

SPECIAL

Medizintechnik

Akzidentielle Zerstörung von Steinfangkörben

Wie stabil sind die Geräte gegenüber den bei der Lithotripsie freigesetzten Kräften?

LÜBECK In Deutschland wurde im Jahre 2000 ein Anstieg der Prävalenz des Harnsteinleidens auf fünf Prozent, also eine Steigerung um 25 Prozent innerhalb von 20 Jahren, festgestellt¹. Die Weiterentwicklung der instrumentellen Technik hin zu extrem dünnen und sogar flexiblen Ureteroskopen sowie moderne Verfahren der Lithotripsie mit verschiedenen Energiequellen rücken endoskopische und perkutane minimalinvasive Techniken wieder in den Vordergrund².



Jens Cordes

Eine häufig in Deutschland durchgeführte Prozedur ist die endourologische Steinelithotripsie. Während dieser werden manchmal die Steine in hochflexiblen Steinfangkörben stabilisiert, um ein Abschwimmen zu vermeiden. Diese Körbe bestehen aus Nitinol, einer Titan-Nickel-Legierung mit dem sogenannten Memory-Effekt und einem Schmelzpunkt von etwa 1300°C³.

Hierbei werden immer wieder Steinfangkörbchen akzidentiell zerstört⁴. Diese Durchtrennung eines Drahtes kann dann aufgrund von Hakenbildung zu einem Trauma des Harnleiters führen⁵. Inwieweit und wie schnell welches Lithotripsieinstrument diese Zerstörung verursacht, soll Fragestellung dieser Untersuchung sein.

Für den Holmium-Laser ist diese Fragmentierung bekannt: Noldus⁶ mahnt zur Vorsicht bei gleichzeitiger Stabilisierung mit dem Steinfangkörbchen bei der Steinbehandlung.

Wie schnell diese Fragmentierung mit dem Laser geschieht, ist durch Honeck et al.⁷ in vitro untersucht worden. Bei einer Pulsenergie von 0,8 und 2 J und einer Pulsfrequenz von 5 Hz wurden Körbchen mit einem Durchmesser von 3 Ch. in 15 bis 34 Sekunden und tipless (spitzenlose) Nitinol-Körbe (1,9 Ch.) in 1–4 Sekunden zerstört. Die Führung des Lichtleiters erfolgte durch ein Zystoskop in einem mit Wasser gefüllten Bassin.

Für die anderen Lithotripsieinstrumente (Sonotrode, Elektrokinetik und pneumatisch) ist nach unserem Wissen solch eine Untersuchung noch nicht durchgeführt worden.

Material und Methoden

Bei den untersuchten Dormiakörben handelt es sich um

- Dormia® (Mentor Porges), vier helikale Drähte, 2,5 Ch., Nitinol
- Dormia® (Mentor Porges), vier helikale Drähte, 3,5 Ch., Nitinol

- Equadus (Optimed), spitzenloses Körbchen, 1,8 Ch. (0,6 mm), Nitinol
- EPflex, spitzenlos, geflochten, 2,5 Ch., Nitinol.

Diese Steinfangkörbe (Abb. 1) wurden mit vier verschiedenen Lithotripsie-Instrumenten beschossen. Die Lithotripter waren ein Ho:YAG-Laser (Versa Pulse, Coherent), ein elektrokinetisches Gerät (Litho-Rapid, EKL-28, Olympus), ein pneumatisch-ballistisches Gerät (Swiss Lithoklast, EMS) und ein Ultraschall-Lithotripter (Calculuson 27610020, Storz). Der Versuchsaufbau (Abb. 2) war eng an die klinische Situation angelehnt: Es wurde ein Metallbehälter mit 0,9-prozentiger NaCl-Lösung gefüllt und ein Katheter mit einem Durchmesser von 26 Ch. (8,7 mm) als Harnleiter am Rand des Behälters befestigt. Der Katheter wurde mit Isolierband umwickelt, um kein Streulicht von außen eindringen zu lassen. Dies ergab ein endoskopisches Bild wie im Harnleiter (Abb. 3).

Das jeweilige Steinfangkörbchen wurde durch ein starres Video-URS-Gerät (11,5 Ch., Wolf) geführt und ein Kieselstein eingefangen. Dieses gesamte Paket wurde nun in den künstlichen Harnleiter eingeführt, bis

benutzt und nach der Reinigung einer Sichtprüfung unterzogen worden.

Die Zeit wurde durch einen Zeitnehmer handgestoppt. Dieser konnte über Video bei der Intervention zusehen und wurde vom Operateur zusätzlich informiert, wann Intervention stattfand und wann nicht. Es erfolgte eine Videodokumentation des Vorgehens über das URS-Gerät.

Die Einstellung der Lithotripter entsprach den für die endoskopische Lithotripsie üblichen und vom Hersteller empfohlenen Werten. Für den Holmium:YAG-Laser bedeutete

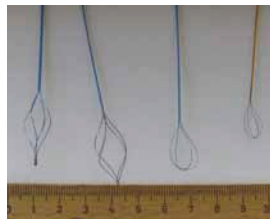


Abb. 1: Die vier Steinfangkörbe (v.l.):

- Dormia® (Mentor Porges), vier helikale Drähte, 3,5 Ch., Nitinol
- Dormia® (Mentor Porges), vier helikale Drähte, 2,5 Ch., Nitinol
- EPflex, spitzenlos, geflochten, 2,5 Ch., Nitinol
- Equadus (Optimed), spitzenloses Körbchen, 1,8 Ch (0,6 mm), Nitinol.

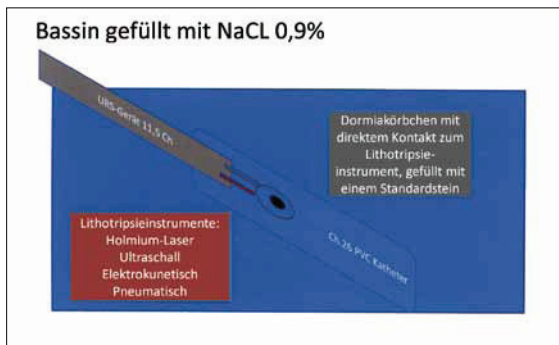


Abb. 2: Skizze des Versuchsaufbaues.

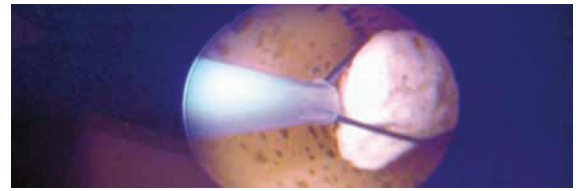
sich das Steinfangkörbchen samt Stein und URS-Gerät unter Wasser befanden (Abb. 4).

Der erfahrene Operateur versuchte dann, mit einem Lithotripsie-Instrument nacheinander die vier Drähte zu zerstören. Pro Gerät wurden jeweils drei 3,5-Ch.-Dormia®- und 2,5-Ch.-Dormia®-Körbe sowie ein Equadus (1,8 Ch.) und ein EPflex (2,5 Ch.) beschossen (insgesamt: 32 Stück). Bei den Körbchen handelte es sich um einmalig gebrauchte. Diese waren ausschließlich bei einer Extraktion

dies eine Pulsenergie von 0,8 J bei einer Pulsfrequenz von 8 Hz. Der Durchmesser des Lichtleiters liegt bei 365 µ.

Bei dem elektrokinetischen Gerät wurde Stufe C gewählt, welches der höchsten Stufe mit circa 0,65 J und 15 Hz entspricht. Die Elektrode hatte einen Durchmesser von 3F (1 mm).

Der pneumatisch-ballistische Lithotripter hatte eine Einstellung von 1,5 bar, was einer Leistung von circa 0,63 J bei 50 Hz entspricht. Die Sonde hatte einen Durchmesser von 1 mm.



Das Ultraschallgerät wurde auf der mittleren Stufe 2 betrieben (Stufen 1–3) bei einer Sondendicke von 1,5 mm. Das Ergebnis zeigt die Sekunden der Intervention bis zur Zerstörung eines Drahtes. Bei Unterbrechung der Energiezufuhr wurde auch die Zeitmessung unterbrochen, sodass etwaige Einstellungen des Drahtes mit dem Endoskop nicht in die Zeitmessung mit einfließen. Das gesetzte Zeitlimit für die Zerstörung eines Drahtes betrug eine Minute.

Ergebnisse

Der Ho:YAG-Laser zerstörte alle Drähte innerhalb einer Minute (Abb. 5): Bei den Dormia®-Körben mit 2,5 Ch. Drahtdurchmesser waren nach fünf Sekunden 50 Prozent durchtrennt, bei den Körbchen gleichen Typs mit 3,5 Ch. nach 8,5 Sekunden. Die vier Drähte des spitzenlosen Nitinol-Steinfangkörbchens der Firma Optimed wurden alle innerhalb von fünf Sekunden zerstört. Der Steinfangkorb mit geflochtenen Drähten (EPflex, 2,5 Ch.) hielt teilweise etwas länger stand, aber auch hier wurden alle Drähte nach maximal 15 Sekunden getrennt.

Mikroskopaufnahmen (Abb. 6–8) und darauf erkennbare Schmelztropfen stützen die Erwartung, dass der Ho:YAG-Laser das Nitinol über den Schmelzpunkt hinaus erhitzt und der Draht „durchschmilzt“. Gleichzeitig zeigt die Schnittfläche den Beschusswinkel.

Bei der Ultraschall-Sonde zeigte sich ein differenziertes Bild je nach Körbenart und Drahtdurchmesser (Abb. 9). Alle Proben mit Durchmesser 1,8 Ch. wurden in einer bis 27 Sekunden durchtrennt (Equadus, Optimed, 4 Drähte). Die 3,5 Ch. dicken Dormia®-Körbchen hielten in 92 Prozent der Versuche der Sonotrode stand (11 von 12 Drähten), lediglich ein Draht wurde nach sechs Sekunden zerschossen. Die Drähte des Korbes gleichen Fabrikats, aber 2,5 Ch. Durchmesser, wurden nur in 25 Prozent der Versuche nicht durchtrennt, acht Drähte waren innerhalb von 15 Sekunden zerstört, ein weiterer nach 57 Sekunden. Die vier Drähte des geflochtenen, spitzenlosen Körbchens (EPflex, 2,5 Ch.) konnten von der Sonotrode nicht durchtrennt werden.

Die Bruchstellen bei Einsatz des Ultraschall-Gerätes sind körnige Flächen (Abb. 7). Bei der elektrokinetischen und pneumatisch-ballistischen Lithotripsie blieben alle Drähte intakt. Es wurde lediglich der Kieselstein zerstört.

Fortsetzung s. Seite 10 ►

Special Inhalt

Enkrustation von Ureter-Stents

Zu den häufigsten Komplikationen nach Einlage eines Ureter-Stents zählt die Enkrustation des Stents. Es lagert sich ein Conditioning-Film aus Urinkomponenten darauf ab. An diesem Film können sich Bakterien festsetzen, und er kann Beschichtungen und Mechanismen der Medikamentenabgabe ineffektiv machen. ► Seite 11

Sakrale Neuromodulation

Sowohl bei Symptomen der überaktiven Harnblase als auch im Fall des hypokontraktilen Detrusors mit Restharnbildung existiert mit der sakralen Neuromodulation ein Zweitlinienverfahren, das im selektionierten Patientenkollektiv Erfolge zeigt. Die Autoren konnten die Ergebnisse anderer Studien mit Erfolgsraten zwischen 60 und 80 Prozent gut reproduzieren. ► Seite 12

Belastungsinkontinenz I

Die effektive Behandlung der Belastungsinkontinenz kann nach Voroperationen oder bei narbig-starrer Harnröhre eine Herausforderung bedeuten. Das AJUST™-Miniband erweist sich als eine minimalinvasive Methode und ein sicheres und effektives Instrument in der Behandlung der rezidierten und komplizierten Belastungsinkontinenz, auch bei hochbetagten Patientinnen. ► Seite 13

Neue Biopsiezangen

Die kürzlich entwickelten Biopsiezangen für die Endourologie ermöglichen die Gewinnung größerer Gewebeproben, können jedoch die Handhabung der Ureterorenoskope einschränken. Deswegen haben die Autoren den Einfluss fünf verschiedener Biopsiezangen für den oberen Harntrakt auf die Funktion von drei neuen flexiblen Ureterorenoskopen untersucht. ► Seite 14

Belastungsinkontinenz II

Ist das transobturatorische Band eine gleichwertige Option für die ältere wie für die jüngere Frau? Diese Untersuchung beantwortet die Frage mit „ja“. Das TOT-Verfahren war bei Patientinnen über 65 Jahre gleichermaßen effektiv und sicher. Eine Subgruppenanalyse ergab keinen signifikanten Unterschied. ► Seite 14

Laser-Therapie der BPO

Die Kenntnis um die physikalischen Grundlagen und insbesondere um die von der Wellenlänge und dem Zielchromophor abhängige Laser-Gewebe-Interaktion erlauben es dem Operateur, für den individuellen Patienten den optimalen Laser und den größten erfolgversprechenden chirurgischen Ansatz zu wählen. ► Seite 15

► Fortsetzung von Seite 9

Diskussion

Wie zu erwarten ist, reicht die Energie mehrerer Laserpulse leicht aus, um den Nitinol-Draht über den Schmelzpunkt hinaus zu erhitzen: Die Schmelztemperatur von Nitinol liegt um 1300 °C, die spezifische Wärmekapazität bei 322 J/(kg x K). Am Phasenübergang müssen 24,2 J/kg aufgebracht werden. Bei einer Dichte von 6500 kg/m³ und einem angenommenen Volumen

$$V \sim \pi (0,254 \times 10^{-3} / 2)^2 \times m^2 \times 365 \mu m = 2 \times 10^{-11} m^3$$

(größter Durchmesser Nitinoldraht: 0,254 mm, Faserdurchmesser 365 µm) ist $m = 1,2 \times 10^{-4} g$. Die Energiemenge von $E \sim 50 mJ$ reicht also aus, um den größten getesteten Körbchendraht zum Schmelzen zu bringen.



Abb. 3: Bild des Aufbaues auf dem Videomonitor.

Die Strahlung des Holmium-Lasers ($\lambda = 2,1 \mu m$) wird stark von Wasser absorbiert, die Eindringtiefe liegt bei wenigen Hundert Mikrometern. Allerdings tritt bei ausreichend langen Pulsen (einige hundert Mikrosekunden) der sogenannte Moses-Effekt auf: Durch Verdampfung des Wassers direkt vor der Faser entsteht eine Blase, die

vom Laserstrahl durchquert wird. So vergrößert sich die effektive Eindringtiefe. Santa-Cruz et al.⁸ perforierten in einem In-vitro-Versuch mit einem Ho:YAG-Laser einen Schweineharnleiter bei einer Energie von 0,5 J pro Puls und einer Pulsfrequenz von 10 Hz mit durchschnittlich 20 Pulsen bei einem Abstand von 0,5 mm zwischen Faser und Probe. Bei einem Abstand von

2 mm trat keine direkte Schädigung auf dem Gewebe auf.

Honeck et al.⁵ zerstörten die Drähte der von ihnen untersuchten Steinextraktionskörbe in 1–4 Sekunden. Hier wurde die Laserfaser in direkten Kontakt mit dem Draht gebracht. Die in dieser Untersuchung gemessenen Zeiten variieren aufgrund unterschiedlicher Beschusswinkel stärker.

Die Ultraschalleinwirkung durch die Sonotrode durchtrennt einige der Drähte (Abb. 9) durch mechanische Vibrationen: Die Bruchflächen sind eben und weisen eine körnige Struktur auf (Abb. 7).

Bei Einsatz der ballistischen Lithotripter (Litho-Rapid EKL-28 Olympus; Swiss LithoClasT, EMS) ist die Flexibilität der Körbchen ausreichend, um intakt zu bleiben (typische Längenausdehnung 15,5% bis zum Bruch). Wie in der klinischen Situation beabsichtigt, wird nur das eingeschlossene Konkrement zerstört.

In einer Untersuchung von Marco Piervioanni et al.⁹, in der die vier Lithotripter verglichen wurden (EMS Swiss Lithoclast, Olympus; LUS Ultraschall, Walz; Lithotron EL 23, Versa Pulse; Ho:YAG, Coherent Laser), zeigte sich eine unterschiedliche Potenz, eine Blasen- und Ureterläsion im Schweinemodell zu setzen.



Abb. 4: Kompletter Versuchsaufbau im Bild.

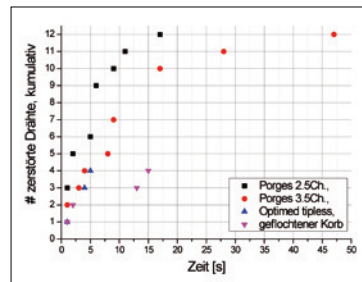


Abb. 5: Hol-YAG-Laser: Kumulative Zerstörung der Drähte.



Abb. 6: 60-fache Vergrößerung des durch Laser geschmolzenen Drahtes eines 2,5-Ch-Dormia®-Körbchens.

Abb. 7: 60-fache Vergrößerung der Durchtrennung eines 2,5-Ch-Korbcs mittels Sonotrode.



Abb. 8: 200-fache Vergrößerung der Durchtrennung eines 2,5-Ch-Epflex-Korbcs mittels Laser.

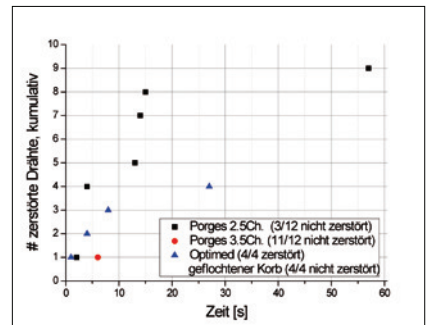


Abb. 9: Sonotrode: Kumulative Zerstörung der Drähte.

zwei Drähte sich in jeweils anderem Winkel zum Gerät befinden und so nie der maximale Energieeintrag in beide erfolgen kann.

Es sollten weitere Untersuchungen der körbchenzerstörenden Lithotripter erfolgen. Insbesondere ist nach Möglichkeiten zu suchen, die Körbchen gegen diese Belastungen resistenter zu machen. Dies scheint bei geflochtenen Drähten bis zu einem gewissen Grad bereits der Fall zu sein.

Eine andere Option ergibt sich möglicherweise durch Entwicklung einer Metallerkennung in Verbindung mit einer automatischen Abschaltung zum Beispiel des Ho:YAG-Lasers, um das Durchschmelzen eines Drahtes zu verhindern.

Literatur:

- Hesse A, Brändle E, Wilbert D et al. Eur Urol 2003;44:709–713.
- Müller SC, Hofmann R, Köhrmann KU et al. Dtsch Arztlb 2004;101:A 1331–1336.
- Stöckel D. Min Invas Ther Allied Technol 2000;9(2):81–88.
- Smith AD, Baldani G, Bagley D et al. Textbook of Endourology. BC Decker 2007; second edition.
- Michael L, Gallentine MD, Jay T. J Endourol 2001;15(9):911–914.
- Noldus J. Urologe [B] 2002;42:510–512.
- Honeck P, Wendt-Nordahl G, Häcker A. J Endourol 2006;20(7):495–497.
- Santa-Cruz RW, Leveillee RJ, Kronrad A. J Endourol 1998;12(5):417–422.
- Piervioanni M, Desgrandchamps F, Cochand-Priollet B. J Endourol 1994; 8(4):293–299.

► **Danksagung:** Herrn L. Lasarzewski und Herrn F. Schierp für die praktische Unterstützung bei den Versuchen.

► **Autoren:** Dr. med. Jens Cordes¹, Dr. rer. nat. Birgit Lange², Prof. Dr. med. Dieter Jocham¹, Prof. Dr. med. Ingo Kausch³
 1. Klinik für Urologie, UKSH, Campus Lübeck
 2. Medizinisches Laserzentrum Lübeck GmbH
 3. Abteilung für Urologie und Kinderurologie, Ammerlandklinik Westerstede

Korrespondenz:

Dr. Jens Cordes
 Klinik für Urologie – Campus Lübeck
 Universitätsklinikum Schleswig-Holstein
 Ratzeburger Allee 160, 23538 Lübeck
 E-Mail: Jens.Cordes@uk-sh.de

Unsere neuen MegaPulse30+ Holmium YAG Laser mit einer Leistung von max. 30 Watt oder 4,0 Joule und einer Frequenz von max. 25 Hertz in zwei äußerst kompakten Formen: Als Mini-Tower oder Desktop-Gerät.

We've got the power. You've got the choice.

RICHARD WOLF spirit of excellence

MegaPulse
Tower 30+

MegaPulse
Desktop 30+

max. 30 Watt
max. 4,0 Joule
max. 25 Hertz

MegaPulse
Tower 30+

RICHARD WOLF GmbH · D-75434 Knittlingen · PF 1164 · Telefon +49 70 43 35-0 · Fax +49 70 43 35-300 · info@richard-wolf.com · www.richard-wolf.com

BELGIEN / NIEDERLANDE · DEUTSCHLAND · FRANKREICH · INDIEN · ÖSTERREICH · UK · USA · V.A.E.