

Çocuklarda robotik cerrahi uygulamaları

Rahşan ÖZCAN, Gonca TOPUZLU TEKANT

İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Çocuk Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul

Öz

Çocuklarda minimal invaziv cerrahi tekniklerin (MİCT) uygulama alanları artmaktadır. MİCT'lerin ileri uygulama şekli olan robotik sistemler (RS) yeni teknolojilerdir. Yüksek maliyet oranları, kullanım endikasyonlarının tam olarak netleşmemiş olması ve aletlerin çocuk yaş grubuna uygun olmaması çocuklarda kullanımını sınırlandırmaktadır. RS'lerin konvansiyonel endoskopik aletlere göre kusursuz büyütmeye sağlama ve ameliyat sonrası komplikasyonları aza indirmesi gibi avantajları olması nedeniyle çocuk cerrahisinde de kullanılması gündeme gelmiştir. Bu nedenle dünyada RS'lerin çocuk hastalara uyarlanması ve yeni projeler oluşturulmasıyla ilgili çalışmalar başlamıştır.

Bu çalışmada, robotik sistemlerle ilgili genel bilgi verilecek ve çocuklarda kullanımı üzerinde durulacaktır.

Anahtar kelimeler: Robotik cerrahi, çocuk, minimal invaziv girişim

Abstract

Robotic surgical procedures in children

Applications of minimally invasive surgical techniques (MIS) are increasing in childhood period. Robotic systems (RS), which are advanced application form of MIS, are new technologies. High expenditures, unsuitable tools and unclear indications for children are the limitations for use of these technologies. Use of RS in paediatric surgery becomes an issue because of great advantages about magnification and low rate of postoperative complications in comparison with conventional endoscopic tools. Therefore scientific studies for use of RS to children are increasing in number.

In this study we introduce general information about robotic systems and use of these new technologies in children.

Key words: Robotic surgery, child, minimally invasive surgery

Giriş

Çocuklarda minimal invaziv teknik olan endoskopik cerrahi girişimlerle ilgili ilk rapor 1971'de yayımlanmıştır. Bu tarihten sonra teknolojinin gelişmesi, deneyim kazanılması ile pek çok cerrah tarafından uygulanmış ve çok sayıda yayın ortaya çıkmıştır. Endoskopik girişimlerin açık cerrahi tekniklere göre azalmış operatif travma, postoperatif ağrı, düşük komplikasyon oranı, hastanede yatış süresinin kısaltılması gibi avantajları bildirilmiştir. Bununla birlikte, görüntünün 2 boyutlu olması, el-göz koordinasyonunun sağlanmasında güçlük yaşanması, kullanılan aletlerin yalnızca 4 yönlü hareket etmesi gibi kısıtlayıcı durumlar da mevcuttur⁽¹⁾.

Robot sözcüğü ilk olarak 1920 yılında Çek oyun yazarı Karel Capek tarafından yazılan "Rossum'un Evrensel Robotları" oyununda kullanılmıştır. Burada robotlar mekanik ve otonom, insani duygulardan

yoksun yaratıklar olarak anlatılmışlardır. Daha sonraları insanın yerini tamamen alabilecek, bazı alanlarda insanlara yardım edebilecek sistemlerin geliştirilmesi çalışmaları başlamıştır^(1,2).

Robotik sistemler cerrahide ilk olarak beyin cerrahisi ve ortopedi alanında kullanılmıştır. 1985'te Unimation (Westinghouse Electric, Pittsburgh, PA) tarafından geliştirilen Programmable Universal Machine for Assembly (PUMA®) isimli robot ile beyin biyopsisi yapılmıştır. Bunun hemen ardından 1992'de ROBO-DOC® (Integrated Surgical Systems Inc., Sacramento, CA) ile ortopedik girişim gerçekleştirilmiştir.

Tıp dünyasında robot kullanımı ile ilgili gelişmeler NASA'nın da dikkatini çekmiş ve Stanford Araştırma Enstitüsü ile birlikte RS'ler ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. 1990'ların başında telemanipulatörler geliştirilmiş ve el cerrahisi için kullanılmıştır. Cerrahi RS'ler hızla gelişmeye devam etmiş ve ticari boyut kazanmıştır. 1989'da ilk laparoskopik kolesistektominin uygulanmasından sonra da MİCT'ler daha da önem kazanmaya başlamıştır.

Adres: Uzm. Dr. Rahşan Özcan, Haseki Sultan M. Münif Paşa Sok. No:2/1 D:5, Fındıkzade-İstanbul
Alındığı tarih: 15.12.2015
Kabul tarihi: 16.12.2015

İlk geliştirilen RS, AESOP® (Automated Endoscopic System for Optimal Positioning) (Computer Motion, Inc., Goleta, CA)'tur. 1993 yılında ortaya çıkan bu sistem ses ile kontrol edilmektedir. Dördüncü jenerasyon AESOP HR® Hermes firması tarafından üretilmiş ve ek fonksiyonlar eklenmiştir.

ZEUS® (Computer Motion, Inc., Goleta, CA) tarafından 1998'de piyasaya sürülmüştür ve 2 ayrı alt sistemden oluşur. ZEUS kardiyak cerrahide ilk kullanılan RS'dir. 7 Eylül 2001 tarihinde, New York'daki bir cerrah RS ve telekomünikasyon cihazları kullanarak Strasbourg'daki bir hastayı ameliyat etmiştir^(1,2).

Intuitive Surgery uzaktan telecerrahi sistemini geliştirerek da Vinci® sistemini ortaya çıkarmıştır. Haziran 2000'de laparoskopik girişimlerde, Kasım 2002'de kardiyak cerrahide kullanımı FDA tarafından onaylanmıştır. 2003 yılında Intuitive Surgery Computer Motion'ı bünyesine katarak RS'ler ile ilgili tek söz sahibi firma hâline gelmiştir. Bu sistem 3 komponentten oluşmaktadır⁽³⁾.

- 1) Cerrahi konsol: Sistem paneli, kontrol paneli, ayak kontrol pedalları, görüşü sağlayan bölümü içerir. Bu konsol cerrahın ergonomisine uygun olarak tasarlanmıştır (Resim 1).
- 2) Robotik kol sistemi: Eski jenerasyon "da Vinci" robot sisteminde üç kol varken yeni jenerasyon robotlara (da Vinci S® and da Vinci Si®) dördüncü kol da eklenmiştir. Kollarda 7 yönde hareket eden eklemler mevcuttur. Tüm aletler insan el bileğinin hareketlerini taklit etmektedir. İkili lens sistemine sahip olan kamera görüntülerin 3 boyutlu algılan-

masını sağlar (Resim 2).

- 3) Endoskopik birim: Bu birim monitör, karbondioksit insuflatörü, ışık kaynağı ve kamera ünitesini içerir (Resim 3).



Resim 2. Robotik kollar.

Robotik sistemlerin, konvansiyonel endoskopik cerrahi ile karşılaştırıldığında, el becerisinin artmasını sağlaması, göz-el koordinasyonunu artırması ve 3 boyutlu görüş alanı sağlaması gibi avantajları vardır. Yine RS'lerde aletin ucunda yer alan eklem sistemi sayesinde pek çok hareket rahatlıkla yapılabilmektedir. Sistem eldeki titremeyi elimine ederek ve kusursuz hareket yeteneği sağlayarak cerrahi işlemi oldukça kolaylaştırmaktadır. Dokunma hissinin olmaması ve aletlerin henüz yeterince küçük üretilmemesi nedeniyle küçük alanlarda çalışmanın kısıtlı olması dezavantajları olarak sayılabilir⁽¹⁻³⁾.



Resim 1. Cerrahi konsol.



Resim 3. Endoskopik birim.

Bu makalede İ.Ü Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Çocuk Cerrahisi Anabilim Dalı bünyesinde ülkemizde robotik cerrahide kullanılan malzemeler ve yeni ürünlerin geliştirilmesi ve AR-GE yapılması için “Cincinnati Children’s Hospital Medical Center” ile birlikte Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığına 2219-Yurt Dışı Doktora Sonrası Araştırma Burs Programı, 1059B191400790 nolu proje kapsamında konunun yeniden irdelenmesi amaçlanmıştır.

Yanıtlandırılmaya çalışılacak sorular: Robotik cerrahinin uygulama alanlarının tespiti ve genişletilmesi için yapılabilecekler nelerdir? Robotik cerrahinin çocuklardaki uygulama alanları nelerdir? Toraks cerrahisinde robotik sistemlerin yararları ve uygulama koşulları nelerdir? Bu sistemler ülkemiz şartlarına uyarlanabilir mi ve günlük pratikte uygulanabilir hâle getirilebilir mi? Robotik cerrahiyle ilgili yeni teknolojik ürünlerin tasarımı yapılabilir mi? Yapılan yeni tasarımlarla ilgili yeni endüstriyel üretim alanlarının araştırılması olası mıdır? Ulusal birikimle (mühendislik, tıp, sanayi) yeni bir robot tasarımının oluşturulması olası mıdır? Benzer uygulamaların erişkin cerrahisindeki uygulama alanlarının belirlenmesi ve çocuk cerrahisindeki uygulama alanları ile karşılaştırılmasında elde edilecek veriler nelerdir?

Tartışma

Çocuk cerrahisi ve robotik sistemler:

Literatürde çocuklarda RS’lerin kullanımı ile ilgili yayınlar gün geçtikçe artmaktadır (Tablo 1). Çocuklarda RS’ler kullanılarak en sık yapılan ameliyatlariyeloplasti ve fundoplikasyondur. Bu olgular çocuklarda RS’ler ile yapılan cerrahi girişimlerin %46’sını oluşturmaktadır. Çocuklarda RS’ler ile ilgili ilk yayın 2001’de Meininger ve ark. (4) tarafından yayınlanmış-

Tablo 1. Çocuklarda robotik cerrahi ile ilgili ilk uygulamalar ve olgu serilerinin tarihsel gelişimi.

Çalışma	Olgu sayısı (n)	Uygulanan Cerrahi	Yaş	Operasyon Süresi (dk.)	Hastanede kalış süresi (ort. gün)	Postoperatif komplikasyon
Meininger (2001)	1	Fundoplikasyon	10 yaş	172	6	Yok
Gutt (2002)	14	Fundoplikasyon (11) Kolesistektomi (2) Salfingooferektomi (1)	12 yaş (7-16 yıl)	146 (105-180) 127,5 (105 ve 150) 95	5 2 -	Yok
Olsen (2004)	13	Piyeloplasti (retroperiton)	6.7 (3,5-16.2)	173 (76-215)	2	n:2
Meehan (2007)	50	Fundoplikasyon	5.3 yaş (1 ay-16 yaş)	146 (75-374)	1.8	İleus % 4 Disfaji % 4 Yara enfeksiyonu % 2 Gas-bloat % 2
Meehan (2008)	100	Abdominal (% 89) Torasik (% 11)	8.4 yaş (1gün-23 yaş)	157 (53 dk.-12 saat)	Bilgi yok	Bilgi yok
Albassam (2009)	50	Laparoskopik Nissen n:25 Robotik Nissen n:25	3.8 yaş 5.2 yaş	193 186	4.1 4.5	Geç mide boşalımı n:2 Geç mide boşalımı n:2
De Lambert (2013)	96	Ürolojik n:57 Abdominal n:36 Torasik n:1	7.6 yaş (0.7-18 yaş)	189 (70-550)	5.4 (2-24)	n:13

tır. Burada robotik Nissen fundoplikasyonu yapılan 2 olgu sunulmuştur. 2004'te ise Olsen ve ark.⁽⁵⁾ çocukta ilk robotik ürolojik prosedür olan piyeloplasti işlemi ile ilgili çalışmayı yayınlamıştır. Çocuklarda robotik yardımcı cerrahi uygulamaları ile ilgili ilk olgu serileri ise 2002'de Gutt ve Heller tarafından yayınlanmıştır. Bu seride 7-16 yaş aralığındaki 14 olguya fundoplikasyon, kolesistektomi ve salpingooferektomi işlemleri sorunsuz olarak yapılmıştır⁽⁶⁾. İlk veriler RS'lerin çocuklarda uygulanabilir ve güvenilir olduğu yönündedir. Ancak küçük çocuklara adaptasyon güçlüğü ve yüksek maliyetin dezavantaj olduğu bildirilmiştir. Robotik sistem teknolojilerinin gelişmesi ve yaygınlaşmasıyla birlikte olgu serilerinde artış olmuştur. 2007'de Meehan ve ark.⁽⁷⁾ 50 olgulu ilk fundoplikasyon serilerini yayınlamıştır. Bu çalışmada konvansiyonel laparoskopik tekniğe göre öğrenme eğrisinin daha kısa olduğu bildirilmiştir. Yine Meehan ve ark.⁽⁸⁾ 2008 yılında 100 olguyu ve 24 değişik tipte robotik cerrahi uygulamayı içeren serilerini de yayınlamışlardır. Bu serideki olguların %89'unu abdominal, %11'ini toraks olguları oluşturmaktadır. Yazarlar bu çalışmada RS'lerin özellikle kompleks hepatobiliyer olgularda ve torasik solid kitlelerde etkin olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Albassam ve ark.⁽⁹⁾ 2009'da yaptıkları çalışmada laparoskopik ve robotik Nissen fundoplikasyonu yaptıkları 50 olguyu karşılaştırmış ve Nissen fundoplikasyonunda robotik cerrahinin laparoskopiyeye alternatif, güvenilir bir yöntem olduğu, ancak sonuçları açısından istatistiksel bir fark olmadığı ve maliyet oranını arttırdığı vurgulanmıştır. Meehan ve ark.'nın⁽¹⁰⁾ çocukluk çağı tümörlerinde robotik cerrahiye irdeleyen çalışmasında, da Vinci'nin aslında bir robot değil bir kokpit olduğu, hareketlerin otomatik değil operatörün direkt hareketleri olduğu vurgulanmıştır. Bu çalışmada, özellikle mediastinal tümörlerde RS'lerin kullanımının ideal olduğu bildirilmiştir. Chaussy ve ark.⁽¹¹⁾ tarafından 2013'te yayınlanan bir derlemede, literatürde yer alan pediatrik robotik abdominal ve ürolojik cerrahiler irdelenmiştir. Bu çalışmada da öğrenme sürecinin laparoskopik cerrahiye göre daha kısa olduğu, kusursuz görüntü sağladığı ve güvenilir olduğu bildirilmiştir. Ancak daha fazla sayıda randomize kontrollü çalışmalar yapılarak bu bulguların desteklenmesi gerektiği belirtilmiştir. Fransa'dan 2013'te yayınlanan 96 olgulu seride de robotik cerrahinin çocuklarda güvenilir ve uygulanabilir olduğu vurgulanmıştır⁽¹²⁾.

Cundy ve ark.⁽¹³⁾ 2014'te çocuk cerrahlarının robotik cerrahi uygulamalar hakkındaki tutumları ile ilgili bir çalışma yapmış ve daha küçük, daha ucuz ve hareket yeteneği daha yüksek bu teknolojilere açık olduklarını saptamışlardır.

Çocuk ürolojisi RS'lerin en yaygın kullanıldığı alanlardır. Özellikle robotik yardımcı piyeloplasti ile ilgili çok sayıda yayın bulunmaktadır. Lee ve ark.⁽¹⁴⁾ 2006'da açık ve robotik piyeloplasti yapılan 66 olgunun sonuçlarını kıyaslamış ve robotik yöntemde operasyon süresinin uzun, ancak hastanede kalış süresinin kısa, analjezi gereksiniminin daha az olduğunu bildirmişlerdir. Murthy'nin⁽¹⁵⁾ tek cerrahın deneyimlerini aktardığı robotik ve açık pyeloplasti olgularını karşılaştırdığı çalışmasında ise hastanede kalış süresi ve postoperatif analjezik kullanım süresi açısından fark saptanmamıştır. Tasian'ın⁽¹⁶⁾ çalışmasında, robotik pyeloplastinin ana hatları anlatılmış, çocuklarda etkin olduğu ve başarı oranlarının açık yöntemle benzer olduğu bildirilmiştir. Trevisani ve ark.'nın⁽¹⁷⁾ yayınında ürolojik cerrahide açık, laparoskopik ya da robotik tekniklerin birbirlerine tam olarak üstünlüklerinin belirlenmediği, robotik cerrahinin aletlerin minyatürizasyonu ve maliyetin ucuzlatılmasıyla daha da yaygınlaşacağı belirtilmektedir. Van Batavia'da⁽¹⁸⁾ RS'lerin çocuk ürolojisinde kullanımı ve avantajları ile ilgili bir çalışma yayınlamışlardır. Song ve ark.⁽¹⁹⁾ çocuk ürolojisinde pek çok cerrahi tekniğin kolaylıkla ve güvenilir şekilde robotik olarak yapılabildiğini, ancak burada en kısıtlayıcı etkenin yüksek maliyet olduğunu bildirmişlerdir.

Piyeloplasti dışında urakal anomaliler, üreteral reimplantasyon ameliyatlarında da RS'ler kullanılmıştır. Rivera ve ark.⁽²⁰⁾ 3'ü çocuk olgu olan 11 urakal patolojili olguyu robotik yöntemle opere etmişlerdir. Urakal patolojiler için RS'lerin uygun ve kullanılabilir olduğunu, diğer patolojilerde olduğu gibi kısa hastanede yatış süresi ve minimal analjezik kullanımı sağladığını bildirmişlerdir. Schomburg ve ark.⁽²¹⁾ 20'si açık, 20'si robotik yöntemle ekstravezikal üreter reimplantasyonu yapılan olguları karşılaştırmıştır. Bu çalışmada her iki yöntemde de hastanede kalış süresi, komplikasyon oranları benzer bulunmuş ancak ağrı kesici kullanımının robotik cerrahi uygulanan grupta daha az olduğu bildirilmiştir. Weiss⁽²²⁾ 2015'deki yayınında robotik yardımcı üreteral reimplantasyonun güvenli ve efektif olduğunu, vezikoureteral reflü ve

üreterovezikal bileşke darlıklarında rahatlıkla uygulanabileceğini belirtmiştir.

Bunun yanında kompleks, ileri derecede cerrahi deneyim gerektiren prosedürler de (Mitrofanoff apendikovezikostomisi, koledok kisti, anorektal malformasyon vb) RS'ler ile rahatlıkla uygulanabilmektedir (Tablo 2). Alqahtani ve ark. (23) 2010'da değişik cerrahi robotik prosedürler içeren 144 olguluk serilerini yayınlamışlardır. Operasyon sürelerinin uzun olduğunu ancak çocuklar için güvenilir ve uygulanabilir olduğunu, özellikle anorektal malformasyonda 3 boyutlu görüntünün fistül ligasyonunu kolaylaştırdığını hatta cerrahın kahve içmesini sağlayacak kadar konforlu bir çalışma alanı sağladığını belirtmişlerdir. Albassam (24) 2011'de anorektal malformasyonlarda robot kullanımı ile ilgili ilk çalışmayı yayınlamıştır. Rektouretral fistülü olan 5 erkek olguda robotik yardımcı fistül onarımı ve pull-through işlemi yapılmıştır. Çalışmada pelviste 3 boyutlu görüntü sağlanmasının avantajları ve disseksiyonu kolaylaştırmasından söz edilmiştir.

Hepatobiliyer cerrahi alanında da RS'lerin kullanımı ile ilgili yayınlar mevcuttur. Alizai'nin (25) çalışmasında robotik hepatikojejunostomi uygulanan 27 olguluk

koledok kisti serisi sunulmuş ve robotik cerrahinin iyileşmeyi hızlandırdığı, kusursuz kozmetik sonuçları olduğu bildirilmiştir. Meehan ve ark. (26) robotik yardımcı safra yolu atrezisi, koledok kisti operasyonu yapılan 4 olguyu yayınlamış ve 3 boyutlu görüntü ve 7 ayrı hareket sağlamanın konvansiyonel laparoskopik cerrahiye göre oldukça avantajlı olduğunu vurgulamışlardır. Kim ve ark. (27) koledok kisti cerrahisinde açık ve robotik yöntemleri karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada yer alan 79 olgunun 43'ü açık yöntem, 39'u robotik yöntemle opere edilmiştir. Her iki yöntemde de hastanede kalış süresi, beslenmeye geçiş zamanı açısından fark saptanmamış, operasyon süresi robotik cerrahi yapılan grupta daha yüksek bulunmuştur.

Chung (28) robotik apendikovezikostomi revizyonu yapılan 3 olguyu sunmuştur. Famakinwa ve ark. (29) robotik yardımcı intravezikal ve ekstravezikal Mitrofanoff deneyimlerini yayınlamış ve apendikovezikostomi kontinans oranını %94,4 olarak bildirmişlerdir. 2015'te Grimsby ve ark. (30) 28 açık ve 39 robotik yardımcı apendikovezikostomi yapılan olguyu karşılaştırmışlardır. Bu çalışmaya göre her iki grup arasında komplikasyon ve re-operasyon oranları açısından fark saptanmamıştır.

Tablo 2. Değişik serilerde robotik cerrahi uygulamaları.

Çalışma	Olgu sayısı (n)	Uygulanan Cerrahi	Yaş	Operasyon Süresi (dk.)	Hastanede kalış süresi (ort. gün)	Postoperatif komplikasyon
Alqahtani (2010)	144	17 farklı tip cerrahi Anorektal malformasyon n:4	8.9 yaş	2 saat 45 dk. (50 dk.-5 saat)	Bilgi yok	n:10
Albassam (2011)	5	Anorektal malformasyon-fistül ligasyonu	6.6 ay (4-11 ay)	3.56 saat (2.17-5.08 saat)	6 (5-7)	n:1
Alizai (2014)	27	Koledok kisti-hepatikojejunostomi	5.4 yaş (0.3-15.9 yaş)	479 dk. (386-568)	6 (4-7)	n:3
Meehan (2007)	4	Safra yolu atrezisi n:2 Koledok kisti n:2	6 hafta 5,5 yaş	372 458	3 4	- -
Kim (2015)	79	Koledok kisti Robotik n:36 Açık n:43	32,5 ay 23,5 ay p<0.005	493 313 p<0.001	8 8	n:5 n:1
Chung (2015)	3	Apendikovezikostomi revizyonu	6 yaş (6-13 yaş)	165 (106-232)	-	-
Famakinwa (2013)	18	Apendikovezikostomi İntravezikal n:10 Ekstravezikal n:8	11 yaş	494.1	5.2	n:2 n:1
Grimsby (2015)	67	Apendikovezikostomi Açık n: 28 Robotik n:39	9.1 yaş	-	-	%29 %26

Artan olgu sayıları ile birlikte özellikle toraks cerrahisi gibi dar alanda, ince ve hassas hareketlerin yapılması gereken durumlarda da robotik cerrahi kullanılmaya başlanmış ve literatürde yayınlar artmaya başlamıştır (Tablo 3). 2007'de Meehan⁽³¹⁾ 37 haftalık, 2.2 kg ağırlığında bir yenidoğanda robotik yardımcı Bochdalek hernisi onarımı yapmıştır. Yazarlar yayınlarında robotik cerrahinin küçük olgularda dahi güvenilir ve uygulanabilir olduğunu, ancak aletlerin büyük olmasının en büyük kısıtlayıcı etken olduğunu belirtmişlerdir. Yine Meehan ve ark.⁽³²⁾ 2008'de 6 olguyu içeren ilk robotik yardımcı pulmoner rezeksiyon serisini yayınlamıştır. Bu olguların 4'ü infanlardan oluşmaktadır ve yazarlar küçük çocuklarda dahi RS'lerin toraks cerrahisinde güvenilir ve uygulanabilir olduğunu belirtmiştir. Meehan ve Sandler⁽³³⁾ 2008'deki yayınlarında 5 olguda mediastinal kitle rezeksiyonu (ganglionörom, ganglionöroblastom, teratom, germ hücreli tümör ve inflamatuvar tümör) yapmışlardır. Bu olguların ortalama yaşı 9.8 yaşdır. RS'lerin rijid torasik kavitede solid kitlelerde diseksiyonun kolay yapılmasını sağladığını vurgulamışlardır. Slater ve ark.'nın⁽³⁴⁾ 2009'daki çalışmasında, diyafragma anomalisi olan 8 olguda (yaş ortalaması: 3.9 ay, vücut ağırlığı ortalaması: 3.6 kg) RS kullanılmıştır. Yazarlar bu çalışmada, 12 mm'lik kameranın çocukların toraksı için büyük olduğunu ve aletlerin minyatürizasyonunun sağlanması ile olgu sayılarının

daha da artacağını vurgulamışlardır. 2009'da Andenberg ve ark.⁽³⁵⁾ da Vinci sistemi ile Morgagni herni tamiri yapılan ilk küçük olguyu (18 aylık, 7.8 kg) yayınlamıştır. 2011'de Obasi⁽³⁶⁾ özofageal duplikasyon kisti çıkardığı 2 olguyu yayınlamış ve burada RS'lerin VATS'a göre daha iyi görüntü alanı sağladığını, titretilmeyi azalttığını ve kullanılan aletlerin hareket kabiliyetlerinin daha fazla olmasının ameliyatı kolaylaştırdığını belirtmiştir. Hartwich ve ark.⁽³⁷⁾ 2012'de yaş ortalaması 9.4 yaş olan miyastenia gravisli 9 olguda robotik yardımcı timektomi serilerini sunmuş ve hastanede kalış süresinin kısa, operasyon sonrası analjezik kullanımının daha az olduğunu ve güvenilir bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir. 2015'te yayımlanan Ballouhey ve ark.'nın⁽³⁸⁾ çalışması ilk pediatrik robotik toraks cerrahisi serisidir. Bu serideki 11 olgunun (3 özofagus atrezisi, 4 mediastinal kist, 2 diyafragma hernisi, 1 gastrik tüp, 1 Heller miyotomi) yaş ortalaması 72 ay, ort. vücut ağırlığı 24.4 kg (3-51,5 kg)'dır. Bu çalışmada da RS'lerin özellikle küçük çocuklarda aletlere bağlı kısıtlanmalar olduğu, ancak tüm yaş gruplarında güvenli olduğu bildirilmiştir. Özellikle 20 kg'ın üzerindeki olgularda daha rahat uygulanabileceği belirtilmiştir. Tüm torasik robotik cerrahi ile ilgili yayınların ortak noktası RS'lerin kusursuz 3 boyutlu görüntü sağlama, derinlik hissinin kaybolmamasının avantajları, titretilmenin azalması ve aletlerin kusursuz hareket kabiliyetinin cerrahiye oldukça

Tablo 3. Robotik torasik cerrahi ile ilgili yayınların irdelenmesi.

Çalışma	Olgu sayısı (n)	Uygulanan Cerrahi	Yaş	Operasyon Süresi (dk.)	Hastanede kalış süresi (ort. gün)	Postoperatif komplikasyon
Meehan (2007)	1	Diyafragma herni tamiri/Bochdalek	37 hafta/2.2 kg	2 sa 59 dk.	-	-
Meehan (2008)	6	Pulmoner rezeksiyon	7 ay/7.9 kg 12 yaş/41 kg	164 dk. (66-280 dk.)	1.8	-
		İnfant n:4 Adölesan n:2				
Meehan (2008)	5	Mediastinal kitle rezeksiyonu	9.8 yaş/41,5 kg	113 dk. (44-156 dk.)	1.4	-
Slater (2009)	8	Diyafragma herni tamiri	3.9 ay/3.6 kg	1 sa 20 dk.	Bilgi yok	-
Andenberg (2009)	1	Morgagni herni tamiri	18 ay/7.8 kg	145 dk.	3	-
Obasi (2011)	2	Özofagus duplikasyon kisti	12 ve 15 yaş	Bilgi yok	1,5	-
Hartwich (2012)	9	Timektomi	9.4 yaş (2-15 yaş)	160.1 dk.	1.1	n:1
Ballouhey (2015)	11	Özofagus atrezisi n:3 Mediastinal kist n:4 Diyafragma hernisi n:2 Gastrik tüp n:1 Heller miyotomi n:1	72 ay/24.4 kg	190 dk. (120-310 dk.)	13,5	n:2

kolaylaştırmasıdır. Bununla birlikte, özellikle küçük yaştaki olgularda 12 mm'lik kamera ve 8 mm'lik portların büyük olması hâlen en önemli sorun olarak gözükmektedir.

Ülkemizde Sağlık Bakanlığının 2013 yılındaki verilerine göre kamu ve özel hastanelerde olmak üzere toplam 21 adet robotik cerrahi sistem bulunmaktadır. Çocuk nüfusunun ülkemizde çok olmasına karşın bu yöntemin çocuk cerrahisi uygulamalarında sınırlı olması sonucu yeterli tecrübe oluşmamıştır. Çocuklarda RS'lerin kullanımı ile ilgili ülkemizde çok az sayıda yayın mevcuttur. 2014 yılında ülkemizden Toker ve ark. (39) 8 yaşında bir olguda uyguladıkları robotik yardımcı bronkojenik kist eksizyonunu yayınlamışlardır. Bu Türkiye'den çocuklarda RS'lerin kullanımı ile ilgili ilk yayındır.

Cincinnati Children's Hospital Medical Center'da 6 aylık dönem süresince TÜBİTAK 1059B191400790 no.lu proje kapsamında yapılan gözlemlerde özellikle üreteropelvik bileşke darlıklarında ve anorektal malformasyonlu olgularda RS'lerin başarılı şekilde uygulanabildiği gözlenmiştir. Bu merkezde 2009 yılından sonra RS'ler kullanılmaktadır ve literatürde robotik cerrahi prosedürler ile ilgili yayınlanmış 12

adet çalışmaları bulunmaktadır (Tablo 4). Bu yayınların 7'si olgu serileri, 5'i olgu sunumlarıdır. İlk yayın 2011'te Noh ve ark.'nın (40) yayınladığı robotik yardımcı laparoskopik piyeloplasti operasyonu sırasında anjiokater kullanarak üreter stenti yerleştirilmesini tarifleyen 29 olguluk bir seridir. Cost ve ark. (41) 2012 yılında pediatrik renal hücreli karsinomda robotik yardımcı nefron koruyucu cerrahi ve lenf nodu diseksiyonu yaptıkları olguyu yayınlamışlardır. 2013'de Riachy'nin (42) çalışmasında, 64 olguluk bir seride standart laparoskopik ve robotik yardımcı piyeloplasti olguları karşılaştırılmış, iki yöntemin de güvenilir ve etkin olduğu, komplikasyon oranlarının benzer olduğu, ancak operasyon süresinin robotik yardımcı olgularda daha kısa olduğu bildirilmiştir. Bansal ve ark.'nın (43) çalışmasında ise 2009-2013 yılları arasında, 3 cerrahin 136 olguda gerçekleştirdiği 10 farklı ürolojik operasyon sonuçları irdelenmiş ve RS'lerin komplikasyon oranlarının az, hastanede yatış süresinin kısa ve operasyon sonrası analjezik kullanımının az olması gibi avantajları bildirilmiştir. Bansal'ın (44) bir başka çalışmasında ise robotik yardımcı ve tek port ile laparoskopik nefroüretrektomi yapılan 32 olgu karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada, komplikasyon oranları açısından bir fark saptanmamış, ancak tek port ile yapılan olgularda operasyon süresinin daha kısa

Tablo 4. Cincinnati Children's Hospital Medical Center'dan yayınlanan robotik cerrahi ile ilgili yayınlar.

Çalışma	Olgu sayısı (n)	Uygulanan Cerrahi	Yaş	Operasyon Süresi (dk.)	Hastanede kalış süresi (ort. gün)	Postoperatif komplikasyon
Noh (2011)	29	Piyeloplasti/Stent yerleştirilmesi	10 yaş (19 ay-18 yaş)	Bilgi yok	Bilgi yok	-
Cost (2012)	1	Renal hücreli karsinom/ Nefron koruyucu cerrahi	14 yaş	180 dk.	Bilgi yok	-
Riachy (2013)	64	Laparoskopik piyeloplasti n:18 Robotik piyeloplasti n:46	8.1 yaş 8.8 yaş	298 dk. 209 dk.	1 2	- -
Bansal, Defoor (2013)	136	10 farklı ürolojik operasyon	83 ay	225 dk. (103-591 dk.)	2 (0-16)	n:11
Bansal, Cost (2014)	32	Robotik nefrektomi n:24 Laparoskopik tek port nefrektomi n:8	55.1 ay 51.6 ay	227 174	2 1	n:2 n:1
Bansal, Bean (2014)	1	Üst üriner sistem cerrahisi (infant)	4 ay	458 dk.	1	-
Bansal, Cost (2014)	10	Üst üriner sistem cerrahisi (infant)	8 ay (3-12 ay)	128 dk. (95-205 dk.)	1	n:3
Bansal, Cost (2014)	70	Robotik piyeloplasti n:9 Açık piyeloplasti n:61	9.2 4.1	115 dk. 166 dk.	1 3	- -
Cost, Liss (2015)	1	Wilms tümörü/Nefrektomi	14 yaş	210 dk.	2	-
Avery (2015)	60	Piyeloplasti	7.29 ay	3 sa 52 dk.	1	n:6

olduğu ve bu yöntemin robotik cerrahiye bir alternatif olabileceği bildirilmiştir. Daha sonra bu merkezden infantlarda RS'lerin kullanımı ile ilgili yayınlar ortaya çıkmıştır. Bansal ve ark.'nın⁽⁴⁵⁾ infantlarla ilgili 3 ayrı çalışmasında da RS'lerin bu yaş grubunda da piyeloplasti, heminefrektomi ve üst üreter cerrahisinde güvenilir olduğu, diğer yaş gruplarına benzer şekilde operasyon süresinin kısa, hastanede kalış süresi ve analjezik gereksiniminin de açık yöntemlere göre daha az olduğu bildirilmiştir^(46,47). 2015 yılının başlarında Cost ve ark.⁽⁴⁸⁾ 14 yaşındaki bir Wilms tümörü olgusunda kemoterapi öncesi başarılı ve güvenilir bir şekilde uyguladıkları robotik yardımcı laparoskopik nefrektomiye sunmuşlardır. Son olarak 2015'te Cincinnati Children's Hospital Medical Center'ın da içinde bulunduğu çok merkezli bir çalışmada 60 infantta (ortalama yaş: 7.3 ay, ortalama vücut ağırlığı: 8.1 kg) yapılan robotik yardımcı piyeloplasti sonuçları incelenmiş, bu yaş grubunda da başarı oranı %91 olarak bildirilmiştir⁽⁴⁹⁾.

Tüm bu literatürlerin ışığında RS'lerin çocuk olgularda konvansiyonel endoskopik yöntemlere göre dar alanda daha fazla hareket yeteneği sağlaması avantajı oldukça önemlidir. Çocuklarda, özellikle yenidoğanlarda, karın ve toraks içinde kullanımı oldukça mantıklıdır. Cerrahin el hareketlerini küçültmek (motion scaling) ve el titremesini azaltarak hastaya yansır. Üç boyutlu görüntü alınması derinlik hissini sağlamaktadır. Ayrıca RS'ler ile daha büyük görüntü elde edilebilir. Cerrah açısından bakıldığında konsolun ergonomik tasarımı uzun ve komplike ameliyatlarda yorgunluğu, kas-iskelet sistemindeki hasarı azaltabilir. Robotik cerrahide, kamera cerrah tarafından kullanıldığından görüntünün ayarlanması ikinci kişiye bağlı olmaktan çıkmıştır. Postoperatif ağrı gereksiniminin daha az olması, hastanede kalış süresinin kısa olması da diğer avantajlarından.

RS'lerin çocuklarda kullanımı ile ilgili en önemli kısıtlayıcı faktör kullanılan aletlerin çok büyük olmasıdır. Robotik kollar hasta üzerinde, endoskopik aletler de ameliyat sahası içinde çok yer kaplamakta, aletlerin uç kısımları ameliyat sahası dışına çıkarak işlevini yitirmektedir.

Robotik cerrahiye ilgili yeni teknolojik ürünlerin dizaynı, yapılan yeni dizaynlarla ilgili yeni endüstriyel üretim alanlarının araştırılması ile ilgili olarak

çocuklar için spesifik RS'ler ve aletler geliştirilmesine yönelik çalışmalar sürmektedir. Kanada hükümeti tarafından Toronto'da bulunan The Hospital for Sick Children adlı merkeze 10 milyar dolarlık bir tıbbi araştırma fonu sağlanmıştır. Bu fonun büyük kısmı KidsArm isimli yeni bir pediatrik robotik cerrahi sistemin tasarımı ve teknolojiinin geliştirilmesi için kullanılmaktadır. KidsArm özellikle çocuk cerrahisi için tasarlanmış dünyadaki ilk robotik cerrahi koludur. Denetimli görüntü rehberliği altında, küçük ve narin alanlarda çalışma yeteneğine sahiptir. MRI görüntüleme tekniği kılavuzluğunda, ameliyat öncesi planlama, intraoperatif görüntüleme (MRI, ultrason ve endoskopi) sonucunda cerrahi verimliliği, güvenilirliği artırmayı hedeflemektedir. KidsArm kalp cerrahisi, beyin cerrahisi, fetal cerrahi, ürolojik cerrahi, genel cerrahi ve çocuk cerrahisinde kullanılabilecek yeni bir cerrahi platformdur. Benzer şekilde Washington'da geliştirilen The Smart Tissue Anastomosis Robot (STAR) ve Japonya'da özofagus atrezisi onarımı için geliştirilen Smart Surgical Robot (SSR) mevcuttur. Devam eden çalışmalar aletlerin minyatürizasyonu ve spesifikleştirilmesinde yardımcı olacaktır.

Özellikle çocuk yaş grubunda kullanılabilecek çocuklara özgü robotların geliştirilmesi, bunların sonuçlarının erişkin cerrahisindeki uygulama alanları ile karşılaştırılması ile elde edilecek verilerin değerlendirilmesi sonucu ülke vizyonu açısından da önümüzdeki süreçte çocuk cerrahisi ve robotik cerrahi yeni ilgi alanları oluşturması beklenmektedir.

Sonuç

Çocuk cerrahisinde robotik uygulamalar gelişmekte olan yeni medikal teknolojilerdir. Bu sistemlerin ülkemiz şartlarına uyarlanabilir ve günlük pratikte uygulanabilir hâle getirilebilmesi için yeni çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

Bu çalışma 1059B191400790 no'lu Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığınca 2219-Yurt Dışı Doktora Sonrası Araştırma Burs Programı kapsamında yürütülmüştür.

Teşekkür: Çalışmanın planlanması ve makalenin hazırlanmasında katkılarından dolayı Prof. Dr. Sinan Celayir'e teşekkür ederim.

Kaynaklar

1. Pugin F, Bucher P, Morel P. History of robotic surgery: From AESOP® and ZEUS® to da Vinci®. *Journal of Visceral Surgery* 2011;148:e3-e8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvisc Surg.2011.04.007>
2. Wedmid A, Llukani E, Lee D. Future perspectives in robotic surgery. *BJU Int* 2011;108:1028-36. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1464-410X.2011.10458.x>
3. Tander B. Çocuklarda robotik cerrahi. *Türkiye Klinikleri J Pediatr Surg-Special Topics* 2009;2:77-82.
4. Meininger DD, Byhahn C, Heller K, et al. Totally endoscopic Nissen fundoplication with a robotic system in a child. *Surg Endosc* 2001;15:1360. <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-001-4200-3>
5. Olsen LH, Jorgensen TM. Computer assisted pyeloplasty in children: the retroperitoneal approach. *J Urol* 2004;171:2629-31. <http://dx.doi.org/10.1097/01.ju.0000110655.38368.56>
6. Gutt CN, Markus B, Kim ZG, et al. Early experiences of robotic surgery in children. *Surg Endosc* 2002;16:1083-6. <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-001-9151-1>
7. Meehan JJ, Meehan TD, Sandler A. Robotic fundoplication in children: resident teaching and a single institutional review of our first 50 patients. *J Pediatr Surg* 2007;42:2022-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2007.08.022>
8. Meehan JJ, Sandler A. Pediatric robotic surgery: A single-institutional review of the first 100 consecutive cases. *Surg Endosc* 2008;22:177-82. <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-007-9418-2>
9. Albassam AA, Mallick MS, Gado A et al. Nissen fundoplication, robotic-assisted versus laparoscopic procedure: a comparative study in children. *Eur J Pediatr Surg* 2009;19:316-9. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0029-1220680>
10. Meehan JJ. Robotic surgery for pediatric tumors. *Cancer J* 2013;19:183-8. <http://dx.doi.org/10.1097/PPO.0b013e318289486c>
11. Chaussy Y, Becmeur F, Lardy H, et al. Robot-assisted surgery: current status evaluation in abdominal and urological pediatric surgery. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2013;23:530-8. <http://dx.doi.org/10.1089/lap.2012.0192>
12. de Lambert G, Fourcade L, Centi J, et al. How to successfully implement a robotic pediatric surgery program: lessons learned after 96 procedures. *Surg Endosc* 2013;27:2137-44. <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-012-2729-y>
13. Cundy TP, Marcus HJ, Hughes-Hallett A, et al. International attitudes of early adopters to current and future robotic technologies in pediatric surgery. *J Pediatr Surg* 2014;49:1522-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2014.05.017>
14. Lee RS, Retik AB, Borer JG, et al. Pediatric robot assisted laparoscopic dismembered pyeloplasty: comparison with a cohort of open surgery. *J Urol* 2006;175:683-7. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5347\(05\)00183-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5347(05)00183-7)
15. Murthy P, Cohn JA, Gundeti MS. Evaluation of robotic-assisted laparoscopic and open pyeloplasty in children: single-surgeon experience. *Ann R Coll Surg Engl* 2015;97:109-14. <http://dx.doi.org/10.1308/003588414X14055925058797>
16. Tasian GE, Casale P. The robotic-assisted laparoscopic pyeloplasty: gateway to advanced reconstruction. *Urol Clin North Am* 2015;42:89-97. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ucl.2014.09.008>
17. Trevisani LF, Nguyen HT. Current controversies in pediatric urologic robotic surgery. *Curr Opin Urol* 2013;23:72-7. <http://dx.doi.org/10.1097/MOU.0b013e32835b0ad2>
18. Van Batavia JP, Casale P. Robotic surgery in pediatric urology. *Curr Urol Rep* 2014;15:402. <http://dx.doi.org/10.1007/s11934-014-0402-9>
19. Song SH, Kim KS. Current status of robot-assisted laparoscopic surgery in pediatric urology. *Korean J Urol* 2014;55:499-504. <http://dx.doi.org/10.4111/kju.2014.55.8.499>
20. Rivera M, Granberg CF, Tollefson MK. Robotic-assisted laparoscopic surgery of urachal anomalies: a single-center experience. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2015;25:291-4. <http://dx.doi.org/10.1089/lap.2014.0551>
21. Schomburg JL, Haberman K, Willihnganz-Lawson KH, et al. Robot-assisted laparoscopic ureteral reimplantation: a single surgeon comparison to open surgery. *J Pediatr Urol* 2014;10:875-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpuro.2014.02.013>
22. Weiss DA, Shukla AR. The robotic-assisted ureteral reimplantation: the evolution to a new standard. *Urol Clin North Am* 2015;42:99-109. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ucl.2014.09.010>
23. Alqahtani A, Albassam A, Zamakhshary M, et al. Robot-assisted pediatric surgery: how far can we go? *World J Surg* 2010;34:975-8. <http://dx.doi.org/10.1007/s00268-010-0431-6>
24. Albassam A, Gado A, Mallick MS, et al. Robotic-assisted anorectal pull-through for anorectal malformations. *J Pediatr Surg* 2011;46:1794-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2011.04.019>
25. Alizai NK, Dawrant MJ, Najmaldin AS. Robot-assisted resection of choledochal cysts and hepaticojejunostomy in children. *Pediatr Surg Int* 2014;30:291-4. <http://dx.doi.org/10.1007/s00383-013-3459-5>
26. Meehan JJ, Elliott S, Sandler A. The robotic approach to complex hepatobiliary anomalies in children: preliminary report. *J Pediatr Surg* 2007;42:2110-4. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2007.08.040>
27. Kim NY, Chang, EY, Hong YJ, et al. Retrospective assessment of the validity of robotic surgery in comparison to open surgery for pediatric choledochal cyst. *Yonsei Med J* 2015;56:737-43. <http://dx.doi.org/10.3349/ymj.2015.56.3.737>
28. Chung PH, De S, Gargollo PC. Robotic appendicovesicostomy revision in children: description of technique and initial results. *J Endourol* 2015;29:271-5. <http://dx.doi.org/10.1089/end.2014.0550>
29. Famakinwa OJ, Rosen AM, Gundeti MS. Robot-assisted laparoscopic Mitrofanoff appendicovesicostomy technique and outcomes of extravesical and intravesical approaches. *Eur Urol* 2013;64:831-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eururo.2013.05.007>
30. Grimsby GM, Jacobs MA, Gargollo PC. Comparison of Complications of Robot-Assisted Laparoscopic and Open Appendicovesicostomy in Children. *J Urol* 2015;194:772-6. <http://dx.doi.org/10.1016/j.juro.2015.02.2942>

31. Meehan JJ, Sandler A. Robotic repair of a Bochdalek congenital diaphragmatic hernia in a small neonate: robotic advantages and limitations. *J Pediatr Surg* 2007;42:1757-60.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2007.06.013>
32. Meehan JJ, Phearman L, Sandler A. Robotic pulmonary resections in children: series report and introduction of a new robotic instrument. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2008;18:293-5.
<http://dx.doi.org/10.1089/lap.2007.0078>
33. Meehan JJ, Sandler AD. Robotic resection of mediastinal masses in children. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2008;18:114-9.
<http://dx.doi.org/10.1089/lap.2007.0092>
34. Slater BJ, Meehan JJ. Robotic repair of congenital diaphragmatic anomalies. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2009;19:123-7.
<http://dx.doi.org/10.1089/lap.2008.0200.supp>
35. Anderberg M, Kockum CC, Arnbjornsson E. Morgagni hernia repair in a small child using da Vinci robotic instruments-a case report. *Eur J Pediatr Surg* 2009;19:110-2.
<http://dx.doi.org/10.1055/s-2008-1038500>
36. Obasi PC, Hebra A, Varela JC. Excision of esophageal duplication cysts with robotic-assisted thoracoscopic surgery. *Jsls* 2011;15:244-7.
<http://dx.doi.org/10.4293/108680811X13071180406961>
37. Hartwich J, Tyagi S, Margaron F, et al. Robot-assisted thoracoscopic thymectomy for treating myasthenia gravis in children. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2012;22:925-9.
<http://dx.doi.org/10.1089/lap.2012.0042>
38. Ballouhey Q, Villemagne T, Cros J, et al. Assessment of paediatric thoracic robotic surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2015;20:300-3.
<http://dx.doi.org/10.1093/icvts/ivu406>
39. Toker A, Ayalp K, Grusina-Ujumaza J, et al. Resection of a bronchogenic cyst in the first decade of life with robotic surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2014;19:321-3.
<http://dx.doi.org/10.1093/icvts/ivu113>
40. Noh PH, Defoor WR, Reddy PP. Percutaneous antegrade ureteral stent placement during pediatric robot-assisted laparoscopic pyeloplasty. *J Endourol* 2011;25:1847-51.
<http://dx.doi.org/10.1089/end.2011.0168>
41. Cost NG, Geller JI, DeFoor WR, Jr., et al. A robotic-assisted laparoscopic approach for pediatric renal cell carcinoma allows for both nephron-sparing surgery and extended lymph node dissection. *J Pediatr Surg* 2012;47:1946-50.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2012.08.017>
42. Riachy E, Cost NG, Defoor WR, et al. Pediatric standard and robot-assisted laparoscopic pyeloplasty: a comparative single institution study. *J Urol* 2013;189:283-7.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.juro.2012.09.008>
43. Bansal D, Defoor WR, Jr, Reddy PP, et al. Complications of robotic surgery in pediatric urology: a single institution experience. *Urology* 2013;82:917-20.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.urology.2013.05.046>
44. Bansal D, Cost NG, Bean CM, et al. Comparison of pediatric robotic-assisted laparoscopic nephroureterectomy and laparoendoscopic single-site nephroureterectomy. *Urology* 2014;83:438-42.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.urology.2013.08.066>
45. Bansal D, Bean CM, Vanderbrink BA, et al. Infant robotic bilateral upper urinary tract surgery. *Korean J Urol* 2014;55:288-91.
<http://dx.doi.org/10.4111/kju.2014.55.4.288>
46. Bansal D, Cost NG, Bean CM, et al. Infant robot-assisted laparoscopic upper urinary tract reconstructive surgery. *J Pediatr Urol* 2014;10:869-74.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpuro.2014.01.029>
47. Bansal D, Cost NG, DeFoor WR, Jr., et al. Infant robotic pyeloplasty: comparison with an open cohort. *J Pediatr Urol* 2014;10:380-5.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpuro.2013.10.016>
48. Cost NG, Liss ZJ, Bean CM, et al. Prechemotherapy robotic-assisted laparoscopic radical nephrectomy for an adolescent with Wilms tumor. *J Pediatr Hematol Oncol* 2015;37:e125-7.
<http://dx.doi.org/10.1097/MPH.0000000000000193>
49. Avery DI, Herbst KW, Lendvay TS, et al. Robot-assisted laparoscopic pyeloplasty: Multi-institutional experience in infants. *J Pediatr Urol* 2015;11:139.e1-5.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpuro.2014.11.025>