

Козлов Ю.А., Михан Дж., Новожилов В.А., Барадиева П.Ж.

## РОБОТ-АССИСТИРОВАННАЯ ХИРУРГИЯ У ДЕТЕЙ – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Городская Ивано-Матренинская детская клиническая больница, Иркутск;  
Иркутский государственный медицинский университет;  
Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования;  
Детский госпиталь Сизэтла, Департамент детской хирургии Университета штата Вашингтон, США

Kozlov Yu.A., Mihan Dzh., Novozhilov V.A., Baradieva P.Zh.

## ROBOT-ASSISTED SURGERY IN CHILDREN – STATE OF THE ART AND PERSPECTIVES OF THE DEVELOPMENT

Department of Neonatal Surgery, Municipal Pediatric Hospital, Irkutsk; Department of Pediatric Surgery, Irkutsk State Medical University; Irkutsk State Medical Academy of Continuing Education; Department of Surgery at the University of Washington School of Medicine; Division of Pediatric General and Thoracic Surgery at Seattle Children's Hospital

### Резюме

Исследование сфокусировано на изучении успешного применения робот-ассистированной хирургии в детской популяции пациентов. Цель научного обзора состоит в изучении спектра, показаний, выполнимости и эффективности роботизированной эндохирургии у детей. В научной работе продемонстрирована успешность робот-ассистированной хирургии у пациентов с гидронефрозом, гастроэзофагеальным рефлюксом, аномалиями легких и другими врожденными заболеваниями.

**Ключевые слова:** робот-ассистированная хирургия, роботизированная хирургия, дети

### Abstract

This study focuses on the successful application of robotic-assisted surgery in the treatment of congenital anomalies and acquired diseases in pediatric population. The purpose of this scientific review consists in highlighting the spectrum, indications, applicability, and effectiveness of robotic endosurgery in children. We demonstrated in this study a success of robotic-assisted surgery at patients with hydronephrosis, gastroesophageal reflux, pulmonary anomalies and other congenital diseases.

**Key words:** robot-assisted surgery, robotic surgery, children

### Введение

Робот-ассистированную хирургию с момента ее появления быстро адаптировали для выполнения широкого спектра хирургических вмешательств во взрослой практике. Эта тенденция сохраняется до настоящего времени вопреки высокой стоимости оборудования [1]. Первоначально даже соперничество конкурирующих госпиталей могло стать причиной покупки роботов. К тому же появление этой технологии в соседних больницах увеличивает вероятность покупки робота в данную больницу.

В противоположность этим трендам детские хирургические дисциплины (абдоминальная хирургия, урология, онкология, гинекология) намно-

го медленнее находят применение роботов в своей практике. Большинство детских больниц не имеют хирургического робота в своем распоряжении и одалживают его во «взрослых» операционных, которые имеют соответствующее хирургическое оснащение [2]. После первого сообщения об использовании робот-ассистированной хирургии в педиатрической популяции в 2001 г. эта новая технология стала постепенно расширять свои позиции в детской хирургии. Однако роботизированные технологии по-прежнему очень ограниченно используются детскими лапароскопическими хирургами в сравнении со «взрослыми».

Ожидалось, что технические возможности робота могут стать идеальными для выполнения



сложных хирургических операций в детской практике. Однако размеры оптических систем и инструментов, ограничивающие применение роботов у маленьких пациентов, узкие финансовые рамки, в которые поставлены детские госпитали, и малое количество данных о преимуществах роботихирургии для пациентов по сравнению со стандартной лапароскопией могут послужить причинами задержки широкого распространения роботов в детской хирургии. Данный обзор рассматривает историю применения роботов в детской хирургии, их потенциальные преимущества, технические, финансовые и прочие барьеры, ограничивающие применение данной технологии у детей.

### **Применение робот-ассистированных технологий в детской хирургии**

Первое упоминание об использовании минимально инвазивной роботихирургии в детской практике касается фундопликации Ниссена, ко-

торая была выполнена в июле 2000 г., а отчет о ее выполнении опубликован в апреле 2001 г. [3]. С этого времени роботизированная хирургия постепенно адаптировалась к определенным детским хирургическим специальностям. За прошедшие 15 лет выполнено всего 2393 вмешательства у 1840 пациентов, которые аккумулированы в одном из метаанализов литературы [4]. В этом обзоре большинство публикаций (89%) сообщают об использовании хирургической системы da Vinci (da Vinci Surgical System; Intuitive Surgical Inc.), что делает ее наиболее распространенной и изученной роботизированной платформой в мире. Для сравнения: только за прошлый год на платформе da Vinci выполнено более 400 тыс. вмешательств у взрослых. Таким образом, распространение роботизированной хирургии в детской практике происходит намного медленнее по сравнению со «взрослыми» хирургическими специальностями. Самым распространенным хирургическим вмешательством стала пиелопластика, предназначенная для коррекции врожденного гидронефроза (672 операции). Наиболее популярными абдоминальными и торакальными вмешательствами стали фундопликация (424 операции) и лобэктомия (18 операций) [4]. Сообщения об использовании робот-ассистированных технологий для коррекции сложных врожденных пороков развития, таких как атрезия пищевода [6], диафрагмальная грыжа [7], киста холедоха [8], опухоли средостения [9], по-прежнему являются казуистическими.

### **Технические преимущества**

У минимально инвазивной робот-ассистированной по сравнению со стандартной лапароскопией достаточно много преимуществ, в том числе улучшенные манипуляционные возможности работы инструментами, изменяемый масштаб изображения, ограничение тремора рук, великолепное оптическое увеличение (до 10 раз), трехмерное изображение, возможность движения камеры, управляемой оператором, а также элиминация туннельного эффекта [10–12]. Рабочие окончания лапароскопических инструментов робота обеспечивают до 7 степеней свободы. Вышеперечисленные особенности могут позволить хирургам проводить более точную диссекцию тканей с максимальной маневренностью и визуализацией, не доступны-

ми при стандартной лапароскопии. Интуитивное управление роботом приближает хирурга к возможности выполнения лапароскопических вмешательств на открытый манер. В детской практике эти технические особенности могут потенциально превосходить возможности человека в ограниченном хирургическом пространстве детского организма.

### Технические ограничения

Наибольшее количество сложных и интересных операций, где минимально инвазивная роботизированная хирургия может раскрыть весь свой потенциал, встречается в хирургии новорожденных и младенцев. На интуитивном уровне понятно, что робот может быть оптимальным для малых хирургических пространств, которые встречаются у младенцев. Однако технические потребности могут сделать робота слишком громоздким или непригодным для очень маленьких детей. Производитель робота da Vinci рекомендует дистанцию между портами, равную 8 см. Данное расстояние мало достижимо у большинства новорожденных и младенцев. Размер и длина роботических инструментов также могут стать проблемой для выполнения операций у этой возрастной категории пациентов. Неонатальные лапароскопические вмешательства часто выполняются 3-миллиметровыми инструментами и эндоскопами, которые гораздо меньше по размеру, чем самые маленькие инструменты и оптические системы, доступные в роботизированной хирургии.

В настоящее время для системы da Vinci доступны 2 вида эндоскопов: 12- и 8,5-миллиметровый 3D-эндоскопы. Также существует 5-миллиметровая 2D-оптическая система, которая была разработана и позже снята с производства ввиду малого спроса на нее. Эндоскоп диаметром 8,5 мм может быть универсальным для маленьких детей, однако он по-прежнему велик для младенцев [13]. Для выполнения робот-ассистированных вмешательств используются инструменты EndoWrist (диаметром 5 и 8 мм), созданные по образцу человеческого запястья. Согласно существующему на сегодняшний день каталогу этих инструментов, имеется 40 позиций 8-миллиметровых инструментов и 12 позиций 5-миллиметровых инструментов.

Для большинства детских хирургов создание минимально возможного доступа, который обе-

спечивается малым диаметром оптических систем и инструментов, является наибольшим преимуществом лапароскопии. Отсутствие 3-миллиметровых инструментов и небольшой перечень 5-миллиметровых потенциально могут ограничить использование роботов у новорожденных и грудных детей. Низкая коммерческая рентабельность производства 3-миллиметровых инструментов существенно ограничивает существующие роботохирургические платформы и тормозит их распространение у маленьких детей. Наконец существует ограниченный набор 5-миллиметровых инструментов, из которых можно выбирать инструменты для выполнения ряда минимально инвазивных операций у детей [14].

### Преимущества для пациента

Преимущества роботохирургии для пациента схожи с достоинствами стандартной лапароскопии: сокращение сроков госпитализации, уменьшение боли, быстрое возвращение работоспособности и высокая косметичность метода [15]. В детской урологии преимущества робот-ассистированной пиелопластики включают такие параметры, как сокращение времени хирургического вмешательства и длительности госпитализации, а также уменьшение потребности в наркотических анальгетиках [16, 17]. Метаанализ, сравнивающий роботохирургию, лапароскопию и открытую хирургию среди разных типов операций, показал достоверное снижение длительности госпитализации и вероятности летального исхода в группе роботизированной хирургии по сравнению с открытыми или стандартными лапароскопическими вмешательствами [18]. Однако обнаруженная разница существенно сокращается при сравнении робот-ассистированной хирургии и лапароскопии по отдельности. В группе роботизированной хирургии уменьшается длительность госпитализации при возрастании стоимости лечения [18]. Последнее рандомизированное контролируемое исследование, выполненное на взрослой популяции пациентов, по уровню развития осложнений и длительности госпитализации не выявило разницы открытой и роботизированной радикальной простатэктомии [19]. Данные сравнительных рандомизированных исследований у детей, изучающих влияние робот-ассистированной хирургии на течение и исходы хирургических вмешательств, отсутствуют.

Очень важный вопрос применения роботов в детской хирургии затрагивает стоимость лечения пациентов. Себестоимость роботизированных вмешательств выше, чем открытых или лапароскопических. Данное утверждение основывается на высокой стоимости самого робота, его ежегодного обслуживания и затрат на приобретение расходных материалов [20]. Ретроспективный анализ данных пациентов, у которых использовался робот, показал увеличение средней стоимости лечения больных. Стоимость покупки системы da Vinci в среднем начинается от 3 млн долларов, к тому же при покупке подразумевается контракт на текущее обслуживание платформы стоимостью от 170 тыс. долларов в год и дополнительные текущие затраты на расходные материалы [5]. Эти расходы могут стать причиной того, что хирургические вмешательства при помощи робота будут финансово невыгодны, занимая менее 1% вмешательств в системе оказания хирургической помощи взрослому населению [21, 22]. А для педиатрических госпиталей эта величина может быть еще меньше.

В существующих публикациях уровень конверсий робот-ассистированных операций в стандартные лапароскопические или открытые процедуры остается низким. Он составляет соответственно 3,9; 1,3 и 10% для абдоминальной, урологической и торакальной хирургии [4, 23]. Это сопоставимо с уровнем конверсий в стандартной минимально инвазивной хирургии [24].

На сегодняшний день в большинстве детских госпиталей робот-платформа часто недоступна. Хотя фирма-производитель da Vinci (Intuitive Surgery Inc.) не афиширует показатели продаж для детских больниц, уверенно можно говорить о том, что лишь небольшое количество из них имеет роботов. Обычно это касается наиболее продвинутых в плане технологий и финансово успешных больниц. Скорее всего, данный факт связан со стоимостью покупки и обслуживания робота в сочетании с тенденцией детских больниц снижать доходы и ограничивать количество пациентов, подходящих для робот-ассистированных хирургических вмешательств, способных покрыть расходы на данную платформу. Уникальная ситуация сложилась и для детских хирургов, работающих в госпиталях, где есть детские и взрослые хирургические отделения, так как робот может быть изначально куплен

для «взрослых» хирургов, например, для выполнения урологических вмешательств, а затем использоваться у детей [2]. При подобной ситуации логистика использования робота может быть более сложной, поэтому педиатрическая бригада должна обладать определенной гибкостью и мобильностью для размещения робота или пациента в своей операционной [2].

Лапароскопия была адаптирована для детской практики ввиду ее преимуществ, включающих снижение риска развития спаек, высокую косметичность, снижение послеоперационной боли и уменьшения времени восстановления пациентов [15]. Опытные лапароскопические хирурги, которые переходят на работу с роботизированными системами, могут и не заметить этих преимуществ нового метода [12, 25, 26]. В исследовании, сравнивающем начинающих и опытных хирургов, которые отрабатывают дидактические навыки на лапароскопическом или роботизированном симуляторах, достоверно доказано, что скорость и точность выполнения хирургических вмешательств выше в группе роботов, которые осваивали молодые хирурги [26]. Таким образом, молодые хирурги могут по-настоящему оценить преимущества роботизированной хирургии, минуя этап освоения стандартной лапароскопической хирургии.

### Заключение

Робот-ассистированная хирургия хорошо зарекомендовала себя во взрослой популяции пациентов, однако из-за технических и финансовых трудностей ее распространение в детской хирургии пока ограничено. Очевидно, с течением времени в детской робот-ассистированной хирургии будут выполнены исследования высокого уровня доказательной медицины. Возможно, мы приближаемся к переломному моменту, на что указывает возрастающее количество публикаций и описаний клинических случаев применения роботизированной хирургии у детей [27–29]. При опросе, проведенном среди 117 детских хирургов, большинство из них связывают будущее детской хирургии с применением роботов, несмотря на то что 80% респондентов не имели персонального опыта работы с роботом [30]. Будем надеяться, что в ближайшем будущем мы увидим распространение и популярность роботов в детской хирургии Российской Федерации.



## Список литературы

1. *Li H., Gail M.H., Scott Braithwaite R., Gold H.T., Walter D., Liu M. et al.* Are hospitals «keeping up with the Joneses»? Assessing the spatial and temporal diffusion of the surgical robot // *Healthcare*. 2014. Vol. 2. P. 152–157.
2. *De Lambert G., Fourcade L., Centi J., Fredon F., Braik K., Szwarc C. et al.* How to successfully implement a robotic pediatric surgery program: lessons learned after 96 procedures // *Surg. Endosc.* 2013. Vol. 27. P. 2137–2144.
3. *Meininger D.D., Byhahn C., Heller K., Gutt C.N., Westphal K.* Totally endoscopic Nissen fundoplication with a robotic system in a child // *Surg. Endosc.* 2001. Vol. 15. P. 1360.
4. *Cundy T.P., Shetty K., Clark J., Chang T.P., Sriskandarajah K., Gattas N.E. et al.* The first decade of robotic surgery in children // *J. Pediatr. Surg.* 2013. Vol. 48. P. 858–865.
5. *Ballouhey Q., Villemagne T., Cros J., Vacquerie V., Bérenguer D., Braik K., Szwarc C., Longis B., Lardy H., Fourcade L.* Assessment of paediatric thoracic robotic surgery // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2015. Vol. 20. P. 300–303.
6. *Slater B.J., Meehan J.J.* Robotic repair of congenital diaphragmatic anomalies // *J. Laparoendosc. Adv. Surg. Tech. A.* 2009. Vol. 19, Suppl. S. 123–1277.
7. *Meehan J.J., Elliott S., Sandler A.* The robotic approach to complex hepatobiliary anomalies in children: preliminary report // *J. Pediatr. Surg.* 2007. Vol. 42. P. 2110–2114.
8. *Meehan J.J., Sandler A.D.* Robotic resection of mediastinal masses in children // *J. Laparoendosc. Adv. Surg. Tech. A.* 2008. Vol. 18. P. 114–119.
9. Intuitive Surgical. Annual Report 2013 [Internet]. Available from: <http://phx.corporateir.net/External.File?item=UGFyZW50SUQ9MjIzOTk3fENoaWxkSUQ9LTF8VHlwZT0z&t=1>.
10. *Kant A.J., Klein M.D., Langenburg S.E.* Robotics in pediatric surgery: perspectives for imaging // *Pediatr. Radiol.* 2004. Vol. 34. P. 454–461.
11. *Chandra V., Dutta S., Albanese C.T.* Surgical robotics and image guided therapy in pediatric surgery: emerging and converging minimal access technologies // *Semin. Pediatr. Surg.* 2006. Vol. 15. P. 267–275.
12. *van Haasteren G., Levine S., Hayes W.* Pediatric robotic surgery: early assessment // *Pediatrics*. 2009. Vol. 124. P. 1642–1649.
13. *Meehan J.J.* Robotic surgery for pediatric tumors // *Cancer J.* 2013. Vol. 19. P. 183–188.
14. *Berlinger N.T.* Robotic surgery – squeezing into tight places // *New Engl. J. Med.* 2006. Vol. 354. P. 2099–2101.
15. *Mattei P.* Minimally invasive surgery in the diagnosis and treatment of abdominal pain in children // *Curr. Opin. Pediatr.* 2007. Vol. 19. P. 338–343.
16. *Lee R.S., Retik A.B., Borer J.G., Peters C.A.* Pediatric robot assisted laparoscopic dis-membered pyeloplasty: comparison with a cohort of open surgery // *J. Urol.* 2006. Vol. 175. P. 683–687.
17. *Yee D.S., Shanberg A.M., Duel B.P., Rodriguez E., Eichel L., Rajpoot D.* Initial comparison of robotic-assisted laparoscopic versus open pyeloplasty in children // *Urology*. 2006. Vol. 67. P. 599–602.
18. *Anderson J.E., Chang D.C., Parsons J.K., Talamini M.A.* The first national examination of outcomes and trends in robotic surgery in the United States // *J. Am. Coll. Surg.* 2012. Vol. 215. P. 107–114.
19. *Bochner B.H., Sjoberg D.D., Laudone V.P., Memorial Sloan Kettering Cancer Center Bladder Cancer Surgical Trials Group.* A randomized trial of robot-assisted laparoscopic radical cystectomy // *New Engl. J. Med.* 2014. Vol. 371. P. 389–390.
20. *Geller E.J., Matthews C.A.* Impact of robotic operative efficiency on profitability // *Am. J. Obstet. Gynecol.* 2013. Vol. 209. e1–5.
21. *Tomaszewski J.J., Matchett J.C., Davies B.J., Jackman S.V., Hrebinko R.L., Nelson J.B.* Comparative hospital cost – analysis of open and robotic-assisted radical prostatectomy // *Urology*. 2012. Vol. 80. P. 126–129.
22. AHA. Trendwatch Chartbook 2005 [Internet]. [cited 2014 Aug 26]. Available from: <http://www.aha.org/research/reports/tw/chartbook/2014/table4-1.pdf>.

23. Akron Children's Hospital. Annual Report [Internet]. (2013) [cited 2014 Aug 26]. Available from: <http://annualreport.akronchildrens.org>.
24. Adikibi B. T., Mackinlay G. A., Clark M. C., Duthie G. H., Munro F. D. The risks of minimal access surgery in children: an aid to consent // J. Pediatr. Surg. 2012. Vol. 47. P. 601–605.
25. Cooper M. A., Ibrahim A., Lyu H., Makary M. A. Underreporting of robotic surgery complications // J. Heal. Qual [Internet]. (2013). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23980819>.
26. Chandra V., Nehra D., Parent R., Woo R., Reyes R., Hernandez-Boussard T. et al. A comparison of laparoscopic and robotic assisted suturing performance by experts and novices // Surgery. 2010. Vol. 147. P. 830–839.
27. Depaepe A., Dolk H., Lechat M. F. The epidemiology of tracheo-oesophageal fistula and oesophageal atresia in Europe. EUROCAT Working Group // Arch. Dis. Child. 1993. Vol. 68. P. 743–748.
28. Wilson C. B. Adoption of new surgical technology // BMJ. 2006. Vol. 332. P. 112–114.
29. Barkun J. S., Aronson J. K., Feldman L. S., Maddern G. J., Strasberg S. M., Balliol C. et al. Evaluation and stages of surgical innovations // Lancet. 2009. Vol. 374. P. 1089–1096.
30. Jones V. S., Cohen R. C. Two decades of minimally invasive pediatric surgery – taking stock // J. Pediatr. Surg. 2008. Vol. 43. P. 1653–1659.

#### Авторы

<b>КОЗЛОВ Юрий Андреевич</b>	Доктор медицинских наук, заведующий отделением хирургии новорожденных, Городская Ивано-Матренинская детская клиническая больница; кафедра детской хирургии, Иркутский государственный медицинский университет; профессор кафедры детской хирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования. E-mail: <a href="mailto:yuriherz@hotmail.com">yuriherz@hotmail.com</a> .
<b>МИХАН Джон</b>	Профессор Университета штата Вашингтон, отделение детской хирургии Детского госпиталя Сиэтла, США.
<b>НОВОЖИЛОВ Владимир Александрович</b>	Доктор медицинских наук, главный врач, Городская Ивано-Матренинская детская клиническая больница; заведующий кафедрой детской хирургии, Иркутский государственный медицинский университет; профессор кафедры детской хирургии, Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования.
<b>БАРАДИЕВА Полина Жамцарановна</b>	Врач-хирург отделения хирургии новорожденных, Городская Ивано-Матренинская детская клиническая больница, Иркутск.