

Günümüzde çocuk cerrahisinde robotik cerrahinin yeri ve gelecek için perspektifler

Arzu ŞENCAN

S.B. Dr. Behçet Uz Çocuk Hastalıkları ve Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Çocuk Cerrahisi Kliniği, İzmir

Öz

Robotik cerrahi, minimal invaziv cerrahide varılan son noktadır. Erişkin endoskopik cerrahisinde robotik cerrahi, 1995 yılından beri kullanılmakta ve büyük oranda kabul görmektedir. Çocuk cerrahisinde robotik cerrahinin avantajları ise halen araştırılmakta ve bu yöntemin uzun dönemde açık cerrahi ya da laparoskopik cerrahiden daha üstün olduğuna dair yayınların artması beklenmektedir. Ancak robotik teknolojiye ilerlemelerin paralelinde, çocuklarda da robotik cerrahinin birçok hassas endoskopik işlemlerde kullanımının yaygın hale geleceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Robotik cerrahi, çocuk, minimal invaziv cerrahi

Abstract

Current status of robotic surgery in pediatric surgery and perspectives for the future

Robotic surgery is the end point reached in minimally invasive surgery. Robotic surgery has been used in adult endoscopic surgery since 1995 and it is extensively accepted. The advantages of robotic surgery in pediatric surgery are currently being explored and literature reporting that it is superior to open surgery or laparoscopic surgery in long term are expected to increase. However, in parallel with the advances in robotic technology, it is believed that robotic surgery will be commonly used in many delicate endoscopic surgical procedures in children.

Keywords: Robotic surgery, child, minimally invasive surgery

Robot ve tıp

Robot terimi ilk kez 1921 yılında Çekoslovak oyun yazarı Karel Capek tarafından kullanılmış ve zorlu doğum anlamına gelen, Çek dilindeki “robota” sözcüğünden türetilmiştir⁽¹⁾. O zamandan beri robotlar, küçük işleri halleden basit makinelerden, günümüzdeki çok zor işleri yapan karışık makinelere doğru gelişim ve değişimini sürdürmüştür.

Tıp alanında robot kullanımı ile ilgili gelişmeler, 1990'ların başlarında NASA (Amerikan Uzay ve Havacılık Dairesi)'de uzaktan ameliyat yapabilme-telecerrahi (Telepresence Surgery) çalışmaları ile başlamıştır.

Çocuk ve erişkin endoskopik cerrahisinde ilk kabul gören robotik sistem, Computer Motion firması tarafından üretilen ve ses kontrol teknolojisi ile çalışan AESOP®'dur. 1998 yılında aynı firma tarafından piya-

saya sürülen Zeus robotik sistem, ameliyat masasına monte edilen üç endoskopik cerrahi kol ve bir cerrahi kontrol ünitesi ile endoskopik robotik cerrahide tamamen endoskopik olarak kullanılan ilk sistem olmuştur. Intuitive Surgical firması da telecerrahi sistemini yeniden dizayn edip geliştirerek “da Vinci” sistemini yaratmıştır. Gerçek 3 boyutlu görüntü eşliğinde çalışma olanağı sağlayan bu sistemin Haziran 2000'de laparoskopik genel cerrahide, Kasım 2002'de ise kardiyovasküler kapak cerrahisinde kullanımı FDA tarafından onaylanmıştır. Computer Motion ve Intuitive Surgical firmalarının Haziran 2003'te birleşmelerinden sonra Zeus sisteminin gelişimi büyük oranda gerilemiş, da Vinci, erişkin ve çocuklarda en yaygın kullanılan robotik sistem olarak gelişmeye devam etmiştir.

Çocuklarda robotik cerrahinin yarar ve sakıncaları

Robotik cerrahinin standart endoskopik cerrahiye kıyasla belirgin teknik avantajları vardır. Robotik cerrahide kullanılan aletlerin hareket kabiliyeti daha fazladır ve el bileğine benzer şekilde hareket edebilmektedir. Bu özellik, hassas diseksiyon gerektiren

Alındığı tarih: 07.03.2016

Kabul tarihi: 04.04.2016

Yazışma adresi: Arzu Şencan, S.B. Dr. Behçet Uz Çocuk Hastalıkları ve Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Çocuk Cerrahisi Kliniği, İzmir

e-mail: arzusencan71@yahoo.com.tr

komplike rekonstrüktif operasyonlarda ve intrakor-poreal düğüm atmada avantaj sağlar. Cerrah oturur durumda, daha ergonomik bir şekilde operasyonu gerçekleştirebilir. Cerrahın hareketleri aynı yönde ve şiddeti istenilen oranda azaltılarak efektör organa yansıtılır. Aynı zamanda bilgisayarlı kontrol sistemi sayesinde ellerdeki titreme filtre edilerek hastaya iletilir. Bu sayede küçük anatomik alanlarda daha rahat ve daha doğru hareket olanağı sağlanmış olur. Görüntü 3 boyutlu olduğu için derinlik algılaması vardır. On kata varan büyütme olanağı ile özellikle yenidoğan ve infantlarda daha hassas ve iyi diseksiyon yapılabilir. Standart endoskopik cerrahiye kıyasla robotik cerrahide el-göz koordinasyonu daha iyidir ⁽²⁻⁴⁾.

Robotik cerrahinin en önemli avantajlarından birisi de, öğrenme eğrisinin konvansiyonel laparoskopik cerrahiye kıyasla daha kısa olmasıdır ^(5,6). Laparoskopik tecrübesi olmayan cerrahların robotik ve konvansiyonel laparoskopik teknikle intrakor-poreal sütür atma becerilerini karşılaştıran bir çalışmada, işlemin robotik cerrahi ile daha kolay ve doğru şekilde gerçekleştirildiği ve öğrenme eğrisinin daha kısa olduğu bildirilmiştir ⁽⁷⁾. Laparoskopide tecrübesi olan ve olmayan cerrahlar tarafınca, robotik ve konvansiyonel laparoskopik cerrahi ile yapılan temel laparoskopik becerilerin öğrenme eğrilerini karşılaştıran ve bu becerileri gerçekleştirirken cerrahların yaşadığı endişe düzeylerini değerlendiren bir çalışmada, robotik cerrahi için öncesinde laparoskopik tecrübesi gerekmediği, robotik cerrahinin laparoskopik tecrübesi olmayan cerrahlar için komplike becerileri gerçekleştirmede daha fazla avantaj sağladığı bildirilmiştir ⁽⁸⁾. Ayrıca hissedilen endişe düzeyi robotik cerrahide daha az olmaktadır. Robotik cerrahi becerisinin daha çabuk elde edildiği, 5-10 olgu tecrübesinden sonra bile gereken yeterliliğin kazanıldığı rapor edilmiştir ⁽⁹⁻¹²⁾.

Birçok avantajın yanı sıra, robotik cerrahinin çocuk cerrahisine özgü birtakım kısıtlamaları vardır. En başta gelen sorun, robotik sistemin çocuğun boyutuna kıyasla çok büyük olmasıdır. Boyuttaki bu uyumsuzluk, robot kolları ameliyat sırasında kullanımda iken, hastaya yaklaşmakta zorluk yaratabilir.

Standart laparoskopiyeye kıyasla robotik aletlerin boyut ve çeşitliliği sınırlıdır. Da Vinci sistemi endüstriyel anlamda hızlı gelişimini sürdürmeye devam etmektedir. Son zamanlarda 7 derecelik hareket serbestliğine

sahip 5 mm'lik aletler kullanıma girmiştir.

Robotik cerrahideki en önemli dezavantaj dokunma hissinin olmamasıdır. Üç boyutlu görüntüleme olanağı bu dezavantajı kompanse ediyor olsa da bu durum, hassas diseksiyon gereken vakalarda çekince yaratabilir.

Robotik cerrahinin yaygın olarak kullanımını engelleyen en önemli faktör ise maliyetin yüksek olmasıdır. Hızlı teknolojik ilerlemelin paralelinde aletlerin de yenilenme gereksinimi mali yükü artırmaktadır. Çocuklarda robotik cerrahi ve açık ya da laparoskopik cerrahi maliyetlerini karşılaştıran bir çalışmada, ameliyat sonrası hastanede kalım süresinin robotik cerrahi ile yapılan ürolojik olgularda daha kısa olduğu, ancak genel cerrahi olgularında ise açık cerrahiye kıyasla fark olmadığı, bunun yanı sıra toplam maliyetin ise robotik cerrahide belirgin olarak daha yüksek olduğu bildirilmiştir ⁽¹³⁾.

Robotik cerrahi öncesi hazırlık ve operasyon süresi, konvansiyonel laparoskopik cerrahiye kıyasla daha uzundur. Ancak cerrahi ekip ve yardımcı personelin bu konuda tecrübesi arttıkça, operasyon öncesi ek hazırlık süresi 10-35 dk.'ya kadar kısalabilmektedir ⁽¹⁴⁾.

Çocuk cerrahisinde robotik cerrahi

Robotik sistemin sağladığı daha kontrollü hareket ve tremorların filtre edilmesi sonucunda daha iyi diseksiyon ve daha ergonomik şekilde ameliyat olanağı, robotik cerrahiye çocuk cerrahları için cazip hale getirmektedir. Günümüzde tecrübeli çocuk cerrahları tarafınca pek çok cerrahi işlem laparoskopik cerrahi ile yapılabilmektedir ve yapılamayan komplike operasyon sayısı oldukça azdır. Robotik cerrahideki gelişmeler sayesinde daha fazla sayıda çocuk cerrahı, komplike laparoskopik operasyonları çocuk ve infantlarda dahi yapma olanağına sahip olmaktadır. Çocuk cerrahisinde robotik cerrahinin ilk uygulaması, laparoskopik ile yaygın olarak yapılan cerrahi prosedürleri yapma ile başlamıştır ve birçok gastrointestinal, genitoüriner ve torasik işlemler çocuklarda yapılmıştır. Zeus ve da Vinci sistemleri ile çocuklarda robotik yardımcı laparoskopik kolesistektomi ve funduplikasyonlar yaygın olarak yapılmaktadır. Bu operasyonlar robotik cerrahinin güvenilirlik ve etkinliğini göstermiş olsa da, açık ya da laparoskopik cerrahiye üstünlüğü bildirilmemiştir. Buna rağmen, cerrahlar

bu operasyonları robotik cerrahi ile daha konforlu ve daha kontrollü bir şekilde yapabilmektedir.

Çocuklarda robotik cerrahi ile yapılan abdominal operasyonlara ait ilk yayınlar 2002'de Gutt ve ark.⁽¹⁵⁾ ile Heller ve ark.⁽¹⁶⁾ tarafınca yayınlanmıştır. Gastroözefageal reflü nedeniyle Thal ya da Nissen funduplikasyonu uyguladıkları, ortalama yaşları 12 yıl olan (7-16 yıl) 11 çocukta ve ayrıca semptomatik kolelitiazis nedeniyle kolesistektomi uygulanan 2, gonadoblastom nedeniyle bilateral ooferektomi uygulanan 1 hastada robotik cerrahi 8,5 mm'lik aletler ve 12 mm'lik endoskop ile yapılmıştır. Ortalama operasyon süresi 146 dk. (105-180 dk.) iken, intraoperatif ve postoperatif herhangi bir komplikasyon görülmediği bildirilmiştir.

2003 yılında çocuklarda robotik cerrahinin güvenli bir şekilde ve kolaylıkla uygulanabildiğini gösteren yayınlar artmıştır. Luebbe ve ark.'da⁽¹⁷⁾ Vinci sistemi ile opere ettikleri 10 Nissen funduplikasyonu (üçü gastrotomi, biri piloroplasti ile birlikte), 3 kolesistektomi, 2 splenektomi, 1 urakus rezeksiyonu, 1 unilateral iliak ve retroperitoneal lenfadenektomi, 1 presakral kitle biopsisi, 1 hepatik kitle biopsisi, 1 Gore-Tex yama ile Morgagni herni onarımı ve 1 benign mediastinal kitle biopsisinden oluşan 20 olguluk seri yayınlamışlardır. Bu seride hastaların ortalama yaşı 8.4 ay olup, en küçüğü 4 aylık ve 6.8 kg, ortalama operasyon öncesi hazırlık süresi 45 dk., ortalama operasyon ise 93 dk. olarak bildirilmiştir. Splenektomi sırasında splenik hilustaki kanama nedeniyle iki hasta ve morgagni herni onarımı sırasında pnömotoraks gelişmesi nedeniyle bir hastada açık cerrahiye dönmek gerekmiştir. İntraoperatif komplikasyon oranı %15 olarak rapor edilmiştir. Robotik kolların ve ameliyat masasındaki yardımcı cerrahın daha rahat hareket edebilmesi için yazarlar, 20 kilogramdan daha hafif hastalarda, hastanın altına köpük pedler koyarak yükselme yaptıklarını ve bu yöntemin küçük hastalarda teknik kolaylık sağladığını bildirmişlerdir.

İnfanlarda robotik cerrahi ile ilgili ilk seri Holland ve ark.⁽¹⁸⁾ tarafından yayınlanmıştır. Robotik yardımcı piloromyotomi uygulanan 6 olgudan oluşan seride sonuçlar açık cerrahi uygulanan hastalarla karşılaştırılmış ve robotik cerrahinin anlamlı bir şekilde daha uzun sürdüğü (94 dk.-137 dk.), bunun yanında klinik seyirlerin aynı olduğu bildirilmiştir. Yine Hirsch-

sprung Hastalığı olan infantlarda robotik Swenson pull-through operasyonu, robotik sistemin sağladığı daha iyi görüntü ve güvenli diseksiyon olanağı sayesinde, geride aganglionik segment bırakmadan tam bir rektal diseksiyon yaparak güvenli bir şekilde yapılabilmektedir⁽¹⁹⁾. Rektoütretral fistüllü anorektal malformasyon nedeniyle robotik cerrahi ile Georgeson tekniği kullanılarak opere edilen, yaş ortalaması 6.6 ay olan 5 infantlık bir seride, bu yöntemin klasik posterior-sagittal anorektoplastiye iyi bir alternatif olduğu, ancak uzun dönem sonuçlarının da araştırılması gerektiği rapor edilmiştir⁽²⁰⁾. Bir günlük, 2.4 kilogram ağırlığında bir yenidoğanda robotik cerrahi ile duodenal atrezi onarımı yapılmış, operasyonun 3 saatten az sürdüğü ve operasyon sonrası dönemin sorunsuz olduğu bildirilmiştir⁽²¹⁾.

Lorincz ve ark.⁽²²⁾ Zeus sistem ile 5 Nissen funduplikasyonu, 1 kolesistektomi ve parsiyel funduplikasyon ile birlikte, Heller myotomi uyguladıkları toplam 7 hastalık seride, ameliyat ekibinin tecrübesi arttıkça hem operasyon öncesi hazırlık hem de operasyon sürelerinin giderek kısaldığını bildirmiştir. Çalışmada, ilk Nissen funduplikasyonun 4,5 saat, son funduplikasyonun ise 1,5 saat sürdüğü belirtilmiştir. Robotik cerrahi ile doku diseksiyonu, sütür atma ve düğümün güvenli bir şekilde gerçekleştirdiği vurgulanmıştır. Preoperatif hazırlık ve operasyon süreleri ile ilgili yapılan bir başka çalışmada ise Zeus sistem ile yapılan 15 funduplikasyon (14 Nissen funduplikasyonu, 1 Dor funduplikasyonu ile birlikte Heller myotomisi) incelenmiştir⁽²³⁾. Serideki ortalama hasta yaşı 4.3 yıl (2 ay-18 yıl), ortalama hasta ağırlığı 13 kilogram (3.4-37.7 kg) dır. İlk olgunun ortalama operasyon süresi 323 dk. iken, son operasyon 180 dk. sürmüştür. Hiçbir hastada operasyon sonrası komplikasyon görülmediği bildirilmiştir. Robotik cerrahi ve konvansiyonel laparoskopik cerrahi ile yapılan funduplikasyon sonuçlarını inceleyen, 297 hastanın dahil edildiği bir meta-analizde, her iki yöntem arasında hastanede kalış süresi, operasyon süresi, postoperatif komplikasyonlar açısından belirgin fark bildirilmezken, maliyetin robotik cerrahide daha yüksek, postoperatif analjezi gereksiniminin ise daha düşük olduğu rapor edilmiştir⁽²⁴⁾.

Robotik cerrahi, komplike hepatobilier anomalilerin onarımında da kullanılmaktadır⁽²⁵⁾. Çocuklarda laparoskopik safra yolları cerrahisi 1995 yılından beri

uygulanmaktadır. Ancak küçük peritoneal boşlukta, hareket olanağı kısıtlı aletler ile portoenterostomi gerçekleştirmek teknik olarak zordur. Robotik cerrahinin sağladığı avantajlar ile koledok kist eksizyonu ve hepatikojejunostomi, 10 kg'ın altındaki çocuklarda bile güvenli bir şekilde uygulanabilmektedir ⁽²⁶⁻²⁸⁾. Roux bacağın intrakorporeal yapıldığı durumlarda operasyon süresi daha uzun olurken ⁽²⁹⁾, ekstrakorporeal yapıldığında ise süre daha kısa olmaktadır ^(27,30,31).

Hepatobilier cerrahideki son yenilik, tek portlu robotik yardımcı laparoskopik kolesistektomidir. Port girişinden sonra aletlerin intraperitoneal alanda triangulasyonu ve birbirine çarpmadan daha ergonomik şekilde manipülasyonu ile başarılı ve intraoperatif komplikasyonların olmadığı sonuçlar bildirilmiştir ^(32,33). Tek portlu robotik cerrahi ile kolesistektomi uygulanan 16 olguluk bir seride, bu işlemin teknik olarak daha kolay olduğu, operasyon süresi ve öğrenme eğrisinin daha kısa olduğu rapor edilmiştir ⁽³⁴⁾.

Mediastinal kistik kitlelerin eksizyonunda robot yardımcı torakoskopik cerrahi, video yardımcı torakoskopik cerrahiye kıyasla, küçük intratorasik alanda daha rahat ve hassas diseksiyon olanağı sağlamaktadır. Özellikle 10 yaş altı çocuklarda bronkojenik kist eksizyonu ⁽³⁵⁾, özofageal kist eksizyonu ⁽³⁶⁾ robot yardımı ile güvenli bir şekilde yapılabilmektedir.

Bugüne dek yayınlanmış, pediatrik robotik cerrahi ile ilgili en geniş seri olan, çocuk cerrahisinde robotik cerrahinin ilk on yılını değerlendiren çalışmada 1840 hastada uygulanan 2393 operasyon bildirilmiştir ⁽³⁷⁾. En sık uygulanan gastrointestinal, genitouriner ve torasik işlemler sırası ile funduplikasyon, pyeloplasti ve lobektomi olarak rapor edilmiştir. Serideki açık cerrahiye dönme oranı %2,5, başarısızlık oranı ise %0,5'tir. Robotik cerrahi ile gerçekleştirilen 144 olgunun (39 funduplikasyon, 34 kolesistektomi, 25 gastrik banding, 13 splenektomi, 4 anorektal pull-through, 4 nefrektomi, 4 apendektomi, 4 sempatektomi, 3 koledok kist eksizyonu ve hepatikojejunostomi, 3 inguinal herni onarımı, 2 karaciğer kist eksizyonu, 2 konjenital diafragma herni onarımı, 2 Heller myotomisi, 2 over kist eksizyonu, 1 duodenoduodenostomi, 1 adrenektomi, 1 histerektomi) bildirildiği retrospektif başka bir çalışmada, ortalama hasta yaşı 8,9 yıl, ortalama ağırlık 57 kg'dır. Robotik cerrahinin bu işlemleri gerçekleştirmede uygun ve güvenli olduğu

rapor edilmiştir ⁽³⁸⁾.

Robotik cerrahinin komplike rekonstrüktif operasyonlarda teknik olarak güvenli bir şekilde kullanılabilirliğini gösteren deneysel hayvan çalışmaları da mevcuttur. Hollands ve ark. ⁽³⁹⁾ tarafınca, 6-8 kg ağırlığındaki domuzlarla yapılan deneysel çalışmada, standart laparoskopi ve robotik cerrahi ile yapılan enteroenterostomi, hepatikojejunostomi, özofagoözofagostomi ve portoenterostomi sonuçları karşılaştırılmıştır ⁽⁴⁰⁾. Enteroenterostomide her iki cerrahi teknikte operasyon süresi ve kaçak oranı arasında fark saptanmamıştır. Hepatikojejunostomide de operasyon süresi açısından iki grup arasında fark saptanmaz iken, robotik cerrahi uygulanan grupta daha az komplikasyon görülmüştür. Portoenterostomide robotik cerrahi ile operasyon süresi belirgin olarak daha uzun, komplikasyon oranları ise her iki teknikte benzer olarak bildirilmiştir. Özofagoözofagostomide de her iki teknikte operasyon süreleri benzerdir. Robotik cerrahide hiç komplikasyon görülmezken, laparoskopi grubunda bir denekte komplikasyon yaşanmıştır. Bu deneysel çalışma da, daha hassas diseksiyon olanağı sağlayan robotik cerrahi ile, komplike olguların daha az komplikasyon ile gerçekleştirilebileceğini göstermektedir. Benzer şekilde, koyunlarda intrauterin fetal myelomeningosel onarımının da Vinci robotik sistemi ile yapılabildiği bildirilmiştir ⁽⁴¹⁾.

Gelecek

Robotik cerrahi teknolojisi, dünya çapında yaygın olarak kullanılmasına rağmen, halen gelişme aşamasındadır. Mevcut klinik tecrübeye ait yayınlar sınırlıdır ve birçoğu retrospektiftir. Geliştirilmesi gereken önemli unsurlardan biri, sisteme dokunma duyusunun eklenmesidir. Özellikle infant ve küçük çocuklarda engel teşkil eden büyük alet ve robotik kollar, alet boyutlarının küçültülmesi (2 mm lens içeren 5 mm'lik endoskop gibi), hareket kabiliyetlerinin artması ile daha yaygın kullanım olanağı bulacaktır.

Sonuç olarak, çocuk cerrahisinde robotik cerrahi, konvansiyonel laparoskopik cerrahiye kıyasla pek çok avantaj sağlayan ve kullanımı giderek yaygınlaşan yeni bir teknolojidir. Robotik sistemin sağladığı artmış hareket serbestliği ve ölçülü hareket olanağı, tremorların filtre edilmesi, üç boyutlu görüntü, daha ergonomik koşullarda operasyon şansı, çocuk cerra-

hisinde robotik sistemin, laparoskopik cerrahinin yerini alacağı yönünde ümit vericidir. Cerrahların biyomedikal mühendisler ile iş birliği halinde olup, daha ucuz ve daha küçük boyutlarda alet ve sistem üretimi, robotik cerrahinin çocuk cerrahisinde daha yaygın olarak kullanılmasına olanak sağlayacaktır. Ancak robotik cerrahinin konvansiyonel laparoskopik cerrahiye kıyasla daha üstün olduğunu gösteren, uzun dönem sonuçlara ait çalışmalara gereksinim vardır.

Kaynaklar

1. Knight CG, Klein MD, Langenburg SE. Robotics in Bax KMA, Geworgeson KE, Rothenberg SS, Valla JS, Yeung CK (eds): Endoscopic Surgery in Infants and Children, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2008, pp:25-31.
http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-49910-7_3
2. Chandra V, Dutta S, Albanese CT. Surgical robotics and image guided therapy in pediatric surgery: emerging and converging minimal Access Technologies. *Semin Pediatr Surg* 2006;15:267-275.
<http://dx.doi.org/10.1053/j.sempedsurg.2006.07.006>
3. Kant AJ, Klein MD, Langenburg SE. Robotics in pediatric surgery: perspective for imaging. *Pediatr Radiol* 2004;34:454-461.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00247-003-1130-3>
4. van Haasteren G, Levine S, Hayes W. Pediatric robotic surgery: early assessment. *Pediatrics* 2009;124:1642-1649.
<http://dx.doi.org/10.1542/peds.2008-3822>
5. Yohannes P, Rotariu P, Pinto P, et al. Comparison of robotic versus laparoscopic skills; is there a difference in the learning curve? *Urology* 2002;60:39-45.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0090-4295\(02\)01717-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0090-4295(02)01717-X)
6. Blavier A, Gaudissart Q, Cadiere GB, et al. Comparison of learning curves and skill transfer between classical and robotic laparoscopy according to the viewing conditions: implications for training. *Am J Surg* 2007;194:115-121.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.amjsurg.2006.10.014>
7. Stefanidis D, Wang F, Korndorffer JR, et al. Robotic assistance improves intracorporeal suturing performance and safety in the operating room while decreasing operator workload. *Surg Endosc* 2010;24:377-382.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00464-009-0578-0>
8. Passerotti C, Franco F, Bissoli J, et al. Comparison of the learning curves and frustration level in performing laparoscopic and robotic training skills by experts and novices. *Int Urol Nephrol* 2015;47:1075-1084.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11255-015-0991-3>
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;19:316-319.
<http://dx.doi.org/10.1055/s-0029-1220680>
10. Anderberg M, Kockum CC, Arnbjornsson E. Paediatric robotic surgery in clinical practice: a cost analysis. *Eur J Pediatr Surg* 2009;19:311-315.
<http://dx.doi.org/10.1055/s-0029-1233495>
11. Copeland DR, Boneti C, Kokoska ER, et al. Evaluation of initial experience and comparison of the da Vinci surgical system with established laparoscopic and open pediatric Nissen fundoplication surgery. *JLSLS* 2008;12:238-240.
12. 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;42:2022-2025.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2007.08.022>
13. Mahida JB, Cooper JN, Herz D, et al. Utilization and costs associated with robotic surgery in children. *J Surg Res* 2015;199:169-176.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2015.04.087>
14. Talamini MA: Robotic surgery: Is it for you? *Adv Surg* 2002;36:1-13.
15. Gutt CN, Markus B, Kim ZG, et al. Early experiences of robotic surgery in children. *Surg Endosc* 2002;16:1083-1086.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00464-001-9151-1>
16. Heller K, Gutt C, Schaeff G, et al. Use of the robot system da Vinci for laparoscopic repair of gastrooesophageal reflux in children. *Eur J Pediatr Surg* 2002;12:239-242.
<http://dx.doi.org/10.1055/s-2002-34489>
17. Luebke B, Woo R, Wof S, et al. Robotically assisted minimally invasive surgery in a pediatric population: Initial experience, technical considerations, and description of the da Vinci Surgical System. *Pediatr Endosc Surg Innovative Tech* 2003;7:385-402.
<http://dx.doi.org/10.1089/109264103322614268>
18. Hollands C, Johnson A, Jefferson E, et al. Robotic-assisted pyloromyotomy. *Pediatr Endosc Surg Innovative Tech* 2003;7:98.
19. Hebra A, Smith VA, Leshner AP. Robotic Swenson pull-through for Hirschsprung's disease in infants. *Am Surg* 2011;77:937-941.
20. Albassam A, Gado A, Mallick MS, et al. Robotic-assisted anorectal pull-through for anorectal malformations. *J Pediatr Surg* 2011;46:1794-1797.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2011.04.019>
21. Meehan JJ. Robotic repair of congenital duodenal atresia: a case report. *J Pediatr Surg* 2007;42:31-33.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2007.05.004>
22. Lorincz A, Langenburg S, Klein M. Robotics and the pediatric surgeon. *Curr Opin Pediatr* 2003;15:262-266.
<http://dx.doi.org/10.1097/00008480-200306000-00006>
23. Knight CG, Lorincz A, Gioell KM, et al. Computer-assisted robot-enhanced laparoscopic fundoplication in children. *J Pediatr Surg* 2004;39:864-866.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2004.02.022>
24. Cundy TP, Harling L, Marcus HJ, et al. Meta analysis of robot-assisted versus conventional laparoscopic fundoplication in children. *J Pediatr Surg* 2014;49:646-652.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2013.12.014>
25. Meehan JJ, Elliot S, Sandler A. The robotic approach to complex hepatobiliary anomalies in children: preliminary report. *J Pediatr Surg* 2007;42:2110-2114.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2007.08.040>
26. Daweant MJ, Najmaldin AS, Alizai NK. Robot-assisted resection of choledochal cysts and hepaticojunostomy in children less than 10 kg. *J Pediatr Surg* 2010;45:2364-2368.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2010.08.031>

27. Akaraviputh T, Trakamsanga A, Suksamanapun N. Robot-assisted complete excision of choledochal cyst type 1, hepaticojejunostomy and extracorporeal Roux-en-y anastomosis: a case report and review literature. *World J Surg Oncol* 2010;8:87-91. <http://dx.doi.org/10.1186/1477-7819-8-87>
28. Chang EY, Hong YJ, Chang HK, et al. Lessons and tips from the experience of pediatric robotic choledochal cyst resection. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2012;22:609-614. <http://dx.doi.org/10.1089/lap.2011.0503>
29. Lanfranco AR, Castellanos AE, Desai JP, et al. Robotic surgery: a current perspective. *Ann Surg* 2004;239:14-21. <http://dx.doi.org/10.1097/01.sla.0000103020.19595.7d>
30. Woo R, Le D, Albanese CT, Kim SS. Robot-assisted laparoscopic resection of a type I choledochal cyst in a child. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2006;16:179-183. <http://dx.doi.org/10.1089/lap.2006.16.179>
31. Kang CM, Chi HS, Kim JY, et al. A case of robot-assisted excision of choledochal cyst, hepaticojejunostomy, and extracorporeal Roux-en-y anastomosis using the da Vinci surgical system. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2007;17:538-541. <http://dx.doi.org/10.1097/SLE.0b013e318150e57a>
32. Kroh M, El-Hayek K, Rosenblatt S, et al. First human surgery with a novel single-port robotic system: cholecystectomy using the da Vinci® Single-Site platform. *Surg Endosc* 2011;25:3566-3573. <http://dx.doi.org/10.1007/s00464-011-1759-1>
33. Pietrabissa A, Sbrana F, Morelli L, et al. Overcoming the Challenges of Single-Incision Cholecystectomy With Robotic Single-Site Technology. *Arch Surg* 2012;147:709-714. <http://dx.doi.org/10.1001/archsurg.2012.508>
34. Jones VS. Robotic-assisted single-site cholecystectomy in children. *J Pediatr Surg* 2015;50:1842-1845. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2015.03.052>
35. Toker A, Ayalp K, Ujumaza JG, et al. Resection of a bronchogenic cyst in the first decade of life with robotic surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2014;19:321-323. <http://dx.doi.org/10.1093/icvts/ivu113>
36. Obasi PC, Hebra A, Varela JC: Excision of esophageal duplication cysts with robotic-assisted thoracoscopic surgery. *JSLs* 2011;15:244-247. <http://dx.doi.org/10.4293/108680811X13071180406961>
37. Cundy TP, Shetty K, Clark J, et al. The first decade of robotic surgery in children. *J Pediatr Surg* 2013;48:858-865. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2013.01.031>
38. Algahtani A, Albassam A, Zamakhshary M, et al. Robot-assisted pediatric surgery: how far can we go? *World J Surg* 2010;34:975-978. <http://dx.doi.org/10.1007/s00268-010-0431-6>
39. Hollands CM, Dixey LN. Applications of robotic surgery in pediatric patients. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2001;12:71-76. <http://dx.doi.org/10.1097/00129689-200202000-00012>
40. Hollands CM, Dixey LN, Thorma MJ. Technical assessment of porcine enteroenterostomy performed with ZEUS robotic technology. *J Pediatr Surg* 2001;36:1231-1233. <http://dx.doi.org/10.1053/jpsu.2001.25771>
41. Aaronson OS, Tulipan NB, Cywes R, et al. Robot-assisted endoscopic intrauterine myelomeningocele repair: A feasibility study. *Pediatr Neurosurg* 2002;36:85-89. <http://dx.doi.org/10.1159/000048358>