

Implantacja stentu jako metoda leczenia zwężenia cewki moczowej w medycynie weterynaryjnej

Joanna Skonieczna-Kurpiel

z Katedry Higieny Żywności i Ochrony Zdrowia Konsumenta Wydziału Medycyny Weterynaryjnej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu

Coraz częściej u zwierząt domowych diagnozuje się zwężenie cewki moczowej. Wśród przyczyn tej jednostki chorobowej wymienia się przewlekłe i nawracające zakażenia, powikłania po zabiegu operacyjnym oraz urazy (1, 2, 3). Innym czynnikiem wywołującym wtórne zwężenie tego narządu są guzy nowotworowe cewki moczowej (4, 5, 6, 7). W rezultacie zwierzęta wykazują objawy wynikające z postępującej niedrożności dróg moczowych, takie jak: bolesne parcie na mocz, trudności

w oddawaniu moczu i oddawanie moczu małymi porcjami (3, 8, 9, 10, 11).

W leczeniu tej jednostki chorobowej stosuje się uretroplastykę, którą cechuje wysoka skuteczność w porównaniu do uretrotomii optycznej wewnętrznej i dylatacji cewki moczowej. Stwierdzono także mniej powikłań i szybszą rekonwalescencję człowieka i zwierząt (2, 10, 12, 13, 14, 15). Niestety metoda ta jest zbyt kosztowna. Dlatego też zaczęto poszukiwać nowych, skutecznych i tańszych możliwości

Stent implantation as a treatment for urethral stricture in veterinary medicine

Skonieczna-Kurpiel J., Department of Food Hygiene and Consumer Health Protection, Faculty of Veterinary Medicine, Wrocław University of Environmental and Life Sciences

In veterinary medicine, stents are used to treat urethral strictures in dogs, cats and horses. Metal stents, unlike in human medicine, are not applied due to the presence of side effects. Therefore, it is postulated to replace them with bioresorbable stents. Their implantation is most often performed as a form of palliative therapy. Consequently, this results in a lower survival rate for veterinary patients than for humans. Despite many benefits, such as improved animal health and wellbeing, this method is still considered a medical 'novelty' and a kind of innovation dedicated mostly to wealthy pet owners. The aim of the study is to present the results of research and experience in treating with stents urethral strictures in animals.

Keywords: metal stent, bioresorbable stent, urethral strictures, veterinary medicine.

leczenia zwierząt. Szczególną uwagę zwrócono na procedury medyczne, które wykazują małą inwazyjność leczenia i szybką rekonwalescencję pacjenta. Te założenia spełnia zabieg implantacji stentu, którego celem jest poszerzenie zwężonego światła cewki moczowej (16).

W XX wieku kardiologzy z powodzeniem wszczepili jeden z pierwszych stentów do tętnicy wieńcowej człowieka (17). Pozytywne wyniki badań zachęciły innych naukowców do przeprowadzenia kolejnych eksperymentów zarówno w medycynie człowieka, jak i weterynaryjnej. W rezultacie implantacja stentu stała się powszechną metodą leczenia ludzi ze zdiagnozowanym zwężeniem światła narządów rurowych w układzie krwionośnym, pokarmowym, oddechowym i moczowym.

Obecny stan rozwoju wiedzy umożliwia projektowanie stentów metalowych i bioresorbowalnych ze względu na budowę anatomiczną i histologiczną poszczególnych organów. Podstawowymi tworzywami metalicznymi do produkcji stentów są stale chromowo-niklowo-molibdenowe (Cr-Ni-Mo) oraz stopy z pamięcią kształtu niklu z tytanem (nitilon). Natomiast najczęściej stosowanymi biomateriałami do opracowywania stentów bioresorbowalnych są polilaktyd (PLA), poliglikolid (PGA), poli-L-laktyd (PLLA) i kwas polimlekowo-ko-glikolowy (PLGA). Ich właściwości mechaniczne oraz technologiczne pozwalają na pełną integrację z tkankami oraz, po procesie leczenia, samoistnie ulec bioresorpcji po spełnieniu swojej funkcji (18, 19, 20). Postuluje się również, aby biomateriały posiadały wysoką biogodność oraz były tolerowane przez układ immunologiczny (21). Przyjmuje się, że czas biodegradacji implantu wynosi od 3 tygodni do 12 miesięcy, w zależności od zastosowanego materiału (22, 23). Nowsze konstrukcje stentów powleka się dodatkowo różnymi substancjami, które mają za zadanie przyspieszyć proces gojenia i zminimalizować skutki uboczne (24, 25). Tymi substancjami mogą być leki

immunomodulujące (biolimus, syrolimus, trójtlenek arsenu, zotarolimus i paklitaksel) lub antybiotyki (triklosam, cefotaksym, cyprofloksacyny; 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32).

Celem pracy jest przedstawienie wyników badań i doświadczeń w leczeniu zwężenia cewki moczowej zwierząt za pomocą stenów w oparciu o dane z piśmiennictwa.

Analiza i ocena stentów urologicznych w ujęciu historycznym

Pierwsza implantacja stentu w urologii medycznej została wykonana przez Fabiana w 1980 r. (33). W kolejnych latach poddano badaniom stenty metalowe (Prostakath® i Urospiral®) do leczenia prostaty u pacjentów cierpiących na jej przerost lub chorobę nowotworową. Wyniki hospitalizacji były dość obiecujące, ale odnotowano poważne powikłania, takie jak migracja stentu czy inkrustacja (osadzanie się składników mineralnych w miejscu implantacji; 34).

W tym samym okresie testowano metalowy stent UroLume, który wprowadzono do zwężonej cewki moczowej u 50 pacjentów. Stwierdzono, że u 84% chorych utrzymano prawidłowe światło narządu i 93% pacjentów było zadowolonych z przeprowadzonego zabiegu. Średnie maksymalne natężenie przepływu moczu podczas ostatniego badania osiągnęło 19,7 ml/s ($\pm 6,9$). Niestety u 8 z nich (16%) nadal obserwowano zwężenie narządu (35). Ten sam stent zastosowano także w leczeniu łagodnych niedrożności ujścia pęcherza moczowego i łagodnych przerostów gruczołu krokowego u 62 pacjentów (w wieku 50–89 lat). Po 5 latach stwierdzono, że 27 (39%) z nich przeżyło, a 10 (14%) zmarło z nienaruszonym stentem UroLume. U 22 (32%) mężczyzn zakończono obserwację, a pięciu odmówiło lub zostało pominiętych. Częstotliwość i natężenie przepływu moczu poprawiły się, a całkowita odbudowa prawidłowego nabłonka wystąpiła u 16 z 22 ocenianych pacjentów (36). W innych badaniach odnotowano migrację stentu UroLume i wtórne zwężenie cewki moczowej u pacjentów (37, 38).

Nowszą konstrukcją był stent Memokath™, który zbudowany był ze stopu niklu i tytanu rozszerzalnego termicznie. Użycie tego stentu polegało na ogrzaniu go wodą o temperaturze 55°C po implantacji. Dzięki temu uzyskał on pożądany kształt, a jego usunięcie było możliwe po zmianie właściwości mechanicznych materiału przez schłodzenie go wodą o temperaturze 10°C. W wyniku tego procesu stent był miękki i giętki. Struktura implantu o charakterze spiralnym zapobiegała wrastaniu w ścianę cewki moczowej. U 22 pacjentów z opuszkowym zwężeniem cewki moczowej zastosowano powyższy stent przez okres 3 miesięcy, 78% pozostało bez zwężenia po obserwacji wynoszącej 23 miesiące (39). Pozytywne rezultaty z użycia stentu Memokath uzyskali również inni badacze. Ogólny wskaźnik powodzenia w leczeniu wyniósł 69% (9/13 pacjentów), średni pooperacyjny szczytowy przepływ moczu wzrósł do 17,7 ml/s. Autorzy stwierdzili, że zwężenie cewki tylnej lub prąciowej

może być czynnikiem prognozującym słabe wyniki (40). Przeciwnie wyniki odnotowano na grupie 16 pacjentów, gdzie u 75% osób procedura zakończyła się niepowodzeniem. Głównymi powikłaniami były ból, inkrustacje, kamienie i nawracające zwężenia (41).

Innym rozwiązaniem innowacyjnym był metalowy stent o nazwie Memotherm, który wprowadzono do zwężonej cewki opuszkowej o długości 2 cm. U 37/47 pacjentów (78,7%) leczenie zakończyło się sukcesem, ale obserwowano liczne skutki uboczne, takie jak: wysiłkowe nietrzymanie moczu, u 4,3% częściowa migracja stentu, dyskomfort w miejscu implantacji (42,6%) oraz ból podczas erekcji (6,4%; 42).

Ze względu na dużą liczbę powikłań spowodowanych stentami metalowymi rozpoczęto pracę nad ich bioresorbowalnymi odpowiednikami. Pierwsze prototypy okazały się być zbyt sztywne oraz nierozciągliwe. Kolejnym wyzwaniem dla badaczy były ich migracje, zapadanie oraz neutrzymanie się w świetle narządu. Fragmenty stentów w procesie degradacji często uszkadzały błonę śluzową cewki moczowej lub ich nagłe zapadnięcie doprowadzało do niedrożności organu (43, 44). Wyeliminowanie tych niedogodnień polegało na modyfikacji kolejnych typów stentów przez metodę samowzmacniania (SR), która zwiększała sztywność drutów polimerowych. Uważano, że proces ten ułatwi utrzymanie stentu w świetle cewki moczowej i zapobiegnie jego migracji. W praktyce to rozwiązanie nie przyniosło oczekiwanych rezultatów.

Nadal trwają badania nad opracowaniem materiału i konstrukcji stentu o odpowiednich właściwościach mechanicznych oraz chemicznych. Ponadto podejmowane są próby optymalizacji takich cech, jak: odpowiedni czas bioresorpcji, właściwości mechaniczne materiału, właściwości fizykochemiczne materiału oraz wzajemne dopasowanie implantu i światła narządu (45, 46, 47). Osiągnięcie tego celu wymaga pracy zespołowej ludzi reprezentujących różne dyscypliny naukowe (medycyna, weterynaria, mechanika, materiałoznawstwo) z wielu ośrodków naukowych.

Implantacja stentów w leczeniu zwężenia cewki moczowej u zwierząt

Zbadano skuteczność trzech metalowych stentów: rozszerzalnego stentu metalowego z balonem (BEMS), samorozprężalnego stentu metalowego (SEMS) oraz zakrytego samorozprężalnego stentu metalowego (CSEMS) w leczeniu zwężenia cewki moczowej. Zaimplantowano 15 stentów u 11 psów (samic i samców) w wieku od 7 miesięcy do 11 lat (mediana wyniosła 3 lata). W fazie początkowej leczenia 8 psów wykazało całkowitą niedrożność cewki moczowej, a 3 pozostałe – częściową. Po umieszczeniu stentu zdiagnozowano strągnięcie (11 przypadków), nietrzymanie moczu (3 przypadki), ciężki częstomocz (2 przypadki) i krwimocz (1 przypadek). W trakcie badań odnotowano także mocno wypełniony pęcherz (5 przypadków),

bolesny brzuch (2 przypadki) oraz powysiłkowe nietrzymanie moczu (3 przypadki). Średni czas obserwacji zwierząt trwał 24 miesiące (zakres 4–48 miesięcy). Zastosowane stenty spowodowały ustąpienie niedrożności cewki moczowej u wszystkich psów, podczas gdy umiarkowane lub ciężkie nietrzymanie moczu stwierdzono w nielicznych przypadkach (12,5%; 16).

U czteromiesięcznego kota domowego ze zdiagnozowanym zwężeniem cewki moczowej o długości 1 cm zaimplantowano samorozprężalny metalowy stent nitalowy (SEMS; Vet Stent-Urethra, Infinity Medical, Malibu, CA; 6 mm × 40 mm). Swobodne oddawanie moczu bez pomocy lekarskiej nastąpiło w ciągu 3 godzin od przeprowadzonego zabiegu. Natomiast zaobserwowano łagodne nietrzymanie moczu dwa miesiące po założeniu stentu, które ustąpiło po 6 miesiącach. Kotu przywrócono żywotność oraz prawidłowy przepływ moczu po leczeniu, ale wykazano łagodny i przerywany krwimocz. Nie stwierdzono migracji ani złamania stentu, a posiew moczu był ujemny pod względem wzrostu bakterii po 3 i 6 miesiącach (48).

U 12-letniego ogiera pełnej krwi angielskiej z potwierdzonym zwężeniem cewki moczowej zaimplantowano bioresorbowalny stent, który został wykonany z polidioksanonu (Infinity Medical, LLC) o średnicy 20 mm i długości 80 mm. Stan zdrowia konia był powikłaniem wcześniejszego zabiegu usunięcia kamieni w drogach moczowych. Ogier mógł samodzielnie oddawać mocz 13 dni po założeniu stentu, ale strumieniem o niewielkiej średnicy (1 mm). Stent został pokryty nabłonką i zaczął ulegać całkowitej bioresorpcji. Ponadto badanie kontrolne wykazało, że zwierzę mogło swobodnie oddawać mocz po 20 miesiącach od zabiegu (49).

Z kolei testowano tymczasowy stent skonstruowany z elastycznego cewnika 8Fr Kendalla z dwoma bocznymi otworami drenażowymi na końcu u 17 psów (13 wysterylizowanych suk i 4 wykastrowanych psów) ze złośliwymi i niezłośliwymi patologiami cewki moczowej (cewnik moczowy Kendall, Covidien LLC, Mansfield, MA 02048, USA). U wybranych zwierząt zdiagnozowano łagodną niedrożność cewki moczowej, nowotwór cewki moczowej, niezłośliwy obrzęk i czynnościowe zamknięcie cewki moczowej. Stent poszerzył światło narządu i umożliwił oddawanie moczu. Skutkiem ubocznym zabiegu było nietrzymanie moczu, które potwierdzono u 16 osobników. Aby poradzić sobie z tym powikłaniem, psy były pieluchowane. Niestety ze względu na rozwinięcie się procesu nowotworowego trzy psy poddano eutanazji w 7, 24 i 105 dni od przeprowadzenia eksperymentu. U jednego osobnika doszło prawdopodobnie do usunięcia stentu wraz z moczem i podjęto decyzję o przeprowadzeniu zabiegu uretrotomii. Natomiast u dwóch psów usunięto stent tymczasowy i zastosowano konstrukcją metalową. Opracowany stent stanowił trwałą i niedrogą alternatywę dla samorozprężalnych metalowych stentów (50).

Implantacja stentów w leczeniu wtórnego zwężenia cewki moczowej u zwierząt

Badacze zastosowali samorozprężalny, metalowy stent (SEMS) u 42 psów cierpiących na raka obturacyjnego cewki moczowej. W trakcie leczenia podano także niesteroidowe leki przeciwzapalne oraz chemioterapeutyki przed i po implantacji. Uzyskane wyniki uznano za pozytywne, ponieważ u 41 psów (97,6%) ustąpiła niedrożność cewki moczowej. Jednak u 6 (z 23) samców i 5 (z 19) samic wystąpiło ciężkie nietrzymanie moczu. Zaobserwowano także bolesne oddawanie moczu (stranguria) u 1 samca i 1 samicy. Średni czas przeżycia zwierzęcia po operacji wynosił 78 dni (7–536 dni). Zabiegi te wydłużyły życie psom do 251 dni (8–536 dni; 4).

Identyczny zabieg przeprowadzono u 19 psów z potwierdzonym rakiem przejściowokomórkowym (TCC). Zwierzętom zaimplantowano samorozprężalne stenty nitinolowe. U 1 psa umieszczenie stentu nie było możliwe, natomiast innego poddano eutanazji 2 dni po zabiegu. Średni czas przeżycia wyniósł 78 dni (2–366 dni). Wśród powikłań pooperacyjnych odnotowano nietrzymanie moczu (7 przypadków), ponowne zwężenie ze względu na wzrost komórek rakowych (3 przypadki), ostrą reobstrukcję (1 przypadek) oraz migrację stentu (2 przypadki). Wprowadzenie samorozprężalnych stentów nitinolowych skutecznie złagodziło niedrożność cewki moczowej wywołaną przez TCC i zapewniło dobrą jakość życia większości psów (6).

Również u 19-letniego kota w celu złagodzenia niedrożności cewki moczowej wywołanej nowotworem, wprowadzono rozszerzalny metalowy stent z balonikiem. Po zabiegu zwierzę wykazywało objawy nietrzymania moczu i atonię wypieracza, które ustąpiły po leczeniu. Niestety kota uśpiono po miesiącu od założeniu stentu z powodu progresji uremii (7).

Porównywalne badania wykonano u 17-letniej kotki cierpiącej na wtórne zwężenie cewki moczowej spowodowanej nowotworem złośliwym. Wszczepiono jej stent SEMS (Platinol™, Wallflex RX Biliary Stent, Boston Scientific, Mascot, NSW, Australia) z platynowym rdzeniem do światła narządu. Wykonane po zabiegu zdjęcie RTG wykazało niewielką migrację stentu, która nie wpłynęła na swobodne oddawanie moczu przez zwierzę. Niestety stan zdrowia kota uległ pogorszeniu z powodu dysurii, strangurii i częstomoczu po 73 dniach od zabiegu. W związku z tym właściciel zwierzęcia poprosił o eutanazję zwierzęcia bez wyrażenia zgody na autopsję (5).

Podsumowanie

Opisane wyniki różnych badań wskazują, że stenty są stosowane w leczeniu zwężenia cewki moczowej zwierząt (psy, koty i konie), jednakże to nie są zabiegi masowe. Przyczyną takiego stanu rzeczy są, z jednej strony brak odpowiednich stentów (metalowych i biodegradowalnych), z drugiej zaś – wysokie koszty leczenia. Uzyskane rezultaty przez cytowanych wyżej autorów pokazują, że doświadczenia

były przeprowadzone na niewielkiej grupie zwierząt albo na podstawie jednego przypadku. Z tego powodu istnieje relatywnie mała liczba danych porównawczych, która ogranicza możliwość pełnej oceny skuteczności tej metody leczenia.

Lekarze weterynarii częściej stosują stenty w leczeniu paliatywnym zwierząt, w szczególności w zaawansowanych chorobach nowotworowych, niż przy „samym” zwężeniu światła cewki moczowej. Wykorzystywanie stentów w tak trudnych przypadkach klinicznych powoduje, że przeżywalność pacjentów weterynaryjnych jest z reguły niższa niż u człowieka. Ponadto należy zwrócić uwagę na fakt, że wielu właścicieli zwierząt rezygnuje z zabiegu ze względu na jego wysokie koszty. Do dzisiaj implantacja stentu nie jest usługą podstawową czy standardową w lecznicach weterynaryjnych. Jest raczej „nowinką techniczną” oraz pewnego rodzaju innowacją adresowaną do zamożnych właścicieli zwierząt.

Przedstawione badania pokazały, że zwierzętom częściej implantowano stenty metalowe, od których w zasadzie odchodzi się w medycynie człowieka ze względu na pojawianie się skutków ubocznych. Z tego względu postuluje się wykorzystywanie w większym niż dotychczas zakresie stentów bioresorbowalnych. Takie działanie wymaga szerokiej współpracy pomiędzy lekarzami weterynarii i inżynierami opracowującymi nowe modele stentów. Ważnym czynnikiem wpływającym na popularność i skuteczność tej metody leczenia zwężenia cewki moczowej zwierząt jest radykalne obniżenie kosztów produkcji i implantacji stentu.

Piśmiennictwo

1. Della Maggiore A.M., Steffy M.A., Westropp J.L.: Treatment of traumatic penile urethral stricture in a dog with a self-expanding, covered nitinol stent, *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2013, **242**, 1117–21.
2. Katayama M., Ogino S., Hoshino Y., Nagumo T., Nakata K.: Ventral onlay graft urethroplasty using bladder mucosa in a cat with a urethral stricture, *J. Vet. Med. Sci.* 2023, **85**, 44–48.
3. Rincon Alvarez J., Smith V., Broome C.: Fluoroscopy-guided balloon dilation of a proximal urethral stricture caused by a urethral membrane in a female cat, *JFMS Open. Rep.* 2019, **5**, 2055116919867177.
4. Blackburn A.L., Berent A.C., Weisse C.W., Brown D.C.: Evaluation of outcome following urethral stent placement for the treatment of obstructive carcinoma of the urethra in dogs: 42 cases (2004–2008), *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2013, **242**, 59–68.
5. Christensen N.I., Culvenor J., Langova V.: Fluoroscopic stent placement for the relief of malignant urethral obstruction in a cat, *Aust. Vet. J.* 2010, **88**, 478–82.
6. McMillan S.K., Knapp D.W., Ramos-Vara J.A., Bonney P.L., Adams L.G.: Outcome of urethral stent placement for management of urethral obstruction secondary to transitional cell carcinoma in dogs: 19 cases (2007–2010), *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2012, **241**, 1627–32.
7. Newman R.G., Mehler S.J., Kitchell B.E., Beal M.W.: Use of a balloon-expandable metallic stent to relieve malignant urethral obstruction in a cat, *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2009, **234**, 236–9.
8. Freeman A.I.: Wedge meatoplasty as a treatment for stricture of the urethral meatus in a cat, *J. Feline Med. Surg.* 2012, **14**, 428–31.
9. Gin T.E., Secoura P., Harris T., Vaden S.: Outcomes Following Balloon Dilation of Benign Urethral Strictures in Dogs: Eight Cases (2005–2018), *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 2020, **56**, 23–29.
10. Powers M.Y., Campbell B.G., Weisse C.: Porcine small intestinal submucosa augmentation urethroplasty and balloon dilatation of a urethral stricture secondary to inadvertent prostatectomy in a dog, *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 2010, **46**, 358–65.
11. Wood M.W., Vaden S., Cerda-Gonzalez S., Keene B.: Cystoscopic-guided balloon dilation of a urethral stricture in a female dog, *Can. Vet. J.* 2007, **48**, 731–733.
12. Dickerson V.M., Grimes J.A., Hill T.L., Bartges J.W., Schmiedt C.W.: Management of a urethral tear with porcine small intestinal

- submucosa-augmented urethroplasty and balloon dilation for subsequent urethral stricture in a cat, *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2021, **258**, 186–191.
13. Mundy A.R., Andrich D.E.: Urethral strictures, *BJU Int.* 2011, **107**, 6–26.
 14. Yippadit W., Watanangura A., Pencharee D., Sasaki N.: Buccal mucosal graft urethroplasty in male cats with traumatic complete urethral rupture, *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2021, **260**, 56–63.
 15. Zhai J., Zhao D., Huang G., Man L., Yan G., Wu C.: Comparison of two different methods of establishment of canine urethroplasty model: an experimental trial, *BMC Urol.* 2021, **21**, 165.
 16. Hill T.L., Berent A.C., Weiss C.W.: Evaluation of urethral stent placement for benign urethral obstructions in dogs, *J. Vet. Intern. Med.* 2014, **28**, 1384–90.
 17. Sigwart U., Puel J., Mirkovitch V., Joffre F., Kappenberger L.: Intra-vascular Stents to Prevent Occlusion and Re-Stenosis after Trans-luminal Angioplasty, *N. Eng. J. Med.* 1987, **316**, 701–706.
 18. Chepurov A.K., Krivoborodov G.G., Zubarev A.V., Zaitsev N.V., Markina N.I.: Biodegradable ureteral stents in treating patients with infravesical obstruction, *Urologiia* 2003, **3**, 44–50.
 19. Isotalo T., Nuutinen J.P., Vaajanen A., Martikainen P.M., Laurila M., Törmälä P., Talja M., Tammela T.L.J.: Biocompatibility and implantation properties of 2 differently braided, biodegradable, self-reinforced polylactic acid urethral stents: An experimental study in the rabbit, *J. Urol.* 2005, **174**, 2401–2404.
 20. Zou T., Wang L., Li W., Wang W., Chen F., King M.W.: A resorbable bi-component braided ureteral stent with improved mechanical performance, *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 2014, **38**, 17–25.
 21. Andrzejewska A., Topoliński T.: Developments in mechanical engineering, *Scientific-Technical J.* 2015, **6**, 5–12.
 22. Talja M., Tammela T., Petas A., Valimaa T., Taari K., Viherkoski E., Tormala P.: Biodegradable Self-Reinforced Polyglycolic Acid Spiral Stent in Prevention of Postoperative Urinary Retention After Visual Laser Ablation of the Prostate-Laser Prostatectomy, *J. Urol.* 1995, **154**, 2089–2092.
 23. Talja M., Välimaa T., Tammela T., Petas A., Törmälä P.: Bioabsorbable and biodegradable stents in urology, *J. Endourol.* 1997, **11**, 391–397.
 24. Kotsar A., Nieminen R., Isotalo T., Mikkonen J., Uurto I., Kellomäki M., Talja M., Moilanen E., Tammela T.L.: Preclinical evaluation of new indomethacin-eluting biodegradable urethral stent, *J. Endourol.* 2012, **26**, 387–92.
 25. Uurto I., Kotsar A., Isotalo T., Mikkonen J., Martikainen P.M., Kellomäki M., Törmälä P., Tammela T.L.J., Talja M., Salenius J.P.: Tissue biocompatibility of new biodegradable drug-eluting stent materials, *J. Mater. Sci. Mater. Med.* 2007, **18**, 1543–1547.
 26. Cadieux P.A., Chew B.H., Knudsen B.E., DeJong K., Rowe E., Reid G., Denstedt J.D.: Triclosan Loaded Ureteral Stents Decrease Proteus Mirabilis 296 Infection in a Rabbit Urinary Tract Infection Model, *J. Urol.* 2006, **175**, 2331–2335.
 27. Gwon D., Lee S.S., Kim E.Y.: Cefotaxime-Eluting Covered Self-Expandable Stents in a Canine Biliary Model: Scanning Electron Microscopic Study of Biofilm Formation, *Acta Radiol.* 2012, **53**, 1127–1132.
 28. Hagiwara H., Hiraishi Y., Terao H., Hirai T., Sakaoka A., Sasaki M., Murota S., Inoue K., Kimura J.: Vascular responses to a biodegradable polymer (polylactic acid) based bioluminescence A9-eluting stent in porcine models, *EuroIntervention.* 2012, **8**, 743–751.
 29. Hou R., Wu L., Wang J., Yang Z., Tu Q., Zhang X., Huang N.: Surface-Degradable Drug-Eluting Stent with Anticoagulation, Antiproliferation, and Endothelialization Functions, *Biomolecules* 2019, **9**, 69.
 30. Nakazawa G., Finn A.V., John M.C., Kolodgie F.D., Virmani R.: The significance of preclinical evaluation of sirolimus-, paclitaxel-, and zotarolimus-eluting stents, *Am. J. Cardiol.* 2007, **100**, 36–44.
 31. Shi J., Lv Y., Yu L., Zhang B., Zhang X., Fan C., Geng Z.: Interest of a New Biodegradable Stent Coated with Paclitaxel on Anastomotic Wound Healing after Biliary Reconstruction, *Eur. J. Gastroenterol. Hepatol.* 2013, **25**, 1415–1423.
 32. Yang W., Ge J., Liu H., Zhao K., Liu X., Qu X., Li W., Huang Y., Sun A., Zou Y.: Arsenic trioxide eluting stent reduces neointima formation in a rabbit iliac artery injury model, *Cardiovasc. Res.* 2006, **72**, 483–493.
 33. Fabian K.M.: Der Intraprostathe „Partielle Katheter“ (Urologische Spirale), *Urologe A.* 1980, **19**, 236–8.
 34. Braf Z., Chen J., Sofer M., Matzkin H.: Intraprostatic metal stents (Prostakath® and Urospiral®): More than 6 years' clinical experience with 110 patients, *J. Endourol.* 1996, **10**, 555–558.
 35. Milroy E., Allen A.: Long-term results of urolume urethral stent for recurrent urethral strictures, *J. Urol.* 1996, **155**, 904–908.
 36. Anjum M.L., Chari R., Shetty A., Keen M., Palmer J.H.: Long-term clinical results and quality of life after insertion of a self-expanding flexible endourethral prosthesis, *Br. J. Urol.* 1997, **80**, 885–888.
 37. Gupta N.P., Ansari M.S.: Holmium laser core through internal urethrotomy with explantation of UroLume stent. An ideal approach for a complicated posterior urethral stricture, *Int. J. Urol.* 2004, **11**, 343–344.
 38. Wilson T.S., Lemack G.E., Dmochowski R.R.: UroLume stents: Lessons learned, *J. Urol.* 2002, **167**, 2477–2480.
 39. Wong E., Tse V., Wong J.: Durability of Memokath™ urethral stent for stabilisation of recurrent bulbar urethral strictures—medium-term results, *BJU Int.* 2014, **113**, 35–39.
 40. Jung H.S., Kim J.W., Lee J.N., Kim H.T., Yoo E.S., Kim B.S.: Early experience with a thermo-expandable stent (Memokath) for the management of recurrent urethral stricture, *Korean J. Urol.* 2013, **54**, 851–857.
 41. Barbagli G., Rimondi C., Balò S., Butnaru D., Sansalone S., Lazzeri M.: Memokath Stent Failure in Recurrent Bulbar Urethral Strictures: Results From an Investigative Pilot Stage 2A Study, *Urology* 2017, **107**, 246–250.
 42. Sertcelik M.N., Bozkurt I.H., Yalcinkaya F., Zengin K.: Long-term results of permanent urethral stent Memotherm implantation in the management of recurrent bulbar urethral stenosis, *BJU Int.* 2011, **108**, 1839–1842.
 43. Isotalo T., Talja M., Hellström P., Perttilä I., Välimaa T., Törmälä P., Tammela T.L.J.: A double-blind, randomized, placebo-controlled pilot study to investigate the effects of finasteride combined with a biodegradable self-reinforced poly L-lactic acid spiral stent in patients with urinary retention caused by bladder outlet obstruction from benign prostatic hyperplasia, *BJU Int.* 2001, **88**, 30–34.
 44. Laaksovirta S., Isotalo T., Talja M., Välimaa T., Törmälä P., Tammela T.L.J.: Interstitial laser coagulation and biodegradable self-expandable, self-reinforced poly-L-lactic and poly-L-glycolic copolymer spiral stent in the treatment of benign prostatic enlargement, *J. Endourol.* 2002, **16**, 311–315.
 45. De Filippo R.E., Kornitzer B.S., Yoo J.J., Atala A.: Penile urethra replacement with autologous cell-seeded tubularized collagen matrices, *J. Tissue Eng. Regen. Med.* 2015, **9**, 257–264.
 46. Liu X., Li F., Ding Y., Zou T., Wang L., Hao K.: Intelligent optimization of the film-to-fiber ratio of a degradable bicomponent ureteral stent, *Materials (Basel)* 2015, **8**, 7563–7577.
 47. Zhang M.Q., Zou T., Huang Y.C., Shang Y.F., Yang G.G., Wang W.Z., Zhou J.M., Wang L., Chen F., Xie H.: Braided thin-walled biodegradable ureteral stent: Preliminary evaluation in a canine model, *Int. J. Urol.* 2014, **21**, 401–407.
 48. Hadar E.N., Morgan M.J., Morgan O.D.E.: Use of a self-expanding metallic stent for the treatment of a urethral stricture in a young cat, *J. Feline Med. Surg.* 2011, **13**, 597–601.
 49. Trella J.M., Dechant J.E., Culp W.T., Whitcomb M.B., Palm C.A., Nieto J.E.: Use of an Absorbable Urethral Stent for the Management of a Urethral Stricture in a Stallion, *Vet Surg.* 2016, **45**, O41–O48.
 50. Lulich J.P.: Evaluation of Temporary Urethral Stents in the Management of Malignant and Nonmalignant Urethral Diseases in Dogs, *Vet. Sci.* 2022, **9**, 63.

Dr Joanna Skonieczna-Kurpiel,
e-mail: joanna.skonieczna-kurpiel@upwr.edu.pl