

# Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Interventionsradiologie (DeGIR) zur Prostataarterienembolisation

## Position Paper of the German Society for Interventional Radiology (DeGIR) on Prostatic Artery Embolization

### Autoren

Attila Kovács<sup>1</sup>, Arno Bücken<sup>2</sup>, Marc-Oliver Grimm<sup>3</sup>, Christian R. Habermann<sup>4</sup>, Marcus Katoh<sup>5</sup>, Alexander Massmann<sup>2</sup>, Andreas H. Mahnken<sup>6</sup>, Bernhard C. Meyer<sup>7</sup>, Michael Moche<sup>8</sup>, Peter Reimer<sup>9</sup>, Ulf Teichgräber<sup>10</sup>, Frank K. Wacker<sup>7</sup>,  
In Zusammenarbeit mit der DeGIR-Lenkungsgruppe Wissenschaft und dem DeGIR-Vorstand

### Institute

- 1 MediClin Robert Janker Clinic, Clinic of Diagnostic and Interventional Radiology and Neuroradiology, Bonn, Germany
- 2 Saarland University Medical Center, Clinic of Diagnostic and Interventional Radiology, Homburg/Saar, Germany
- 3 Jena University Hospital, Department of Urology, Jena, Germany
- 4 Kath. Marienhospital Hamburg, Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Hamburg, Germany
- 5 Helios-Hospital Krefeld, Diagnostic and Interventional Radiology, Krefeld, Germany
- 6 Marburg University Hospital, Clinic of Diagnostic and Interventional Radiology, Marburg, Germany
- 7 Hannover Medical School, Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Hannover, Germany
- 8 Helios-Park-Klinikum Leipzig, Department of Interventional Radiology, Leipzig, Germany
- 9 Städtisches Klinikum Karlsruhe, Academic teaching hospital of the University of Freiburg, Institute of Diagnostic and Interventional Radiology, Karlsruhe, Germany
- 10 Jena University Hospital, Department of Radiology, Jena, Germany

### Key words

prostate, interventional procedures, benign prostate syndrome, lower urinary tract symptoms, prostate artery embolization

eingereicht 09.03.2020

akzeptiert 11.05.2020

### Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-1183-5438>

Online-Publikation: 2.7.2020

Fortschr Röntgenstr 2020; 192: 835–846

© Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart · New York

ISSN 1438-9029

### Korrespondenzadresse

PD Dr. Attila Kovács

Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie und Neuroradiologie, MediClin Robert-Janker-Hospital, Villenstr. 8, 53129 Bonn, Germany

Tel.: ++49/2 28/53 06 45 01

Fax: ++49/2 28/5 30 65 02

[attila.kovacs@mediclin.de](mailto:attila.kovacs@mediclin.de)

### ZUSAMMENFASSUNG

**Hintergrund** Mit der Prostataarterienembolisation (PAE) steht seit einigen Jahren ein klinisch etabliertes minimalinvasives endovaskuläres Verfahren zur Behandlung des benignen Prostatasyndroms (BPS) zur Verfügung.

**Methoden** In diesem von der Lenkungsgruppe Wissenschaft und Forschung der Deutschen Gesellschaft für Interventionelle Radiologie initiierten interdisziplinären Positionspapier wird die Methode der PAE dargestellt und im Kontext der aktuellen Datenlage diskutiert.

**Ergebnisse** Die PAE ist ein sicheres interventionell-radiologisches Verfahren zur Behandlung des BPS. In Bezug auf die Beschwerdesymptomatik, gemessen mit dem IPSS (International Prostate Symptom Score), hat die PAE im Vergleich zu dem historischen Goldstandard der transurethralen Resektion (TUR) der Prostata einen vergleichbaren Effekt. Im Hinblick auf die subvesikale Desobstruktion ist die PAE der TUR unterlegen, sie behindert allerdings eine spätere chirurgische Therapie nicht. Aufgrund der bereits vorhandenen Evidenz wird die PAE vom britischen National Institute for Health and Care Excellence als Therapiealternative empfohlen. Die Durchführbarkeit in Lokalanästhesie und der Erhalt der Sexualfunktion sind für die Patienten wichtige Argumente für die interventionelle Therapie. Patientenauswahl und Therapiekonzept erfordern eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Urologen und Radiologen.

**Schlussfolgerung** Effektivität und Sicherheit der PAE zur Behandlung des BPS sind nachgewiesen. In weiteren randomisierten Studien sollten Langzeitergebnisse generiert und die am besten geeigneten Indikationen für die PAE bei BPS definiert werden.

**Kernaussagen:**

- Die PAE als endovaskuläres Verfahren ist eine patientenfreundliche minimalinvasive alternative Therapieoption des BPS.
- Die PAE kann die Beschwerden des unteren Harntraktes (LUTS), vergleichbar der transurethralen Resektion (TUR), reduzieren. Das desobstruktive bzw. volumenreduzierende Potenzial der PAE ist dem der TUR unterlegen.
- Die wichtigsten Vorteile der PAE sind Durchführbarkeit in Lokalanästhesie (ohne Narkose), kurze Ausfallzeiten des Patienten und Erhalt der sexuellen Funktion, inklusive der antegraden Ejakulation.
- Die PAE ist aufgrund der bisher vorliegenden Evidenz im therapeutischen Algorithmus zwischen der konservativen, medikamentösen Therapie und der TUR zu positionieren. Der Stellenwert der PAE im Kontext anderer minimalinvasiver Verfahren (MIST) bedarf noch weiterer Evaluation, setzt aber einen grundsätzlich offenen Umgang mit der PAE voraus.
- Die PAE wird zumeist auf Zuweisung von Urologen von interventionellen Radiologen durchgeführt und erfordert eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit.

**Zitierweise**

- Kovacs A, Bücker A, Grimm M et al. Position Paper of the German Society for Interventional Radiology (DeGIR) on Prostatic Artery Embolization. *Fortschr Röntgenstr* 2020; 192: 835–846

**ABSTRACT**

**Background** In recent years prostate artery embolization (PAE) evolved into a clinically established minimally invasive endovascular treatment option for lower urinary tract symptoms caused by benign prostate syndrome (BPS).

**Methods** In this interdisciplinary position paper, initiated by the steering group for research of the German Society for Interventional Radiology (IR), the method of PAE is presented and discussed in the context of current evidence.

**Results** PAE is a safe IR procedure for the treatment of BPS. In terms of symptom relief, measured with the IPSS (International Prostate Symptom Score), the PAE has comparable effect, similar to the historic gold standard, transurethral resection (TUR) of the prostate. With regard to reducing subvesical obstruction PAE is inferior to TUR, but does not limit subsequent surgery. Based on current evidence, PAE is recommended by the British National Institute for Health and Care Excellence as an alternative therapy. The feasibility under local anaesthesia and the preservation of sexual function are important arguments for patients in favour of interventional therapy. Patient selection and therapy concepts require close interdisciplinary collaboration between urologists and radiologists.

**Conclusion** Effectiveness and safety of PAE for the treatment of BPS are proven. Further randomized trials should focus on long term outcome and help to identify most suitable indications for PAE.

**Einleitung**

Das benigne Prostatasyndrom (BPS) ist definiert als eine gutartige Vergrößerung der Prostata, die mit einer Beeinträchtigung der Miktion einhergeht.

Die Beschwerdesymptomatik (Lower Urinary Tract Symptoms, LUTS) kann vorwiegend obstruktiv, irritativ oder in einer Kombination bestehen. Typische obstruktive Symptome sind abgeschwächter Harnstrahl, Anlaufschwäche zum Wasserlassen, erschwerte „Pressen“ und verlängerte Miktion sowie Restharngefühl. Zu den irritativen Symptomen zählen starker „imperativer“ Harndrang und die Pollakisurie. Die Nykturie ist ein eher unspezifisches Symptom und kann zahlreiche Ursachen bzw. Kofaktoren neben der gutartigen Prostatavergrößerung haben (z. B. Durchschlafstörungen, Herzinsuffizienz etc.).

Abhängig von der Ausprägung der LUTS kann es zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Lebensqualität kommen. Die Drangsymptomatik kann jegliche Aktivität, bei der nicht kurzfristig eine Toilette erreicht werden kann, wegen der Gefahr der Dranginkontinenz unterbinden. Zunehmender Restharn begünstigt die Bildung von Blasensteinen und rezidivierenden Infekten bis hin zum Harnverhalt und konsekutiven postrenalen Nierenversagen. Von besonderer Schwere kann die durch Nykturie bedingte Reduktion der Schlafqualität und -quantität sein. Entsprechend ist die Nykturie mit einer Frequenz von  $\geq 2$ -mal/Nacht ein häufiger Grund für Arztbesuche [1].

Aufgrund der Prävalenz von ca. 50% in der Alterskohorte der 50-jährigen (ca. 3 Millionen Männer) und ca. 90% in einem Lebensalter von mehr als 85 Jahren (ca. 500 000 Männer) ist das BPS als Volkskrankheit einzuordnen [1, 2, 4]. In den Industrienationen ist in Anbetracht der demografischen Entwicklung eine erhebliche Zunahme des BPS zu erwarten [14].

Die Behandlung besteht zu Beginn in einem konservativen Verhalten mit Abwarten und Beobachten (watchful waiting). Bei leichten bis mittelschweren Symptomen steht die medikamentöse Therapie im Vordergrund. Bei Unverträglichkeit oder unzureichendem medikamentösem Therapieerfolg kommen abhängig von Begleiterkrankungen und dem Volumen der Prostata unterschiedliche operative Verfahren zum Einsatz. Vuichoud et al. beschreiben in einer epidemiologischen Kohortenstudie, dass 54,8% der Patienten medikamentös therapiert, 35% beobachtet und ca. 1,1% operativ versorgt werden [1]. In Deutschland werden somit ca. 80 000 Patienten pro Jahr einer operativen Therapie zugeführt [2].

Das häufigste und seit Jahrzehnten etablierte operative Verfahren ist die endoskopische transurethrale Resektion der Prostata (TURP). Die TURP vermag in erster Linie die obstruktiven Symptome schnell und effektiv zu therapieren. In erfahrenen Zentren sind die Erfolgsraten sehr gut. Hauptkomplikationen sind dabei transfusionspflichtige perioperative Blutungen, Blasenhalstenosen sowie eine meist transiente Harninkontinenz. Zu den Operationsfolgen gehört allerdings nahezu regelhaft eine retrograde Ejakula-

tion (RE), also dass der Samenerguss durch die bei der Resektion trichterförmig vom Colliculus seminalis bis zum Blasen Hals erweiterte prostatistische Harnröhre in die Harnblase gelangt. Die RE wird von sexuell aktiven Patienten allgemein als sehr störend empfunden. Derweil die TUR auf Prostatatae bis 80 ml Volumen beschränkt ist, stehen für größere Drüsen neben der suprapubischen Prostatataadenomektomie auch transurethrale Therapieoptionen (u. a. Laser-Enukleation, Aqua Ablation) zur Verfügung [3–7].

Als endovaskuläres Verfahren steht seit einigen Jahren die radiologische minimalinvasive Prostatataarterienembolisation (PAE) zur Verfügung, welche in Lokalanästhesie ohne Vollnarkose durchgeführt wird. In diesem Positionspapier soll die Methode der PAE nach aktueller Datenlage dargestellt und diskutiert werden.

## Prostatataarterienembolisation

Die PAE wurde nach Erstbeschreibung des Verfahrens 1977 in der Zeitschrift „Der Urologe“ für die Therapie von Blutungen prostatistischen Ursprungs eingesetzt [8]. Erste Berichte über eine erfolgreiche PAE bei LUTS und BPH folgten im Jahr 2000. Somit kann dieses Jahr als Erstbeschreibung des neuen Therapiekonzepts gelten [9]. Danach wurde die PAE als endovaskuläre minimalinvasive Therapie des BPS weltweit angewandt [10]. Vorteile des Verfahrens sind die hohe Patientenzufriedenheit und die erhaltene Sexualfunktion. Ferner kann es ergänzend andere Therapien durch eine Volumenreduktion unterstützen. So sind die Kombinationen von PAE und transurethralen Verfahren wie Holmium-LASER-Enukleation (HoLEP) in erheblich vergrößerten Prostatatae > 200 ml sowie von PAE und TURP in Prostatatae > 80 ml in multimorbiden Patienten erfolgreich geprüft worden [11, 12].

Die PAE stellt hohe Anforderungen an die Fähigkeiten des interventionellen Radiologen. Sowohl die arterielle Gefäßanatomie des Beckens als auch die Technik der Embolisation müssen dem interventionellen Radiologen aus praktischer Erfahrung sehr gut bekannt sein. In Anlehnung an die Musterweiterbildungsordnung 2018 der Bundesärztekammer sollte die Behandlung ausschließlich von Radiologinnen und Radiologen durchgeführt werden. Aus Sicht der Deutschen Gesellschaft für Interventionsradiologie (DeGIR) wird für die Durchführung der PAE eine spezielle Qualifikation in der Embolisationstherapie (DeGIR Module B und D) empfohlen (<https://www.degir.de/de-DE/5080/stufe-2/>), um potenziell schwerwiegende Komplikationen einer Fehlembolisation zu vermeiden und optimale Therapieerfolge zu erzielen. Moderne digitale Subtraktionsangiografie (DSA)-Anlagen sind zur adäquaten Visualisierung der sehr feinen Gefäßanatomie mit Durchmessern < 1 mm und Minimierung der Strahlenexposition eine Grundvoraussetzung. Die C-Arm-CT-Angiografie bzw. Cone-beam-CT haben sich für die 3-dimensionale Darstellung der Beckenarterien und Beckenorgane bewährt und ist sehr zu empfehlen. Jenseits der technischen Möglichkeiten sollte auch praktische Erfahrung des Interventionalisten mit diesen komplexen Bildgebungstechniken vorliegen.

## Vorbereitung

Grundsätzlich gilt, dass der Therapieerfolg essenziell von einer adäquaten Patientenauswahl abhängt. Daher sind die kritische Analyse und Korrelation der Diagnostik mit der klinischen Symptomatik und die Kenntnis der urologischen Therapieoptionen Voraussetzung für eine korrekte Erfassung eines BPS sowie für die entsprechende Aufklärung. Beides sollte im interdisziplinären, urologisch-radiologischen Kontext erfolgen, da LUTS ebenfalls mit einer Vielzahl anderer Blasenentleerungs- oder -speicherstörungen vergesellschaftet sein können.

Generell ist die Möglichkeit für eine PAE gegeben, wenn die Obstruktion des Blasenauslasses durch eine vergrößerte Prostata verursacht wird. Durch eine ausführliche präinterventionelle Anamnese und Diagnostik sollten anderweitige Ursachen, bei denen die PAE nicht indiziert ist, ausgeschlossen werden.

## Präinterventionelle Diagnostik

Für die präinterventionelle Diagnostik stehen verschiedene etablierte Fragebögen für die subjektive Selbsteinschätzung der Beschwerdesymptomatik und Untersuchungsverfahren zur standardisierten Erhebung objektiver Parameter zur Verfügung:

- IPSS (International Prostate Symptoms Score) -Fragebogen zum Schweregrad der Symptomatik (Symptomindex, 7 Fragen) und Frage zur Lebensqualität (QoL, Quality of Life)
- IIEF (International Index of Erectile Function) -Fragebogen zur Sexualfunktion und Erektionsfähigkeit
- rektale Tastuntersuchung der Prostata und transrektaler Ultraschall (TRUS), u. a. zur Volumenbestimmung
- Bestimmung des PSA-Wertes (Prostata-spezifisches Antigen)
- Uroflowmetrie mit Bestimmung der maximalen Harnflussrate (Q<sub>max</sub>) und des Miktionsvolumens (beurteilbar ab 15 ml Miktionsvolumen)
- sonografische Restharnbestimmung

Die Ergebnisse dieser Tests korrelieren nur bedingt mit der Prostatavergrößerung, Blasenaustrittsobstruktion (Bladder Outlet Obstruction, BOO) und LUTS [13]. Beispielsweise besteht zwischen Prostatavolumen, Kompressionsgrad der prostatistischen Harnröhre und BOO keine feste Korrelation. Sensitivität und Spezifität für BOO bei einem Prostatavolumen > 4 cm<sup>3</sup> liegen nur bei 49 % bzw. 32 % [14]. Ebenso besteht nur eine geringe Korrelation zwischen Restharnmenge und BOO. Zur Erfassung der klinischen Beschwerden wird der IPSS herangezogen. Irritative Speichersymptome wie häufiger und starker Harndrang sowie häufiges nächtliches Wasserlassen (Nykturie) werden von den Patienten häufig als wesentlich belastender empfunden als Harnentleerungssymptome, wie z. B. Harnstrahlabschwächung (verminderte maximale Harnflussrate, Q<sub>max</sub>) [15–18].

Vor einer PAE sollte der PSA-Wert bestimmt werden. Im Falle einer pathologischen Erhöhung sollte die weitere Abklärung zum Ausschluss eines Prostatakarzinoms erfolgen.

Schnittbildverfahren können bei der Evaluation des BPS wichtige Informationen beitragen. Die multiparametrische MRT spielt hierbei eine zentrale Rolle zum Ausschluss eines therapie relevanten Prostatakarzinoms [19]. Darüber hinaus liefert die MRT genaue Informationen zur Größe, Seitendominanz, intravesikalen Prosta-

ta-Protrusion (IPP), zum prostatistischen Harnröhrenwinkel (Prostatic Urethral Angle, PUA) oder zur Gewebedominanz (Adenom- oder Stroma-dominante Prostatavergrößerung) (► **Abb. 1a**). Vor einer PAE kann bei zu erwartenden atherosklerotischen Gefäßveränderungen eine Evaluation der Gefäßanatomie durch eine MR- oder CT-Angiografie durchgeführt werden, da eine Atherosklerose die PAE durch fehlenden endovaskulären Zugang erschweren oder technisch unmöglich machen kann.

Die PAE als elektive endovaskuläre Therapie mit Verwendung von jodhaltigem Kontrastmittel erfordert im Voraus die Abklärung von Nieren-, Schilddrüsen- und Gerinnungsfunktion sowie der Einnahme von Metformin gemäß der ESUR-Leitlinie (<http://www.esur.org/esur-guidelines/>).

## Patientenauswahl zur PAE

Die PAE bietet sich prinzipiell für Patienten mit einem Prostatavolumen (Pvol) > 30 ml an, die nach mindestens halbjähriger erfolgloser medikamentöser Therapie oder Unverträglichkeit letzterer weiterhin an einem mittelschweren bis schweren BPS leiden (IPSS ≥ 8, Lebensqualität QoL ≥ 3 und Qmax ≤ 15 ml/s) [20]. Eine obere Grenze des Prostatavolumens existiert für die PAE nicht. Es gibt eine Reihe von Konstellationen, bei denen eine PAE erwogen werden kann:

- multimorbide Patienten mit Dauerkatheterversorgung,
- Patienten mit hohem Narkose- bzw. Operationsrisiko, bspw. aufgrund kardiopulmonaler Komorbiditäten oder einer Blutgerinnungsstörung bzw. Antikoagulation, sowie
- Ablehnung einer operativen subvesikalen Desobstruktion, z. B. wegen des hohen Risikos einer retrograden Ejakulation.

Grundsätzlich sind nichtobstruktive LUTS (z. B. neurogen bedingte hyper- oder hypoaktive Blase, Blasenhaltdysfunktion, Detrusor-Sphinkter-Dyssynergie) und urethrale Strikturen durch eine fachurologische Untersuchung auszuschließen.

Als absolute Kontraindikation für die PAE gilt derzeit das Vorliegen eines kurativ therapierbaren, nicht blutenden Prostatakarzinoms, da bisher keine ausreichenden Daten in diesem Kontext vorliegen [21]. Akute Infektionen wie Prostatitis oder Urethritis können nach PAE aggraviert werden und sind weitere absolute Kontraindikationen für eine PAE.

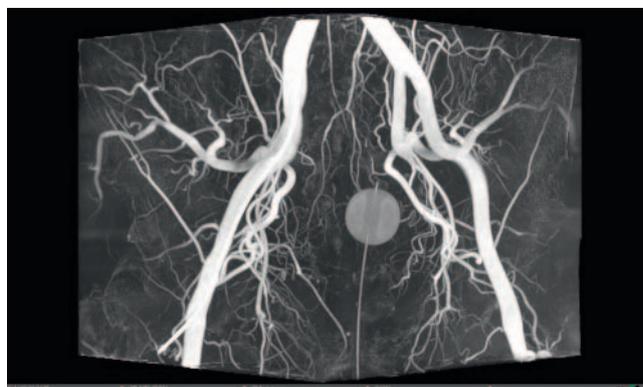
Eine primäre operative Therapie wird bei der Kombination einer BPS und gleichzeitigem Vorliegen von Blasensteinen durchgeführt. Patienten mit großen Harnblasendivertikeln oder neurogenen Blasenentleerungsstörungen sollte eine PAE nicht empfohlen werden.

Von der PAE profitieren insbesondere:

- Patienten mit einem mittleren IPSS (18–25) [22],
- Patienten < 65 Jahre [22],
- Patienten mit einem akuten Harnverhalt [22, 23],
- Patienten mit Prostatae größer als 80 ml [24, 25] und
- Patienten mit Adenom-dominanten BPS [26].

Im klinischen Alltag sind häufig besonders 3 Vorteile im Vergleich zu den Standardverfahren entscheidend für die Wahl einer PAE:

- kurze Ausfallzeiten,
- Vermeidung einer retrograden Ejakulation sowie
- minimalinvasiver Eingriff in Lokalanästhesie.



► **Abb. 1** Die 3-dimensionale maximale Intensitätsprojektions-Übersichtsangiografie ermöglicht eine hervorragende Visualisierung der komplexen Anatomie der Prostataarterien und erleichtert die Identifizierung von Varianten.

## Durchführung der PAE

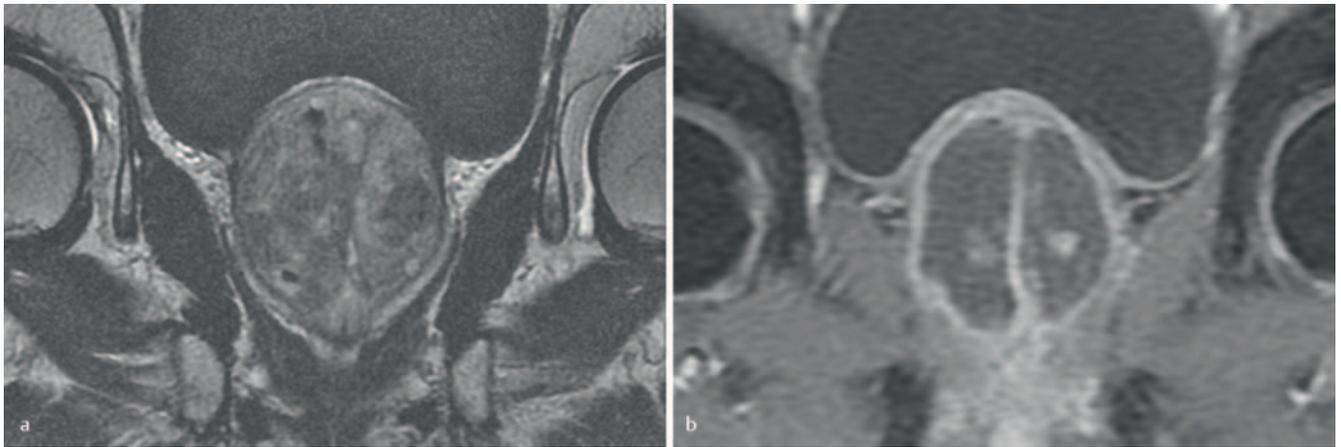
### Prozedurale Bildgebung

Für die Evaluation der Gefäßanatomie sind unterschiedliche Strategien möglich:

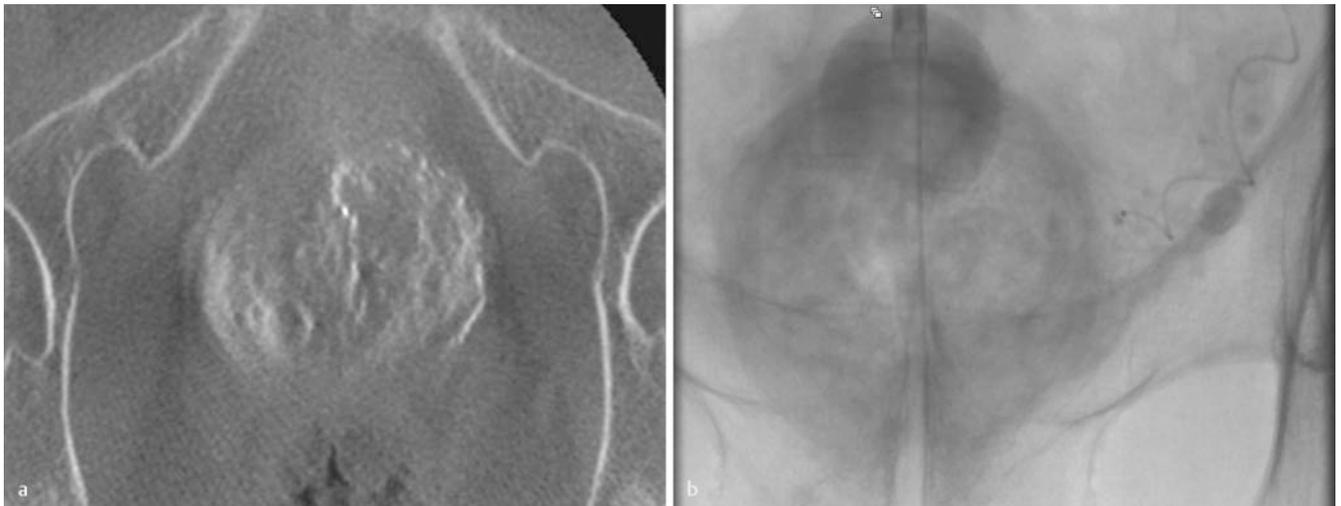
- a) Durchführung einer präinterventionellen CT,
- b) Durchführung einer Übersichts-Cone-Beam-CT, die mit einer Katheterposition oberhalb der Aortenbifurkation angefertigt wird,
- c) Durchführung von selektiven Cone-Beam-CT, die mit einer Katheterposition in der jeweiligen A. iliaca interna angefertigt wird, oder
- d) Anfertigung von DSA-Serien.

Die DSA stellt die periprozedurale Standardbildgebung im Rahmen der PAE dar. Ergänzend kann eine 3D-Bildgebung mittels Cone-Beam-CT erfolgen. Während die 3-dimensionale Gefäßdarstellung insbesondere zur Gefäßidentifikation und endovaskulären Navigation eingesetzt wird, kann bei kombinierter Darstellung von Gefäßanatomie und Weichteilen eine Abbildung des Embolisationsgebietes erfolgen.

Die bildgestützte Positionierung des Mikrokatheters erfolgt entweder rein fluoroskopisch anhand von konventionellen, ggf. angulierten DSA-Serien oder unter Zuhilfenahme von Navigationstechniken auf der Basis einer 3D-Bildgebung. Durch geeignete Softwareapplikationen kann die Prostataarterie (semi)automatisch in ihrem Verlauf detektiert und als grafische Repräsentation oder als Gefäßrendering der Fluoroskopie überlagert werden (► **Abb. 2**) und so die Strahlenexposition des Patienten reduzieren. Die Cone-Beam-CT erlaubt, ähnlich zu einer Computertomografie, auch die Darstellung der Weichteile und deren Perfusion. Da im Rahmen der PAE insbesondere Fehl-embolisationen benachbarter Gefäßterritorien und Organe relevante Komplikationen darstellen, erhöht diese Bildinformation wesentlich die Patientensicherheit. Die exakte Organzuordnung aus der antizipierten Embolisationsposition ist in der Projektionsangiografie limitiert. Die computertomografische Darstellung mittels Cone-Beam-CT nach superselektiver Kontrastmittelgabe in der Parenchymphase



► **Abb. 2** **a** Die präinterventionelle Magnetresonanztomografie (MRT) liefert wichtige Informationen über die Größe, die Konfiguration und die Morphologie der zu therapierenden Prostata. Die MRT ist auch geeignet, um Kontraindikationen für eine PAE, wie z. B. Prostatakarzinome oder Pathologien der Harnblase, auszuschließen. **b** Im postinterventionellen MRT kann die Devaskularisation der Prostata gut beurteilt werden und interventionsassoziierte Komplikationen können ausgeschlossen werden.



► **Abb. 3** **a** Die Cone-Beam-Computertomografie (CBCT) mit Kontrastmittelapplikation über den Katheter in der geplanten Embolisationsposition ermöglicht die prätherapeutische Simulation und bestätigt eine optimale Position des Mikrokatheters für die selektive Embolisation. Durch Ausschluss von Kontrastierung außerhalb der Zielregion wird die Sicherheit der Therapie erhöht. **b** Die fluoroskopische Kontrolle während der Embolisation dient der Therapiesteuerung und ist entscheidend für die Bestimmung des Endpunktes der Intervention.

erlaubt die Simulation der Embolisation und kann somit eine spätere Fehlembolisation sicherer ausschließen als andere Techniken (► **Abb. 3a, b**). Diese Darstellung erfordert eine langsame Kontrastmittelgabe mit geringer Flussrate (z. B. 3 ml Kontrastmittel, 0,1–0,2 ml/s Flussrate, Cone-Beam-CT am Ende der Injektion), um einen Kontrastmittelreflux zu verhindern und somit korrekte Perfusionsbilder zu liefern. Andererseits führen ein zu geringer Kontrastmittelfluss und eine falsch gewählte Injektionsverzögerung schnell zu nicht aussagefähigen Bildern mit unnötiger Strahlenexposition. Diese Komplexität der 3D-Technik erfordert zwingend eine ausreichende praktische Erfahrung der Interventionalisten, um die Patientensicherheit in puncto Strahlenschutz und Komplikationsrate zu optimieren.

Während die Cone-Beam-CT vor der Embolisation primäre Kollateralen außerhalb der Zielregion detektiert, dient die Kontrolle

während der Embolisation dazu, sekundäre Kollateralen, die sich durch die geänderte Hämodynamik während der Embolisation eröffnen, rechtzeitig zu identifizieren [27]. Da bei der Parenchymdarstellung in der Regel nur ein begrenzter Bereich des Beckens dargestellt werden muss, ist die kollimierte Cone-Beam-CT sowohl im Hinblick auf die Strahlenexposition als auch die Bildqualität der nicht eingblendeten Cone-Beam-CT vorzuziehen [28]. Bei Verfügbarkeit eines kombinierten Angiografie-CT-Hybrid-Systems kann die Parenchymdarstellung auch mittels CT erfolgen.

### Periinterventionelles Management

Periinterventionell wird eine einmalige Antibiotikaprophylaxe (z. B. Cefazolin 2 g i. v.) empfohlen [29]. Ferner ist ein Blasenkatheter (BK) vorteilhaft, da dieser während der Intervention als Orientierungspunkt dient.

tierungspunkt genutzt werden kann und nach der Intervention wegen des Harnverhalt-Risikos zunächst verbleibt. Er kann längere Eingriffe für den Patienten erträglicher machen, indem er einen ungehinderten Urinfluss ermöglicht. Durch eine nicht kontrastmittelgefüllte Harnblase kann die Strahlenexposition vermindert und die Bildqualität verbessert werden. Intraprozedural ist eine Antikoagulation mit bis zu 5000 IE Heparin zu erwägen. Da die PAE periprozedural in der Regel schmerzlos wahrgenommen wird, kann sie in Lokalanästhesie ohne Analgosedierung durchgeführt werden.

## Sondierung

Üblicherweise wird für die PAE ein inguinaler Zugang mittels 4F- oder 5F-Schleusen gewählt; transbrachiale, -radiale und -axilläre Zugänge sind grundsätzlich möglich [30]. Insbesondere der transbrachiale Zugang bietet Vorteile bei der Sondierung der Beckengefäße und wird von den Patienten sehr gut angenommen. Bei großen Patienten kann die limitierte Länge der Katheter zu Schwierigkeiten führen [31]. Wird ein inguinaler Zugang gewählt, so kann es je nach Anatomie in Einzelfällen, z. B. wenn das Cross-Over-Manöver anatomisch problematisch ist oder die Katheterlage instabil ist, notwendig sein, auch die kontralaterale Leiste zu punktieren. Als Diagnostikkatheter können unterschiedliche Konfigurationen, z. B. SHK-, RIM-, Robertson etc., verwendet werden. In Koaxialtechnik wird dann die Arteria prostatica der entsprechenden Seite mithilfe eines Mikrokatheters sondiert. Bei Gefäßspasmen empfiehlt sich die i. a. -Gabe eines Vasodilatators (z. B. Nitroglycerin 0,2 mg i. a. Einzeldosis). Für die PAE ist es essenziell, den Mikrokatheter in eine superselektive Position in der A. prostatica vorzuführen. Kollateralgefäße zur Harnblase, zum Penis, zum Rektum etc. müssen unbedingt geschont werden. Dies kann durch eine Katheterposition distal des Abgangs dieser Arterien oder durch eine proximale Schutzembolisation der genannten Arterien mittels Mikrometallspiralen erfolgen. Wenn möglich, sollte auch die Embolisation der Samenblasen vermieden werden.

## Embolisationstechnik

Sobald die selektive Mikrokatheterposition sichergestellt ist, erfolgt die Embolisation der A. prostatica mit permanenten Embolisationspartikeln einer Größe von 50–500 µm [32, 33]. Hierbei können sowohl Polyvinylalkohol-Partikel (100–300 µm sind üblich) als auch kalibrierte Mikrosphären (300–500 µm sind üblich) eingesetzt werden [22]. Nach erfolgreicher Embolisation einer Seite der Prostata wird schließlich der Vorgang auf der kontralateralen Seite wiederholt.

Bezüglich der optimalen Partikelgröße gibt es jedoch derzeit keine allgemeine Empfehlung. Die Effektivität der Embolisation scheint sowohl mit kleinen als auch großen Partikeln gleichwertig zu sein [34]. Allerdings ergeben sich Hinweise, dass bei Verwendung von kleineren Partikeln (100–300 µm) etwas häufiger unerwünschte Ereignisse auftreten [35]. Dies ist in erster Linie durch eine tiefere Penetration der kleineren Partikel zu erklären, die wohl eine stärkere ischämische und dementsprechend auch eine größere nekrotische Wirkung nach sich ziehen. Möglicherweise können jedoch auf diese Weise Rezidive bedingt durch eine Revascularisation besser vermieden werden. Ziel der Embolisation ist

das Erreichen einer Flussstase in der Prostataarterie in der Angiografie. Um eine möglichst komplette Embolisation der Prostataarterien zu erzielen, kann u. a. die sogenannte PER-FecTED-Technik („Proximal Embolization First, Then Embolize Distal“) in Erwägung gezogen werden [36]. Bei diesem Verfahren werden die Partikel zunächst flussgesteuert aus einem proximalen Segment der Prostataarterie injiziert. Anschließend, nachdem eine gewisse Flussverlangsamung eingetreten ist, wird der Mikrokatheter in die intraprostatichen Gefäßsegmente vorgeführt, um dann aus einer „Wedge-Position“ mit der Injektion der Partikel fortzufahren. Es wird beschrieben, dass mit dieser Technik 30–50 % mehr Embolisationspartikel eingebracht werden können [37].

Um eine möglichst sichere und effektive Behandlung zu ermöglichen, sind derzeit einzelne Spezialkatheter in der Erprobung. So soll z. B. ein Mikrokatheter mit einem Okklusionsballon an der Spitze das Risiko eines Refluxes von Partikeln während der Injektion vermeiden. Die Okklusion mit dem Ballon soll zudem den Effekt haben, dass distal des Ballons der Druck absinkt, wodurch eine Flussumkehr in den weiter distal gelegenen (unerwünschten) Kollateralen erzeugt wird, was wiederum die Gefahr einer ungezielten Embolisation senkt. Ein anderer Mikrokatheter weist an der Katheterspitze feine Schlitze auf, durch die nur Kontrastmittel, nicht aber Partikel passieren können. Dadurch sollen während der Injektion Turbulenzen um die Katheterspitze erzeugt werden, die einen Reflux von Partikeln verhindern. Aufgrund der sehr limitierten Erfahrung mit den Spezialkathetern kann hier keine abschließende Empfehlung abgegeben werden [38].

## Nachsorge

Nach Entfernung des Interventionsmaterials und der Schleuse kann die Punktionsstelle mittels manueller Kompression über 10–15 Minuten und konsekutiver Anlage eines Druckverbandes versorgt werden. Nach transfemoralem Zugang ist eine strenge Bettruhe für 4–6 Stunden empfehlenswert. Der Einsatz von Verschlussystemen kann die notwendige Zeit der Bettruhe ggf. reduzieren. Der BK kann prinzipiell am Folgetag entfernt werden. Lediglich bei präinterventionellem Harnverhalt soll erst nach 14 Tagen ein Auslassversuch unternommen werden [23]. Postinterventionell wird eine antiphlogistische Therapie (z. B. Ibuprofen 400 mg p. o. 1–1-1 ggf. kombiniert mit einem Protonpumpenhemmer, z. B. Pantoprazol 20 mg p. o. 1–0-0) für 10 Tage empfohlen. Eine zusätzliche Schmerzmedikation ist in der Regel nicht notwendig. Die Nachsorge sollte bei allen Patienten durch einen erfahrenen Urologen, idealerweise im Team mit einem interventionellen Radiologen erfolgen. Insbesondere die prozedurspezifischen Probleme können vom interventionellen Radiologen besser erkannt werden. Dabei sollten im Verlauf Komplikationen wie Harnverhalte, Entzündungen oder ggf. auch Fehlembolisation frühzeitig identifiziert und wenn möglich therapiert werden. Ist eine postinterventionelle Bildgebung notwendig, so sollte sie bei einem Radiologen erfolgen, der Erfahrung mit PAE-Patienten hat.

## Nebenwirkungen und Komplikationen

Unmittelbar nach dem Eingriff, der prinzipiell schmerzfrei ist, sowie in den ersten postinterventionellen Tagen kann es zu temporären dysfunktionalen Störungen im Sinne eines geringgradigen

Postembolisationssyndroms (9,4–10,4 %) kommen [29]. Diese temporären Beschwerden (Urodynie, Hämaturie, ggf. auch krampfartige Unterbauchschmerzen) lassen sich in der Regel durch Antiphlogistika bzw. nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR) wie bspw. Ibuprofen (z. B. 400–600 mg 2–3-mal tgl. p. o. kombiniert mit einem Protonenpumpenhemmer, z. B. Pantoprazol 20 mg p. o. 1–0-0) effektiv kontrollieren. Eine zusätzliche Schmerzmedikation ist in der Regel nicht notwendig. Da Schmerzen nach der PAE durch Spasmen mitbedingt sein können, kann eine Kombination aus Spasmolyse (Parasympatholytikum, z. B. Trosipiumchlorid (Spasmex®) 2-mal 20 mg oral) und Analgesie (Analgetikum, z. B. Metamizol 1–2 g i. v., nach Bedarf großzügig mit einem schwachwirksamen Opioid wie Tramadol, z. B. 50–100 mg langsam i. v. intensiviert) durchgeführt werden. Bei starken Schmerzen, die generell sehr selten auftreten (<0,01 %), ist das Opioid Piritramid (z. B. 7,5–15 mg langsam i. v.) geeignet [39]. Harnwegsinfekte, meist durch den einliegenden BK induziert, können gelegentlich auftreten (0,1–1 %) und sollten frühzeitig mit einem Breitbandantibiotikum gegen gramnegative Bakterien, wie bspw. Cephalosporine der dritten Generation, therapiert werden.

Eine transiente Hämaturie oder Hämatospermie, vermutlich infolge akzidenteller Embolisation der Samenbläschen oder der Harnblasenhinterwand, ist in der Regel selbstlimitierend [40, 41]. Je nach Ausmaß der Prostataischämie kann es in den Tagen und Wochen nach der PAE zur Trübung des Urins durch Abgang von nekrotischem Gewebe kommen. Dies kann unter Umständen zu einer temporären Katheterokklusion führen. Bei Teilnekrose des Mittellappens ist ein ventilartig bedingter Harnverhalt möglich. Das Auftreten eines transienten Harnverhalts kurz nach PAE wird in der Literatur mit bis zu 10 % beschrieben [40, 41]. Bei Patienten, die ohne BK embolisiert worden sind, wurde über eine höhere Rate von postinterventionellen Harnverhalten berichtet [23].

Die Rate an mittelschweren und schweren Komplikationen ist insgesamt selten. Rektale Blutungen, Hautdiskoloration und -ulzera im Bereich des Perineums oder Penis sowie persistierende pelvine Schmerzen weisen auf eine Fehlembolisation hin.

Vor Entlassung oder im kurzfristigen Verlauf kann eine kontrastmittelverstärkte Sonografie oder MRT zur Dokumentation des Embolisationserfolgs angefertigt werden. Nachsorgeuntersuchungen (IPSS, IIEF, Uroflowmetrie (Q<sub>max</sub>), Restharn, bei besonderem Interesse Pvol, IPP, PUA) sind nach 1–3 Monaten, 6 Monaten und 12 Monaten sinnvoll. Nach 12 Monaten sind morphologische Veränderungen nicht mehr zu erwarten, sodass die klinisch-urologische Nachsorge ausreicht. Als bildgebende Kontrolle ist in der Regel eine Sonografie ausreichend. Der Erfolg der PAE stellt sich abhängig vom Prostatavolumen mit einer Verzögerung von wenigen Wochen bis Monaten ein. Die klinische Symptomatik kann sich bis zu einem halben Jahr nach PAE noch verbessern. Daher sollte eine bereits vorbestehende medikamentöse BPS-Therapie parallel weitergeführt werden und kann dann entsprechend 1–2 Monate nach PAE abgesetzt werden.

## Andere therapeutische Verfahren für die Behandlung des BPS

### Medikamentöse Therapie

Für die medikamentöse Behandlung der LUTS, die in der Regel die Erstlinientherapie darstellt, stehen bei BOO (bladder outlet obstruction) seit mehr als 20 Jahren vor allem selektive  $\alpha$ -Blocker, 5- $\alpha$ -Reduktasehemmer (5- $\alpha$ -RI) und neuerdings auch Phosphodiesterase-5-Hemmer zur Verfügung [13]. Bei OAB-Symptomatik (overactive bladder) können Anticholinergika sowie auch der  $\beta$ 3-Adrenozeptor-Agonist Mirabegron eingesetzt werden. Der Markt bietet Kombinationspräparate der o. g. Medikamente (je nach Hauptmerkmal der LUTS  $\alpha$ -Blocker kombiniert mit 5- $\alpha$ -RI oder mit Anticholinergika).

$\alpha$ -Blocker, wie z. B. Tamsulosin, sind rasch wirksam und verbessern den IPSS um durchschnittlich 6 Punkte, was einem NettNutzen von 1,8 Punkten gegenüber Placebo entspricht (IPSS-Reduktion um 4,2 Punkte); außerdem nimmt die maximale Harnflussrate zu [31]. Prinzipiell sind  $\alpha$ -Blocker in ihrer Wirksamkeit limitiert bei stärker „abgeknickten“ intraprostatatischen Harnröhren [32]. 5- $\alpha$ -RI führen zu einer „Schrumpfung“ der Prostata; dementsprechend zeigt sich eine Verbesserung gegenüber Placebo nur bei Drüsen >40 ml und nach mindestens 6–12 Monaten. Nach 2 bis 4 Jahren findet sich eine IPSS-Verbesserung um 30 %, eine Reduktion des Prostatavolumens um 18–28 % und eine Q<sub>max</sub>-Verbesserung um 1,5–2,0 ml/s. Das Risiko eines Harnverhalts wird durch 5- $\alpha$ -RI im Vergleich zu Placebo um 57 % gesenkt [33]. Phosphodiesterase-5 (PDE-5)-Inhibitoren verbessern den IPSS um 22–37 % und den Q<sub>max</sub> um 0–2,4 ml/s; Langzeitdaten stehen aus.

Mehrere randomisierte Studien zeigen Vorteile für die Kombination aus  $\alpha$ -Blocker und 5- $\alpha$ -RI sowohl gegenüber Placebo als auch gegenüber einer Monotherapie, vor allem im Hinblick auf eine „Progression“ der BPH. So konnte z. B. in der ComBaT-Studie für die gebräuchliche Kombination aus Tamsulosin und Dutasterid eine relative Risikoreduktion für einen Harnverhalt um 68 %, eine operative BPH-Therapie um 71 % und eine Symptomverschlechterung um 41 % nach 4 Jahren nachgewiesen werden [42, 43].

Typische und für viele Männer belastende Nebenwirkungen der medikamentösen Behandlung der LUTS sind u. a.:

- Müdigkeit, orthostatische Dysregulationen, retrograde und anderweitig abnorme Ejakulationen, Floppy-iris-Syndrom (IFIS), erhöhtes Demenzrisiko wird diskutiert [35, 36] ( $\alpha$ -Blocker),
- verminderte Libido, Impotenz, Erektionsstörungen, selten Ejakulationsstörungen und Gynäkomastie in 1–2 % der Patienten (5- $\alpha$ -RI) sowie
- Kopfschmerzen, Dyspepsie, Rückenschmerzen und Myalgie sowie Nasenatmungsbehinderung (PDE-5-Inhibitoren) [44].

Insgesamt weisen die eingesetzten Medikamente aber ein günstiges Nebenwirkungsprofil auf, wobei die Nebenwirkungsrate bei Kombinationstherapie signifikant erhöht ist [43].

## Operative Therapie

Unter den operativen Therapien der LUTS haben sich traditionell desobstruierende Techniken etabliert, die das Adenomgewebe entweder partiell oder vollständig entfernen. Grundsätzlich sind Verfahren der Resektion, der Vaporisation und der Enukleation zu unterscheiden. Dabei ist die TUR seit vielen Jahren als Goldstandard etabliert und Effektivität bzw. Sicherheit im Vergleich zu anderen Verfahren durch randomisierte Studien gut belegt.

Aufgrund der komplexen Pathophysiologie existiert in Anbetracht der inzwischen zahlreichen Therapiealternativen kein universeller Therapiealgorithmus, der ein Verfahren bevorzugt. Es wird empfohlen, die Behandlung an den Patientenwunsch, die führende Pathologie und die Komorbiditäten anzupassen.

Trotz der technischen Fortschritte der letzten Jahre sind operative Verfahren immer noch mit einer relevanten perioperativen Gesamtmorbidität behaftet. Dazu gehören 2–2,9 % Bluttransfusionen, TUR-Syndrom (0,8 %), Harnverhalt (4,5 %) und Blasenampnaden (4,9 %) sowie Harnwegsinfekte (4,1 %). Zu den langfristigen Komplikationen zählen erektile Dysfunktion (6,5 %), Harnröhrenstrikturen (3,8 %) und Harninkontinenz (2,2 %) [44–47]. Obwohl operative Verfahren nach wie vor als Goldstandard gelten und als endgültige Lösungen gedacht sind, beträgt die Reoperationsrate (re-TUR-P, Urethrotomie, Blasenhalsszision wegen Sklerose) nach 1, 5 und 8 Jahren 5,8, 12,3 und 14,7 % [45]. Als Operationsfolge kommt es bei ca. 65 % der Patienten zu einer retrograden Ejakulation.

Irritative Symptome können sich im Gefolge einer operativen Therapie zunächst verschlechtern, am ehesten bedingt durch die Wunde im Bereich der Prostataloge. Der Abheilungsprozess dauert hier Monate, sodass eine Besserung irritativer Symptome erst im langfristigen Verlauf erwartet werden kann, was von den Patienten oftmals als belastend empfunden wird [48, 49]. Bei informierten Patienten hat sich eine kritische Haltung gegenüber operativen Eingriffen entwickelt [45, 47]. Seitens der Urologie besteht deshalb eine starke Motivation, komplikationsärmere Verfahren mit zumindest gleichwertigem Outcome und geringeren Nebenwirkungen zu etablieren.

Die aktuelle Aufmerksamkeit gegenüber den minimalinvasiven Verfahren (Minimal Invasive Surgical Therapy, MIST) ergibt sich aus den Limitationen der bislang etablierten Therapien, u. a. aus der begrenzten Effektivität der medikamentösen Therapie sowie dem Nebenwirkungspotenzial operativer Verfahren [2, 50]. MIST können in intraprostatiche Injektionen (PRX302, NX-1207), mechanische Verfahren (Urolift®, iTIND®) und ablativen Techniken (Rezüm®, AquaBeam®) unterteilt werden. Der komplette Erhalt der sexuellen Funktion, inklusive einer ungestörten antegraden Ejakulation, ist ein besonderes Anliegen vieler Männer. MIST-Ansätze weisen aktuell zwar ein geringeres Nebenwirkungsprofil als der operative Goldstandard TURP auf, die meisten Verfahren sind der TURP hinsichtlich ihrer Effektivität allerdings noch deutlich unterlegen [45, 46]. Es ist urologische Expertenmeinung, dass seit Jahrzehnten existierende Paradigmen hinsichtlich Therapiealgorithmen („One fits all“; 80 % aller LUTS-Patienten werden initial mit  $\alpha$ -Blockern behandelt; Indikationen für ablativen Therapien werden ohne Kenntnis oder Berücksichtigung einer BOO gestellt) überholt sind und es eines Umdenkens zugunsten differen-

zierter Therapiestrategien bedarf, um die Ergebnisse und die Patientenzufriedenheit zu verbessern [13].

Die endovaskuläre PAE, die sich zeitgleich zu den neueren transurethralen MIST-Ansätzen seit dem Jahr 2000 entwickelt hat, ist unter Berücksichtigung der obengenannten Vorteile eine alternative Therapieoption [9]. Voraussetzung für die korrekte Positionierung der PAE innerhalb des therapeutischen Algorithmus ist ein offener Umgang mit der PAE. Da die PAE von interventionellen Radiologen auf Zuweisung von Urologen durchgeführt wird, ist die enge interdisziplinäre Zusammenarbeit für eine sinnvolle Indikationsstellung von großer Bedeutung.

## Studienlage

Der erste Fallbericht über eine erfolgreiche PAE bei LUTS und BPH im Jahr 2000 hat dazu geführt, dass von Gao et al. bereits sehr früh eine monozentrische randomisiert-kontrollierte Studie (RCT) zum Vergleich der PAE gegen die als Goldstandard geltende TURP durchgeführt worden ist [51]. Die 2014 in *Radiology* veröffentlichten Studiendaten zeigten bei insgesamt 6 gemessenen urologischen Funktionsparametern in beiden Gruppen einen vergleichbaren Grad an Besserung nach 12 und 24 Monaten. Allerdings waren sowohl die Komplikationen als auch die geringgradigen und schweren Nebenwirkungen in der PAE-Gruppe signifikant höher als in der TURP-Gruppe. In Bezug auf die in dieser RCT berichteten erhöhten peri- und postprozeduralen Komplikationsraten der PAE muss jedoch berücksichtigt werden, dass im Rekrutierungszeitraum von 2007 bis 2012 die Methode sicherlich technisch noch nicht ausgereift war. Zu einer breiten klinischen Etablierung der PAE haben der Fallbericht von Carnevale et al. aus dem Jahr 2009 [10] und eine prospektive Fallserie von Pisco et al. aus dem Jahr 2011 beigetragen [52]. Inzwischen sind insgesamt 3 RCTs veröffentlicht worden, die die PAE mit der „klassischen“ TURP vergleichen [48, 51, 53]. Bei allen 3 RCTs handelt es sich um monozentrische Studien mit einer nur begrenzten Patientenzahl. Die Ergebnisse dieser 3 RCTs, einer britischen Registerstudie und einer prospektiven Fall-Kontroll-Studie, ausgewertet mit der „Propensity Score Matching“-Methode (UK-ROPE trial), sind in einer aktuellen Metaanalyse von Zumstein et al. aus dem Jahr 2018 zusammengefasst worden [54–56]. Hier zeigt sich nach aktueller Studienlage, dass der Einfluss auf den Schweregrad von LUTS, gemessen mit dem IPSS-Fragebogen, bei der PAE im Vergleich zum chirurgischen Standardverfahren signifikant geringer ist (mediane Differenz 3,8 Punkte; 95 %-Konfidenzintervall (KI) 2,77–4,83;  $p > 0,001$ ). Auch hinsichtlich der funktionellen Parameter war die PAE dem chirurgischen Verfahren in der Metaanalyse unterlegen.

Die UK-ROPE-Registerstudie berichtete anhand von 315 Patienten, welche entweder eine PAE oder eine TURP erhalten hatten, dass bei der PAE nur minimale peri- und postinterventionelle Komplikationen auftreten und die PAE somit eine nutzbringende therapeutische Option zwischen oraler Medikation (z. B. 5-Alpha-Reduktasehemmer) und Operation darstellt [56].

Die allgemeine Effektivität und Sicherheit der PAE ist in prospektiven und retrospektiven Anwendungsbeobachtungen insbesondere aus Zentren, die dieses Verfahren inzwischen in der klinischen Routine anbieten, mittlerweile umfänglich beschrieben

worden [57–62]. In einem aktuellen systematischen Review mit Metaanalyse von Mallin et al. ist die Wirksamkeit und Sicherheit der PAE anhand von kumulativ 1254 Patienten aus 13 Studien zusammengefasst und analysiert worden [63]. Es konnte gezeigt werden, dass sich der IPSS nach 12 Monaten post PAE um durchschnittlich 67 % deutlich verringert hat; die Verbesserung der Symptomatik betrug im Median 16,2 Punkte (95 %-KI 18,3–14,0); in gleicher Weise hat sich auch die Lebensqualität um 3 Punkte verbessert (95 %-KI -3,7–2,3). Major-Komplikationen sind insgesamt äußerst selten. Auch bezüglich der funktionellen Parameter wie Prostatavolumen (PV), Restharn und maximale Harnflussrate (Qmax) zeigte sich eine statistisch signifikante Verbesserung im Vergleich zum Ausgangswert vor PAE. Diese funktionelle Verbesserung ist mit bis zu 3 Jahren Nachbeobachtungszeit dokumentiert. Langzeitergebnisse über 6 Jahre liegen bisher nur aus einer retrospektiven Beobachtungsstudie von Pisco et al. vor [64]. Von insgesamt 630 konsekutiv nachverfolgten Patienten ist bisher bei einem kleinen Teilkollektiv von 36 Männern ein klinischer Erfolg der PAE von 76,3 % (95 %-KI 68,6 %–82,4 %) nach 6 Jahren berichtet worden. Der klinische Erfolg war hier definiert als eine Verbesserung der LUTS-Symptomatik (IPSS  $\leq$  15 Punkte und min. 25 % Erniedrigung im Vergleich zum Ausgangswert vor PAE) und eine Verbesserung der Lebensqualität (QoL-Score  $\leq$  3 Punkte oder eine Verminderung um 1 Punktwert zum Ausgangswert) ohne zusätzliche Medikation oder chirurgische Intervention zur Behandlung der BPH.

Im deutschsprachigen Raum existiert bereits ein erster HTA (Health Technology Assessment) -Bericht aus Österreich [65]. In diesem Bericht aus dem Jahr 2017 wurde die Evidenzlage zur Abschätzung der Sicherheit und Wirksamkeit der PAE noch als niedrig bewertet. Darüber hinaus wird konstatiert, dass die verfügbaren RCTs über widersprüchliche Ergebnisse hinsichtlich der Wirksamkeitsendpunkte und unerwünschter Ereignisse berichten. Es wurde festgehalten, dass bei der PAE in allen Studien eine geringe Rate schwerwiegender Nebenwirkungen, wie z. B. Blasenwandischämien, berichtetet worden ist. Die vorliegende Evidenz reicht aktuell noch nicht aus zu belegen, dass die PAE bei Patienten mit mäßigen bis schweren LUTS eine gleiche Wirksamkeit wie die TURP oder offene Adenomektomie aufweist. Im HTA-Bericht wird eine Neubewertung des PAE-Verfahrens vorgeschlagen sobald die Datenlage sich verbessert hat und insbesondere Ergebnisse aus weiteren RCTs vorliegen

Die bisher publizierten Metaanalysen und Vergleiche zwischen der PAE und TURP weisen verschiedene strukturelle Defizite auf, die der inkonsistenten Datenlage geschuldet sind. Das führt dazu, dass Daten mit sehr unterschiedlichen Techniken der PAE zusammengeführt werden. Die Prostataarchitektur findet oft wenig Beachtung, wobei es durchaus als relevant betrachtet wird, wie Patienten mit und ohne Mittellappen der Prostata auf verschiedene Therapien ansprechen. Die LUTS-Symptome werden oft als Gesamtwert des IPSS angegeben ohne Unterteilung in Speicherungs- und Entleerungssymptome (IPSS-SS und -VS). Es ist jedoch hinreichend belegt, dass die einzelnen Symptome des unteren Harntraktes hinsichtlich der Beeinträchtigung des Wohlbefindens nicht gleichwertig sind. In einer Rangordnung der Symptomatik sind der Harndrang und die Nykturie, beides irritative Speichersymptome, die klar klinisch führenden Symptome. Der schwache

Harnstrahl belegt in dieser Rangordnung den letzten Platz [15]. Wertet man nur den Gesamtscore IPSS aus, so kann man keine Rückschlüsse ziehen ob für den Patienten relevante (Drang und Nykturie) oder eher irrelevante (Qmax) Parameter verbessert worden sind.

Neuere urologische Studien haben die Therapiepräferenzen der betroffenen Männer evaluiert und liefern ein differenziertes Bild: die Nykturie wird in großen Kohortenstudien als belastender empfunden als die Beschwerden tagsüber [16–18]. Unter BPS leidende Männer sind bereit, die höchsten Therapiekosten für die Behandlung des Harndrangs und der Nykturie zu investieren. Interessant ist, dass die Männer Therapiekosten in derselben Höhe sonst nur für den Erektions- und Ejakulationserhalt in Kauf nehmen [66]. Minimalinvasive operative Verfahren der BPS wurden teilweise entwickelt, um die Sexualfunktion möglichst zu erhalten (z. B. Urolift®, Rezüm®, AquaBeam®). Analog zu der PAE haben diese Verfahren, mit Ausnahme der Aquaablation, einen geringeren desobstruktiven Effekt als die Resektion [45, 46, 67, 68].

Eine aktuelle Studie aus St. Gallen soll wegen der eingehenden Analyse der Daten exemplarisch hervorgehoben werden. In dieser randomisierten Nichtunterlegenheitsstudie von Abt und Kollegen wurden die Symptome des unteren Harntraktes einzeln in Bezug auf Nichtunterlegenheit der PAE gegenüber TURP ausgewertet. Hier zeigte sich keine signifikante Überlegenheit bzgl. der Primärvariable IPSS sowie der subjektiven Sekundärvariablen (u. a. Nykturie, erektiler Funktionsindex), während die funktionellen Parameter 12 Wochen nach TURP günstiger, die Nebenwirkungen aber nach PAE geringer und weniger ausgeprägt waren [48, 49]. Für zukünftige, aussagekräftige Studien ist somit ein differenzierter Umgang mit den Symptomen des unteren Harntraktes erforderlich.

Inwiefern sich die PAE auch mit anderen urologisch-operativen Verfahren, wie z. B. der Thulium-Laser-Enukleation (THuLEP), der transurethralen Nadelablation (TUNA), der transurethralen Mikrowellentherapie (TUMT) oder der GreenLight-Laser-Vaporisation, messen lassen muss, bleibt fraglich [69–71].

## Wirtschaftlichkeit der PAE

Die PAE wird seit dem Jahr 2000 durchgeführt und ist im stationären Bereich zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Positionspapiers im deutschen Diagnosis-Related-Groups (G-DRG)-System für Patienten der gesetzlichen Krankenversicherungen abgebildet:

Unter der ICD-10-GM Hauptdiagnose „Prostatahyperplasie“ (N40) kann die PAE verschlüsselt werden (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems; German Modification). Für die PAE liegt noch keine spezifische diagnosebezogene G-DRG-Fallgruppierung vor, sie kann allerdings in der DRG M06Z eingruppiert werden. Hierbei handelt es sich um „andere OR-Prozeduren an den männlichen Geschlechtsorganen oder Stanzbiopsie an der Prostata“. OR-Prozeduren sind definiert als signifikante Eingriffe. Für das Kalenderjahr 2019 beträgt das Relativgewicht für die DRG M06Z 0,882. Unter Zugrundelegung des Bundesbasisfallwertes (BBFW) für 2019 (3544,97 €) beläuft sich der Erlös einer Behandlung in der DRG M06Z somit auf

3126,66 €, variiert jedoch gemäß der verschiedenen Landesbasisfallwerte (LBFW) von Bundesland zu Bundesland. Zur Erlangung des vollen Erlöses ist die untere Grenzverweildauer (uGVD) zu beachten, die aktuell für die PAE bei einem Belegungstag, d. h. 2 Nächten, liegt und häufig beanstandet wird. Wird die uGVD unterschritten, ist der Eingriff nicht mehr kostendeckend. Dies liegt daran, dass bei der Durchführung der PAE in einem stationären Setting eine Kostenkalkulation zugrunde liegt, die Personalkosten, Materialkosten und den sogenannten Overhead zur Kalkulation der nicht prozedurbezogenen Aufwendungen umfasst. Dabei ist im Rahmen der Personalkosten zu berücksichtigen, dass zum einen bereits Personalkosten im Rahmen der vorstationären Untersuchungen und Aufklärung anfallen, und zum anderen die Prozedurdauer stark variieren kann. Sowohl bei der Dauer der Prozedur, aber auch bei der Sicherheit ist eine hohe Expertise des interventionell tätigen Radiologen gefordert. Dies findet bei der Vergütung der PAE für stationäre Patienten bisher keine Berücksichtigung. Daher sollte der PAE zeitnah eine eigene DRG zugeschrieben werden, um damit das Verfahren so abzubilden, dass dieses wirtschaftlich kostendeckend durchgeführt werden könnte.

Bei der Abschätzung der Wirtschaftlichkeit der PAE für eine Klinik ist neben einer Kostenrechnung auch die Prüfquote des Medizinischen Dienstes der Krankenkassen (MDK) bei der Behandlung der gutartigen Vergrößerung der Prostata zu berücksichtigen. Aktuelle Einwände des MDK setzen vor allem bei der Verweildauer an. Für die Argumentation ist es wichtig zu betonen, dass die Patienten zur PAE im Schnitt älter sind und dass bei der PAE ein komplettes parenchymatöses Organ embolisiert wird. Dies begründet eine gute Vorbereitung und eine engmaschige postinterventionelle Betreuung, um Komplikationen wie einen akuten Harnverhalt (ca. 8 %) frühzeitig erkennen zu können und ein gutes Gesamtergebnis zu sichern. Bei Nichtanerkennung der unteren Grenzverweildauer (uGVD) im Krankenhaus ist mit relevanten Abschlägen auf die DRG zu rechnen.

## Zusammenfassung

Die endovaskuläre PAE ist für die Behandlung des BPS im Vergleich zur TURP eine Therapiealternative mit vergleichbarer Symptomverbesserung, aber gemessen an Harnfluss und Restharn geringerer subvesikaler Desobstruktion. Sie wurde vom britischen National Institute for Health and Care Excellence (NICE) erst vor kurzem als Therapieoption zur Behandlung der BPS empfohlen [54, 56, 72, 73]. Die PAE ist aus der Sicht der Patienten eine minimalinvasive, wenig belastende und die Sexualfunktion erhaltende Therapie des BPS, die gegebenenfalls später notwendige chirurgische Therapien nicht negativ beeinflusst und in Lokalanästhesie durchgeführt wird. Aus Perspektive des interventionellen Radiologen handelt es sich um ein technisch anspruchsvolles Verfahren, dessen Komplexität hohe Anforderungen an die anatomischen Kenntnisse, die technische Fertigkeiten und die Geräteausstattung stellt. Umfassende Erfahrungen des interventionellen Radiologen in der Embolisierungstherapie sind erforderlich. Die Bildsteuerung mittels einer hochauflösenden Angiografie-Anlage

kombiniert mit der Möglichkeit der C-Arm-CT sind vorteilhaft und als notwendiger Sicherheitsstandard für die Durchführung der PAE zu fordern. Wie die PAE die urologischen Therapien am sinnvollsten ergänzt, müssen weitere vergleichende randomisierte *Head-to-Head*-Studien zeigen. Die PAE hat bei den individualisierten minimalinvasiven Konzepten zur BPS-Therapie ihren Stellenwert [25]. Für die optimale Versorgung der mittels PAE behandelten Patienten ist die enge interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Urologen und Radiologen erforderlich.

## Interessenkonflikt

Folgende Autoren erklären mögliche Interessenkonflikte innerhalb der letzten drei Jahre: PD Dr. med. Attila Kovács hat Vortragshonorare von Terumo und Merit erhalten, Prof Dr. med. Grimm ist als Berater für folgende Firmen tätig gewesen: Astellas, Astra Zeneca, Bayer Health Care, Bristol Myers Squibb, Intuitive Surgical, Ipsen, Janssen Cilag, Medac, MSD, Merck Serono, Novartis, ONO Pharma, Pfizer, Sanofi. Er hat Vortragshonorare von folgenden Firmen erhalten: Apogepha, Astellas pharma, Astra Zeneca, Bayer Health Care, Bristol Myers Squibb, Hexal, Ipsen, Janssen Cilag, MSD, Merck Serono, Novartis, ONO Pharma, Pfizer; Forschungsunterstützung wurde von Bristol-Myers Squibb und Intuitive Surgical gewährt, Prof Dr. med. Marcus Katoh ist als Berater für Boston Scientific tätig gewesen und hat Vortragshonorare von Boston Scientific erhalten, Prof Dr. med. Bernhard Meyer hat Vortragshonorare von Merit und Siemens erhalten, sowie Forschungsunterstützung von Siemens erhalten. Prof. Dr. med. Frank Wacker ist Sprecher der Lankungsgruppe Wissenschaft und Forschung und kooptiertes Vorstandsmitglied der Deutschen Gesellschaft für Interventionsradiologie.

## Literatur

- [1] Vuichoud C, Loughlin KR. Benign prostatic hyperplasia: epidemiology, economics and evaluation. *The Canadian journal of urology* 2015; 22 (Suppl. 1): 1–6
- [2] Bschiepfer T, Bach T, Berges R et al. S2e guideline of the German urologists: Instrumental treatment of benign prostatic hyperplasia. *Der Urologe Ausg A* 2016; 55: 195–207. doi:10.1007/s00120-015-3983-0
- [3] Li M, Qiu J, Hou Q et al. Endoscopic enucleation versus open prostatectomy for treating large benign prostatic hyperplasia: a meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS one* 2015; 10: e0121265. doi:10.1371/journal.pone.0121265
- [4] Kuntz RM, Lehrich K, Ahyai SA. 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* 2008; 53: 160–166. doi:10.1016/j.eururo.2007.08.036
- [5] Naspro R, Suardi N, Salonia A et al. Holmium laser enucleation of the prostate versus open prostatectomy for prostates >70g: 24-month follow-up. *Eur Urol* 2006; 50: 563–568. doi:10.1016/j.eururo.2006.04.003
- [6] Briganti A, Naspro R, Gallina A et al. Impact on sexual function of holmium laser enucleation versus transurethral resection of the prostate: results of a prospective, 2-center, randomized trial. *J Urol* 2006; 175: 1817–1821. doi:10.1016/j.s0022-5347(05)00983-3
- [7] Skolarikos A, Papachristou C, Athanasiadis G et al. Eighteen-month results of a randomized prospective study comparing transurethral photoselective vaporization with transvesical open enucleation for prostatic adenomas greater than 80 cc. *Journal of endourology* 2008; 22: 2333–2340. doi:10.1089/end.2008.9709
- [8] Bischoff W, Goerttler U. Successful intra-arterial embolization of bleeding carcinoma of the prostate (author's transl). *Der Urologe Ausg A* 1977; 16: 99–102

- [9] DeMeritt JS, Elmasri FF, Esposito MP et al. Relief of benign prostatic hyperplasia-related bladder outlet obstruction after transarterial polyvinyl alcohol prostate embolization. *J Vasc Interv Radiol* 2000; 11: 767–770
- [10] Carnevale FC, Antunes AA, da Motta Leal Filho JM et al. Prostatic artery embolization as a primary treatment for benign prostatic hyperplasia: preliminary results in two patients. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2010; 33: 355–361. doi:10.1007/s00270-009-9727-z
- [11] Li P, Wang C, Cao Q et al. Prostatic Arterial Embolization Followed by Holmium Laser Enucleation of the Prostate as a Planned Combined Approach for Extremely Enlarged Benign Prostate Hyperplasia. *Urologia internationalis* 2017; 99: 422–428. doi:10.1159/000478788
- [12] Nejmark AI, Nejmark BA, Tachalov MA et al. SUPERSELECTIVE PROSTATIC ARTERY EMBOLIZATION AS A PREPARATORY STEP BEFORE TURP IN THE TREATMENT OF BENIGN PROSTATIC HYPERPLASIA IN PATIENTS WITH LARGE PROSTATES]. *Urologia (Moscow, Russia)* 2015: 60–62, 64
- [13] Oelke M, Bschiepfer T, Hofner K. Fake News BPH – what is really true! *Der Urologe Ausg A* 2019; 58: 271–283. doi:10.1007/s00120-019-0885-6
- [14] Rosier PF, de la Rosette JJ. Is there a correlation between prostate size and bladder-outlet obstruction? *World J Urol* 1995; 13: 9–13
- [15] Eckhardt MD, van Venrooij GE, van Melick HH et al. Prevalence and bothersomeness of lower urinary tract symptoms in benign prostatic hyperplasia and their impact on well-being. *J Urol* 2001; 166: 563–568
- [16] Everaert K, Anderson P, Wood R et al. Nocturia is more bothersome than daytime LUTS: Results from an Observational, Real-life Practice Database including 8659 European and American LUTS patients. *International journal of clinical practice* 2018; 72: e13091. doi:10.1111/ijcp.13091
- [17] Everaert K, Herve F, Bosch R et al. International Continence Society consensus on the diagnosis and treatment of nocturia. *Neurourology and urodynamics* 2019; 38: 478–498. doi:10.1002/nau.23939
- [18] Everaert K, Herve F, Bower W et al. How can we develop a more clinically useful and robust algorithm for diagnosing and treating nocturia? ICI-RS 2017. *Neurourology and urodynamics* 2018; 37: S46–S59. doi:10.1002/nau.23569
- [19] Bonekamp D, Salomon G. Imaging for initial diagnosis of localized prostate cancer. *Der Urologe Ausg A* 2019; 58: 494–503. doi:10.1007/s00120-019-0901-x
- [20] Sapoval M, Dariane C, Pellerin O et al. Prostatic artery embolisation for symptomatic BPH. *Presse Med* 2019; 48: 447–453. doi:10.1016/j.lpm.2019.03.009
- [21] Pisco J, Bilhim T, Costa NV et al. Safety and Efficacy of Prostatic Artery Chemoembolization for Prostate Cancer-Initial Experience. *J Vasc Interv Radiol* 2018; 29: 298–305. doi:10.1016/j.jvir.2017.10.013
- [22] Bilhim T, Pisco J, Pereira JA et al. Predictors of Clinical Outcome after Prostate Artery Embolization with Spherical and Nonspherical Polyvinyl Alcohol Particles in Patients with Benign Prostatic Hyperplasia. *Radiology* 2016; 281: 289–300. doi:10.1148/radiol.2016152292
- [23] Carnevale FC, da Motta-Leal-Filho JM, Antunes AA et al. Quality of life and clinical symptom improvement support prostatic artery embolization for patients with acute urinary retention caused by benign prostatic hyperplasia. *J Vasc Interv Radiol* 2013; 24: 535–542. doi:10.1016/j.jvir.2012.12.019
- [24] Wang MQ, Guo LP, Zhang GD et al. Prostatic arterial embolization for the treatment of lower urinary tract symptoms due to large (>80 mL) benign prostatic hyperplasia: results of midterm follow-up from Chinese population. *BMC Urol* 2015; 15: 33. doi:10.1186/s12894-015-0026-5
- [25] Abt D, Mullhaupt G, Mordasini L et al. Outcome prediction of prostatic artery embolization: post hoc analysis of a randomized, open-label, non-inferiority trial. *BJU Int* 2019; 124: 134–144. doi:10.1111/bju.14632
- [26] Little MW, Boardman P, Macdonald AC et al. Adenomatous-Dominant Benign Prostatic Hyperplasia (AdBPH) as a Predictor for Clinical Success Following Prostate Artery Embolization: An Age-Matched Case-Control Study. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2017; 40: 682–689. doi:10.1007/s00270-017-1602-8
- [27] Bagla S, Rholl KS, Sterling KM et al. Utility of cone-beam CT imaging in prostatic artery embolization. *J Vasc Interv Radiol* 2013; 24: 1603–1607. doi:10.1016/j.jvir.2013.06.024
- [28] Werncke T, von Falck C, Luepke M et al. Collimation and Image Quality of C-Arm Computed Tomography: Potential of Radiation Dose Reduction While Maintaining Equal Image Quality. *Investigative radiology* 2015; 50: 514–521. doi:10.1097/rli.0000000000000158
- [29] Uflacker A, Haskal ZJ, Bilhim T et al. Meta-Analysis of Prostatic Artery Embolization for Benign Prostatic Hyperplasia. *J Vasc Interv Radiol* 2016; 27: 1686–1697. doi:10.1016/j.jvir.2016.08.004
- [30] Isaacson AJ, Fischman AM, Burke CT. Technical Feasibility of Prostatic Artery Embolization From a Transradial Approach. *American journal of roentgenology* 2016; 206: 442–444. doi:10.2214/ajr.15.15146
- [31] Bhatia S, Harward SH, Sinha VK et al. Prostate Artery Embolization via Transradial or Transulnar versus Transfemoral Arterial Access: Technical Results. *J Vasc Interv Radiol* 2017; 28: 898–905. doi:10.1016/j.jvir.2017.02.029
- [32] Li Q, Duan F, Wang MQ et al. Prostatic Arterial Embolization with Small Sized Particles for the Treatment of Lower Urinary Tract Symptoms Due to Large Benign Prostatic Hyperplasia: Preliminary Results. *Chinese medical journal* 2015; 128: 2072–2077. doi:10.4103/0366-6999.161370
- [33] Goncalves OM, Carnevale FC, Moreira AM et al. Comparative Study Using 100–300 Versus 300–500 µm Microspheres for Symptomatic Patients Due to Enlarged-BPH Prostates. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2016; 39: 1372–1378. doi:10.1007/s00270-016-1443-x
- [34] Torres D, Costa NV, Pisco J et al. Prostatic Artery Embolization for Benign Prostatic Hyperplasia: Prospective Randomized Trial of 100–300 µm versus 300–500 µm versus 100- to 300-µm + 300- to 500-µm Embospheres. *J Vasc Interv Radiol* 2019; 30: 638–644. doi:10.1016/j.jvir.2019.02.014
- [35] Moreira AM, de Assis AM, Carnevale FC et al. A Review of Adverse Events Related to Prostatic Artery Embolization for Treatment of Bladder Outlet Obstruction Due to BPH. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2017; 40: 1490–1500. doi:10.1007/s00270-017-1765-3
- [36] Carnevale FC, Moreira AM, Antunes AA. The "PERFecTED technique": proximal embolization first, then embolize distal for benign prostatic hyperplasia. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2014; 37: 1602–1605. doi:10.1007/s00270-014-0908-z
- [37] Carnevale FC, Moreira AM, Harward SH et al. Recurrence of Lower Urinary Tract Symptoms Following Prostate Artery Embolization for Benign Hyperplasia: Single Center Experience Comparing Two Techniques. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2017; 40: 366–374. doi:10.1007/s00270-017-1569-5
- [38] Isaacson AJ, Hartman TS, Bagla S et al. Initial Experience with Balloon-Occlusion Prostatic Artery Embolization. *J Vasc Interv Radiol* 2018; 29: 85–89. doi:10.1016/j.jvir.2017.09.015
- [39] Christidis D, Clarebrough E, Ly V et al. Prostatic artery embolization for benign prostatic obstruction: assessment of safety and efficacy. *World J Urol* 2018; 36: 575–584. doi:10.1007/s00345-018-2220-z
- [40] Salem R, Hairston J, Hohlastos E et al. Prostate Artery Embolization for Lower Urinary Tract Symptoms Secondary to Benign Prostatic Hyperplasia: Results From a Prospective FDA-Approved Investigational Device Exemption Study. *Urology* 2018; 120: 205–210. doi:10.1016/j.urology.2018.07.012
- [41] Lebdai S, Delongchamps NB, Sapoval M et al. Early results and complications of prostatic arterial embolization for benign prostatic hyperplasia. *World J Urol* 2016; 34: 625–632. doi:10.1007/s00345-015-1665-6
- [42] Roehrborn CG, Siami P, Barkin J et al. The effects of combination therapy with dutasteride and tamsulosin on clinical outcomes in men with symptomatic benign prostatic hyperplasia: 4-year results from the CombAT study. *Eur Urol* 2010; 57: 123–131. doi:10.1016/j.eururo.2009.09.035

- [43] Serati M, Andersson KE, Dmochowski R et al. Systematic Review of Combination Drug Therapy for Non-neurogenic Lower Urinary Tract Symptoms. *Eur Urol* 2019; 75: 129–168. doi:10.1016/j.eururo.2018.09.029
- [44] Gravas S, Cornu JN, Gacci M et al. EAU guidelines. Presented at the EAU Annual Congress Barcelona 2019. ISBN 978-94-92671-04-2
- [45] Magistro G, Stief CG, Gratzke C. Novel minimally invasive treatment options for male lower urinary tract symptom. *Der Urologe Ausg A* 2019; 58: 254–262. doi:10.1007/s00120-019-0876-7
- [46] Christidis D, McGrath S, Perera M et al. Minimally invasive surgical therapies for benign prostatic hypertrophy: The rise in minimally invasive surgical therapies. *Prostate international* 2017; 5: 41–46. doi:10.1016/j.pnrl.2017.01.007
- [47] Lebdaï S, Chevrot A, Doizi S et al. Do patients have to choose between ejaculation and miction? A systematic review about ejaculation preservation technics for benign prostatic obstruction surgical treatment. *World J Urol* 2019; 37: 299–308. doi:10.1007/s00345-018-2368-6
- [48] Abt D, Hechelhammer L, Mullhaupt G et al. Comparison of prostatic artery embolisation (PAE) versus transurethral resection of the prostate (TURP) for benign prostatic hyperplasia: randomised, open label, non-inferiority trial. *BMJ* (Clinical research ed) 2018; 361: k2338. doi:10.1136/bmj.k2338
- [49] Abt D, Mordasini L, Hechelhammer L et al. Prostatic artery embolization versus conventional TUR-P in the treatment of benign prostatic hyperplasia: protocol for a prospective randomized non-inferiority trial. *BMC Urol* 2014; 14: 94. doi:10.1186/1471-2490-14-94
- [50] Hofner K, Bach T, Berges R et al. S2e guideline of the German urologists: Conservative and pharmacologic treatment of benign prostatic hyperplasia. *Der Urologe Ausg A* 2016; 55: 184–194. doi:10.1007/s00120-015-3984-z
- [51] Gao YA, Huang Y, Zhang R et al. Benign prostatic hyperplasia: prostatic arterial embolization versus transurethral resection of the prostate—a prospective, randomized, and controlled clinical trial. *Radiology* 2014; 270: 920–928. doi:10.1148/radiol.13122803
- [52] Pisco JM, Pinheiro LC, Bilhim T et al. Prostatic arterial embolization to treat benign prostatic hyperplasia. *J Vasc Interv Radiol* 2011; 22: 11–19; quiz 20. doi:10.1016/j.jvir.2010.09.030
- [53] Carnevale FC, Scaife A, Yoshinaga EM et al. Transurethral Resection of the Prostate (TURP) Versus Original and PERFECTED Prostatic Artery Embolization (PAE) Due to Benign Prostatic Hyperplasia (BPH): Preliminary Results of a Single Center, Prospective, Urodynamic-Controlled Analysis. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2016; 39: 44–52. doi:10.1007/s00270-015-1202-4
- [54] Zumstein V, Betschart P, Vetterlein MW et al. Prostatic Artery Embolization versus Standard Surgical Treatment for Lower Urinary Tract Symptoms Secondary to Benign Prostatic Hyperplasia: A Systematic Review and Meta-analysis. *Eur Urol Focus* 2018. doi:10.1016/j.euf.2018.09.005
- [55] Russo GI, Kurbatov D, Sansalone S et al. Prostatic Arterial Embolization vs Open Prostatectomy: A 1-Year Matched-pair Analysis of Functional Outcomes and Morbidities. *Urology* 2015; 86: 343–348. doi:10.1016/j.urology.2015.04.037
- [56] Ray AF, Powell J, Speakman MJ et al. Efficacy and safety of prostate artery embolization for benign prostatic hyperplasia: an observational study and propensity-matched comparison with transurethral resection of the prostate (the UK-ROPE study). *BJU Int* 2018; 122: 270–282. doi:10.1111/bju.14249
- [57] Pisco JM, Rio Tinto H, Campos Pinheiro L et al. Embolisation of prostatic arteries as treatment of moderate to severe lower urinary symptoms (LUTS) secondary to benign hyperplasia: results of short- and mid-term follow-up. *Eur Radiol* 2013; 23: 2561–2572. doi:10.1007/s00330-012-2714-9
- [58] Bagla S, Smirniotopoulos JB, Orlando JC et al. Comparative Analysis of Prostate Volume as a Predictor of Outcome in Prostate Artery Embolization. *J Vasc Interv Radiol* 2015; 26: 1832–1838. doi:10.1016/j.jvir.2015.08.018
- [59] Kurbatov D, Russo GI, Lepetukhin A et al. Prostatic artery embolization for prostate volume greater than 80 cm<sup>3</sup>: results from a single-center prospective study. *Urology* 2014; 84: 400–404. doi:10.1016/j.urology.2014.04.028
- [60] Rampoldi A, Barbosa F, Secco S et al. Prostatic Artery Embolization as an Alternative to Indwelling Bladder Catheterization to Manage Benign Prostatic Hyperplasia in Poor Surgical Candidates. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2017; 40: 530–536. doi:10.1007/s00270-017-1582-8
- [61] Wang MQ, Duan F, Yuan K et al. Benign Prostatic Hyperplasia: Cone-Beam CT in Conjunction with DSA for Identifying Prostatic Arterial Anatomy. *Radiology* 2017; 282: 271–280. doi:10.1148/radiol.2016152415
- [62] Franiel T, Aschenbach R, Trupp S et al. Prostatic Artery Embolization with 250-µm Spherical Polyzele-Coated Hydrogel Microspheres for Lower Urinary Tract Symptoms with Follow-up MR Imaging. *J Vasc Interv Radiol* 2018; 29: 1127–1137. doi:10.1016/j.jvir.2018.03.014
- [63] Mallin B, Roder MA, Brasso K et al. Prostate artery embolisation for benign prostatic hyperplasia: a systematic review and meta-analysis. *Eur Radiol* 2019; 29: 287–298. doi:10.1007/s00330-018-5564-2
- [64] Pisco JM, Bilhim T, Pinheiro LC et al. Medium- and Long-Term Outcome of Prostate Artery Embolization for Patients with Benign Prostatic Hyperplasia: Results in 630 Patients. *J Vasc Interv Radiol* 2016; 27: 1115–1122. doi:10.1016/j.jvir.2016.04.001
- [65] Hawlik K, Vreugdenburg T. Prostate artery embolisation for benign prostatic hyperplasia – Systematic Review. Health Technology Assessment (Ludwig Boltzmann Institut) 2017
- [66] Mankowski C, Ikenwilo D, Heidenreich S et al. Men's preferences for the treatment of lower urinary tract symptoms associated with benign prostatic hyperplasia: a discrete choice experiment. Patient preference and adherence 2016; 10: 2407–2417. doi:10.2147/ppa.S112161
- [67] Gilling P, Barber N, Bidair M et al. WATER: A Double-Blind, Randomized, Controlled Trial of Aquablation((R)) vs Transurethral Resection of the Prostate in Benign Prostatic Hyperplasia. *J Urol* 2018; 199: 1252–1261. doi:10.1016/j.juro.2017.12.065
- [68] Gilling P, Barber N, Bidair M et al. Two-Year Outcomes After Aquablation Compared to TURP: Efficacy and Ejaculatory Improvements Sustained. *Adv Ther* 2019; 36: 1326–1336. doi:10.1007/s12325-019-00952-3
- [69] Zheng X, Qiu Y, Qiu S et al. Photoselective vaporization has comparative efficacy and safety among high-risk benign prostate hyperplasia patients on or off systematic anticoagulation: a meta-analysis. *World J Urol* 2018. doi:10.1007/s00345-018-2530-1
- [70] Naspro R, Gomez Sancha F, Manica M et al. From "gold standard" resection to reproducible "future standard" endoscopic enucleation of the prostate: what we know about anatomical enucleation. *Minerva Urol Nefrol* 2017; 69: 446–458. doi:10.23736/S0393-2249.17.02834-X
- [71] Cornu JN, Ahyai S, Bachmann A et al. A Systematic Review and Meta-analysis of Functional Outcomes and Complications Following Transurethral Procedures for Lower Urinary Tract Symptoms Resulting from Benign Prostatic Obstruction: An Update. *Eur Urol* 2015; 67: 1066–1096. doi:10.1016/j.eururo.2014.06.017
- [72] Mayor S. NICE recommends prostate artery embolisation as a treatment option for BPH symptoms. *BMJ* (Clinical research ed) 2018; 361: k1879. doi:10.1136/bmj.k1879
- [73] Abt D, Mullhaupt G, Mordasini L et al. Outcome prediction of prostatic artery embolization: post hoc analysis of a randomized, open-label, non-inferiority trial. *BJU Int* 2018. doi:10.1111/bju.14632