

What does expect us in endoscopic stone treatment in the future?

Endoskopik taş tedavisinde gelecekte bizleri neler bekliyor?

Fatih Sandıkcı¹ , Burhan Baylan¹ , M.Abdurrahim Imamoglu¹ 

¹ University of Health Science, Diskapi Yildirim Beyazit Training and Research Hospital, Department of Urology, Ankara

ÖZET

Son yıllarda; yaşlı popülasyonun artışı, artan obezite oranı, kötü beslenme alışkanlıkları, yetersiz sıvı alımı ve sedanter yaşam tarzı gibi nedenler ile üriner sistem taş hastalığı insidansı artmaktadır. Artan insidans karşısında taş cerrahisi de operasyon teknikleri ve teknolojik ilerlemeler eşliğinde gelişimini sürdürmektedir. Son 30 yıldaki teknolojik gelişmeler, üriner sistem taş hastalığının tedavisinde devrim gerçekleştirmiştir. Geçmişte, üriner sistem taş hastalıkları, açık cerrahi yöntem ile tedavi edilirken 1980'lerde ekstrakorporeal şok dalga litotripsi (SWL) popülerize olmuş, sonraki yıllarda Perkütan Nefrolitotomi (PNL) tedavileri gündemde yerini almıştır. Fleksibl üreterorenoskopinin (URS) kullanımı ve lazer teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde retrograd böbrek içi cerrahinin (RIRS) uygulanma sıklığı artmıştır. Avrupa Üroloji Kılavuzu'na göre 2 cm ve üzeri böbrek taşlarının tedavisinde PNL tercih edilmektedir. İki cm'den küçük taşlar için taşın yerine ve kalıks yapısına göre tedaviye karar verilmektedir. Hasta pozisyonu, giriş teknikleri, mini perkütan yöntemleri, PNL-RIRS kombinasyonu, taşın 3 boyutlu demonstrasyonu gibi alt başlıklardaki gelişmeler, gelecekte bizleri bu konuda nelerin beklediğini şimdiden tahmin etmemizi sağlayabilir. Bu derlemede, endoskopik tedavi yöntemleriyle taş hastalığının güncel tedavileri, bu tedavi yöntemlerinin geleceği ve teknolojik yeniliklerin anlatılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endoskopik, endüroloji, gelecek, lazer, taş, yenilikler

ABSTRACT

In recent years; reasons such as increased elderly population, increased obesity rate, poor eating habits, inadequate fluid intake, sedentary lifestyle also increases the incidence of urinary stone disease. In the face of increasing incidence, stone surgery continues its development, accompanied by operational techniques and technological advances. Technological advances in the last 30 years have revolutionized the treatment of urinary system stone disease. In the past, urinary stone diseases were treated with open surgery; in the 1980s, extracorporeal shock wave lithotripsy (SWL) became popular; in the following years, Percutaneous Nephrolithotomy (PNL) treatments have been on the agenda. With the use of flexible ureteroscopy (URS) and advances in laser technology, the frequency of retrograde renal surgery (RIRS) has increased. According to the European Urology Guide; PNL is preferred for the treatment of renal stones of 2 cm or more. For stones smaller than 2 cm, treatment is decided according to the location of the stone and the calyceal structure. Advances in subheadings such as patient position, entry techniques, mini-percutaneous methods, PNL-RIRS combination and 3D demonstrations; It may provide us to predict what will be expected of us in the future from now. In this review; it is aimed to explain current treatment of stone disease with endoscopic treatment methods, the future of these treatment methods and technological innovations.

Keywords: Endoscopic, endourology, future, lazer, stone, innovations

Corresponding Author: Fatih Sandıkcı, Ziraat, Şehit Ömer Halisdemir Blv, 06110 Diskapi - Altındag/Ankara/Turkey

GSM: +90 544 270 06 06 **e-mail:** drfatihsandikci@gmail.com

Received: November 15, 2019 - **Accepted:** January 24, 2020



GİRİŞ

Son yıllarda; yaşlı popülasyonun artışı, artan obezite oranı, kötü beslenme alışkanlıkları, yetersiz sıvı alımı ve sedanter yaşam tarzı gibi nedenler ile üriner sistem taş hastalığı insidansı artmaktadır (1). Artan insidans karşısında taş cerrahisi de operasyon teknikleri ve teknolojik ilerlemeler eşliğinde gelişimini sürdürmektedir. Son 30 yıldaki teknolojik gelişmeler, üriner sistem taş hastalığının tedavisinde devrim gerçekleştirilmiştir.

Geçmişte, üriner sistem taş hastalıkları açık cerrahi yöntem ile tedavi edilirken, 1980'lerde ekstrakorporeal şok dalga litotripsi (SWL) popülerize olmuş, sonraki yıllarda Perkütan Nefrolitotomi (PNL) tedavileri gündemde yerini almıştır. Fleksibl üreterorenoskopinin (URS) kullanımı ve lazer teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde retrograd böbrek içi cerrahinin (RIRS) uygulanma sıklığı artmıştır. Avrupa Üroloji Kılavuzu'na baktığımızda 2 cm ve üzeri böbrek taşlarının tedavisinde PNL tercih edilmektedir. İki cm altındaki taşlarda ise taşın yerine ve kaliks yapısına göre tedaviye karar verilmektedir. Hasta pozisyonu, giriş teknikleri, mini perkütan yöntemleri, PNL-RIRS kombinasyonu, taşın 3 boyutlu demonstrasyonu gibi alt başlıklardaki gelişmeler, gelecekte bizleri bu konuda nelerin beklediğini bugünlerden tahmin etmemizi sağlayabilir.

Bu derlemede, endoskopik tedavi yöntemleriyle taş hastalığının güncel tedavileri, bu tedavi yöntemlerinin geleceği ve teknolojik yeniliklerin anlatılması amaçlanmıştır.

PNL: Güncel Tedaviler ve Yenilikler

Geçmişten günümüze güncel ürolitiazis tedavi yöntemlerinden olan SWL'nin uygulanma oranlarında azalma olduğu görülmektedir. Buna paralel olarak RIRS oranlarındaki artış dikkat çekmektedir. PNL oranlarında kısmi azalma gözlenirse de farklı uygulama tekniklerinin kullanılması ve teknolojik ilerlemeler ile halen etkin bir tedavi yöntemidir (2). Pron ve supin pozisyonda uygulanabilirliği, standart giriş metodu dışında mini, mikro ve ultramini giriş yöntemleri ile günümüze kadar gelişimini sürdürmüştür. Tüpsüz veya total tüpsüz teknikle uygulanması, endoskopi yardımıyla taş erişim, endoskopik böbrek içi cerrahi yöntemlerle kombine edilerek uygulanması da güncel gelişmeler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Standart PNL tekniği ile Mini-PNL (MP) yöntemlerini karşılaştıran çalışmalarda taşsızlık oranları açısından birbirlerine üstünlüklerine ilişkin farklı sonuçlar elde edilmiştir. Cheng ve ark.'nın yapmış olduğu çalışmada MP yöntemi ile daha fazla taşsızlık elde edilmişken, Mishra ve ark. ile Giusti ve ark.'nın yapmış oldukları çalışmalarda standart PNL lehine sonuçlanan taşsızlık oranları elde edilmiştir. MP ile RIRS tekniklerini karşılaştıran çalışmalarda ise MP yöntemiyle daha fazla taşsızlık elde edildiği bildirilmektedir. Özellikle 1 cm'den büyük, alt pol ve proksimal üreter taşlarında daha yüksek taşsızlık oranları izlenmiştir (3). MP yönteminde standart PNL'ye göre daha yüksek operasyon süreleri ve daha düşük hastanede kalış süreleri olmasına karşın standart yöntemde taşsızlık oranlarının ve komplikasyonların daha yüksek olduğu bulunmuştur (4). Tüpsüz PNL ve standart PNL tekniklerini değerlendiren çalışmalarda iki yöntem arasında taşsızlık oranları, hastanede kalış süreleri ve komplikasyon oranları açısından benzer sonuçlar bildirilmiştir. Tüpsüz teknikte standart PNL'ye göre daha az analjezik kullanımı ve daha düşük hastanede kalış süreleri bildirilmiştir (3).

Büyük ve staghorn taşların tedavisinde standart PNL tekniği önemli avantaj sağlar. MP yönteminde kan transfüzyon ihtiyacının daha az olması nedeniyle avantajlıdır. Bu yöntem ile daha küçük boyuttaki taşlar alınabilir. Micro PNL yöntemi ise çok küçük kalibrede bir giriş sağladığı için daha güvenli çoklu giriş imkânı sağlamaktadır. Standart PNL'de kanamaya bağlı daha yüksek kan transfüzyon oranları dezavantaj olarak karşımıza çıkar. Bazen ciddi kanamalar sonucu embolizasyon ihtiyacı olabilir. MP ve mikro PNL yöntemleri ile büyük boyutlu taşların tedavisi zorlaşmaktadır. Özellikle mikro PNL yönteminde artmış maliyet ve daha az taşsızlık oranları ciddi dezavantaj yaratmaktadır.

Son dönemde uygulanması giderek artan, eş zamanlı endoskopi ile kombine edilmiş böbrek içi cerrahiler ile daha güvenli PNL girişleri sağlanmaktadır (5). İki cerrah eşliğinde eş zamanlı retrograd ve antegrad yaklaşım ile böbrek içine ulaşılmaktadır (Resim 1,2).

Eş zamanlı iki ayrı yoldan giriş, taş lazer litotripsi, pnömotik litotripsi ve ultrasonik litotripsinin aynı anda uygulanmasını sağlar. Endoskopi ile kombine bu yöntem sayesinde taş fragmanları pasif olarak amplatz kılıftan dışarıya atılmakta ve pasif taş atılım oranları daha yüksek olmaktadır (5) (Resim 3).

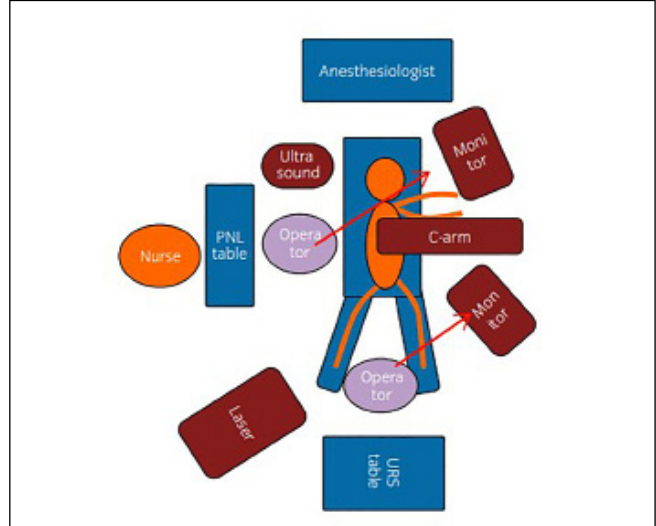
Günümüzde olduğu gibi önümüzdeki 10 yıllık süreçte de PNL açısından en iyi giriş tekniği arayışı devam edecektir. MP'ye eğilim daha fazla olacaktır. 16-22 Fr boyutlarında kanallara uygun ultrasonik ve balistik taş kırma özellik-

lerine sahip kombine aletlerin kullanılması gelecekte karşımıza çıkacak yeniliklerdendir. Çoklu PNL girişimleri daha az tercih edilecek ve kombine endoskopik metot ile yapılacak PNL işlemi ile daha yüksek taşsızlık oranları ve daha güvenli operasyon imkânı sağlanacaktır. PNL operasyonu için operasyon öncesi değerlendirmelerde, 3 boyutlu bilgisayarlı tomografiler (BT) ile yapılan modellemeler sayesinde taşın ulaşımın daha rahat olabileceği öngörülmektedir. BT görüntülerini işleyen tablet bilgisayarlar ile gerçek zamanlı yüksek kalitede görüntüler sağlanacaktır. Bu konu ile ilgili bir çalışmada PNL eğitimi için 3D yazıcılar ile hazırlanan taşlı böbrek modelleri kullanılmıştır. 3D yazıcılarla hazırlanan bu simülasyonlar ile daha kaliteli PNL eğitimi sağlanmıştır (6). Ayrıca PNL'de böbrek erişimini kolaylaştırmak için ultrasonografi (USG) kılavuzlu robotik sistemler geliştirilmektedir. Bu sistemler sayesinde böbrek girişlerinin daha doğru ve daha kolay elde edilebileceği, hatalı giriş oranlarının da azalacağı belirtilmektedir (7). Tablet bilgisayar yardımlı PNL uygulaması teknolojik gelişmelere paralel yapılmış çalışmalardan biridir. Standart PNL ve tablet bilgisayar destekli PNL ile böbreğe ulaşım durumu karşılaştırılmıştır. USG/floreskopi ve tablet grupları arasındaki karşılaştırmada; tablet grubunda daha fazla radyasyon maruziyeti görülmüş ve böbrek giriş süresinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu metodun teknolojik olarak gelişmesi gerektiği belirtilmiştir (8). C-kollu floreskopi cihazlarının BT kalitesinde görüntü vermeleri içinde teknolojik gelişmeler sürmektedir (9).

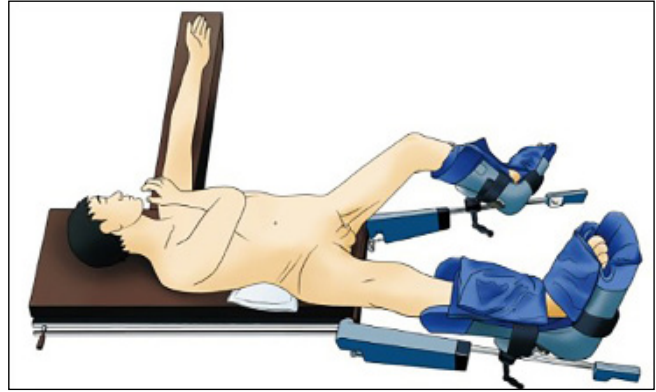
URS-RIRS: Güncel Tedaviler ve Yenilikler

Tarihsel süreçte; 1912 yılında 12 Fr'lik ilk sistoskop üretilerek sistoskopi gerçekleştirildi. 1950'de fiber optik üreteroskopun üretilmesini, 1964 yılında flexible üreteroskop ile tanısal üreteroskopi operasyonu izledi. 1977 yılında ilk rijit üreteroskopi operasyonu yapıldı. 1990 yılında Fuchs tarafından ilk flexible üreteroskopi operasyonu gerçekleştirildi. Bu gelişmeleri 1998 yılında Garasso ve Chalik tarafından flexible üreteroskopi ve holmium lazer kullanılarak ilk RIRS operasyonun yapılması takip etti.

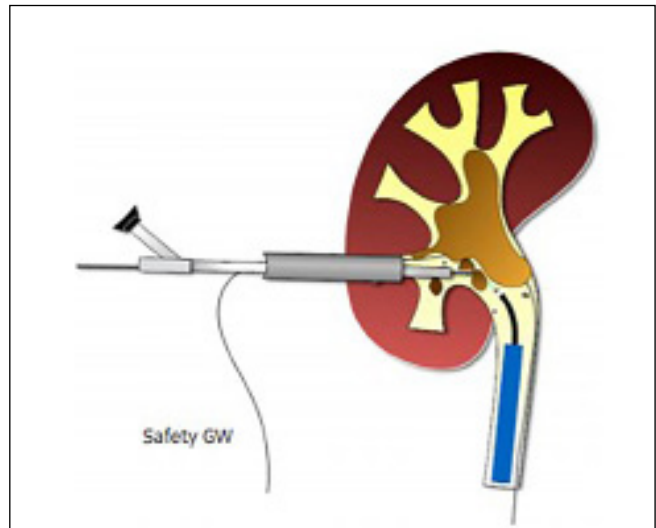
Üreteroskopların teknolojik olarak günden güne gelişmesi ve tasarımlarının, boyutlarının her geçen gün farklılaşması, böbrek ve üreterlere üretra yoluyla daha kolay erişim sağlayarak, herhangi bir cerrahi insizyona ihtiyacı ortadan kaldırmıştır. Sert ve esnek URS'ler ile birçok noktaya rahatlıkla erişilebilir. URS'nin kullanımı ile komplikasyon oranlarında düşme, taşsızlık oranlarında artış ve hastanede kalış süresinde kısalma sağlanmıştır (10). URS'nin hamileler, kanama diyatezi olanlar ve çocuk hastalarda kullanım sıklığı artmıştır. Ayrıca kılavuzlarda obez hastalar için en ideal tedavi yöntemi olduğu belirtilmektedir (10).



Resim 1. RIRS ile Kombine PNL'de ameliyat düzeni



Resim 2. RIRS ile Kombine PNL'de hasta pozisyonu



Resim 3. RIRS ile kombine PNL

Giderek daha iyi optik kalitesi olan, daha küçük boyutlarda ve ulaşılmakta zorlanılan bölgeleri gösterebilme becerisine sahip yeni cihazlar tasarlanmaktadır. Robotik sistemle birleştirilmiş URS yöntemi ile cerrah URS'yi bir konsol ve joy-stick ile kontrol edebilmektedir (10). Gelecek için ümit veren diğer bir yöntem de peptid kaplı demir oksit bazlı mikropartiküllerin kullanılmasıdır. Bu mikropartiküller kalsiyum taş parçalarına seçici olarak bağlanmakta ve manyetik bir cihaz yardımıyla taş parçaları hızla uzaklaştırılmaktadır.

Tek kullanımlık flexibl URS cihazlarının geliştirilmesi ile geleneksel flexibl URS cihazlarının onarım ve sterilizasyon maliyetleri önemli ölçüde azaltılmıştır (Resim 4). Güvenilir, maliyet-etkin, kullanıcı dostu tek kullanımlık cihazların üretilmesi ile maliyetler dengelenmiştir (11). Yapılan çalışmalarda, tek kullanımlık cihazların, yeniden kullanılabilir kullanım fleksibl URS cihazlarına göre perioperatif komplikasyonlar ve taşsızlık oranları açısından karşılaştırılabilir etkinlikte oldukları belirlenmiştir. Prospektif bir seride, yeniden kullanılabilir cihazlar ile tek kullanımlık dijital üreterorenoskoplar karşılaştırılmış, genel başarı oranları, çalışma süresi ve radyasyona maruz kalma süresi bakımından eşit klinik etkinliğe sahip oldukları gösterilmiştir. Yeniden kullanılabilir üreterorenoskoplar ile daha düşük ilk yatırım maliyeti ve prosedür maliyeti varken, tek kullanımlık üreterorenoskoplar için prosedür başına daha yüksek maliyet gözlenmiştir. Tek kullanımlık üreterorenoskopların maliyetleri, alt ve üst fiyat limitlerine bağlı olarak, yeniden kullanılabilir malzemelerin 61 ila 118 prosedürüne denk gelmektedir (12).

URS yenilikler için cazip bir alan olma özelliğini şimdi ve gelecekte de sürdürmeye devam ettirecektir. Daha küçük çaplı ve daha esnek modellerin gelişeceği öngörülmektedir. Dijital URS teknolojisinde ve tek kullanımlık esnek URS modellerinde gelişmeler devam edecektir.

LAZER Teknolojisi

Lazer teknolojisindeki gelişmeler sürmeye devam ediyor. Özellikle çıkış gücü son 20 yılda 20 W dan 120 W'a kadar artmıştır. Maliyet de bu duruma paralel olarak artmıştır. Gelecekte yeni holmium lazer sistemlerinin daha yüksek güç ve frekansa sahip olması beklenmektedir. Yeni nesil cihazlarda tozlama özelliği öne çıkmaktadır. Doku hasarını en aza indirip direk taş odaklanan sistemler geliştirilmektedir. Bu konudaki çalışmalar da doku tanımlayıcı akıllı (smart) fiberler üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu fiberler ile doku ve taşın floresan sinyalleri ölçülmüş ve bu şekilde uyarma, tanımlama şemaları oluşturulmuştur. In-vitro testlerde hedefleme ışınının doku üzerinde daha zayıf, taş üzerinde daha kuvvetli floresan yaydığı tespit edilmiştir. Bu özellikler in-vivo olarak uyarlandığında hedefleyici ışın tarafından indüklenen floresan sinyali, holmium lazerin doku üzerine ateşlenmesini önleyen bir feed-back mekanizması oluşturmasına yardımcı olmaktadır (13).

Son dönemde öne çıkan lazer teknolojisini; Moses teknolojisini ile lazer atımları önce suyu uzaklaştırmakta, sonra kalan enerjiiye taş aktarmaktadır. Doğrudan veya dolaylı olarak doku hasarında artış olmadan taş ablasyonunda önemli bir fark sağlamaktadır. Yapılan prelinik bir çalışmada Moses teknolojisinin in-vitro ve in-vivo etkisi standart lazer modunun litotripsi etkinliği ve lazer-doku etkileşimleriyle karşılaştırmıştır. Taş retropulsiyonunu önemli ölçüde azaltan daha etkili bir lazer litotripsi olanağı sağlanmıştır. Daha kısa işlem süresi ve daha güvenli litotripsi ile sonuçlanabilecek bir güvenlik marjı sergilenmiştir (14).

Son dönemde geliştirilen diğer bir lazer türü de Thulium lazer teknolojisidir. Son 10 yılda çıkış gücü 100 W dan 500 W'a kadar geliştirilmiştir. Su soğutma sistemi yerine hava soğutma sistemi ile çalışan bu lazer türünün tozlama ve parçalama modlarında holmium lazerden daha verimli olduğu gösterilmiştir. In-vitro olarak yapılan karşılaştırma çalışmasında Thulium lazerin holmium lazerden ortalama 2 kat daha etkin olduğu belirtilmektedir (15).

Robot Yardımlı Taş Cerrahisi

Büyük ve kompleks taş boyutlarında operasyon süresine bağlı ergonomik problemler, radyasyon maruziyeti, üreteroskop, lazer pedali, sıvı irrigasyonu, floroskopinin aynı anda ayarlanması gerekliliği robot yardımlı sistemlerin geliştirilmesi fikrini doğurmuştur. Robot yardımlı taş cerrahisinde cerrah ergonomik pozisyonundadır (Resim 5).



Resim 4. Tek kullanımlık fleksibl URS

Daha az radyasyon maruziyeti avantajdır. Fleksibl URS hareketleri, lazer fiberin yönlendirilmesi, lazer cihazın aktivasyonu, floroskop yönlendirmeleri ve sıvı irrigasyonu robotik sistem aracılığı ile cerrah tarafından sağlanmaktadır. RIRS endikasyonlarında kullanılmaktadır. Ancak sağladığı konfor haricinde mevcut tedavi seçeneklerine göre daha yararlı olduğunu sonucuna varmamızı sağlayan çalışmalar yetersizdir. Faydasını doğrulayacak daha ileri çalışmalar gereklidir (16).

Nano Teknoloji ve Gen Tedavileri

Biyomedikal mühendisliği alanındaki teknolojik yenilikler ile ürolitiazis tedavisinde de farklı yöntemlerin araştırılması devam etmektedir. Özellikle geliştirilen mikro robotlar ile hasta vücudunun farklı organlarına ulaşılmaktadır. Örneğin kalp-damar sistemindeki darlıkların açılması, üriner sistem taşlarının temizlenmesinde, minimal invazif cerrahilerde, kan dolaşımına salınan ve hedeflenen ilaçların dağıtımı için kullanılması planlanmaktadır (17). Fleksibel üreteroskop ve/veya kateterler ile ulaşılamayan noktalarda taş cerrahisi için mikro robotların kullanımı, daha küçük boyutlardaki nano-robotların da taş fragmentasyonuna yardım amacıyla kullanılması, gelecekte taş cerrahisi için bizi bekleyen heyecan verici yeniliklerden bazılarıdır.

Genetik açıdan bakıldığında gelecekte gen tedavileri de taş hastalığının tedavisinde önemli bir basamak olacaktır. Özellikle taş oluşumu için kişiselleştirilmiş tedaviler, aile tedavi danışmanlıkları uygulanacaktır. Biyomedikal gelişmeler sonucu oluşturulan mikrobiyomlar ise taş oluşumuna neden olan bileşenlerin emilimi ve atılımını etkilemektedirler.

SONUÇ

Hızla ilerleyen teknolojik gelişmeler sonucunda taş hastalığının tedavisinde kullanılan yöntemlere ilişkin gelişmeler sürmektedir. Özellikle cihaz teknolojilerindeki gelişmeler, lazer teknolojisindeki yenilikler, daha fazla minyatürize olma çabası ve daha fazla otomatizasyon isteği tedavi geleceğini belirleyen, etkileyen ve yön veren noktalardır.

REFERANSLAR

1. José Manuel Reis Santos. Ureteroscopy from the recent past to the near future. Urolithiasis. 2018 Feb;46(1):31-37. doi: 10.1007/s00240-017-1016-8. Epub 2017 Nov 29.
2. Raheem OA, Khandwala YS, Sur RL, Ghani KR, Denstedt JD. Burden of Urolithiasis: Trends in Prevalence, Treatments, and Costs. Eur Urol Focus 2017;3:18-26.
3. Li JK, Teoh JY, Ng CF. Updates in endourological management of urolithiasis. Int J Urol 2019;26:172-183.
4. Ghani KR, Andonian S, Bultitude M, Desai M, Giusti G, Okhunov Z, Preminger GM, de la Rosette J. Percutaneous Nephrolithotomy: Update, Trends, and Future Directions. Eur Urol 2016;70:382-396.
5. Jung HD, Kim JC, Ahn HK, Kwon JH, Han K, Han WK, Kim MD, Lee JY. Real-time simultaneous endoscopic combined intrarenal surgery with intermediate-supine position: Washout mechanism and transport technique. Invest Clin Urol 2018;59:348-354.
6. Alyaev YG, Sirota ES, Bezrukov EA, Ali SK, Bukatov MD, Letunovsky AV, Byadretdinov IS. V01-10 Non-Biological 3d Printed Simulator For Percutaneous Nephrolithotripsy. Urologia 2018;1;10-14
7. Tareq Aro, Sunghwan Lim, Doru Petrisor, Dan Stoianovici, Baltimore, MD. Mp20-09 Robotic 3d Ultrasound-Guided Targeting For Percutaneous Renal Access. The Journal Of Urology, Vol. 201, No. 4S, Supplement, Friday, May 3, 2019.
8. Rassweiler-Seyfried MC, Rassweiler JJ, Weiss C, Müller M, Meinzer HP, Mailer-Hein L, Klein JT. iPad assisted percutaneous nephrolithotomy (PCNL): a matched pair analysis compared to standard PCNL. World J Urol 2019;345-019.
9. A. Rodgers A, Trinchieri A, Ather MH, N. Buchholz N, Vision for the future on urolithiasis: research, management, education and training—some personal views. Urolithiasis 2018;240-018.
10. Wright AE, Rukin NJ, Somani BK. Ureteroscopy and Stones: Current Status and future expectations. World J Nephrol 2014;3:243-8.



Resim 5. Avicenna Roboflex

11. Davis NF, Quinlan MR, Browne C, Bhatt NR, Manecksha RP, D'Arcy FT, Lawrentschuk N, Bolton DM. Single use flexible ureteropyeloscopy: a systematic review. *World J Urol* 2018;36:529-536.
12. Mager R, Kuroschi M, Höfner T, Frees S, Haferkamp A, Neisius A; Clinical outcomes and costs of reusable and single-use flexible ureterorenoscopes: a prospective cohort study, *Urolithiasis* 2018 Nov;46(6):587-593. doi: 10.1007/s00240-018-1042-1. Epub 2018 Jan 22
13. Lange B, Cordes J, Brinkmann R. Stone/tissue differentiation for holmium laser lithotripsy using autofluorescence. *Lasers Surg Med* 2015;47:737-44.
14. Elhilali MM1, Badaan S2, Ibrahim A1,3, Andonian S1. Use of the Moses Technology to Improve Holmium Laser Lithotripsy Outcomes: A Preclinical Study. *J Endourol* 2017;31:598-604.
15. P. Glybochko G. Altshuler A. Vinarov L. Rapoport M. Enikeev N. Grigoriev D. Enikeev N. Sorokin , A. Dymov R. Sukhanov M. Taratkin V. Zamyatina. Comparison between the possibilities of holmium and thulium laser in lithotripsy in vitro. *European Urology Supplements*.
16. Müller PF, Schlager D, Hein S, Bach C, Miernik A, Schoeb DS. Robotic stone surgery – Current state and future prospects: A systematic review. *Arab J Urol* 2017;16:357-364.
17. Alireza Shamsabadi Masoudi, Mohammad Sadegh Hassanli, Zahra Taavili, Yasaman Sadeghizade. Biomedical and Micro-Robots: An Overview of Recent Developments. *Chemical and Biomolecular Engineering* 2017;2:90-95.