



Terapeutyczne zastosowanie laserów w urologii

Therapeutic use of lasers in urology

Fryderyk Menzel^{1,A-D}, Aleksandra Drabik^{2,B-C,E-F}

¹ Katedra i Zakład Higieny, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu, Polska

² Katedra i Klinika Endokrynologii, Diabetologii i Leczenia Izotopami, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu, Polska

A – Koncepcja i projekt badania, B – Gromadzenie i/lub zestawianie danych, C – Analiza i interpretacja danych, D – Napisanie artykułu, E – Krytyczne zrecenzowanie artykułu, F – Zatwierdzenie ostatecznej wersji artykułu

Menzel F, Drabik A. Terapeutyczne zastosowanie laserów w urologii. Med Og Nauk Zdr. doi: 10.26444/monz/112684

■ Streszczenie

Wprowadzenie i cel pracy. Lasery pełnią ważną rolę w diagnostyce i terapii urologicznej. Ich znaczenie i możliwość zastosowania w leczeniu schorzeń układu moczowego rośnie wraz z rozwojem technik endoskopowych. Celem pracy jest przedstawienie aktualnych możliwości terapeutycznego zastosowania laserów w urologii.

Skrócony opis stanu wiedzy. Obecnie w urologii najszersze praktyczne zastosowanie znajdują cztery rodzaje laserów: laser holmowy (Ho:YAG), laser tulowy (Tm:YAG), laser potasowo-tytanowo-fosforanowy (KTP) oraz laser diodowy. Różnią się one przede wszystkim ośrodkiem czynnym, który determinuje długość fali, a także trybem pracy (ciągły lub pulsacyjny) i mocą. Przekłada się to na istotne różnice w oddziaływaniu na tkanki, głębokości penetracji wiązki lasera oraz możliwości zastosowania poszczególnych laserów w wybranych zabiegach. W leczeniu łagodnego rozrostu gruczołu krokowego zastosowanie znajdują wszystkie wymienione lasery. W zależności od stosowanego lasera różna jest technika i zakres zabiegu – możliwa jest enukleacja, waporyzacja lub resekcja prostaty. Ponadto laser holmowy jest wykorzystywany w leczeniu kamicy moczowej i jest bardzo skuteczną alternatywą dla litotrypsji falą generowaną pozaustrojowo (ESWL). Zastosowanie laseroterapii w onkologii urologicznej jest obecnie przedmiotem licznych badań.

Podsumowanie. Liczne zalety laserów w terapii schorzeń urologicznych są szczególnie widoczne w zabiegach endourologicznych. Często cechują je większe bezpieczeństwo i mniejsza liczba powikłań w porównaniu do klasycznych metod leczenia przy zachowaniu podobnej lub nawet wyższej skuteczności. Lasery w urologii stopniowo zastępują dotychczas stosowane techniki lub stanowią dla nich dobrą alternatywę.

Słowa kluczowe

urologia, terapia laserowa, lasery, urologiczne zabiegi operacyjne

WPROWADZENIE

Rozwój medycyny jest nierozłącznie związany z postępem technologicznym. Udoskonalanie istniejących oraz

■ Abstract

Introduction and objective. Lasers play an important role in urological diagnostics and therapy. The significance and applicability of lasers increase along with further development of endoscopic procedures. The aim of this study is to present the current therapeutic use of lasers in urology.

Brief description of the state of knowledge. Currently in urology there are four types of lasers commonly used: holmium laser (Ho:YAG), thulium laser (Tm:YAG), Potassium-Titanyl-Phosphate laser (KTP) and diode laser. The differences between them are: gain medium, which determinates wavelength, mode of operation (continuous or pulsed) and power. This results in significant differences in effects on tissue, penetration depth, use of the laser in specific procedures. All four mentioned lasers are used in the treatment of benign prostatic hypertrophy. The technique and range of the procedure depend on the type of laser – enucleation, vaporization, or resection of the prostate might be performed. Furthermore, the holmium laser is used in the therapy of urolithiasis and is an effective alternative to extracorporeal shock wave lithotripsy (ESWL). The use of laser therapy in urological oncology is still the subject of studies.

Conclusions. There are numerous advantages in using lasers in the therapy of urological conditions, especially in endoscopic procedures. They are often characterized by a higher safety profile and lower number of complications compared to classic treatment methods, with similar or higher efficacy. Lasers in urology are gradually replacing previously used methods or have become a good alternative.

Key words

Laser Therapy, Urologic Surgical Procedures, urology, lasers

opracowywanie nowych narzędzi i urządzeń mających zastosowanie w diagnostyce i leczeniu chorych pozwala lekarzom na skuteczniejsze postępowanie terapeutyczne. Znaczenie laserów w urologii rośnie wraz z szerszym zastosowaniem technik endoskopowych.

Laser jest urządzeniem, które pod wpływem emisji wymuszonej emituje promieniowanie elektromagnetyczne z zakresu światła widzialnego, ultrafioletu lub podczerwieni. Nazwa ta jest akronimem powstałym z pierwszych liter angielskiego wyrażenia *light amplification by stimulation*

Adres do korespondencji: Fryderyk Menzel, Katedra i Zakład Higieny, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu, J. Mikulicza-Radeckiego 7, 50-345, Wrocław, Polska

E-mail: fryderyk.menzel@gmail.com

Nadesłano: 15.06.2019; Zaakceptowano do druku: 30.09.2019; Publikacja on line: 15.11.2019

emission of radiation (wzmocnienie światła poprzez wymuszoną emisję promieniowania). Charakterystycznymi cechami światła laserowego są spójność, kolimacja oraz monochromatyczność, co związane jest z jednakową, określoną dla danego urządzenia długością fali. Długość fali lasera jest determinowana przez rodzaj ośrodka czynnego (medium), który może być stały (krystaliczny), gazowy, barwnikowy lub półprzewodnikowy. Długość oraz moc fali odpowiadają za właściwości fizyczne, efekt oddziaływania na tkanki oraz kliniczne możliwości zastosowania.

Historia laserów rozpoczęła się w 1917 roku, kiedy to Albert Einstein w swoich publikacjach przedstawił zjawisko emisji wymuszonej, dając teoretyczne podstawy dla opracowania lasera. Pierwszy funkcjonujący laser, którego ośrodkiem czynnym był kryształ rubinu, został skonstruowany w 1960 przez amerykańskiego fizyka Theodora Maimana. Od tego czasu urządzenia te są nieustannie udoskonalane i znalazły zastosowanie w licznych dziedzinach, w tym także w medycynie. Pierwsze badania dotyczące zastosowania laserów w urologii pojawiły się już w 1966 roku, kiedy to Parsons badał wpływ lasera rubinowego na pęcherz moczowy u psów. Dwa lata później Mulvany opublikował wyniki badań dotyczących kruszenia kamieni moczowych z użyciem lasera, co dało podstawy dla późniejszego rozwoju litotrypsji laserowej. W 1976 roku Staehler podjął pierwsze próby zastosowania lasera argonowego oraz neodymowego (Nd:YAG) w trakcie cystoskopii, po których doszedł do wniosku, że zastosowanie laserów do endoskopowych zabiegów usunięcia guzów pęcherza moczowego wydaje się być możliwe.

W zależności od sposobu pracy lasery możemy podzielić na lasery pracy ciągłej, które emitują promieniowanie o stałym natężeniu, oraz lasery impulsowe, które umożliwiają osiągnięcie bardzo dużej mocy impulsu przy bardzo krótkim czasie jego trwania.

ODDZIAŁYWANIE LASERA NA TKANKI BIOLOGICZNE

W medycynie laser stosowany jest m.in. do cięcia, koagulacji, odparowywania (ablacji), często wykorzystywane jest także zjawisko fragmentacji i kawitacji. Oddziaływanie wiązki lasera na tkanki zależne jest od długości fali światła, mocy lasera oraz czasu impulsu, a także właściwości samej tkanki. Istotne jest to, że wiązka lasera podlega fizycznym zjawiskom takim jak odbicie, rozproszenie i absorpcja. Na absorpcję wpływają gęstość tkanki, zawartość pigmentów (głównie melaniny) i wody, a także unaczynienie tkanki (obecność hemoglobiny). Przepływ krwi i chłonki w tkance wpływa na działanie lasera m.in. poprzez odprowadzanie i transport ciepła [1]. Zaabsorbowane światło zostaje przekształcone w energię cieplną, przez co dochodzi do wzrostu temperatury tkanek. Głębokość penetracji wiązki lasera jest proporcjonalna do długości fali i zależna od rodzaju tkanki.

Obecnie w chirurgii laserowej wyróżnia się oddziaływania fototermiczne, fotomechaniczne, a także fotochemiczne. Najszersze zastosowanie znajduje efekt fototermiczny związany z przekształcaniem energii światła lasera w ciepło. Początkowo w temperaturze 40–50°C dochodzi do przegrzania (hipertermii), a także zahamowania aktywności enzymów. Skutki działania takiej temperatury są zwykle odwracalne. Wraz ze wzrostem temperatury dochodzi do trwałej denaturacji białek. Przy temperaturze 100°C następuje nagłe

odparowanie wody z komórek, uszkodzenie błon komórkowych i dekompozycja komórki. Następnie przy 250°C zachodzi proces węglenia, a w temperaturze powyżej 300°C ma miejsce odprawowanie tkanki [1]. Efekt fotomechaniczny znajduje zastosowanie w litotrypsji, gdzie dochodzi do powstania pęcherzyków kawitacyjnych i skruszenia złogów [2].

RODZAJE I CHARAKTERYSTYKA LASERÓW STOSOWANYCH W UROLOGII

W urologii lasery wykorzystywane są przede wszystkim w leczeniu podpęcherzowej przeszkody w odpływie moczu (*bladder outlet obstruction* – BOO), związanej z łagodnym rozrostem gruczołu krokowego (*benign prostatic hyperplasia* – BPH), a także kamicy moczowej (holmowy) i zwężeniami cewki moczowej (holmowy, diodowy) [3]. Podejmowane są próby leczenia nienaciekających raków pęcherza moczowego (*non-muscle-invasive bladder tumour* – NMIBC) z użyciem lasera holmowego i tulowego, aczkolwiek zgodnie z obowiązującymi wytycznymi międzynarodowych towarzystw urologicznych przezcewkowa elektroresekcja guza pęcherza moczowego (*transurethral resection of bladder tumour* – TURBT) wciąż pozostaje tzw. złotym standardem [4–6]. Opublikowano również prace dotyczące zastosowania lasera holmowego i diodowego w częściowej nefrektomii, należy jednak uznać to wciąż za metodę eksperymentalną, której skuteczność wymaga potwierdzenia w dalszych badaniach [7–9].

Obecnie praktyczne zastosowanie w urologii znajdują laser holmowy (Ho:YAG), laser tulowy (Tm:YAG), laser potasowo-tytanowo-fosforanowy KTP (KTP:Nd:YAG, laser zielony) oraz laser diodowy. Ich właściwości fizyczne, oddziaływanie na tkanki oraz kliniczne możliwości zastosowania przedstawiono w tab. 1.

Laser holmowy emituje światło o długości fali 2100 nm, które jest silnie absorbowane przez wodę. W związku z nadmiernym nagrzewaniem się laser ten działa pulsacyjnie. Czas trwania impulsu wynosi między 150 μs a 1 ms. Głębokość

Tabela 1.

Cecha	Holmowy	Tulowy	KTP	Diodowy
Długość fali (nm)	2100	2010	532	830 940 980 1470
Moc maksymalna (W)	120	200	180	200
Tryb pracy	impulsowy	ciągły	impulsowy	impulsowy ciągły
Rodzaj włókna	giętkie	szytywne	szytywne	szytywne
Oddziaływanie na tkanki i możliwość zastosowania				
Chromofor	woda	woda	hemoglobina	woda hemoglobina
Głębokość penetracji (mm)	0,4	0,2	0,8	0,5–5
Cięcie	bardzo dobre	bardzo dobre	słabe	dobre
Koagulacja	dobra	bardzo dobra	bardzo dobra	dobra
Enukleacja	tak	tak	możliwa	możliwa
Waporyzacja (ablacja)	tak	tak	tak	tak
Litotrypsja	tak	nie	nie	nie

Źródło: opracowanie własne.

penetracji w przypadku tkanek stercza wynosi ok. 0,4 mm. Ze względu na wspomnianą bardzo silną absorpcję przez wodę, w zabiegach endourologicznych z zastosowaniem lasera holmowego dochodzi do szybkiego nagrzewania się płynu irygacyjnego przy końcówce włókna optycznego lasera i powstawania pęcherzyków. Ze względu na swoje właściwości, pulsacyjny tryb pracy i możliwość wykorzystania giętkich włókien laser holmowy doskonale sprawdza się w zabiegach kruszenia złogów zlokalizowanych w górnych drogach moczowych. Obecnie często znajduje również zastosowanie w zabiegach laserowej ablacji i enukleacji stercza [10]. Ponadto podobnie jak laser CO₂ może być stosowany do leczenia powierzchniowych zmian skórnych zewnętrznych narządów płciowych, np. kłykcin kolczystych prącia.

Laser tulowy (Tm:YAG) emituje w sposób ciągły wiązkę o długości fali 2010 nm, dzięki czemu charakteryzuje się podobną absorpcją do laser holmowego. Jednakże laser ten – w przeciwieństwie do lasera holmowego – pracuje w trybie ciągłym. Przekłada się to na skuteczniejszą waporyzację oraz mniejszą głębokość penetracji, wynoszącą ok. 0,2 mm. Efektem tego jest mniejszy obszar uszkodzenia termicznego i związane z nim objawy niepożądane, takie jak dyzuria [11]. Lasery o mocy 70–150 W wydają się skuteczne i bezpieczne w leczeniu łagodnego rozrostu prostaty [12].

Laser KTP, zwany także laserem zielonym, emituje wiązkę światła o długości fali 532 nm. Dzięki zastosowaniu kryształu z fosforanu potasowo-tytankowego możliwe jest zdwojenie częstotliwości względem klasycznego lasera neodymowego. Światło tego lasera jest silnie absorbowane przez hemoglobinę, natomiast nie jest pochłaniane przez wodę. Ta selektywność wobec tkanek o dużym unaczynieniu znajduje zastosowanie w waporyzacji tkanek gruczołu krokowego [13]. Laser ten wykazuje doskonałe działanie hemostatyczne, a głębokość obszar koagulacji wynosi ok. 1–3 mm. Obecnie najczęściej stosowane są lasery KTP o mocy 80 W i 120 W, chociaż dostępne są także urządzenia o mocy 180 W [14].

Laser diodowy (półprzewodnikowy) charakteryzuje się niewielkimi rozmiarami, a także niższymi kosztami zakupu oraz eksploatacji w porównaniu do innych laserów. Dzięki wykorzystaniu półprzewodników dostępne są urządzenia o różnej długości fali. W urologii najszersze zastosowanie znajdują lasery o długości fali pomiędzy 808 nm a 1470 nm. W zabiegach w obrębie gruczołu krokowego stosuje się najczęściej lasery diodowe o długości fali 980 nm [15].

Lasery neodymowe (Nd:YAG) o długości fali 1064 nm były szeroko stosowane w przecewkowym leczeniu łagodnego rozrostu gruczołu krokowego, szczególnie w latach 90., z czasem zostały jednak wyparte przez nowsze konstrukcje [16].

LECZENIE KAMICY UKŁADU MOCZOWEGO

Lasery mają szczególnie istotne znaczenie w leczeniu kamicy układu moczowego. Dzięki zastosowaniu giętkich endoskopów możliwy jest dostęp do całego górnego odcinka górnych dróg moczowych, zarówno moczowodów, jak i układu kielichowo-miedniczkowego nerki [17]. Miniaturyzacja i elastyczność włókien optycznych powoduje, że lasery są powszechnie stosowane w zabiegach endourologicznych. W przypadku kamieni zlokalizowanych w moczowodzie laserowa litotrypsja ureterorenoskopowa (*ureterorenoscopic lithotripsy* – URSL) jest skuteczną alternatywą dla litotrypsji falą generowaną pozaustrojowo (*extracorporeal shock wave*

lithotripsy – ESWL) i jest szczególnie preferowana w przypadku większych złogów przekraczających 10 mm, a także u pacjentów po nieskutecznym ESWL [18]. Obecnie najczęściej stosowany jest laser holmowy, który minimalizuje ryzyko urazu moczowodu ze względu na odległość między końcem włókna a ścianą moczowodu wynoszącą > 1 mm. Energia emitowana przez laser powoduje powstawanie pęcherzyków kawitacyjnych, których wielkość jest proporcjonalna do ilości energii i rozmiaru włókna [19]. Bezpośrednio za fragmentację kamieni odpowiada efekt fototermiczny i fotomechaniczny. Należy zaznaczyć, że litotrypsja z użyciem lasera holmowego charakteryzuje się wysoką skutecznością, sięgającą 92–96%, i niskim odsetkiem powikłań, które są związane w dużej mierze z doświadczeniem operatora [20–22]. Średni czas zabiegu wynosi ok. 30 min. Powikłania po zabiegu zdarzają się rzadko, lecz nie można o nich zapominać. W dużym prospektywnym badaniu wykazano, że u 0,4% pacjentów doszło do powstania krwiaka podtorebkowego nerki [23]. W przypadku kamieni zlokalizowanych w układzie kielichowo-miedniczkowym nerki możliwe jest wykonanie zabiegów wstecznej chirurgii śródnerkowej z zastosowaniem giętkich ureterorenoskopów (*retrograde intrarenal surgery* – RIRS) [24]. Stanowią one skuteczną alternatywę dla bardziej inwazyjnych zabiegów, takich jak przeszczepna nefrolitotrypsja (*percutaneous nephrolithotomy* – PCNL), które obarczone są większym ryzykiem ciężkich powikłań [25].

LECZENIE ŁAGODNEGO ROZROSTU GRUCZOŁU KROKOWEGO

Łagodny rozrost gruczołu krokowego (BPH) jest częstym schorzeniem dotyczącym mężczyzn. Jego występowanie w populacji wzrasta wraz z wiekiem: dotknięta jest nim ponad połowa mężczyzn w 6. dekadzie życia i 80–90% osiemdziesięcioletków [26]. Choroba ta jest najczęstszą przyczyną podpęcherzowej przeszkody w odpływie moczu i występowania objawów ze strony dolnych dróg moczowych (*lower urinary tract symptoms* – LUTS). Od wielu lat tzw. złotym standardem leczenia jest przecewkowa elektroresekcja prostaty (*transurethral resection of prostate* – TURP). Pomimo udowodnionej wysokiej skuteczności zabieg ten związany jest ze stosunkowo wysokim ryzykiem wystąpienia krwawienia i krwimoczu po zabiegu.

Z pomocą lasera holmowego można wykonać ablację (HoLAP), enukleację (HoLEP) lub resekcję (HoLRP) prostaty. Według aktualnych wytycznych enukleacja prostaty laserem holmowym (HoLEP) jest alternatywną metodą wobec przecewkowej elektroresekcji prostaty (TURP), cechująca się porównywalną skutecznością [27, 28]. Wysoka skuteczność i bezpieczeństwo powodują, że metoda ta stopniowo wypiera dawniej stosowane zabiegi [29]. Udowodniono, że HoLEP zmniejsza nasilenie objawów ze strony dolnych dróg moczowych i znacząco poprawia jakość życia pacjentów [30].

Obecnie coraz częściej wykorzystywany jest laser tulowy. Pozwala on na wykonanie waporyzacji (ThuVAP), resekcji (ThuVRP) oraz enukleacji (ThuLEP). Wykazano, że skuteczność zabiegu enukleacji prostaty względem lasera holmowego jest porównywalna, lecz utrata krwi jest istotnie statystycznie mniejsza [31]. Ponadto wykazano, że w przeciwieństwie do TURP przeprowadzenie tego zabiegu nie wpływa negatywnie na funkcje seksualne mężczyzn [32].

Inna stosowaną metodą jest waporyzacja stercza z użyciem lasera KTP. Zabiegi te charakteryzują się znaczącym wzrostem maksymalnego przepływu cewkowego (Qmax), obniżeniem objętości moczu zalegającego po mikcji oraz krótkim czasem utrzymywania cewnika po zabiegu [33].

Lasery diodowe są również skuteczne w leczeniu BPH. U pacjentów poddawanych waporyzacji prostaty z użyciem lasera diodowego o długości fali 980 nm obserwowano lepszą hemostazę względem tych, wobec których używano lasera zielonego, oraz zmniejszenie dolegliwości, obniżenie punktacji w skali IPSS, wzrost maksymalnego przepływu cewkowego, zmniejszenie objętości zalegającej po mikcji oraz poprawę jakości życia [34].

Rodzaje wykonywanych obecnie zabiegów endourologicznych w obrębie prostaty z wykorzystaniem laserów przedstawiono w tab. 2.

Tabela 2.

Laser	Skrót	Technika	Akronim
Holmowy	Ho:YAG	Laserowa enukleacja stercza	HoLEP
		Laserowa resekcja stercza	HoLRP
		Laserowa ablacja stercza	HoLAP
Tulowy	Tm:YAG	Laserowa waporyzacja stercza	ThuVAP
		Laserowa wapoenukleacja stercza	ThuVEP
		Laserowa enukleacja stercza	ThuLEP
		Laserowa waporesekcja stercza	ThuVARP
Potasowo-tytanowo-fosforanowy	KTP	Fotoselektywna waporyzacja stercza	PVP
Diodowy		Laserowa śródmiażdżowa koagulacja stercza	ILC

Źródło: opracowanie własne.

LECZENIE ZWĘŻENIA CEWKI MOCZOWEJ

Zwężenie cewki moczowej powstaje najczęściej w wyniku urazu, często także jatrogennego. W leczeniu zwężenia cewki moczowej od wielu lat stosuje się zabiegi endoskopowe – uretrotomię optyczną wewnętrzną (UOW). Klasyczna UOW polega na nacięciu zwężonego odcinka zimnym nożem. Skuteczną i bezpieczną alternatywą wydaje się być zastosowanie lasera holmowego lub tulowego [35, 36]. Są to zabiegi minimalnie inwazyjne, jednak – podobnie jak przy zastosowaniu metody klasycznej – odsetek nawrotów jest wysoki i sięga 40% [37, 38].

PODSUMOWANIE

Lasery odgrywają bardzo ważną rolę w nowoczesnej urologii. Praktyczne zastosowanie laserów w schorzeniach urologicznych zostało przedstawione w tab. 3. Ich zalety są szczególnie istotne w przypadku zabiegów endourologicznych. Zabiegi wykonywane z ich użyciem często cechują się większym bezpieczeństwem i mniejszą liczbą powikłań niż klasyczne operacje, przy równie wysokiej skuteczności. Stopniowo zastępują dawniej stosowane metody lub stanowią ich skuteczne alternatywy.

Tabela 3. Praktyczne zastosowanie laserów w najczęstszych schorzeniach urologicznych

Schorzenie	Rodzaj lasera	Rodzaj zabiegu
Kamica dróg moczowych	Holmowy (Ho:YAG)	Litotrypsja laserowa
	Holmowy (Ho:YAG)	Enukleacja (HoLEP) Ablacja (HoLAP) Resekcja (HoLRP)
	Tulowy (Tm:YAG)	Waporyzacja (ThuVAP) Wapoenukleacja (ThuVEP) Enukleacja (ThuLEP) Waporesekcja (ThuVARP)
Łagodny rozrost gruczołu krokowego (BPH)	KTP	Fotoselektywna waporyzacja (PVP)
	Diodowy	Śródmiażdżowa koagulacja (ILC)
Zwężenie cewki moczowej	Holmowy (Ho:YAG)	Uretrotomia laserowa
Zwężenie ujścia miedniczkowo-moczowodowego	Holmowy (Ho:YAG)	Laserowa endopielotomia
Zmiany zewnętrznych narządów płciowych: – kłykciny kończyste – grudki perliste	Laser CO ₂	Wycięcie, waporyzacja zmian

Źródło: opracowanie własne.

PIŚMIENNICTWO

1. Ansari MA, Erfanzadeh M, Mohajerani E. Mechanisms of Laser-Tissue Interaction: II. Tissue Thermal Properties. *J. Lasers Med. Sci.* 2013; 4(3): 99–106.
2. Matlaga BR, Chew B, Eisner B et al. Ureteroscopic Laser Lithotripsy: A Review of Dusting vs Fragmentation with Extraction. *J. Endourol.* 2018; 32(1): 1–6.
3. Dołowy Ł, Krajewski W, Dembowski J et al. The role of lasers in modern urology. *Cent. Eur. J. Urol.* 2015; 68(2): 175–82.
4. Bai Y, Liu L, Yuan H et al. Safety and efficacy of transurethral laser therapy for bladder cancer: a systematic review and meta-analysis. *World J. Surg. Oncol.* 2014; 12: 301.
5. D'souza N, Verma A. Holmium laser transurethral resection of bladder tumor: Our experience. *Urol. Ann.* 2016; 8(4): 439–443.
6. Wang W, Liu H, Xia S. Thulium laser treatment for bladder cancer. *Asian J. Urol.* 2016; 3(3): 130–133.
7. Lotan Y, Gettman MT, Ogan K et al. Clinical Use of the Holmium:YAG Laser in Laparoscopic Partial Nephrectomy. *J. Endourol.* 2002; 16(5): 289–292.
8. Lotan Y, Gettman MT, Lindberg G et al. Laparoscopic partial nephrectomy using holmium laser in a porcine model. *JSL J. Soc. Laparoendosc. Surg.* 2004; 8(1): 51–5.
9. Knezevic N, Kulis T, Maric M et al. Laparoscopic partial nephrectomy with diode laser: a promising technique. *Photomed. Laser Surg.* 2014; 32(2): 101–5.
10. Thurmond P, Bose S, Lerner LB. Holmium laser for the surgical treatment of benign prostatic hyperplasia. *Can. J. Urol.* 2016; 23(4): 8356–62.
11. Ketan PV, Prashant HS. Thulium laser enucleation of the prostate is a safe and a highly effective modality for the treatment of benign prostatic hyperplasia – our experience of 236 patients. *Urol. Ann.* 2016; 8(1): 76–80.
12. Barbalat Y, Velez MC, Sayegh CI, Chung DE. Evidence of the efficacy and safety of the thulium laser in the treatment of men with benign prostatic obstruction. *Ther. Adv. Urol.* 2016; 8(3): 181–91.
13. Sountoulides P, Tsakiris P. The evolution of KTP laser vaporization of the prostate. *Yonsei Med. J.* 2008; 49(2): 189–99.
14. Bachmann A, Ruszat R. The KTP (greenlight) laser – principles and experiences. *Minim. Invasive Ther. Allied Technol.* 2007; 16(1): 5–10.
15. Razzaghi MR, Mazloomfard MM, Mokhtarpour H, Moeini A. Diode Laser (980 nm) Vaporization in Comparison With Transurethral Resection of the Prostate for Benign Prostatic Hyperplasia: Randomized Clinical Trial With 2-year Follow-up. *Urology* 2014; 84(3): 526–532.
16. Zarrabi A, Gross AJ. The evolution of lasers in urology. *Ther. Adv. Urol.* 2011; 3(2): 81–9.

17. Xu C, Song R, Jiang M et al. Flexible Ureteroscopy with Holmium Laser Lithotripsy: A New Choice for Intrarenal Stone Patients. *Urol. Int.* 2015; 94(1): 93–98.
18. Cui Y, Cao W, Shen H et al. Comparison of ESWL and ureteroscopic holmium laser lithotripsy in management of ureteral stones. *PLoS One* 2014; 9(2): e87634.
19. Aldoukhi AH, Roberts WW, Hall TL, Ghani KR. Holmium Laser Lithotripsy in the New Stone Age: Dust or Bust? *Front. Surg.* 2017; 4: 57.
20. Leijte JAP, Oddens JR, Lock TMTW. Holmium Laser Lithotripsy for Ureteral Calculi: Predictive Factors for Complications and Success. *J. Endourol.* 2008; 22(2): 257–260.
21. Hyams ES, Munver R, Bird VG et al. Flexible Ureterorenoscopy and Holmium Laser Lithotripsy for the Management of Renal Stone Burdens That Measure 2 to 3 cm: A Multi-Institutional Experience. *J. Endourol.* 2010; 24(10): 1583–1588.
22. Papatsoris AG, Skolarikos A, Buchholz N. Intracorporeal laser lithotripsy. *Arab J. Urol.* 2012; 10(3): 301–6.
23. Bai J, Li C, Wang S et al. Subcapsular renal haematoma after holmium:yttrium-aluminum-garnet laser ureterolithotripsy. *BJU Int.* 2012; 109(8): 1230–1234.
24. Bader MJ, Gratzke C, Walther S et al. Efficacy of retrograde ureteropyeloscopy holmium laser lithotripsy for intrarenal calculi > 2 cm. *Urol. Res.* 2010; 38(5): 397–402.
25. Redondo C, Ramón de Fata F, Gimbernat H et al. La cirugía retrógrada intrarrenal con litotricia láser holmium-YAG en el tratamiento primario de la litiasis renal. *Actas Urológicas Españolas* 2015; 39(5): 320–326.
26. Patel ND, Parsons JK. Epidemiology and etiology of benign prostatic hyperplasia and bladder outlet obstruction. *Indian J. Urol.* 2014; 30(2): 170–6.
27. Eltabey MA, Sherif H, Hussein AA. Holmium laser enucleation versus transurethral resection of the prostate. *Can. J. Urol.* 2010; 17(6): 5447–52.
28. Minagawa S, Okada S, Morikawa H. Safety and Effectiveness of Holmium Laser Enucleation of the Prostate Using a Low-power Laser. *Urology* 2017; 110: 51–55.
29. Michalak J, Tzou D, Funk J. HoLEP: the gold standard for the surgical management of BPH in the 21(st) Century. *Am. J. Clin. Exp. Urol.* 2015; 3(1): 36–42.
30. Alkan I, Ozveri H, Akin Y et al. Holmium laser enucleation of the prostate: surgical, functional, and quality-of-life outcomes upon extended follow-up. *Int. Braz J Urol* 2016; 42(2): 293–301.
31. Zhang F, Shao Q, Herrmann TRW et al. Thulium Laser Versus Holmium Laser Transurethral Enucleation of the Prostate: 18-Month Follow-up Data of a Single Center. *Urology* 2012; 79(4): 869–874.
32. Carmignani L, Bozzini G, Macchi A et al. Sexual outcome of patients undergoing thulium laser enucleation (ThuLEP) for BPH. *Asian J. Androl.* 2014; 0(0): 0. od kor.: nr czasopisma i strony są do uzupełnienia?
33. Skriapas K, Hellwig W, Samarinas M et al. Green light laser (KTP, 80 W) for the treatment of benign prostatic hyperplasia. *Minerva Urol. Nefrol.* 2010; 62(2): 151–6.
34. Chiang PH, Chen CH, Kang CH, Chuang YC. GreenLight HPS laser 120-W versus diode laser 200-W vaporization of the prostate: Comparative clinical experience. *Lasers Surg. Med.* 2010; 42(7): 624–629.
35. Jin T, Li H, Jiang L et al. Safety and efficacy of laser and cold knife urethrotomy for urethral stricture. *Chin. Med. J. (Engl).* 2010; 123(12): 1589–95.
36. Jain SK, Kaza RCM, Singh BK. Evaluation of holmium laser versus cold knife in optical internal urethrotomy for the management of short segment urethral stricture. *Urol. Ann.* 2014; 6(4): 328–33.
37. Hussain M, Lal M, Askari SH et al. Holmium laser urethrotomy for treatment of traumatic stricture urethra: a review of 78 patients. *J. Pak. Med. Assoc.* 2010; 60(10): 829–32.
38. Wang L, Wang Z, Yang B et al. Thulium laser urethrotomy for urethral stricture: A preliminary report. *Lasers Surg. Med.* 2010; 42(7): 620–623.