

Ürolojide robotik cerrahi uygulamaları

The applications of robotic surgery in urology

Ali Rıza Kural, Fatih Atıf

İstanbul Bilim Üniversitesi Tıp Fakültesi, Üroloji Anabilim Dalı, İstanbul

Özet

Robotların cerrahi teknolojiye dahil olması nispeten yeni bir gelişmedir. Robot eşliğinde yapılan ameliyatlarda erken dönemlerinde olmasına karşın cerrahideki kullanım endikasyonları giderek genişlemektedir. Her geçen gün yeni robotik cerrahi uygulamaları ve teknikleri geliştirilmekte ve bildirilmektedir. Gelecekte kullanımlarının artması ve yeni teknolojik gelişmelerin robotik sistemlere dahil edilmesi ile birlikte, daha iyi hasta sonuçlarının elde edileceği yeni cerrahi yaklaşımlar geliştirilecektir. Bu yazı robotların ürolojideki kullanımının tarihçesini ve gelişmelerini gözden geçirmekte, günümüzdeki uygulamalarını vurgulamaktadır.

Anahtar sözcükler: da Vinci robotik sistem; robot; robotik cerrahi; üroloji.

Abstract

The incorporation of robots into surgical technology is a relatively recent development. The robot-assisted surgery is in its early years today, however indications for its use in surgery are rapidly expanding. New robotic surgical applications and techniques are being developed and reported everyday. With the increase in their use and incorporation of new technological advances into robotic systems in the future, there will be continued development of new surgical approaches with improved patient outcomes. This paper reviews the history and developments of the use of robots in urology, and emphasizes its current applications.

Key words: da Vinci robotic system; robot; robotic surgery; urology.

Geliş tarihi (Submitted): 10.02.2010

Yirmibirinci yüzyılın bu ilk yarısında robotik sistemlerin cerrahi alanlarda kullanıma girmesi heyecan verici ve çok önemli bir teknolojik gelişim olarak karşımıza çıkmaktadır. Gelecekte çok büyük bir potansiyele sahip olacak bu sistemler, günümüzde başdöndürücü bir hızla gelişim göstermektedir.

Son 10 yılda özellikle laparoskopik cerrahi alanında dev adımlar atılmış ve laparoskopinin kullanımının yaygınlaşmasıyla ortaya çıkan teknik kısıtlılıklar robotik cerrahi sistemlerin kullanılmasını gündeme getirmiştir.

Minimal invazif prosedürlerde robotik cerrahi sistemlerin kullanımının birçok potansiyel avantajı bulunmaktadır. Modern laparoskopik sistemlerin sağladığı iki boyutlu görsel imajların aksine özellikle açık cerrahiye alışkın cerrahlar için robotik sistemler sürekli bir üç boyutlu görüntü ve derinlik hissi vermektedir.

Ayrıca yine bu robotik sistemler yorulmak bilmeyen kolları ile cerraha yaptığı işlemlerde devamlılık avantajı sunmaktadır. Standart laparoskopik ekipmanlar cerraha dört dereceli bir hareket kolaylığı sunarken modern robotik sistemler bir insan elinin ve el bileğinin hareketlerine benzeyen altı hatta yedi derecede hareket özgürlüğü sağlamaktadırlar.

Modern robotik cerrahi sistemler

Modern robotik sistemler üç kategoride incelenmektedirler:^[1]

- Aktif sistemler
- Semiaktif sistemler
- Master-slave sistemler

Aktif sistemlerin cerrahın süpervizyonu altında otonomik olarak bir prosedürü gerçekleştirecek yapay

zekaları vardır. Robodoc,^[2] Probot^[3] ve PAKY^[4-6] bu grubun modern örneklerini teşkil etmektedirler. *Semiaktif* sistemlerin ise hem otomatik hem de cerrah tarafından yönetilen komponentleri bulunmaktadır.

Bu sistemler içerisinde günümüzde en çok kabul görmüş ve en fazla uygulama alanı bulmuş olan *master-slave* sistemlerdir. Bu sistemlerin özelliği uzaktan bir kumanda konsolu aracılığı ile cerrahın robotu yönetmesinden ibarettir. Diğer sistemlerin aksine robotun kendisine ait bir otonomisi yoktur. Bütün yönetim cerrahın kendisindedir. Bu tür sistemlerin geliştirilmesine ilk olarak 1970'li yıllarda NASA (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) öncülüğünde, uzayda rahatsızlanabilecek bir astronotun uzaktan kumanda ile uzayda tedavi edilebileceği düşüncesi ile başlanmıştır. Bu düşünceden yola çıkarak ilk olarak 1997 yılında, da Vinci robotik sistemin prototipi ortaya çıkartılmış ve 2000 yılında da FDA (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi) onayı alınmıştır. Ancak master-slave sistemler için FDA, cerrahın hasta ile aynı operasyon odasında bulunmasını zorunlu kılmaktadır. Aesop, da VinciTM ve Zeus robotik sistemleri bu grubun modern örneklerini teşkil etmektedirler. Bunların arasında, da Vinci robotik cerrahi sistemi en yaygın olarak kullanılanıdır.

Da Vinci robotik cerrahi sistemi

Da Vinci robotik cerrahi sistemi bir robotik kule ve cerrah konsolünden oluşmaktadır. Robotik kule, binoküler bir optik kamera ve üç tane robotik koldan ibarettir (Şekil 1).

Cerrahın bulunduğu konsolde ise ameliyat sahasının üç boyutlu büyütülmüş yüksek çözünürlüklü görüntüsü ve robotik kolların hareketlerinin yönetildiği kumanda sahası bulunmaktadır. Binoküler optik sayesinde cerrah konsol başında operasyon sahasını üç boyutlu ve derinlik hissi mevcut bir şekilde görebilmektedir (Şekil 2).

Robotik cerrahinin günümüzdeki uygulama alanları

Robotik teknoloji ilk olarak 1994 yılında Kavoussi ve ark.^[7] tarafından laparoskopik ameliyatları asiste etmek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Kolesistektomi, varis ligasyonu ve mesane süspan-siyon ameliyatlarında robotik cerrahi başarıyla kullanılmışlardır. Bu operasyonlar esnasında standart laparoskopik işlemler uygulanmıştır.^[7] Robotik sis-



Şekil 1 da Vinci S robotik sistem.



Şekil 2 Robotik konsoldaki üç boyutlu görüntü ve robotik kolların yönetildiği kumanda sahası (sol) ile binoküler optik (sağ).

temlerin ilk olarak geniş bir klinik uygulama alanı bulması Avrupa'da gerçekleşmiştir. Cadiere ve ark.^[8] 1997-2001 yılları arasında 146 hastayı da Vinci robot ile opere etmişlerdir. Vakalar genellikle genel cerrahi vakaları olmakla beraber iki radikal prostatektomi ve bir varikoselektomi ameliyatını da içermekteydi. Operasyonlar esnasında robottan kaynaklanan hiçbir komplikasyon ile karşılaşılma ve yazarlar sistemin emniyetli ve uygulanabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) ise ilk olarak Talamini ve ark.^[9] 2000-2001 yılları arasında, da Vinci robotik sistem ile olan cerrahi tecrübelerini bildirmişlerdir. Toplam 211 hastadan oluşan serileri genel cerrahi ameliyatlarını ve 15 tane donör nefrektomiyi içermekteydi. Bu çalışmanın sonunda yazarlar, robotik cerrahi sonuçlarının standart laparoskopi ile paralellik gösterdiğini ve bu yüzden robotik cerrahinin uygulanabilir bir seçenek olduğunu belirtmişlerdir.

Bütün bu gelişmelerin ışığında robotik cerrahi sistemler daha yaygın uygulama alanları bulmuş, birçok merkezde genel cerrahide, torasik cerrahide, ortopedik cerrahide, pediatrik ve ürolojik ameliyatlarda kullanılmaya başlanmıştır.^[10] Robotik cerrahinin ürolojide uygulandığı başlıca ameliyatlar şunlardır: radikal prostatektomi, piyelooplasti, psoas hitch, boari

flap, üreteral reimplantasyon, radikal sistektomi, ileal neobladder, donör nefrektomi, adrenalektomi, radikal ve basit nefrektomi, parsiyel nefrektomi, sakrokolpopexi. Bu bölümde robotun ürolojide en yaygın uygulandığı ameliyatlar ayrıntılı bir şekilde incelenecektir.

Robot yardımlı radikal prostatektomi

Robotik cerrahinin en fazla uygulandığı ve en iyi sonuçlarının alındığı ürolojik ameliyat radikal prostatektomi ameliyatı olmuştur. İlk robot yardımlı radikal prostatektomi (RYRP) operasyonu Mayıs 2000'de Binder ve Kramer tarafından Frankfurt'ta yapılmıştır.^[11] ABD'de ise bu operasyon ilk kez Menon ve ark. tarafından Ekim 2000'de Detroit'te gerçekleştirilmiştir.^[12] Radikal prostatektomi ameliyatı ayrıntılı disseksiyon ve dikiş atma zorlukları bulunan teknik olarak güç bir ameliyattır. Altı derece hareket kabiliyeti olan enstrümanlar da Vinci robotik sistemin radikal prostatektomi ameliyatındaki en önemli avantajını oluşturmaktadır. Kendi eksenini etrafında 540° dönebilen enstrümanlar, kemik pelvis gibi erkeklerde dar ve kısıtlı bir alanda hareket etme kabiliyetini oldukça kolaylaştırmaktadır (Şekil 3). Bu sayede nörovasküler demetin korunacağı ameliyatlarda ince ve ayrıntılı disseksiyon kolaylıkla yapılabilmektedir. Ayrıca robotun üç boyutlu görüntüsü ve hareketleri filtre etmesi bu disseksiyon işlemini oldukça kolaylaştırmaktadır. Yine bu dar alanda oldukça zor olan üretra ile mesanenin anastomozu, enstrümanların hareket kabiliyeti sayesinde rahatça uygulanabilmekte ve anastomoz su sızdırmaz bir şekilde yapılabilir.

Bütün bu avantajlarından dolayı radikal prostatektomi ameliyatlarında robotik cerrahinin kullanımı baş döndürücü bir hızla artmış ve halen de artmaktadır. ABD'de 2003 yılında 2,648 hastaya RYRP operasyonu yapılmış, bu sayı her yıl artarak, 2007 yılında 55,000 hastaya ulaşmıştır. Bu rakam 2007 yılında robot ile yapılan tüm radikal prostatektomi operasyonların yaklaşık olarak %65'ini oluşturmaktadır.

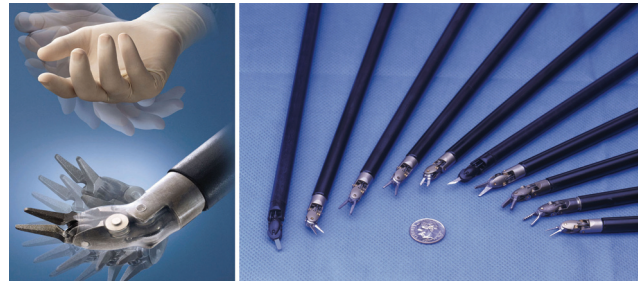
Operasyona hazırlık

Robotik prostatektomi için genelde biopsiden sonra 4-6 hafta geçmesi tercih edilmektedir. Ayrıca aspirin veya diğer antiagreganların önceden kesilmesi gerekmektedir. Barsak temizliği için bir gün önceden berrak diyet verilmesi ve laksatif kullanılması yeterlidir. Antibiyotik profilaksisi yapılmalı ve

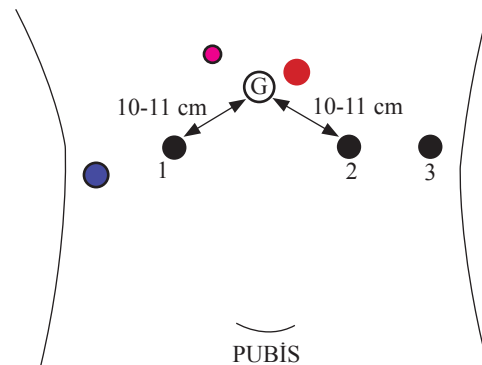
ayrıca kompresyon çorapları giydirilmelidir. Emboli profilaksisi için düşük molekül ağırlıklı heparin verilmesi merkezlerin seçimine bağlı olup standart bir uygulama değildir. Anesteziye başlandıktan sonra nazogastrik tüp yerleştirilip, üretral Foley kateter konulmalıdır.

Hastanın pozisyonu ve portların yerleştirilmesi

Hastaya pozisyon verilirken brakial basıyı önlemek için kollara ve omuza köpük yastıklarla destek yapılmalıdır. Bacaklar hafif fleksiyona alınıp abduksiyon halinde tutulmalıdır. Bu şekilde robot bacakların arasından hastaya yaklaştırılabilmektedir. Ayrıca her iki kol hastaya yapışık halde, asistanların hareket alanının dışında kalmalıdır. Sonraki aşamada portlar yerleştirilip, Trendelenburg pozisyonu verilir ve robot hastaya yaklaştırılıp portlara tespit edilir. Radikal prostatektomi operasyonunda portların yerleşimi Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 3 Altı derece hareket serbestisi bulunan ve 540° dönebilen robotik enstrüman.



Şekil 4 Robotik radikal prostatektomi operasyonunda port düzeni. Küçük kırmızı daire: optik port; siyah daireler: 1., 2. ve 3. robotik kollar; mavi daire: 12 mm asistan portu; büyük kırmızı daire: 5 mm asistan portu.

Cerrahi teknik

Robot yardımlı radikal prostatektomi operasyonu transperitoneal veya ekstraperitoneal yoldan yapılabilmektedir. Her iki yaklaşımın da kendine özgü avantajları bulunmakla beraber, en sık olarak transperitoneal yaklaşım tercih edilmektedir.^[13] Transperitoneal RYRP operasyonunda cerrahi basamaklar sırasıyla aşağıdaki şekildedir:

1. Portların yerleştirilmesi, hastaya pozisyon verilmesi ve robotun monte edilmesi
2. Peritonun insizyonu ve mesanenin düşürülmesi
3. Endopelvik fasyanın açılması ve dorsal ven kompleksinin bağlanması
4. Mesane boynu diseksiyonu
5. Vaz deferensler ve vezikula seminalislerin serbestleştirilmesi
6. Pedikül kontrolü ve nörovasküler demetin prostattan ayrılması
7. Posterior planın oluşturulması
8. Apikal diseksiyon ve üretranın kesilerek prostattan tamamen serbestleştirilmesi
9. Üretrovezikal anastomoz
10. Portlardan birinin genişletilerek prostatin dışarı alınması

Radikal prostatektomi operasyonu ile ulaşılması amaçlanan fonksiyonel ve onkolojik sonuçları 3 başlık altında incelemek mümkündür;

1. Kanser kontrolü (cerrahi sınır negatifliği ve prostat spesifik antijen düzeyi)

Robotik radikal prostatektomi operasyonu nispeten yeni yapılmakta olan bir operasyondur; 10

yıllık ve daha uzun dönem sonuçları henüz rapor edilmemiştir. Ancak robotik radikal prostatektomi operasyonu hızla gelişmekte ve yeni teknikler rapor edilmektedir.^[14] İlk dönemlerde rapor edilen cerrahi sınır pozitifliklerinin yerine son dönemlerde oldukça düşük cerrahi sınır pozitiflikleri rapor edilmeye başlanmıştır.^[15] Açık radikal prostatektomilerin büyük serilerinde ise cerrahi sınır pozitiflik oranları %12.9-19.9 arasında değişmektedir. Tablo 1'de çeşitli merkezlere ait cerrahi sınır pozitiflik oranları verilmiştir. Patel ve ark.^{'m[16]} ilk 100 vakalarında %13 olan cerrahi sınır pozitifliği sonraki 100 vakada %8'e düşmüştür. Menon ve ark.^[17] 2,766 hastada bütün evrelerde toplam %13 cerrahi sınır pozitifliği ve %84 beş yıllık biyokimyasal nüksüz sağkalım oranı bildirmişlerdir.

2. Cinsel fonksiyon sonuçları

Radikal prostatektomi operasyonlarından sonra erektil disfonksiyon, nörovasküler demete direkt travma, elektrokoter kullanımına bağlı direkt travma veya sinirlerin traksiyonuna bağlı neuropraksi neticesinde oluşabilmektedir.^[18] Hastanın yaşı, operasyon öncesi cinsel fonksiyon durumu ve cerrahi teknik, hastanın operasyon sonrasındaki erektil durumunu belirleyen temel faktörlerdir.

Robotik cerrahinin gelişimi ile birlikte prostatin anatomisi daha iyi tanımlanmış, prostat bezinin çevresindeki nörovasküler yapıların ve fasyaların anatomisi daha iyi anlaşılmıştır. Tewari ve ark.^[19] prostat bezinin çevresindeki nörovasküler yapıların üç ayrı zonda bulunduğunu belirtmişlerdir; *proximal neurovascular plate*, *predominant neurovascular bundle* (PNVB) ve *accessory neural pathways*. Son yıllarda robotik cerrahide nörovasküler yapıların daha iyi korunmasına yönelik birçok teknik geliştirilmiştir. Patel ve ark.^[16] PNVB erken retrograd serbestleştirilmesi tekniğini tarif etmişlerdir. Ahlering ve ark.

Tablo 1. Robot yardımlı radikal prostatektomide cerrahi sınır pozitiflik oranları

	Hasta sayısı	Cerrahi sınır pozitifliği [n (%)]	pT2	pT3	pT4
Borin ve ark. ^[14]	400	50 (%12.5)	%6.1	%19.0	%40.0
Menon ve ark. ^[17]	2,652	344 (%13)	-	-	-
Tewari ve ark. ^[19]	215	14 (%6.5)	%4.8	-	-
Zorn ve ark. ^[20]	300	61 (%20.9)	%15.1	%52.1	-
Joseph ve ark. ^[21]	325	44 (%13)	%9.9	T3a:%37 T3b:%27	-
Patel ve ark. ^[22]	1,500	140 (%9.3)	%4.0	%33	%40

ise atermal tekniği tarif etmişlerdir.^[23] Henry Ford hastanesinden Menon ve ark.^[17] sinir koruyucu cerrahide “Veil of Aphrodite” tekniğini tanımlamışlardır. Bu teknikte prostatik fasya ile prostat kapsülü arasında bir disseksiyon planı oluşturularak PNVB korunmaktadır. Tablo 2’de çeşitli merkezlerin RYRP sonrasındaki cinsel fonksiyon sonuçları verilmiştir.

3. İdrar kontrol sonuçları

Son yıllarda robotik radikal prostatektomi operasyonlarından sonra yüksek idrar kontrol oranları rapor edilmektedir. Robotik cerrahideki üç boyutlu görüntü yardımı ile prostat apeksinin daha iyi diseksiyonu yapılabilmektedir. Sonuçta hem üretral sfinkter daha iyi korunmakta hem de daha uzun bir fonksiyonel üretra elde edilebilmektedir. Son yıllarda uygulanmaya başlanan anterior ve posterior rekonstrüksiyonlar (Şekil 5) ile daha iyi kontinans oranları elde edildiği bildirilmektedir (Tablo 3).

Robotik piyeloplasti

Robotik cerrahi, piyeloplasti gibi rekonstrüktif ameliyatlarda da başarı ile uygulanmaktadır. Robotun standart laparoskopiyeye göre en belirgin avantajı rekonstrüksiyonun ve intrakorporeal dikiş atmanın kolay olmasıdır. İlk robotik piyeloplasti operasyonu

1999 yılında domuz modeli üzerinde yapılmıştır.^[24] Bunu, kısıtlı sayıda hastada yapılan operasyonlar izlemiş ve bu operasyonlarda başarılı sonuçlar bildirilmiştir.^[25-28] Gettman ve ark.^[29] laparoskopik piyeloplasti ile robotik piyeloplasti yaptıkları hastaları kıyaslamışlar, robotik cerrahide operasyon ve anastomoz sürelerinin daha kısa olduğunu bildirmişlerdir.

Hasta seçimi ve hazırlanması

Hastaların operasyon öncesi kesin tanısı için intravenöz piyelogram, bilgisayarlı tomografi (BT) ve/veya diüretikli renogram gibi kombine incelemeler yapılmalıdır. Son yıllarda çaprazlayan damarların %40-70 gibi çok yüksek oranlarda görüldüğünün bildirilmesinden dolayı, BT angiografik incelemeler rutin bir şekilde yapılmaya başlanmıştır (Şekil 6).

Operasyon endikasyonları açık veya laparoskopik cerrahi ile aynıdır. Pediatrik veya sekonder piyeloplasti vakalarında da başarı ile uygulanmaktadır. Ayrıca üreteropelvik bileşke darlığına böbrek taşının eşlik ettiği durumlarda da robotik cerrahinin uygulanabilirliği rapor edilmiştir.^[30]

Operasyona hazırlık

Operasyon öncesinde veya sırasında uygulanabilecek, antegrad veya retrograd, birçok stent uygulama

Tablo 2. Robot yardımcı radikal prostatektomide cinsel fonksiyon sonuçları

	Hasta sayısı	Değerlendirme	3 ay	6 ay	12 ay	24 ay
Menon ve ark. ^[17]	2,652	IIEF-5	-	-	%70	%88
Tewari ve ark. ^[19]	215	IIEF-5	-	-	%87	-
Zorn ve ark. ^[20]	300	IIEF-5	%53	%61	%80	%83
Joseph ve ark. ^[21]	325	IIEF-5	%46	-	%70	-
Patel ve ark. ^[22]	500	IIEF-5	-	-	%78	-
Chien ve ark. ^[31]	56	UCLA-PCI	%54	%66	%69	-

UCLA-PCI: UCLA Prostate Cancer Index, IIEF-5: The 5-item International Index of Erectile Function.

Tablo 3. Robot yardımcı radikal prostatektomide idrar kontinans sonuçları

	Hasta sayısı	1 ay	3 ay	6 ay	12 ay	Kontinans tanımı
Menon ve ark. ^[17]	2652	%50	%90	-	%95	Hiç ped kullanmıyor veya 1 tane emniyet pedi
Tewari ve ark. ^[19]	215 ^a	-	%50	%62	%82	Hiç ped kullanmıyor veya 1 tane emniyet pedi
	304 ^b	-	%77	%86	%91	1 tane emniyet pedi
	182 ^c	-	%83	%91	%97	
Zorn ve ark. ^[20]	300	%23	%47	%68	%90	Hiç ped kullanmıyor veya 1 tane emniyet pedi
Patel ve ark. ^[22]	500	-	%89	%95	-	Hiç ped kullanmıyor

^aHiç bir ek yöntem uygulanmamış kontrol grubu, ^banterior rekonstrüksiyon, ^canterior + posterior rekonstrüksiyon.

teknikleri tarif edilmiştir. Bazı hastalara pasif dilatasyon amacıyla operasyon öncesinde üreteral double-J stent takılmaktadır. Bizim tercihimiz ise operasyonun başlangıcından hemen önce ucu açık 5Fr üreter kateteri takılması şeklindedir. Bu şekilde pelvisin pasif bir şekilde dilatasyonu sağlanmakta ve diseksiyon (pelviolizis) kolaylaşmaktadır. Bu kateter mesaneyi drene eden bir 16F Foley sondaya bağlanmaktadır (Şekil 7).

Hastanın pozisyonu ve portların yerleştirilmesi

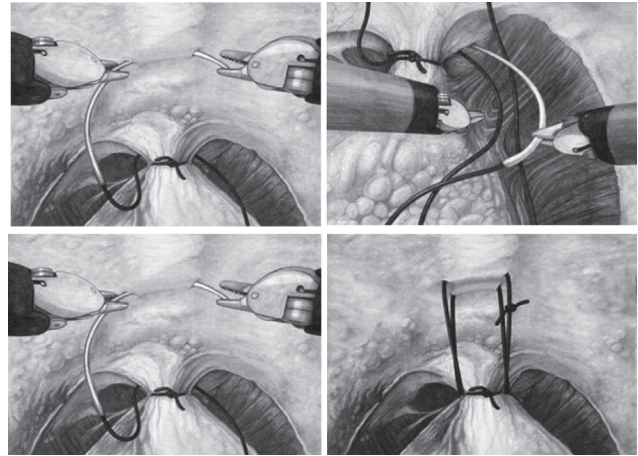
Hasta 45° lateral dekubitus pozisyonuna alınır. Üreteral ve Foley kateterler silinip cerrahi sahanın içine alınır. Trokarların yerleşimi Şekil 8’da gösterilmiştir. Robot piyeloplasti operasyonunun yapılacağı tarafa yanaştırılır. Transperitoneal veya retroperitoneal yaklaşım uygulanabilmektedir. Ancak, transperitoneal yaklaşımda daha geniş operasyon sahası sağlanmakta ve çaprazlayan damarlar daha iyi görülebilmektedir.

Cerrahi teknik

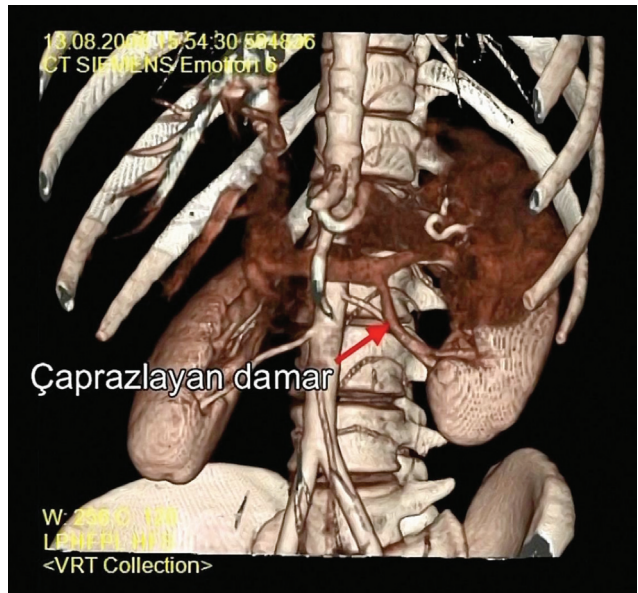
Piyeloplasti operasyonlarının bütün tipleri robotik olarak yapılabilir. Ancak Anderson-Hynes piyeloplasti en çok uygulanan tekniktir. Özellikle çaprazlayan damar varlığında ve/veya geniş bir renal pelvis olduğunda tercih edilmektedir. Sağ veya sol üreteroplevik bileşke (ÜPB) darlığı olan hastalarda ilk önce Toldt çizgisi insizyonu yapılır ve gerota fasyası bulunur. Kolon mediale doğru mobilize edilir ve üreter bulunarak, ÜPB’ye kadar disseke edilir. Üreter ve renal pelvis üzerine 4-0 poliglaktin tespit ve oryantasyon sütürleri konur ve sonra dikkatli bir şekilde renal pelvis disseke edilip serbestlenir. Bundan sonra darlığın olduğu bölgenin transseksiyonu yapılır, üreter spatule edilir ve pelvisteki fazlalıklar eksize edilir. Eğer çaprazlayan damar varsa damar anastomoz hattının altında kalacak şekilde transpoze edilir. Anastomoz işleminde ilk olarak posterior duvar 4-0 poliglaktin ile dikilir. Anterior anastomoz tamamlanmadan önce antegrad veya retrograd double-j stent takılır. Daha sonra yine 4-0 poliglaktin sütür ile anterior anastomoz tamamlanır ve loja bir adet dren konularak operasyon sonlandırılır.

Robot yardımlı parsiyel nefrektomi

Robotik enstrümanların 6 derece hareket serbesliği ve 540° dönebilme avantajının en iyi kullanıldığı ameliyatlardan birisidir. Robotik parsiyel nefrektomi



Şekil 5 Anterior rekonstrüksiyon.



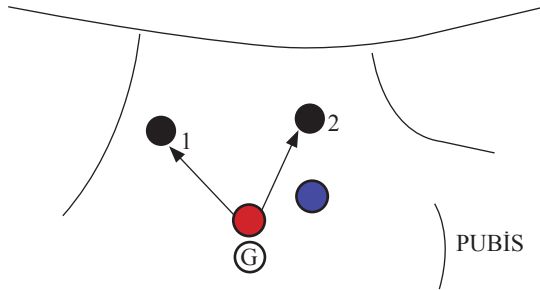
Şekil 6 BT angiografide sol böbrekte çaprazlayan damar (kırmızı ok) görüntüsü.

son üç yıl içerisinde giderek daha yaygın uygulanmaktadır. Burada konsol başındaki cerrah kadar hasta başındaki asistan da bir o kadar önemlidir. Robotik parsiyel nefrektomide port düzeni hastanın fiziksel yapısı ve tümörün lokalizasyonu ile değişkenlik göstermekle birlikte piyeloplastideki benzerdir.

Robotik parsiyel nefrektomi ameliyatlarında sıcak iskemik süresini kısa tutmak amacıyla mümkün olan en kısa sürede böbreğin tümörlü kısmın eksizyonu ve dikilmesi amaçlanmaktadır.^[32-34] Rogers ve ark.^[35] çalışmalarında robotik parsiyel nefrektominin



Şekil 7 Sol piyeloplasti için hastanın pozisyonu ve Foley sondaya bağlanmış 5 Fr ucu açık üreter kateteri.



Şekil 8 Robotik piyeloplasti operasyonunda sol taraf için port düzeni. Kırmızı daire: optik port; siyah daireler: 1. ve 2. robotik kollar; mavi daire: asistan portu.

hiler yerleşimli böbrek tümörlerinde de uygulanabilir olduğunu, robotun özellikle hiler tümörlerin rezeksiyonunda ve rekonstrüksiyonunda kolaylık sağladığını bildirmişlerdir.

Robot yardımcı radikal sistektomi

Radikal sistektomi operasyonu da son yıllarda robot yardımcı yapılmaya başlanmış ve oldukça olumlu sonuçlar alınmaya başlanmıştır. Ancak robot yardımcı radikal sistektomi (RYRS) operasyonu henüz gelişme evresinde olan bir operasyondur. Port düzeni robotik prostatektominkine benzetmekle birlikte optik port 2-3 cm daha yukarıya konulmaktadır. Bu port düzeni bifurkasyona kadar olan pelvik lenf düğümlerinin diseksiyonuna imkan vermektedir. Diversiyonlar genelde ufak bir insizyon vasıtası ile vücut dışında yapılmaktadır. Bunun yanı sıra sistektomi sonrası ileal loop veya ileal neo-bladder'ı intrakorporeal uygulayan ekoller de vardır.^[36,37]

Yapılan yayınlarda RYRS operasyonunun uygulanabilir ve emniyetli bir yöntem olduğu bildirilmiştir.^[38-42] Pruthi ve Wallen, 50 hastada kısa dönem onkolojik ve klinik sonuçları rapor etmişlerdir.^[43] Bu çalışmada hastaların hepsinde cerrahi sınırlar negatif olarak saptanmış, ayrıca onkolojik ve klinik kısa dönem sonuçların uygulanabilir ve olumlu olduğu bildirilmiştir.

Robotik cerrahinin avantaj ve dezavantajları

Bütün teknolojilerde olduğu gibi robotik cerrahi sistemlerin de avantaj ve dezavantajları vardır. Robotik sistemi satın almak ve ekipmanlarının idamesini sağlamak oldukça yüksek maliyetlidir. Dolayısıyla bu sistemlerle yapılan ameliyatların maliyeti de yüksek olmaktadır. ABD Tulane Üniversitesi Üroloji Bölümü'nden sunulan bir çalışmada; robotik radikal prostatektomi yapılan bir hasta için hastane maliyetinin ortalama \$43,000 olduğu bildirilmiştir.^[44] Bugün için bu fiyatlar oldukça yüksek olmakla birlikte, robotik sistemlerin kullanımının yaygınlaşması ve seri üretiminin gerçekleşmesi durumunda gelecekte fiyatların aşağıya düşmesi beklenmektedir.

Robotun kollarının laparoskopik aletlere oranla daha büyük olması nedeniyle kısıtlı alanlarda yapılan ameliyatlarda kollar birbiri ile veya asistan portu ile sıkışabilmektedir. Sistemin dezavantajlarından bir tanesi de robotik kolları uzaktan kumanda eden cerrahın negatif geribildirimden yoksun kalması, dokunun veya sütür materyalinin gerginliğini ve direncini ölçememesidir. Bunun neticesinde sütürler kopabilmekte, dikiş iğneleri kırılabilir. Ancak artan deneyimle bu sorunlar giderilmektedir. Robotik sistemlere negatif geribildirim kazandırılması için günümüzde çalışmalar tüm hızıyla devam etmektedir.

Robotun operasyonlar öncesinde hazırlanması ve önceden laparoskopik olarak yerleştirilmiş olan portlara tespit edilmesi gerekmektedir (set-up zamanı). Bütün bu işlemlerin neticesinde robotik cerrahilerin genel olarak klasik laparoskopik cerrahilere oranla operasyon süreleri daha uzun olmaktadır. Ancak sisteme aşinalık kazanıldıkça robotun set-up zamanının ve toplam operasyon sürelerinin azalması beklenmektedir. Ahlering ve ark.^[45] yaptıkları bir çalışmada robotik radikal prostatektomilerde set-up zamanının öğrenme eğrisi ile birlikte 32 dk'den 17 dk'ye indiğini göstermişlerdir.

Robotik cerrahi sistemlerin en önemli avantajlarından bir tanesi, robotik kolların hareket zenginliği, kolların ucundaki efektör kısımlarının 6 yöne doğru hareket kabiliyetlerinin bulunmasıdır. Robotik kolların ölçülü hareketleri ve titremeyi önleyici fonksiyonları sayesinde kompleks cerrahi işlemlerde daha titiz ve hassas davranmak mümkündür. Bu özelliklerin en çok değer kazandığı ameliyatlarda kısıtlı alanlarda yapılan ameliyatlardır. Bunlara örnek olarak toraks içinde gerçekleştirilen kalp ameliyatlari ve pelvis içinde gerçekleştirilen sinir koruyucu prostat ameliyatlari verilebilir.^[46,47] Ayrıca kumanda konsolunun içerisinde operasyonu oturarak gerçekleştiren cerrahın daha az yorulması sistemin diğer bir avantajıdır. Diğer bir avantaj ise gerek cerrahın gerekse de hastanın kan yoluyla hastalık bulaşması riskinin olmamasıdır.

Bu sistemlerin diğer bir avantajı ise kullanılan gelişmiş optik sistemler aracılığı ile üç boyutlu görüntü özelliği ve derinlik hissi vermesidir. Böylece dokular arasındaki mesafeler daha iyi ve net olarak ölçülebilmektedir. Dikkatli ve ayrıntılı manevralar gerektiren anastomoz ameliyatlari, nörovasküler sinir demetinin korunduğu prostat ameliyatlari, kardiyak by-pass ameliyatlari gibi ameliyatlari daha kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir.^[46-48]

Robotik cerrahinin geleceği

Robotik cerrahi sistemlerin ilk kullanılmaya başlanmasından sonra günümüze kadar gösterdikleri gelişmeler oldukça etkileyicidir. Bu sistemlerin kullanımının yaygınlaşması ile birlikte gelecekte robotların kabiliyetlerinin artırılması, maliyetlerinin azaltılması ve daha fazla uygulama alanı bulması planlanmaktadır. Gelecekte robotik kolların operasyon odalarının tavanına monte edilmesi, daha küçük çaplı ekipmanların ve robotik portların üretilmesi, cerrahla beraber asistan için de üç boyutlu görüntünün sağlanması planlanmaktadır. Son yıllarda tek bir delikten girilerek yapılan tek port cerrahiler uygunmaya başlanmıştır. Kaouk ve ark.^[49] ise insanlarda ilk robotik tek port cerrahiyi yapmışlardır. Bu çalışmada, radikal prostatektomi, radikal nefrektomi ve piyeloplasti operasyonları tek bir porttan girilerek robotik olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, tek port cerrahilerde görülen enstrümanların birbiri ile çakışmasının, robotik cerrahideki enstrümanların artikülasyonu sayesinde görülmediğini bildirmişlerdir.

Sonuç

Robotik cerrahi sistemlerin gerçek faydaları, mevcut olan açık veya laparoskopik cerrahi yöntemleri taklit etmeleriyle değil sahip oldukları özellikler sayesinde cerrahi operasyonlara yeni yaklaşımlar ve teknikler kazandırmaları ile ortaya çıkacaktır. Şimdiden ürolojik operasyonların birçoğunda uygulanmakta olan robotik cerrahi henüz gelişiminin başlangıç yıllarındadır. Gelecekte bu teknolojinin daha gelişeceği ve daha ucuz maliyetlerle uygulanabileceği göz önünde tutulmalıdır.

Çıkar çatışması

Yazarlar, herhangi bir çıkar çatışmasının söz konusu olmadığını bildirmişlerdir.

Kaynaklar

1. Schneider O, Troccaz J. A six-degree-of-freedom passive arm with dynamic constraints (PADyC) for cardiac surgery application: preliminary experiments. *Comput Aided Surg* 2001;6:340-51.
2. Paul HA, Bargar WL, Mittlestadt B. Development of a surgical robot for cementless total hip arthroplasty. *Clin Orthop* 1992;285:57-66.
3. Davies BL, Hibberd RD, Ng WS, Timoney AG, Wickham JE. The development of a surgeon robot for prostatectomies. *Proc Inst Mech Eng [H]* 1991;205:35-8.
4. Cadeddu JA, Bzostek A, Schreiner S. A robotic system for percutaneous renal access. *J Urol* 1997;158:1589-93.
5. Su LM, Stoianovici D, Jarrett TW. Robotic percutaneous access to the kidney: comparison with standard manual access. *J Endourol* 2002;16:471-5.
6. Cadeddu JA, Stoianovici D, Chen RN, Moore RG, Kavoussi LR. Stereotactic mechanical percutaneous renal access. *J Endourol* 1998;12:121-5.
7. Kavoussi LR, Moore RG, Partin AW, Bender JS, Zenilman ME, Satava RM. Telerobotic assisted laparoscopic surgery: initial laboratory and clinical experience. *Urology* 1994;44:15-9.
8. Cadiere GB, Himpens J, Gernay O, Izizaw R, Degueldre M, Vandromme J. Feasibility of robotic laparoscopic surgery: 146 cases. *World J Surg* 2001;25:1467-77.
9. Talamini MA, Chapman S, Horgan S, Melvin WS. A prospective analysis of 211 robotic-assisted surgical procedures. *Surg Endosc* 2003;17:1521-4.
10. Hanly EJ, Talamini MA. Robotic abdominal surgery. *Am J Surg* 2004;188(4A Suppl):19S-26S.
11. Binder J, Kramer W. Robotically assisted laparoscopic radical prostatectomy. *BJU Int* 2001;87:408-10.
12. Menon M, Shrivastava A, Tewari A, Sarle R, Hemal A, Peabody JO, et al. Laparoscopic and robot assisted radical prostatectomy: establishment of a structured

- program and preliminary analysis of outcomes. *J Urol* 2002;168:945-9.
13. Atug F, Castle EP, Woods M, Srivastav SK, Thomas R, Davis R. Transperitoneal versus extraperitoneal robotic-assisted radical prostatectomy: is one better than the other? *Urology* 2006;68:1077-81.
 14. Borin JF, Skarecky DW, Narula N, Ahlering TE. Impact of urethral stump length on continence and positive surgical margins in robot-assisted laparoscopic prostatectomy. *Urology* 2007;70:173-7.
 15. Atug F, Castle EP, Srivastav SK, Burgess SV, Thomas R, Davis R. Positive surgical margins in robotic-assisted radical prostatectomy: impact of learning curve on oncologic outcomes. *Eur Urol* 2006;49:866-71.
 16. Patel VR, Thaly R, Shah K. Robotic radical prostatectomy: outcomes of 500 cases. *BJU Int* 2007;99:1109-12.
 17. Menon M, Shrivastava A, Kaul S, Badani KK, Fumo M, Bhandari M, et al. Vattikuti Institute prostatectomy: contemporary technique and analysis of results. *Eur Urol* 2007;51:648-58.
 18. Nandipati KC, Raina R, Agarwal A, Zippe CD. Erectile dysfunction following radical retropubic prostatectomy: epidemiology, pathophysiology and pharmacological management. *Drugs Aging* 2006;23:101-17.
 19. Tewari A, Rao S, Martinez-Salamanca JJ, Leung R, Ramanathan R, Mandhani A, et al. Cancer control and the preservation of neurovascular tissue: how to meet competing goals during robotic radical prostatectomy. *BJU Int* 2008;101:1013-8.
 20. Zorn KC, Gofrit ON, Orvieto MA, Mikhail AA, Zagaja GP, Shalhav AL. Robotic-assisted laparoscopic prostatectomy: functional and pathologic outcomes with interfascial nerve preservation. *Eur Urol* 2007;66(5 Suppl):105-7.
 21. Joseph JV, Rosenbaum R, Madeb R, Erturk E, Patel HR. Robotic extraperitoneal radical prostatectomy: an alternative approach. *J Urol* 2006;175(3 Pt1):945-51.
 22. Patel VR, Palmer KJ, Coughlin G, Samavedi S. Robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy: perioperative outcomes of 1,500 cases. *J Endourol* 2008;22:2299-305.
 23. Ahlering TE, Skarecky D, Borin J. Impact of cautery versus cautery-free preservation of neurovascular bundles on early return of potency. *J Endourol* 2006;20:586-9.
 24. Sung GT, Gill IS, Hsu TH. Robotic-assisted laparoscopic pyeloplasty: a pilot study. *Urology* 1999;53:1099-103.
 25. Gettman MT, Neururer R, Bartsch G, Peschel R. Anderson-Hynes dismembered pyeloplasty performed using the daVinci robotic system. *Urology* 2002;60:509-13.
 26. Kozlowski PM, Corman JC, Hefty TR. Laparoscopic dismembered pyeloplasty with the daVinci Robotic System: early experience. *J Endourol* 2002;16(Suppl):A71.
 27. Peschel R, Gettman M, Bartsch G. Robotic-assisted laparoscopic pyeloplasty: initial clinical results. *Eur Urology* 2003;2(Suppl 2):46.
 28. Atug F, Woods M, Burgess S, Castle E, Thomas R. Robotic pyeloplasty in children. *J Urol* 2005;174:1440-2.
 29. Gettman MT, Peschel R, Neururer R, Bartsch G. Laparoscopic pyeloplasty: comparison of procedures performed with the daVinci robotic system versus standard techniques. *Eur Urol* 2002;42:453-8.
 30. Atug F, Castle EP, Burgess SV, Thomas R. Concomitant management of renal calculi and pelvi-ureteric junction obstruction with robotic laparoscopic surgery. *BJU Int* 2005;96:1365-8.
 31. Chien GW, Mikhail AA, Orvieto MA, Zagaja GP, Sokoloff MH, Brendler CB, et al. Modified clipless antegrade nerve preservation in robotic-assisted laparoscopic radical prostatectomy with validated sexual function evaluation. *Urology* 2005;66:419-23.
 32. Ho H, Schwentner C, Neururer R, Steiner H, Bartsch G, Peschel R. Robotic-assisted laparoscopic partial nephrectomy: surgical technique and clinical outcomes at 1 year. *BJU Int* 2009;103:663-8.
 33. Deane LA, Lee HJ, Box GN, Melamud O, Yee DS, Abraham JB, et al. Robotic versus standard laparoscopic partial/wedge nephrectomy: a comparison of intraoperative and perioperative results from a single institution. *J Endourol* 2008;22:947-52.
 34. Bhayani SB, Das N. Robotic assisted laparoscopic partial nephrectomy for suspected renal cell carcinoma: retrospective review of surgical outcomes of 35 cases. *BMC Surg* 2008;8:16.
 35. Rogers CG, Metwalli A, Blatt AM, Bratslavsky G, Menon M, Linehan WM, et al. Robotic partial nephrectomy for renal hilar tumors: a multi-institutional analysis. *J Urol* 2008;180:2353-6.
 36. Beecken WD, Wolfram M, Engl T, Bentas W, Probst M, Blaheta R, et al. Robotic-assisted laparoscopic radical cystectomy and intra-abdominal formation of an orthotopic ileal neobladder. *Eur Urol* 2003;44:337-9.
 37. Balaji KC, Yohannes P, McBride CL, Oleynikov D, Hemstreet GP. Feasibility of robot-assisted totally intracorporeal laparoscopic ileal conduit urinary diversion: initial results of a single institutional pilot study. *Urology* 2004;63:51-5.
 38. Shah NL, Hemal AK, Menon M. Robot-assisted radical cystectomy and urinary diversion. *Curr Urol Rep* 2005;6:122-5.
 39. Murphy DG, Challacombe BJ, Elhage O, O'Brien TS, Rimington P, Khan MS, et al. Robotic-assisted laparoscopic radical cystectomy with extracorporeal urinary diversion: initial experience. *Eur Urol* 2008;54:570-80.
 40. Haber GP, Crouzet S, Gill IS. Laparoscopic and robotic assisted radical cystectomy for bladder cancer: a critical analysis. *Eur Urol* 2008;54:54-62.

41. Wang GJ, Barocas DA, Raman JD, Scherr DS. Robotic vs open radical cystectomy: prospective comparison of perioperative outcomes and pathological measures of early oncological efficacy. *BJU Int* 2008;101:89-93.
 42. Rhee JJ, Lebeau S, Smolkin M, Theodorescu D. Radical cystectomy with ileal conduit diversion: early prospective evaluation of the impact of robotic assistance. *BJU Int* 2006;98:1059-63.
 43. Pruthi RS, Wallen EM. Is robotic radical cystectomy an appropriate treatment for bladder cancer? Short-term oncologic and clinical follow-up in 50 consecutive patients. *Urology* 2008;72:617-20.
 44. Burgess SV, Atug F, Castle EP, Davis R, Thomas R. Cost analysis of radical retropubic, perineal, and robotic prostatectomy. *J Endourol* 2006;20:827-30.
 45. Ahlering TE, Skarecky D, Lee D, Clayman RV. Successful transfer of open surgical skills to a laparoscopic environment using a robotic interface: initial experience with laparoscopic radical prostatectomy. *J Urol* 2003;170:1738-41.
 46. Rayman R. Robot-assisted cardiac surgery. *Semin Laparosc Surg* 2004;11:73-9.
 47. Menon M, Tewari A, Peabody JO, Shrivastava A, Kaul S, Bhandari A, Hemal AK. Vattikuti Institute prostatectomy, a technique of robotic radical prostatectomy for management of localized carcinoma of the prostate: experience of over 1100 cases. *Urol Clin North Am* 2004;31:701-17.
 48. Menon M, Hemal AK, Tewari A, Shrivastava A, Shoma AM, El-Tabey NA. Nerve-sparing robot-assisted radical cystoprostatectomy and urinary diversion. *BJU Int* 2003;92:232-6.
 49. Kaouk JH, Goel RK, Haber GP, Crouzet S, Stein RJ. Robotic single-port transumbilical surgery in humans: initial report. *BJU Int* 2009;103:366-9.
- Yazışma (Correspondence):** Doç. Dr. Fatih Atug.
Gayrettepe Mah. Cemil Aslan Güder Sok. No: 8 Gayrettepe, 34349
İstanbul, Türkiye.
Tel: 0532 313 55 93 e-posta: fatihatug@hotmail.com
doi:10.5152/tud.2010.025