufgrund steigender Prävalenz (z. B. Harnsteinleiden) als auch neuer Techniken und schonender, minimal-invasiver Verfahren fordert von allen Anwendern durchleuchtungsgestützter Diagnostik und Therapie ein solides Strahlenschutzwissen, welches möglichst umfassend die genannten Strahlenschutzkategorien abdeckt.

Digitale Techniken, längst Goldstandard in der radiologischen Prozesskette, haben in ihren strahlenphysikalischen Bedingungen nur noch wenig mit einem historisch begründeten Verständnis von Bildqualität und Strahlendosis zu tun. Die rasant voranschreitende Weiterentwicklung digitaler radiologischer Verfahren, die Einführung von Roboter- und Assistenzsystemen in Diagnostik und Therapie sowie die zunehmende Implementierung dreidimensionaler Bildgebung bis hin zur Virtual Reality kann in der Zielsetzung eines wirksamen Strahlenschutzes nur gelingen, wenn tradiertes Rollen-, Zuständigkeits- und Verantwortungsverständnis im Sinne des Change Managements neu ausgerichtet wird. Externe Qualitätssicherung, nahtlose Integration von IT-basierter Behandlungsdokumentation mit (klinikübergreifender) Datenaggregation und automatisierter Auswertung von Big Data zur Generierung handlungsrelevanter Kennzahlen, all dies definiert den Strahlenschutz in Form von natio-

nalen Dosisregistern mehr und mehr als immanenten Bestandteil guter klinischer Praxis (Walz et al. 2016).

Aus regulatorischer Sicht behalten Grenzwerte ihre Berechtigung. Das vielfach von einem trügerischen Sicherheitsgefühl des Anwenders begleitete Beharren auf (unterschrittenen) Grenzwerten ist nicht mehr zeitgemäß. In praxi müssen eine rationale, am besten evidenz-basierte rechtfertigende Indikation der Strahlenanwendung und das ALARA-Prinzip in der technischen Durchführung die prägende Rolle im Strahlenschutz einnehmen. Dies gilt nicht nur für die Fachgruppe der Radiologen, sondern für alle klinischen Fachgruppen, die sich der Bildgebung mit eigener Fachkunde im Strahlenschutz bedienen (Strahlenschutz 2016).

Defizitäre Ergebnisse der Überprüfung von »*Knowledge, Attitude, Belief and Practice (KABP)*« bei Strahlenanwendungen sollten Führungsverantwortlichen wie Fachgesellschaften Anlass geben, strukturiere Trainingsprogramme aufzulegen (Galonnier et al. 2016). Unter dem Schlagwort »Dose Awareness« könnte es gelingen, ähnlich wie in den USA mit der Image Gently Campaign und Step lightly Campaign (Sidhu et al. 2009, Lellig et al. 2015) öffentlichkeitswirksame vertrauensbildende Maßnahmen zu starten. In den USA wird bereits jetzt darüber nachgedacht, Patienten in Wartezimmern auf Displays mit individuellen Dosiswerten für Untersuchungen aus der besuchten Klinik und externen Vergleichswerten vertraut zu machen, um dadurch das Vertrauen der Patienten in die Sicherheit und Effektivität radiologischer Verfahren in der vom Patienten besuchten Klinik zu stärken (Rehani 2015).

Literatur

Bartal G. et al. (2014). Management of patient and staff radiation dose in interventional radiology: current concepts. Cardiovasc Intervent Radiol 37(2): 289–298

Bundesministerium für Umwelt, N. u. R. (2007). Operationalisierung des Leitbildes Risikomündigkeit unter Berücksichtigung von Lebensstil und Wertorientierung als Grundlage für die Risikokommunikation im Strahlenschutz: Reihe Umweltpolitik, BMU – 2007-704

Bundesministerium für Umwelt, N. u. R. (2016). Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2014 : Unterrichtung durch die Bundesregierung. Parlamentsbericht 2014. N. u. R. B. Bundesministerium für Umwelt. Bonn. DOI: urn:nbn:de:0221-201609151411

Bundesministerium für Umwelt, N., Bau und Reaktorsicherheit (2017). Gesetz zur Neuordnung des Rechts zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung - Strahlenschutzgesetz (StrlSchG). http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Strahlenschutz/neuordnung_wirkung_ionisierender_strahlung.pdf, Aufruf am 28.05.2017

Friedman A. A. et al. (2013). Radiation safety knowledge and practices among urology residents and fellows: results of a nationwide survey. J Surg Educ 70(2): 224–231.

Galonnier F. et al. (2016). Surgical Staff Radiation Protection During Fluoroscopy-Guided Urologic Interventions. J Endourol 30(6): 638–643.

Hermen J. et al. (2015). IVEU: IT-based collection and reporting of radiological examination parameters. Radiat Prot Dosimetry 165(1–4): 57–61.

Hoffler C. E. und A. M. Ilyas (2015). Fluoroscopic radiation exposure: are we protecting ourselves adequately? J Bone Joint Surg Am. 97(9): 721–725.

Horsburgh, B. A. und M. Higgins (2016). A Study of Occupational Radiation Dosimetry During Fluoroscopically Guided Simulated Urological Surgery in the Lithotomy Position. J Endourol.

Hristova-Popova J. et al. (2015). Risk of radiation exposure to medical staff involved in interventional endourology. Radiat Prot Dosimetry 165(1–4): 268–271.

Jindal T. (2013). The risk of radiation exposure to assisting staff in urological procedures: a literature review. Urol Nurs 33(3): 136-139, 147.

Keeley F. X. Jr. und M. Thornton (2009). Radiation safety: implications for urologists and patients. J Urol 181(2): 443–444.

Kuon E. et al. (2015). Latest-generation catheterization systems enable invasive submillisievert coronary angiography. Herz 40 Supple 3(1615-6692 (Electronic)): 233–239.

Lellig E. et al. (2015). Imaging in pediatric urology. Urologe A 54(7): 956–962.

Lipkin M. E. und G. M. Preminger (2012). Risk reduction strategy for radiation exposure during percutaneous nephrolithotomy. Curr Opin Urol 22(2): 139–143.

Madsack B. (2017). Risikoabschätzung mit Hilfe des Dosisflächenprodukts.

Mettler F. A. (2009). ICRP Publication 113. Radiological protection education in medicine: an essential but often missing element. (1872-969X (Electronic)).

Nagel H. D. Dosismanagement. http://sascrad.de/data/documents/Dosismanagement_Skript_03_03.pdf. Aufruf am 29.05.2017.

Neisius A. et al. (2016). Urolithiasis 2016 : Reliable, effective and low radiation exposure. Urologe A 55(10): 1291–1296.

Pokora R. et al. (2016). Computed Tomography in Germany. Dtsch Arztebl Int 113(43): 721–728

Porsch M. et al. (2012). Einlage einer perkutanen Nephrostomie im offenen Magnetresonanztomographen. Der Urologe 51(12): 1722–1727.

Potter-Lang S. et al. (2012). Dose reduction and adequate image quality in digital radiography: a contradiction? Radiologe 52(10): 898-904.

PSA-Benutzungsverordnung (1996). Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Benutzung persönlicher Schutzausrüstungen bei der Arbeit (PSA-BV). PSA-Benutzungsverordnung vom 4. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1841)

Rehani M. M. (2015). Looking into future: challenges in radiation protection in medicine. Radiat Prot Dosimetry 165(1-4): 3–6

Richtlinie (2014) 2013/59/EURATOM DES RATES vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition

gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom. RICHTLINIE 2013/59/EURATOM DES RATES**:** L13-11 - L13-73

Richtlinie für die technische Prüfung von Röntgeneinrichtungen und genehmigungsbedürftigen Störstrahlern (2011) – Richtlinie für Sachverständigenprüfungen nach der Röntgenverordnung (SV-RL). http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Strahlenschutz/sv_richtlinie.pdf, Aufruf am 29.05.2017

Richtlinie zu Arbeitsanweisungen und Aufzeichnungspflichten nach den §§ 18, 27, 28 und 36 der Röntgenverordnung und Bekanntmachung zum Röntgenpass (2006). Richtlinie Aufzeichnungen nach RöV -.

Rick T. (2011). Top 12 Reasons why people resist change. Retrieved 18.05.2017, 2017, from https://www.torbenrick.eu/t/r/hwj.

Rothmund M. (2015). Patientensicherheit – Kontinuierliche Verbesserung. Dtsch Arztebl 112(23): A-1032 / B-1865 / C-1838.

Sidhu M. et al. (2009). Image Gently, Step Lightly: increasing radiation dose awareness in pediatric interventional radiology. Pediatric Radiology 39(10): 1135–1138.

Soylemez H. et al. (2012). Radiation exposure - do urologists take it seriously in Turkey? J Urol 187(4): 1301–1305.

Soylemez H. et al. (2013). Knowledge and attitude of European urology residents about ionizing radiation. Urology 81(1): 30–35.

Strahlenschutz, B. f. (2016). Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte für diagnostische und interventionelle Röntgenanwendungen, Bundesamt für Strahlensschutz. https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/fachinfo/ion/drw-roentgen.pdf

Strahlenschutz, B. f. (2016). Leitfaden zur Handhabung der diagnostischen Referenzwerte in der Röntgendiagnostik, Bundesamt für Strahlenschutz. https://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/fachinfo/ion/leitfaden-drw-roe.pdf

Strahlenschutzkommission (2016). Jahresbericht 2015.

Tok A. et al. (2015). Are the urology operating room personnel aware about the ionizing radiation? Int Braz J Urol 41(5): 982–989.

Walz M. et al. (2016). Radiological dose and metadata management. Radiologe 56(12): 1079–1086.

Wrixon A. D. (2008). New ICRP recommendations. J Radiol Prot 28(2): 161–168

Serviceteil

Stichwortverzeichnis – 378

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018
R. Hofmann (Hrsg.), *Endoskopische Urologie*
DOI 10.1007/978-3-662-53981-1

Stichwortverzeichnis

A

ABC (Automatic Brightness Control) 370
Absorptionsspektrum 118
Abszesspunktion 326
Adenektomie, offene 63
Adenomenukleation ▶ Prostata, Holmium-Laser-Enukleation
– offene 110, 126
Adenomgewebe 81
Adipositas, PNL 285
AEC (Automatic Exposure Control) 370
ALARA-Prinzip 364
Albarran Optik 311
Alexandritlaser, Q-switched 220
Alken 270
5-Aminolävulinsäure 249
Aminolävulinsäure 187
Amplatz-Schaft 269
Angiografie 365
Antibiotikumprophylaxe
– PNL 263
– Ureterorenoskopie 240
Antidiabetika 71
Antikoagulans, orales 72
Antikoagulanzientherapie 126
Antikoagulation 71
Argon-Laser 120
AUA-7-Symptom-Index 63, 151
Aufprallblutung 95
Ausgussstein 263, 268
– kompletter 279

B

Bacillus Calmette-Guérin 181
Ballondilatation 270
Ballon-Dilatator 269
Balloon Cuffing 195
Belastungsharninkontinenz 204
Biopsie 325
Biopsiezange 235
Blase
– neurogene 342
– Unterfahrung 97
Blasenauslassobstruktion 68
Blasendehnungskoeffizient 69
Blasendivertikel, HoLEP 147
Blasenentleerungsstörung 322
Blasenhalsinzision 108, 204
Blasenhalskontraktur, nach HoLEP 143
Blasenhalsresektion 204
Blasenhalssklerose 147, 150
Blasenhalsstenose
– nach Greeenlight-Laser-Vaporisation 164
– nach radikaler Prostatektomie 216
– nach TURP 108, 111
– postoperative 161
Blasenkatheter
– Störstrecke 192
– suprapubischer 106
– Überdehnungsruptur 193
Blasenkatheter, suprapubischer 322
– Durchführung 322
– Indikationen 322
Blasenperforation 184
Blasenresektion, transurethrale 178
– Biopsie 181
– Blasenperforation 184
– Blutstillung 180
– Durchführung 179
– Infektionen 185
– Komplikationen 183
– Nachblutung 184
– Nachresektion 185
– palliative 186
– präoperative Diagnostik 178
Blasenspritze 31, 91
Blasenstein 64
– HoLEP 147
– Lithotripsie 218
Blasentamponade 93, 107, 184
Blasentenesmen 107, 184
Blasentrokarresektion 9
Bleiglasbrille 371
Bleimatte 368
Bluttamponade 92
Blutung
– intraoperative nach PNL 286
– postoperative nach PNL 287
Botox 342
Botulinum-A-Toxin
– Indikation 198
– intravesikale Injektion 342
– M. detrusor vesicae 198
Botulinumtoxin 198
bougie à boule 53, 333
Bougierung 53, 325
– Ostium 235
– PNL 269
Breaking 252
bridging 72, 126
Brushitstein 262
Bulbus urethrae 204
Bulking Agent 214
Bulking-Agent 204
Bursting 279

C

Calciumoxalat-Monohydrat-Stein 262
Change Management 373
CO_2-Laser 120
Core-through-Verfahren 58
Cotton-wool-Fasern 154, 162
Crede-Handgriff 56
CT-Untersuchung 365
Cut-to-the-light-Verfahren 58

D

Darmrohr, perkutanes 287
Dauerkatheter, nach TURP 97
Dauerspülresektoskop 81
DaVinci® Operationsroboter 298
Debilität, TURP 64
Desikkation 109
Desintegration 273
Desintegrationsverfahren 251, 255
Detrusohyperaktivität 198
Detrusor, hypokontrakter 68
Detrusor-Sphinkter-Dyssynergie 342
Detrusorüberaktivität 68
Diabetes mellitus, TURP 64
Diagnostik
– endoluminale 249
– endoskopische 237
– photodynamische 186, 249
Diodenlaser 120, 125
Divertikelstein 268
– PNL 283
Divertikeltumor 183
DJ-Katheter 242, 310
– bei Kindern 348
– versenkter 318
Doppel-J-Katheter 310
Dormiakörbchen 235
Dose Awareness 367
Dosismanagement 372
Dosisrichtwert 366
Drei-Achsen-Methode 66
Dreizack 274
Druckflussmessung 68
Druck-Fluss-Studie 70
DRW (diagnostische Referenzwerte) 364
Ductus ejaculatorius, TURP 110
Dusting 252, 279
Dysfunktion, erektile
– nach Greenlight-Laser-Vaporisation 164
– nach HoLEP 150
– nach Urethrotomie 107
– postoperative 108

Dysurie
– nach Greenlight-Laser-Vaporisation 164

E

Effekt
– photoakustischer 121
– photothermischer 121
Einschwemmsyndrom 77
Einschwemmung 9, 52, 257
– intravasale 63, 97, 148
Ejakulation, retrograde 108
– nach Blasenhalsresektion 185
– nach HoLEP 150
– nach TURB 179
Elastografie 65
Elektroresektion 295
Elektrotom 6
Elektrovaporisation, transurethrale 109
Ellik-Evakuator 93, 227
Endokamera 16
Endometriose, Lasertherapie 120
Endopyelotomie, perkutane antegrade 291, 298
Endoskopie, bei Kindern 331
Enukleationselektrode 10
Epididymitis
– nach TURB 185
– nach TURP 107
Erektionsstörungen
– nach Greenlight-Laser-Vaporisation 164
– nach HoLEP 150
– nach Urethrotomie 57
Erythem, postinterventionelles 369
ESWL 349

F

Farbstofflaser, gepulster 220
Farbvideomikrochipkamera 17
Fasszange 251
Faszienmesser 270
Festkörperlaser 116
Fetendo 358
Fetoskop 359
Fettgewebe 82
Fluoreszenz 119
Fluoreszenzzystoskopie 187, 189
Flüssigkeitslaser 117
Fornixruptur, Ureterschienung 310
Fulguration 181
Funkenüberschlag 24, 219

G

Gaslaser 117
Gerinnungshemmer 73
Gewebeerkennung 81
Gewebefragmentierung 143
Gewebemorcellation
– mechanische 143
– mechanische, Komplikationen verhindern 144
Gewebemorcellator 127
Gewebewichtungsfaktor 371
Glasfaseroptik 14
Glaskolbenspritze 227
Gliederoptik 14
Golflochostium 335
Gonadenschutz 368
Greenlight-Laser-Vaporisation 153
– Blasenhalsstenose 164
– Blutung 163
– Dysurie 164
– Ergebnisse 164
– Faserreinigung 159
– Harnröhrenstriktur 164
– Indikationen 155
– Komplikationen 163
– Operationsinstrumentarium 156
– Operationstechnik 157
– Prostatolith 163
Guide-wire-loop-Technik 251

H

Halbleiterlaser 116
Hämangiom, Lasertherapie 120
Harninkontinenz ▶ Inkontinenz
Harnleiterabriss 303
Harnleiterkinking 314
Harnleiterkolik, Ureterschienung 310
Harnleiterkonkrement 250
Harnleiterostium
– Anomalien 334
– Verletzung 149
Harnleiterpassage, Ureterorenoskopie 245
Harnleiterperforation 240, 305
Harnleiterschienen
– bei Kinden 348
– Wechsel 317
Harnleiterschienung 309
– Durchführung 311
– Indikationen 310
– Komplikationen 314, 317
– periinterventionelles Management 311
Harnleiterschlitzung, ureteroskopische 256
Harnleiterstein 239, 254
Harnleitertumor 250
Harnröhrenbougierung 57
Harnröhrendivertikel 31
Harnröhrenkalibrierung 53
Harnröhrenklappen 31, 335, 339
– Diagnostik 339
Harnröhrenpassage, Ureterorenoskopie 241
Harnröhrenstenose 204
Harnröhrenstriktur 51
– fakultative Diagnostik 53
– nach Greeenlight-Laser-Vaporisation 164
– nach HoLEP 147
– nach TURP 107, 111
– nach Urethrozystoskopie 33
– präoperative Diagnostik 52
– Standarddiagnostik 52
Harnröhrenverschluss
– Ballondilatation 58
– endoskopische Behandlung 58
– Endourethroplastik 58
– Laserurethrotomie 58
– Stent 58
Harnstauungsniere 179
Harnstein
– Arten 346
– Diagnostik bei Kindern 346
– im Kindesalter 346
– Laserlithotripsie 121, 219
Harnwegsinfekt, chronischer nach TURP 107
Harpunentechnik 193
Hechtmaulzange 235
Heparin, niedermolekulares 72
Histologiegewinnung 249
Hochdruckresektion 8
Hochfrequenzchirurgie 20
– Herzschrittmacherpatienten 21
– Koagulationsstrom 24
– physikalische Grundlagen 23
Hochfrequenzstrom 20
– Modulation 24
– Regelung 25
HoLEP ▶ Holmium-Laser-Enukleation
Holmium-Laser-Enukleation 123
– Blasenhalskontraktur 143
– Blutstillung 145
– Ergebnisse 150
– Indikationen 125
– intraoperative Komplikationen 148
– linker Seitenlappen 133
– Mittellappen 128
– Operationsinstrumentarium 127
– Operationstechnik 128
– postoperative Komplikationen 149
– präoperative Vorbereitung 126
– rechter Seitenlappen 140
Holmium-YAG 120
Holmium-YAG-Laser 125, 303
– Lithotripsie 220
Hufeisenniere, PNL 282
Hufeisenostium 335
Hutch-Divertikel 334
Hydrodistensionstechnik 337
Hydronephrose 298
– antenatale 358

I

Impedanz 75
Impfmetastase 78
Informations- und Meldesystem 364
Infusionsurogramm 65
Inkontinenz 204
– endoskopische Therapie 214
– männliche 215
– nach Greeenlight-Laser-Vaporisation 164
– nach radikaler Prostatektomie 216
– weibliche 214
IPSS 63
Irrigation 157
Isotopennephrografie 300

K

Kapselperforation 101
Karbonisierung 120, 172
Katheter ▶ Blasenkatheter
Katheterballon 192
– Perforation 192, 194
– Punktion 193
Katheterentblockung 192
Kavitationsblase 218
Kelchdivertikel, PNL 283
Kelchhalsstenose, PNL 283
Klappenablation 361
Knallgasbildung 23
Koaxialbougies 270
Kollikel 78, 84
Kolonperforation, PNL 285
Kombinationslithotripter 274
Kontaktkoagulation 76
Kontrastmittel gestützten Sonografie (KUS) 65
Körbchen 236
Korth-Messer 270
Krokodilzange 235, 274
KTP Laser 120
KTP-Laser 125, 154
Kunststoffbougie-Set 269

L

Laser 116
Laserablation, Prostata, visuelle 168
Laser-Dusting 273, 279
Laserendopyelotomie 297
– antegrade 304
– Diagnostik 301
– Indikationen 299
– Instrumentarium 302
– Komplikationen 305
– postoperatives Vorgehen 305
– retrograde 303
Laserenergiequelle 120
Laserenukleation 128
Laserkoagulation, interstitielle 125, 168
– Durchführung 170
– Ergebnisse 172
– Nebenwirkungen 169
Laserlithotripsie 219
– Möglichkeiten 279
Laserresektoskop 127, 157
Laserverfahren, athermisches 120
Lichtbogenregelung 25
Linear-No-Threshold Hypothese 369
Lithotripsie 218
– elektrohydraulische 218
– endoluminale 252
– Laser 219
– LithoClast und Ultraschall 222
– mechanische 218, 226
– pneumatisch-ballistische 221
– transurethrale 225
– Ultraschall 221, 226
Lithotripter 273
Lithotriptor 224
Lunderquist-Draht 271
Lymphozelenpunktion 326

M

Magnetresonanzurografie 301
Male Sling 204
Mauermeyer-Stein-Punch 218
Mäusezahnzange 235
Meatoplastik 56
Meatotomie 333
Meatuskalibrierung 333
Meatusstenose 53, 333
Medium, aktives 116
Medizinlaser 117
Megacalyx 284
Methylenblau 56, 185
Meyer-Weigert-Regel 334
Mikrowellenthermotherapie, transurethrale 168
Miktionszystourethrogramm 52, 65
Minimierungsgebot 367
Mini-PNL 273
Mischstrom 24
Mittellappenresektion 84
Mono-J-Katheter 310
Morbus, Parkinson, TURP 64
Morcellation
– mechanische 143
– Komplikationen verhindern 144
Morcellator 127
MOXY-Laserfaser 155
Musculus
– bulbospongiosus, Inzision 205
– detrusor vesicae 198
– sphincter externus, Verletzung 99, 104

N

Narrow Band Imaging 18
Nd-YAG 120
near contact 137
Neodym, YAG-Laser 125
Nephrolithiasis, rezidivierende 299
Nephrolitholapaxie, perkutane 262, 352
– Adipositas 285
– Bougierung 268
– Dislokation Nephrostomie 288
– Dislokation Renoskop 288
– Divertikelstein 283
– Hufeisenniere 282
– Indikationen 262
– intraoperative Blutung 286
– Kelchhalsstenose 283
– Kolonperforation 285
– kompletter Ausgussstein 279
– Komplikationen 285
– Kontraindikationen 262
– Miniaturisierung 278
– operatives Vorgehen 263
– Patientenlagerung 265
– Perforation 287
– Pleuraverletzung 285
– postoperative Blutung 287
– postoperatives Management 277
– präoperative Diagnostik 262
– Punktion 265
– Steinentfernung 273
– totally »tubeless« Operationsabschluss 276
– »tubeless« Operationsabschluss 276
– Ultraschalllithotripsie 221
Nephroskop 272
– Dislokation 288
Nephrostomie 179, 185
– Anlage einer perkutanen 323
– Bougierung 325
– Dislokation 288
– großlumige 286
– perkutane, Indikationen 323
Nephroureterektomie 293
Nervus obturatorius, Stimulation 183, 184
Niederdruckresektion 8
Nierenbeckenabgangsenge 298
Nierenbeckenabgangsstenose 299
– Diagnostik 301
– Pathophysiologie 298
Nierenbeckenkelchsystem, nicht ektatisches 290
Nierenbeckentumor, perkutane Behandlung 292
– Indikationen 293
– Kontraindikationen 293
Nierenbiopsie 325
Nierenfunktionsszintigrafie 263, 291
Nierenparenchym, rarefiziertes 263
Nierenpunktion, perkutane 304

Nierenstein 239, 254
Nitinolkörbchen 235
Nodym, YAG-Laser 220

O

Obturator 6, 30, 157
Obturatoriusblock 183
Oburatoriusreiz 183
Okklusionskatheter 258
Oligohydramnion 358
Operationsanordnung
– bipolare 26
– monopolare 20
Osmolarität, verschiedener Spüllösungen 100
Ostienresektion 184
Ostiumpassage, Ureterorenoskopie 242
Ostiumverletzung 104
Otis-Urethrotomie 78, 108

P

Paraphimose 98
Peak Skin Dose 369
Perforation
– nach Urethrotomie 56
– Nierenbeckenkelchsystem 287
Phosphoreszenz 119
Photoablation 120
Photodisruption 120
photodynamische Diagnostik 186
Photoemission 119
Photokoagulation 119
Photosensibilisator 119
Pilztechnik 143
Plasmaschneiden 26
Plasmavaporisation 10
Plättchenaggregationshemmer 71
Plättchenhemmertherapie 126
Pleuraverletzung, PNL 285
Pollakisurie 107
Popcorn-Effekt 279
Potters disease 358
Prestenting 240, 310
Probenentnahme 249
Prostata
– Elektrovaporisation 109
– Größenbestimmung 63, 66
– Holmium-Laser-Enukleation 125
Prostataabszess 83
– HoLEP 147
Prostatagröße 125, 156
Prostata-Holmium-Laser-Enukleation
– Blasenhalskontraktur 143
– Blutstillung 145
– Ergebnisse 150
– Indikationen 125
– intraoperative Komplikationen 148
– linker Seitenlappen 133
– Mittellappen 128
– Operationsinstrumentarium 127
– Operationstechnik 128
– postoperative Komplikationen 149
– präoperative Vorbereitung 126
– rechter Seitenlappen 140
Prostatahyperplasie, benigne 64, 65
Prostatainzision, transurethrale 110
Prostatakapsel 82
– Abtragung 137
– Koagulation 171
– Perforation 99, 146
Prostatakarzinom
– HoLEP 147
– palliative Resektion 126
Prostataresektion
– Antibiotikagabe 71
– apikale 83
  – Resektion 88
– arterielle Blutung 94
– bipolare 109
– Blasenhalsstenose 108
– Blasensteine 63
– Blasentumor 64
– Blutstillung 83, 94
– Dauerkatheter 97
– Diabetes mellitus 64
– Divertikel 64
– Durchführung 78
– Einführen des Resektionsschafts 78
– endoskopische Instrumente 4
– Erlernen 11
– Harnröhrenstriktur 107
– Harnwegsinfekt 107, 108
– Indikationen 63
– intraoperative Erektion 99
– intraoperative Komplikationen 99
– intraperitoneale Verletzung 104
– Kapselperforation 101
– Leistenhernie 64
– Mittellappenresektion 84
– monopolare 10
– Nachblutung 105
– Ostiumverletzung 104
– parakollikuläre 85
– postoperative Komplikationen 105
– präoperative Diagnostik 63
– Pseudoblutstillung 96
– Rezidivadenom 108
– Seitenlappenresektion 87
– Sickerblutung 106
– Spätkomplikationen 107
– Spülwasserregulierung 80
– transurethrale, bipolare 74
– transurethrale, monopolare 74
– Trigonumperforation 102
– venöse Blutung 96
– Verletzung des M. sphincter externus 104
Prostatastanzbiopsie 326
Prostatasteine 82
Prostatasyndrom
– benignes 63
– Exazerbation nach TURB 185
– Urodynamik 68
Prostatavaporisation 25
– Diodenlaser 125
Prostatavaporisation-Greenlight-Laser
– Blasenhalsstenose 164
– Blutung 163
– Dysurie 164
– Ergebnisse 164
– Faserreinigung 159
– Harnröhrenstriktur 164
– Indikationen 155
– Komplikationen 163
– Operationsinstrumentarium 156
– Operationstechnik 157
– Prostatolith 163
Prostatitis, chronische 64
Prostatolith 163
Prozess
– photochemischer 119
– photothermischer 119
Prune-Belly-Syndrom 358
PSD-Wert 369
Pseudodivertikel 183, 334
Pseudokontinenz 204, 216
Psychose, TURP 64
pull-push-Technik 314
Punchlithotripter 11
Punch-Resektoskop 4
Punktion 326
– sonografisch gesteuerte 321
Pusher 312
Pyelografie 300
Pyelonephritis
– nach TURB 185
– rezidivierende 299
Pyeloplastik, laparoskopische 298
Pyeloskopie, perkutane 249

Q

Qualitätsbericht 367
Qualitätssicherung in der Radiologie 364

R

Referenzwerte, diagnostische 364
Refluxtherapie, endoskopische 336
Reflux, vesikoureteraler 336
– persistierender 337
Reizstrom 25
Renoskop 272
Renoskopie 248
Resektion ▶ Prostataresektion ▶ Blasenresektion
– ejakulationsprotektive 110
Resektoskop 22

Resistive-Index 301
Resonator 116
Rezidivadenom 108
Ringer-Lösung 101
Röntgenuntersuchung 364
Röntgenverordnung 364
Rotationsellipsoidmethode 68
Rückspülresektoskop 179

S

Sachse-Urethrotomie 54, 147
Samenblase 82
Schienung, antegrade 316
Schleusensystem, hydrophiles 234
Schließmuskelverletzung 149
Schlinge
– breite 9
– Advance XP 204
Schlingenelektrode 5
Schlingentransporteur 4
Schlitteninstrument 199
Schneidelektrode, physikalische Vorgänge 23
Schneiden
– bipolares 10
– photothermisches 120
Schockwelle 218
Schockwellenlithotripsie
► Lithotripsie
Sectio alta 64
Seldinger-Draht 322
Shunt, vesikoamniotischer 358, 361
Sichtobturator 6, 157
Sickerblutung 106
Side-Fire-Verfahren 155
SMART-Pyeloplastik, laparoskopische 298
soft coagulation 24
Sphincter urethrae externus, Lokalisation 134
Sphinktertest, hydraulischer 79, 86, 128, 204
spray coagulation 24
Stablinsensystem 7
Stadionostium 335
Staubsauger-Effekt 279
Steinbehandlung, Ureterorenoskopie 250
Steinentfernung, PNL 273
Steinpunch 218, 227
Steinreposition, retrograde 315
Steinsanierung, laparoskopische 354
Steinstraße 237
Stone-Dusting 278
Stoßwellenlithotripsie, extrakorporale 121, 349
Straddle-Trauma 52
Strahlenexposition 365
Strahlenkatarakt 371
Strahlenkrebs 371
Strahlenschaden, deterministischer 369
Strahlenschutz
– allgemein 366
– anwendungsbezogener 370
– gerätebezogener 370
– ortsbezogener 368
– Patient 368
– Personal 370
– personenbezogener 368
– schaltungsbezogener 370
Strahlenschutzgesetz 364
Strahlenschutzmaßnahme 371
Struvit 346

T

Telemedizin 18
Teleskopbougie-Set 269
Therapie, photodynamische 118
Thulium-Laser 125
Thulmium-YAG 120
totally tubeless PNL 276
Tranplantatniere 325
Transitionalzellkarzinom 238
Transitionalzone 65, 82
Trigonumperforation 102
Trigonumunterfahrung 131, 148
Trokar, suprapubischer 8
TRUS (transrektaler Ultraschall) 65
tubeless PNL 276
TUIP ► Prostatainzision, transurethrale
Tumorbehandlung
– Lasertherapie 256
– Ureterorenoskopie 255
Tumorgewebe 82
TURP► Blasenresektion, transurethrale
► Prostataresektion, transurethrale 63
TUR-Syndrom 100, 126
Twin-twin-Transfusionssyndrom 360

U

Ultraschall
– transrektaler 65
– Größenbestimmung der Prostata 66
Ultraschallhohlsonde 273
Ultraschalllithotripsie 221
Unterfahrung
– subtrigonale 106
– trigonale 148
Unterpolstein 262
Untersuchung, digital-rektale 63
Ureterabriss 257
Ureterkatheter 54, 310, 312
Ureterobstruktion
– chronische 310
– Ureterschienung 310
Ureteropyelografie, retrograde 312
Ureterorenoskop
– flexibles 233
– semirigides 233
– starres 233
Ureterorenoskopie 231, 351
– Bakteriämie 240
– Blutstillung 247
– Diagnostik 237
– Durchführung mit flexiblen Instrumenten 247
– Durchführung mit semirigiden Instrumenten 241
– Extraktionstechniken 253, 255
– Harnleiterpassage 245
– Histologiegewinnung 249
– Instrumente 233
– intraoperative Komplikationen 257
– Ostiumpassage 242
– Patientenaufklärung 239
– postoperative Komplikationen 258
– präoperative Diagnostik 238
– präoperative Vorbereitungen 240
– Sepsis 240
– Sicherheitsdraht 242
– Steinbehandlung 237, 250
– Tumorbehandlung 238, 255
– Zystoskopie 241
Ureteroskop, festsitzendes 258
Ureteroskopie, perkutane antegrade 289
Ureterotomie, retrograde 256
Ureterozele 335, 338
Ureterschiene 310
Ureterschienung 310
– Durchführung 311
– Indikationen 310
– Komplikationen 317
– periinterventionelles Management 311
Ureterstein, Ureterorenoskopie 254
Urethroskopie 210
Urethrotomia interna 78, 108, 204
– Durchführung 53
– Ergebnisse 57
– Komplikationen 56
– nach Otis 53
– nach Sachse 54
Urethrotomie
– bei der Frau 56
– Komplikationen 56
Urethrozystogramm 52, 65
Urethrozystoskop 28
Urethrozystoskopie 52
– bei der Frau 33
– beim Mann 30
– diagnostische 28
– flexible 29, 31
– Harnröhrenstriktur 52
– Indikationen 29
– Instrumentarium 28
– Komplikationen 33

– Kontraindikationen 29
– starre 28, 30
Urge-Inkontinenz
– nach Harnleiterschienung 317
– nach TURP 107
Urodynamik, benignes Prostatasyndrom 68
Uroflowmetrie 69
Uropathie, fetale obstruktive 358
Urothelkarzinom 181
Urothelmetaplasie 186

V

Vaporisation 7, 25, 120
Vasektomie 107
Verdampfen 120
Viae falsae 56
Vitamin-K-Antagonist 72
VLAP 125, 168
Volumetrie, planimetrische 68
VURD-Syndrom 336

W

Wackeltest 89, 161, 267
Weißlichtdiagnostik 249
Weißlichtzystoskopie 181, 189
Whewellitsteine 262
Whirlpool-Effekt 279

X

XPS-Laser 155

Z

Zäkoureterozele 339
Zange, endoskopische 235
Zerebralsklerose, TURP 64
Zystektomie ▶ Blasenresektion, transurethrale
– radikale 186
Zystinsteine 262
Zystomanometrie 68, 69
Zystoskop 28
Zystoskopie 58, 178, 179, 186
– Ureterorenoskopie 241
Zystozele 199