DOI: https://doi.org/10.17816/psaic1878

Современные роботические хирургические системы: предварительный обзор

Ю.А. Козлов[1–3], А.П. Рожанский[1,3], М.В. Макарочкина[1], Э.В. Сапухин[1], А.С. Страшинский[1], А.О. Ряхина[1], Г.Э. Мирзалиева[3], А.А. Марчук[1]

[1] Иркутская государственная областная детская клиническая больница, Иркутск, Россия;
[2] Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования, Иркутск, Россия;
[3] Иркутский государственный медицинский университет, Иркутск, Россия

АННОТАЦИЯ

Робот-ассистированная хирургия стала технологической инновацией, оказавшей наибольшее влияние в этой области медицины за последние два десятилетия. С момента одобрения Управлением по контролю за продуктами и лекарствами США (FDA) в 2000 г. роботическая хирургическая система da Vinci (Intuitive Surgical, Саннивейл, Калифорния, США) кардинально изменила область минимально инвазивной хирургии, сократив кривую обучения и упростив реконструктивные этапы для многих хирургических процедур по сравнению с традиционной лапароскопией. В настоящее время система da Vinci занимает примерно 80% доли мирового рынка хирургической робототехники. Однако высокая стоимость и дороговизна обслуживания этой системы остается препятствием для многих больниц и в Соединенных Штатах. Поскольку многие из первоначальных патентов, поданных Intuitive Surgical, достигли 20-летнего срока действия, появилась возможность для производства альтернативных вариантов. Помимо стоимости, частые критические замечания в адрес системы da Vinci включают в себя сложную коммуникацию между хирургом и хирургической бригадой из-за закрытой системы консоли, отсутствия тактильной обратной связи, жесткости размещения рук и большого размера самой платформы. За последнее десятилетие на сцену вышло несколько роботических систем, некоторые из которых были одобрены для клинического использования. Каждая из этих систем обладает ключевыми характеристиками, которые были задуманы для устранения технических или стоимостных ограничений платформы da Vinci. Выход на рынок новых роботических хирургических систем положил конец монополии Intuitive Surgical. Хотя ни одна из этих систем пока не доступна в мировом масштабе, некоторые платформы, такие как Senhance, Versius, Hugo RAS получили распространение в основном в Европе, в то время как другие платформы, такие как хирургический робот KangDuo, Toumai, Revo-I и Hinotori, используются в Китае, Корее и Японии. При сравнении новых роботических систем с da Vinci необходимо учитывать несколько факторов. С момента ее первоначального одобрения в 2000 г. было создано 5 поколений системы: 2000, S, Si, Xi и 5. Роботические платформы, обсуждаемые в этом обзоре, находятся в своем первом поколении, и можно предвидеть, что в скором будущем они будут улучшены и оптимизированы. В обзоре представлены классические и новые хирургические роботические платформы, их индивидуальные особенности конструкции, а также результаты их применения и клинические результаты в области хирургии. Приведены описания таких распространенных роботических систем, как da Vinci, Senhance, Versius, Hugo RAS. Представлены системы с меньшим количеством опубликованных применений, включая Revo-I, Avatera, KangDuo, Hinotori, Dexter, а также китайские аналоги системы da Vinci, включая первый китайский робот Toumai.

Ключевые слова: робот-ассистированная хирургия; современные роботические платформы; роботы.

Как цитировать
Козлов Ю.А., Рожанский А.П., Макарочкина М.В., Сапухин Э.В., Страшинский А.С., Ряхина А.О., Мирзалиева Г.Э., Марчук А.А. Современные роботические хирургические системы: предварительный обзор // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2025. Т. 15, № 1. С. 35–50. DOI: https://doi.org/10.17816/psaic1878

Рукопись получена: 19.12.2024 **Рукопись одобрена:** 24.01.2025 **Опубликована:** 26.03.2025

DOI: https://doi.org/10.17816/psaic1878

Contemporary robotic surgical systems: A preliminary review

Yury A. Kozlov[1–3], Alexander P. Rozhanski[1,3], Marina V. Makarochkina[1], Eduard V. Sapukhin[1], Alexey S. Strashinsky[1], Anna O. Ryakhina[1], Gyulnara E. Mirzalieva[3], Andrey A. Marchuk[1]

[1] Irkutsk State Regional Children's Clinical Hospital, Irkutsk, Russia;
[2] Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, Irkutsk, Russia;
[3] Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia

ABSTRACT

Robot-assisted surgery has emerged as the most transformative technological advancement in this field of medicine over the past two decades. Since the U.S. Food and Drug Administration (FDA) approved the da Vinci robotic surgical system (Intuitive Surgical, Sunnyvale, California, USA) in 2000, it has revolutionized minimally invasive surgery by shortening the learning curve and facilitating reconstructive steps in many procedures compared to conventional laparoscopy. Today, the da Vinci system accounts for approximately 80% of the global surgical robotics market. However, its high acquisition and maintenance costs remain a significant barrier for many hospitals, including those in the United States. As many of the original patents filed by Intuitive Surgical have reached their 20-year expiration, opportunities have arisen for the development of alternative systems. In addition to cost, common criticisms of the da Vinci system include limited communication between the surgeon and the operating team due to the closed-console design, lack of haptic feedback, rigid arm positioning, and the large physical footprint of the platform. Over the past decade, several new robotic systems have been introduced, some of which have been approved for clinical use. Each of these platforms incorporates key innovations aimed at addressing the technical and economic limitations of the da Vinci system. The entry of these systems into the market has effectively ended Intuitive Surgical's monopoly. Although none of them is currently available worldwide, platforms such as Senhance, Versius, and Hugo RAS have gained traction primarily in Europe, whereas others—such as the KangDuo surgical robot, Toumai, Revo-I, and Hinotori—are used in China, South Korea, and Japan. Comparative evaluation of these systems against the da Vinci must account for several factors. Since its initial launch in 2000, five generations of the system have been developed: the original 2000 model, S, Si, Xi, and the fifth-generation model. Most of the systems reviewed here are still in their first generation and are expected to undergo further improvements and refinement. This review provides an overview of both well-established and emerging robotic surgical platforms, their distinct design features, clinical applications, and surgical outcomes. It covers widely used systems such as da Vinci, Senhance, Versius, and Hugo RAS, as well as less extensively reported platforms including Revo-I, Avatera, KangDuo, Hinotori, Dexter, and Chinese alternatives to the da Vinci system, notably the first domestically developed Chinese surgical robot, Toumai.

Keywords: robot-assisted surgery; robotic surgical platforms; robots.

To cite this article
Kozlov YuA, Rozhanski AP, Makarochkina MV, Sapukhin EV, Strashinsky AS, Ryakhina AO, Mirzalieva GE, Marchuk AA. Contemporary robotic surgical systems: A preliminary review. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2025;15(1):35–50. DOI: https://doi.org/10.17816/psaic1878

Received: 19.12.2024 **Accepted:** 24.01.2025 **Published:** 26.03.2025

DOI: https://doi.org/10.17816/psaic1878

现代机器人外科系统：初步综述

Yury A. Kozlov[1–3], Alexander P. Rozhanski[1,3], Marina V. Makarochkina[1], Eduard V. Sapukhin[1], Alexey S. Strashinsky[1], Anna O. Ryakhina[1], Gyulnara E. Mirzalieva[3], Andrey A. Marchuk[1]

[1] Irkutsk State Regional Children's Clinical Hospital, Irkutsk, Russia;
[2] Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, Irkutsk, Russia;
[3] Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia

摘要

机器人辅助手术是过去二十年来对外科领域影响最为深远的技术革新之一。自2000年美国食品药品监督管理局（FDA）批准Intuitive Surgical公司（美国加州森尼韦尔）开发的达芬奇（da Vinci）机器人手术系统以来，该系统彻底革新了微创外科领域，不仅显著缩短了学习曲线，也简化了众多外科操作中的重建步骤。目前，da Vinci系统在全球手术机器人市场中占据约80%的份额。然而，其高昂的购置与维护成本，仍是其在包括美国在内的众多医疗机构推广应用的主要障碍。随着Intuitive Surgical早期申请的多项专利已达20年期限，一批替代系统开始进入市场。除了价格因素，人们对da Vinci系统的常见批评还包括：封闭式控制台导致术者与团队之间沟通困难、缺乏触觉反馈、机械臂摆放不灵活，以及整个平台体积较大等问题。近十年，多款新型手术机器人系统相继推出，并已有部分获得临床使用批准。每一款系统均在设计中引入关键特性，以应对da Vinci平台在技术或成本上的局限性。新平台的出现打破了Intuitive Surgical的市场垄断。尽管这些系统尚未在全球范围内广泛应用，Senhance、Versius、Hugo RAS等平台已在欧洲占据一席之地；而KangDuo、Toumai、Revo-I和Hinotori等平台则在中国、韩国与日本投入使用。在比较新型系统与da Vinci时，需考虑多个因素。自2000年初次获批以来，系统已发展至第五代（包括2000、S、Si、Xi和最新一代）。本文所述的多种机器人平台仍处于第一代阶段，可预见在不久的将来将会得到改进与优化。本文综述了经典与新兴的外科机器人平台，介绍了其结构特点、应用成效以及相关临床数据，涵盖了如da Vinci、Senhance、Versius、Hugo RAS等主流系统，也包括如Revo-I、Avatera、KangDuo、Hinotori、Dexter及中国首个国产手术机器人Toumai等目前文献报道较少的平台。

关键词： 机器人辅助手术；现代机器人平台；机器人。

引用本文

Kozlov YuA, Rozhanski AP, Makarochkina MV, Sapukhin EV, Strashinsky AS, Ryakhina AO, Mirzalieva GE, Marchuk AA. 现代机器人外科系统：初步综述. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2025;15(1):35–50. DOI: https://doi.org/10.17816/psaic1878

收到： 19.12.2024 **接受：** 24.01.2025 **发布日期：** 26.03.2025

ВВЕДЕНИЕ

Робот-ассистированная хирургия (РАХ) стала технологической инновацией, оказавшей наибольшее влияние в этой области медицины за последние два с половиной десятилетия. С момента одобрения Управлением по контролю за продуктами и лекарствами США (FDA) в 2000 г. роботическая хирургическая система da Vinci (Intuitive Surgical, Саннивейл, Калифорния, США) кардинально изменила область минимально инвазивной хирургии, сократив кривую обучения и упростив реконструктивные этапы для многих хирургических процедур по сравнению с традиционной лапароскопией. Согласно данным, опубликованным Intuitive Surgical, по состоянию на IV квартал 2023 г. во всем мире было установлено 8606 систем da Vinci[1]. За последнее десятилетие было разработано и внедрено в клиническую практику несколько новых многопортовых роботических систем после одобрения национальными регулирующими органами. Роботическая система Senhance, а затем системы роботической хирургии Revo-I, Versius, Avatera, Hinotori и Hugo RAS получили одобрение в период с 2014 по 2024 г. в различных странах, включая Европу, Корею, Великобританию, Японию и США [1].

Оценка эволюции клинических исследований применения новых роботических платформ имеет важное значение для установления их реального воздействия на организм человека и потенциала распространения в хирургической среде. За последние десятилетия было высказано несколько методологических критических замечаний относительно качества клинических исследований в хирургии. По этой причине в 2009 г. группа, включающая хирургов и экспертов в области доказательной медицины, разработала структуру IDEAL, которая является достоверным описанием эволюционного процесса инновационных методов лечения в хирургии [1]. Совсем недавно тот же консорциум экспертов предложил рекомендации по оценке хирургических роботических систем на этапе разработки, сравнительной эффективности и клинического мониторинга [2]. Оценка новой хирургической робототехники была признана особенно сложной, поскольку в нее вовлечены многочисленные заинтересованные стороны (разработчики, врачи, пациенты и системы здравоохранения), при этом необходимо учитывать множество факторов, включая экономику, хирургическую подготовку, этику, перспективы пациентов и живучесть этих систем.

На протяжении почти 25 лет в области РАХ доминировала роботическая платформа da Vinci. Тем не менее совсем недавно было разработано множество новых многопортовых и однопортовых роботических хирургических систем, и некоторые из них недавно были внедрены в клиническую практику. В обзоре описаны классические и новые хирургические роботические платформ, индивидуальные особенности конструкции новых роботов, а также результаты их применения и клинические результаты в области хирургии. Этот обзор включает такие роботические системы как da Vinci, Senhance, Versius, Hugo RAS. Также в нем представлены системы с меньшим количеством опубликованных применений, включая Revo-I, Avatera, KangDuo, Hinotori, Dexter, и китайские аналоги системы da Vinci, включая первый робот Toumai.

Статья написана в виде предварительного обзора литературы, который предназначен для первоначального изучения существующего объема знаний, окружающих тему исследования — обзор современных роботических платформ, появившихся на рынке в короткий срок, начиная с 2014 г., и их сравнение с классической моделью робота da Vinci. Обзор включает в себя выявление и анализ соответствующих немногочисленных источников литературы для получения всестороннего понимания предмета. Благодаря этому, читатели могут открыть для себя существующие на сегодняшний день модели хирургических роботов, узнать их слабые и сильные стороны и сформулировать исследовательские вопросы, которые способствуют развитию знаний в области РАХ.

РОБОТИЧЕСКАЯ ХИРУРГИЯ

С тех пор как роботическая хирургическая система da Vinci была одобрена Управлением по контролю за продуктами питания и лекарственными средствами (FDA) в США в 2000 г., она произвела революцию в области минимально инвазивной хирургии. РАХ продемонстрировала улучшенные результаты, включая снижение кровопотери и частоты переливания препаратов крови, более короткую продолжительность пребывания пациента в больнице и меньшую частоту осложнений по сравнению с традиционным открытым или лапароскопическим подходом.

В настоящее время Intuitive Surgical занимает примерно 80% доли мирового рынка хирургической робототехники [3, 4]. Однако высокая стоимость покупки и дороговизна обслуживания роботической системы da Vinci остается препятствием для многих больниц. Поскольку многие из первоначальных патентов, поданных Intuitive Surgical, достигли 20-летнего срока действия, появилась возможность для производства альтернативных вариантов роботов. Помимо стоимости, частые критические замечания в адрес системы da Vinci включают в себя сложную коммуникацию между хирургом и хирургической бригадой из-за закрытой системы консоли, отсутствие тактильной обратной связи, жесткость размещения рук и большой размер самой платформы[2].

За последнее десятилетие на сцену вышло несколько роботических систем, некоторые из которых были

[1] Intuitive announces fourth quarter earnings. *Globe Newswire*. January 23, 2024. https://isrg.intuitive.com/news-releases/news-release-details/intuitive-announces-fourth-quarter-earnings-3

[2] Intuitive. Patent notice. Режим доступа: https://www.intuitive.com/en-us/about-us/company/legal/patent-notice Дата обращения: 26.06.2023.

одобрены для клинического использования, хотя ни одна из них пока не доступна в мировом масштабе. Каждая из этих систем обладает ключевыми характеристиками, которые были задуманы для устранения технических или стоимостных ограничений платформы da Vinci. Ожидая широкого внедрения этих систем, несколько центров прокладывают путь к демонстрации их безопасности и клинической применимости для различных хирургических процедур. В отличие от da Vinci, которая была преимущественно урологической системой, в тот момент, когда была первоначально представлена для клинического использования, другие хирургические специальности активно участвуют в первоначальном использовании этих новых роботизированных систем в разных областях хирургии.

При изучении текущих доказательств с точки зрения клинических случаев среди этих новых систем наибольшее количество процедур (>200) было зарегистрировано у робота Senhance [5]. Система Versius была описана в различных клинических случаях для разных показаний в основном с хорошими клиническими результатами [6]. Накапливаются доказательства эффективности платформ Hugo RAS с более чем 50 урологическими случаями [7] и Hinotori с не менее чем 30 зарегистрированными случаями[3]. Доказательства по другим системам, таким как Avatera и Dexter[4], остаются спорадическими. К моменту сдачи этой статьи в печать число случаев использования этих новых роботических платформ вырастет.

При сравнении новых роботических систем с da Vinci необходимо учитывать несколько факторов. С момента ее первоначального одобрения в 2000 г. было создано 5 поколений системы: 2000, S, Si, Xi и 5. Роботические платформы, обсуждаемые в этом обзоре, находятся в своем первом поколении, и можно предвидеть, что в скором будущем они будут улучшены и оптимизированы.

Значительный ограничивающий фактор для внедрения da Vinci, особенно в условиях ограниченных ресурсов, — стоимость. Сообщаемая стоимость системы da Vinci является переменной, включая приобретение системы, ежегодное обслуживание и стоимость инструментов и принадлежностей для каждой процедуры. Хотя часто упоминается, что более низкий уровень осложнений и более короткое пребывание пациента в больнице компенсируют высокую стоимость робот-ассистированных процедур, но данные, подтверждающие это утверждение, изменчивы. Некоторые новые роботические системы нацелены на предложение более дешевых вариантов, так, например, система Revo-i заявляет о снижении стоимости операций на 42% по сравнению с da Vinci, в то время как использование одноразовых инструментов Avatera исключает затраты на стерилизацию [8]. Система Senhance также позволяет использовать традиционные лапароскопические инструменты, менее дорогие, чем роботические, и система менее затратна в обслуживании, чем da Vinci. Хотя маловероятно, что многие больницы, которые уже вложили значительные средства в систему da Vinci, приобретут дополнительные роботизированные системы, они могут быть вариантом для систем здравоохранения, ищущих более дешевую альтернативу.

Помимо стоимости существуют и другие препятствия для широкого внедрения новых роботических систем. Необходимо будет развивать комфорт и навыки работы хирурга с новыми роботическими системами. Учитывая нынешний интерес к внедрению искусственного интеллекта (ИИ) в медицину, встает вопрос, как могут развиваться робот-ассистированные технологии. Сообщается, что автономная роботическая хирургия является успешной и по некоторым критериям превосходит человеческие навыки, хотя это еще предстоит проверить в клинической практике на какой-либо крупномасштабной платформе [9].

Телероботическая хирургия, позволяющая удаленно проводить хирургические операции с помощью роботизированных инструментов, открывает новые перспективы и может стать ключевым фактором внедрения робототехники в отдаленные регионы, где не хватает квалифицированных хирургов. Успех телероботической хирургии уже был продемонстрирован, например, при удалении почечной кисты на расстоянии между Балтимором и Мюнхеном в 2002 г. [10]. В Японии хирурги провели демонстрацию телероботической гастрэктомии на свиных моделях с помощью робота Hinotori [11]. Операции проводились между двумя хирургическими центрами, расстояние между которыми составляло около 30 км, и показали, что время задержки передачи сигналов составило 125 млс. Несмотря на значительные успехи, телероботическая хирургия все еще сталкивается с рядом сложностей, среди которых правовые вопросы, необходимость в высокоскоростном и надежном интернет-соединении, задержка сигнала и риски киберугроз.

ЭРА DA VINCI

Роботическая хирургическая система da Vinci представляет собой на сегодняшний день самую совершенную платформу, когда-либо созданную человеком. Она состоит из трех компонентов: тележки, консоли хирурга и системы визуализации. Роботические руки системы соединены с тележкой, что исключает необходимость прикреплять их к операционному столу. Имея семь степеней свободы, хирургические инструменты имитируют движение человеческого запястья. Система оснащена 3D-эндоскопом, который захватывает изображение операционного поля и проецирует его на стереоскопический экран, встроенный в консоль хирурга, создавая

[3] Medicaroid's Hinotori surgical robot system approved in Japan. Режим доступа: http://surgrob.blogspot.com/2020/08/medicaroids-hinotori-surgical-robot.html Дата обращения: 26.06.2023

[4] News-Detail—Avateramedical. Режим доступа: https://www.avatera.eu/en/company/news/detail?tx_news_pi1%5Bnews%5D=19&cHash=0b499a1adf30ef40b4d441aa562e0a7b Дата обращения: 26.06.2023

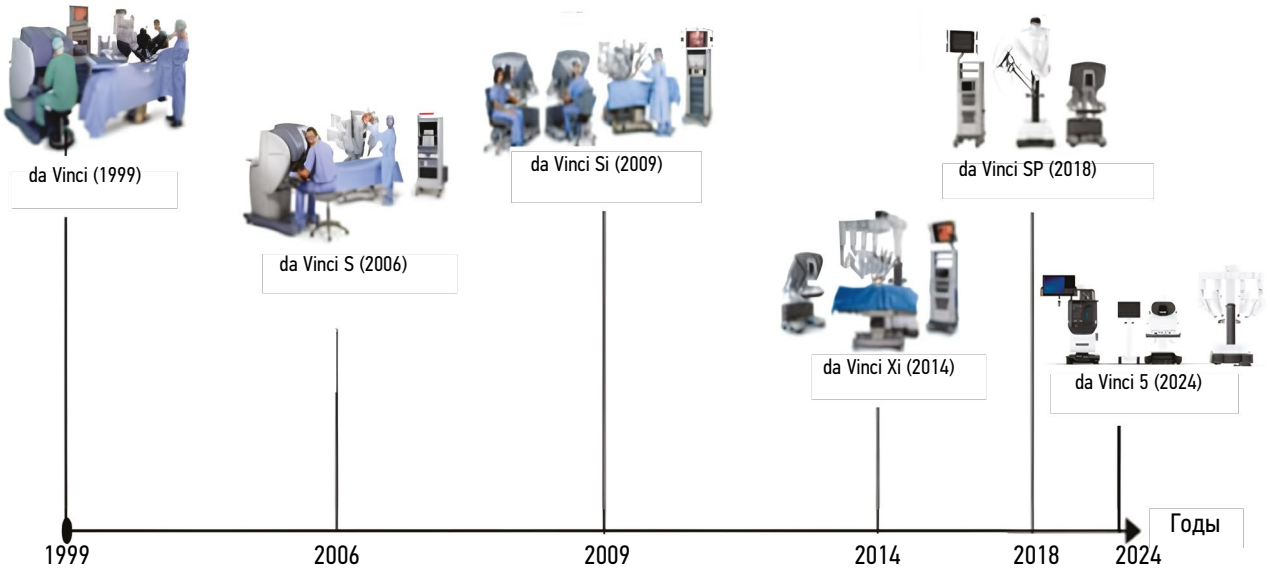

Рис. 1. Эволюция роботической платформы da Vinci. © Asadizeidabadi A. и соавт. 2024. Распространяется на условиях лицензии CC BY-NC-ND 4.0. Источник: заимствовано из [Asadizeidabadi A., Hosseini S., Vetshev F., et al. Comparison of da Vinci 5 with previous versions of da Vinci and Sina: A review // Laparoscopic, Endoscopic and Robotic Surgery. 2024. Vol. 7, Issue 2, P. 60–65. doi: 10.1016/j.lers.2024.04.006].
Fig. 1. Evolution of the da Vinci robotic platform. © Asadizeidabadi A., et al. 2024. Distributed under CC BY-NC-ND 4.0 license. Source: borrowed from [Asadizeidabadi A, Hosseini S, Vetshev F, et al. Comparison of da Vinci 5 with previous versions of da Vinci and Sina: A review. *Laparoscopic, Endoscopic and Robotic Surgery*. 2024;7(2):60–65. doi: 10.1016/j.lers.2024.04.006].

трехмерную визуализацию без необходимости использования специальных очков. Робот da Vinci, получивший одобрение FDA в 2000 г., имел три руки[5]. Версия с четырьмя руками была одобрена в 2002 г. для лучшего контроля и экспозиции анатомических структур, что снижало зависимость хирурга от ассистента. На консоле расположены две ручки, контролируемые хирургом, передавая его движения на роботические руки. Тремор рук хирурга полностью устраняется, а возможность масштабирования движений с 1:1 до 5:1 позволяет выполнять тонкие маневры по требованию хирурга. Консоль также имеет педальный блок для управления различными видами энергии, — монополярный или биполярный ток.

Платформа модернизировалась на протяжении многих лет (рис. 1), начиная с модели da Vinci S (2006), предлагающей 3D-камеру высокой четкости и упрощенную настройку, дополненную интерактивным сенсорным дисплеем. Три года спустя была выпущена модель Si, представлявшая вариант робот-ассистированной платформы с двумя консолями. Кроме того, визуализация существенно улучшилась с принятием технологии Firefly, которая позволила проводить флуоресцентную визуализацию в реальном времени, что улучшило принятие решений во время операции, предоставляя важную информацию о перфузии тканей и целевой анатомии [12]. Дальнейшие усовершенствования платформы в 2011 г. привели к появлению новых изогнутых инструментов, специально разработанных для проведения однопортовых хирургических операций [13].

[5] US Food and Drug Administration (2000) 510 (k) Clearances. Режим доступа: http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfpmn/pmn.cfm?ID=K990144 Дата обращения: 30 October .10.2023.

Наиболее передовая система, названная Intuitive Surgical, была выпущена в 2014 г. Модель Xi оснащена новой тележкой, которая ставит во главу угла максимальную мобильность и гибкость во время операции. Ее архитектура с креплением на стреле позволяет производить стыковку под любым углом и улучшает доступ к пациенту. Модернизированные руки предлагают более широкий диапазон движений и минимизируют внешние столкновения. В отличие от более ранних моделей роботов da Vinci, Xi имеет компактные гибкие сочленения, оставляя между каждой рукой расстояние всего в один кулак. Робот четвертого поколения от Intuitive Surgical также представил крупное обновление в технологии визуализации, обеспечивая стабильное, сильно увеличенное 3D-HD-изображения операционного поля. Хирурги получили автономное и независимое управление эндоскопом, который обеспечивает четкий обзор с ярким изображением, обеспеченные высоким разрешением по сравнению с ранними системами. Благодаря четырем независимым и идентичным роботизированным рукам система Xi обеспечивает универсальное изменение положения инструментов и эндоскопа в любое время. Улучшенные качества этой платформы позволили использовать ее в нескольких неисследованных ранее областях [14].

Компания Intuitive Surgical представила в 2018 г. одну из последних своих моделей, предназначенную для выполнения однопортовых операций, известную как платформа Single-Port (SP). Она отличается от традиционных роботических систем тем, что все инструменты и камера входят в полость человеческого тела через одну точку, что приводит к снижению инвазивности и улучшению послеоперационного восстановления пациентов. В 2018 г.

a *b* *c*

Рис. 2. Робот da Vinci 5: *a* — система визуализации; *b* — консоль хирурга; *c* — тележка пациента. © Asadizeidabadi A. и соавт. 2024. Распространяется на условиях лицензии CC BY-NC-ND 4.0. Источник: заимствовано из [Asadizeidabadi A., Hosseini S., Vetshev F., et al. Comparison of da Vinci 5 with previous versions of da Vinci and Sina: A review // Laparoscopic, Endoscopic and Robotic Surgery. 2024. Vol. 7, Issue 2, P. 60–65. doi: 10.1016/j.lers.2024.04.006].
Fig. 2. The da Vinci 5 robot: *a*, visualization system; *b*, surgeon console; *c*, patient cart. © Asadizeidabadi A., et al. 2024. Distributed under CC BY-NC-ND 4.0 license. Source: borrowed from [Asadizeidabadi A, Hosseini S, Vetshev F, et al. Comparison of da Vinci 5 with previous versions of da Vinci and Sina: A review. *Laparoscopic, Endoscopic and Robotic Surgery*. 2024;7(2):60–65. doi: 10.1016/j.lers.2024.04.006].

FDA одобрило использование системы SP у урологических пациентов. Впоследствии многочисленные отчеты задокументировали достижения этой системы в решении сложных урологических задач, таких как простатэктомия, донорская нефрэктомия и цистэктомия [15].

Самая последняя новация от Intuitive Surgical — пятое поколение робота — da Vinci 5, который имеет более 150 конструктивных усовершенствований и инноваций по сравнению с системами четвертого поколения (рис. 2). Da Vinci 5 выводит точность хирургии на новый уровень, так как система разработана с контроллерами хирурга и манипуляторами следующего поколения, снабженными дополнительными датчиками. Эта комбинация обеспечивает сверхплавное и высокоточное движение с низким сопротивлением независимо от скорости движения инструментов. Фильтрация нежелательного тремора и вибрации стали еще лучше, чем в прежних генерациях робота.

Технология обратной связи на da Vinci 5 позволяет измерять самые незначительные силы, оказываемые на ткани во время операции, и передает эти ощущения хирургам, что, по словам разработчика устройства, является уникальной особенностью этой версии системы. FDA одобрило da Vinci 5 для тех же показаний, что и da Vinci Xi, за исключением кардиологических и педиатрических процедур, но по заверению производителя он будет работать над снятием этих ограничений.

Компания-производитель включила в da Vinci 5 оборудование, которое ранее приобреталось больницами в качестве дополнений, например, камеры, инсуффляторы и электрохирургические генераторы. Инсуффлятор теперь оснащен встроенной системой эвакуации дыма с автоматическим распознаванием и активацией. Интеграция оборудования позволяет генерировать или собирать данные, которые могут быть важны для усилий компании Intuitive по предоставлению клиентам действенных идей и аналитики.

НОВЫЕ РОБОТЫ

В последние годы несколько компаний предприняли попытки создать роботические системы (рис. 3), которые потенциально могли бы соперничать с доминированием на рынке робота da Vinci, хотя они еще не достигли уровня конкурентоспособности. Далее будет представлен обзор существующих роботических платформ, которые получили одобрение национальных разрешительных ведомств для использования в клинической практике, и сопровождаем его информацией о технических особенностях, преимуществах и недостатках, сведениях о применении в практической медицине.

Senhance

Первоначальная разработка хирургической системы Senhance (TransEnterix Surgical Inc., Моррисвилл, Северная Каролина, США) была осуществлена итальянской компанией (Sofar, Милан, Италия) и получила европейскую сертификацию CE Mark в 2016 г. для широкого спектра абдоминальных и торакальных процедур[6]. В октябре 2017 г. Senhance добилась успеха, став первой роботической системой, получившей одобрение FDA с 2000 г., хотя и ограничивающейся исключительно

[6] Senhance. Режим доступа: https://www.senhance.com/us/digital-laparoscopy. Дата обращения: 30.10.2023.

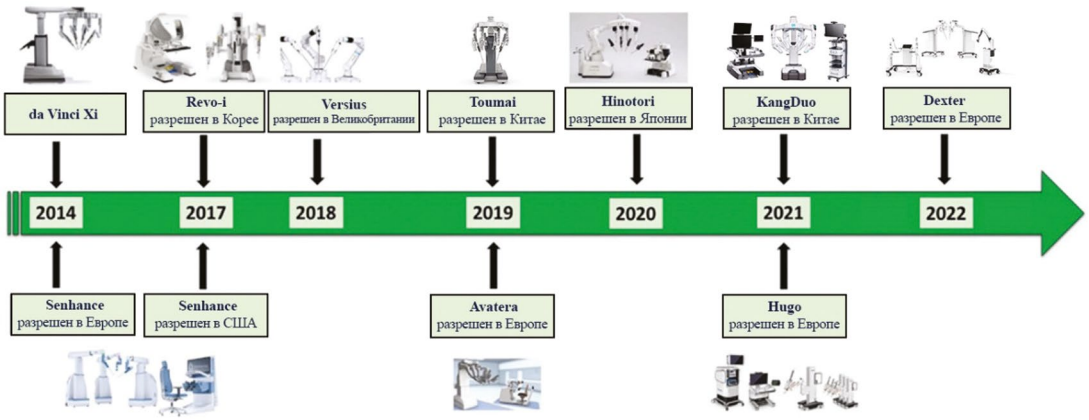

Рис. 3. Новые генерации хирургических роботов. © Asadizeidabadi A. и соавт. 2024. Распространяется на условиях лицензии CC BY-NC-ND 4.0. Источник: заимствовано из [Asadizeidabadi A., Hosseini S., Vetshev F., et al. Comparison of da Vinci 5 with previous versions of da Vinci and Sina: A review // Laparoscopic, Endoscopic and Robotic Surgery. 2024. Vol. 7, Issue 2, P. 60–65. doi: 10.1016/j.lers.2024.04.006].
Fig. 3. New generations of surgical robots. © Asadizeidabadi A., et al. 2024. Distributed under CC BY-NC-ND 4.0 license. Source: borrowed from [Asadizeidabadi A, Hosseini S, Vetshev F, et al. Comparison of da Vinci 5 with previous versions of da Vinci and Sina: A review. *Laparoscopic, Endoscopic and Robotic Surgery*. 2024;7(2):60–65. doi: 10.1016/j.lers.2024.04.006].

процедурами общей хирургии и гинекологии. Роботическая платформа Senhance потенциально имеет несколько преимуществ перед нынешним лидером рынка. Во-первых, она использует многопортовую конфигурацию, которая может вместить до четырех независимых роботических рук, установленных на отдельных тележках. Это устраняет необходимость в специализированных операционных большой площади. Кроме того, хирург располагается в эргономично спроектированной открытой консоли с монитором, обеспечивающим трехмерную визуализацию высокой четкости через поляризованные очки — эта консоль обеспечивает беспрепятственный обзор и позволяет легко взаимодействовать с ассистентом, находящимся у стола. Кроме того, управление камерой облегчается благодаря инфракрасной системе слежения за глазами, которая реагирует на движения глаз хирурга, устраняя необходимость в специальных элементах управления. Более того, использование стандартных лапароскопических троакаров для введения роботических инструментов позволяет быстро переходить к обычной лапароскопии в экстренных ситуациях. Сообщается, что время стыковки робота составляет от 3 до 10 мин [16]. Интересно, что система автономно рассчитывает силу, оказываемую роботическими руками на точку опоры троакаров, предотвращая чрезмерное натяжение тканей в точках введения на брюшной стенке. Возможно, самое значительное преимущество Senhance состоит в наличии тактильной обратной связи, облегчающей интракорпоральное наложение швов, что имеет решающее значение для деликатного обращения с тканями.

Благодаря возможности включения в работу лапароскопических инструментов система потенциально значительно менее затратна в обслуживании, чем da Vinci. Большая часть литературы об использовании этой системы в клинической практике посвящена общей хирургии, колоректальной хирургии [17] и гинекологии [18].

Существует несколько исследований об использовании Senhance для широкого спектра урологических процедур. Наиболее часто сообщаемой операцией в урологии была радикальная простатэктомия. Группа авторов под руководством Z. Kastelan описала начальную серию из 40 случаев, выполненных с использованием экстраперитонеального подхода [19]. Несколько позже эти же исследователи представили обновленные данные о 70 случаях [20]. Кроме того, они сообщили о проведении сравнения радикальных простатэктомий с использованием Senhance со стандартной лапароскопической техникой, не обнаружив никаких различий во времени операции, объеме кровопотери, радикальности и продолжительности пребывания пациентов в госпитале [21].

R. Venckus и соавт. [22] опубликовали самую большую серию из 127 случаев пациентов, которым выполнена радикальная простатэктомия с использованием роботической системы Senhance. Тазовая лимфаденэктомия была выполнена у 16,5% этих пациентов, а нервосбережение по крайней мере с одной стороны было реализовано у 29,1%. Как длительность операции, так и кровопотеря уменьшались по мере увеличения опыта хирурга. Положительный показатель края резекции в этой серии составил 33,9%, что немного выше показателя положительного края резекции, который был зарегистрирован для стандартной роботической и лапароскопической простатэктомии в центрах с большим объемом этих операций [23].

Опубликованные данные относительно использования Senhance в хирургии верхних мочевыводящих путей ограничены. Первоначальная серия случаев, представленная двумя радикальными нефрэктомиями, была описана G. Kaneko и соавт. [24]. Все процедуры были успешными без необходимости конверсии и не сопровождались возникновением осложнений. Одновременно Z. Kastelan описал серию из 30 процедур на верхних мочевыводящих путях, включая 9 адреналэктомий, 6 простых

нефрэктомий, 11 фенестраций почечных кист и 4 пиелопластики [20]. В этой серии было зарегистрировано 1 осложнение Clavien–Dindo Grade II (лихорадка) и 1 осложнение Clavien–Dindo Grade IIIb (кровотечение). Эта же группа авторов описала серию из 12 случаев пациентов, перенесших адреналэктомию с помощью системы Senhance при доброкачественных заболеваниях надпочечников [20]. В целом результаты были благоприятными, несмотря на то что одному пациенту потребовалась повторная операция из-за кровотечения, а еще одному была необходима конверсия в лапароскопию из-за адгезий.

В области урогинекологии J. Sassani и соавт. [25] продемонстрировали осуществимость процедуры сакрокольпопексии, сообщив о первоначальной серии из 25 случаев. У большинства пациентов был диагностирован пролапс III и IV степени. Среднее время операции уменьшалось по мере того, как хирурги приобретали опыт, также снизилось число серьезных интраоперационных осложнений. При наблюдении в течение 16 нед. не было зафиксировано рецидивов или повторных процедур. Двум пациентам потребовалась послеоперационная повторная госпитализация. Этот же автор сообщил об анализе затрат по сравнению с процедурой da Vinci. Общая стоимость затрат на Senhance была на 908,33 доллара США ниже, чем при использовании da Vinci. Наконец, применение Senhance также было описано в детской урологии, в которой возможность использования 3-мм и шарнирных 5-мм инструментов может быть наиболее полезной [26].

Versius

Роботическая система Versius (CMR, Кембридж, Великобритания) состоит из открытой консоли, которую можно использовать в положении сидя или стоя, и трех-четырех отдельных прикроватных блоков, что является важным отличием по сравнению с консолью da Vinci. Роботизированные руки этой хирургической системы, каждая из которых состоит из плечевого, локтевого и запястного суставов, индивидуально установлены на подвижных тележках и дистанционно управляются через открытую консоль, которая позволяет получать 3D-HD-изображение с помощью поляризованных очков. Хирурги также получают тактильную обратную связь от ручек. Инструменты диаметром 5 мм, используемые в этой системе, предлагают полный диапазон движений с семью степенями свободы.

B. Thomas и соавт. [6] сообщили о первой доклинической оценке системы Versius для процедур на почках и простате путем ее тестирования на человеческих трупах и моделях свиней. Недавно появилось несколько отчетов о клиническом применении Versius. Первоначальная серия, показывающая осуществимость гинекологических и общих хирургических процедур с использованием этой новой системы, была представлена D. Kelkar и соавт. [27]. B. Rocco и соавт. [28] успешно использовали Versius для выполнения радикальной простатэктомии. Время стыковки составило 30 мин, консольное время — 130 мин, а интраоперационные проблемы при эксплуатации устройства были ограничены из-за контакта троакара с кожей пациента. Течение послеоперационного периода у пациента было без осложнений.

О 10 наблюдениях использования нового робота в урологии, включая 4 радикальные простатэктомии, 2 радикальные нефрэктомии, 3 пиелопластики и 1 адреналэктомию сообщили F. Reeves и соавт. [29]. Предоперационная подготовка включала 6 ч обучения на виртуальном тренажере для хирургов и тренировка на трупах для всей хирургической бригады. Не было установлено случаев конверсии или серьезных осложнений. У одного пациента с простатэктомией возникла утечка мочи, потребовавшая отсроченного удаления катетера. Более крупная серия наблюдений была представлена A. Hussein и соавт. [30]. Всего было проведено 106 операций при доброкачественных и злокачественных заболеваниях верхних и нижних мочевыводящих путей. Всего 6 процедур потребовали преобразования в открытые операции, а неисправность роботических рук произошла в 2 случаях. Послеоперационные осложнения были зафиксированы у 8 (7,5%) пациентов. Сопоставление результатов различных операций с использованием Versius по сравнению со стандартными процедурами на da Vinci не выявило значительной разницы в периоперационных результатах. В целом хирурги и ассистенты подтвердили, что по сравнению с системой da Vinci общение между хирургом и ассистентами было проще из-за открытой конструкции консоли. Однако они сообщили о более частых столкновениях роботических рук, чем это обычно происходило с роботом da Vinci.

Hugo RAS

Система Hugo RAS (Medtronic, Миннеаполис, Миннесота, США) включает в себя консоль открытого типа с двумя контроллерами с пистолетной рукояткой и ножной переключатель, который применяется для управления камерой, источником энергии и резервной рукой. У этой роботической платформы имеется четыре независимых тележки для роботических рук, каждая из которых имеет шесть сочленений для увеличения диапазона движения. Система включает технологию отслеживания движения головы операторов с помощью специальных 3D-очков. Первый клинический случай был реализован в 2021 г. в Чили[7], и в 2022 г. система была одобрена для использования в Европейской экономической зоне для гинекологических и урологических процедур.

Первоначальная клиническая серия урологических операций была проведена в Индии и зарегистрирована

[7] Medtronic. First procedure in the world with Medtronic Hugo™ robotic-assisted surgery system performed at Clinica Santa Maria in Chile, 2021. Режим доступа: https://news.medtronic.com/2021-06-22-First-Procedure-in-the-World-with-Medtronic-Hugo-TM-Robotic-Assisted-Surgery-System-Performed-at-Clinica-Santa-Maria-in-Chile. Дата обращения: 30.05.2023.

N. Ragavan и соавт. [7]. Всего было выполнено 7 операций, включая простатэктомию (*n*=4) и нефрэктомию (*n*=3). Интраоперационных или послеоперационных осложнений не было отмечено. C. Bravi и соавт. [31] позже сообщили о первоначальной серии радикальной простатэктомии, состоящей из 5 наблюдений, выполненных в Бельгии. Все процедуры были завершены без необходимости конверсии или установки дополнительных портов, и не было зафиксировано ни одного отказа системы. У одного пациента наблюдалась острая задержка мочи, потребовавшая повторной катетеризации (Clavien–Dindo Grade II).

A. Gallioli и соавт. [32] опубликовали серию из 10 случаев пациентов, перенесших робот-ассистированную частичную нефрэктомию с использованием системы Hugo RAS. В одном случае потребовалась конверсия в лапароскопию, а позже пациенту потребовалась селективная артериальная эмболизация после развития псевдоаневризмы (Clavien–Dindo Grade IIIa). Других осложнений не было. Средний размер опухоли составил 3 см, средняя продолжительность пребывания пациентов в госпитале — 4 сут, и не было зарегистрировано ни одного положительного хирургического края резекции.

V. Elorrieta и соавт. [33] описали использование системы Hugo RAS при неонкологических операциях, включая реимплантацию мочеточника (*n*=2), простую нефрэктомию, пиелопластику и уретеролитотомию. Послеоперационных осложнений, интраоперационных столкновений инструментов или отказов системы не было зарегистрировано.

Использование системы Hugo RAS было представлено в серии наблюдений из 5 адреналэктомий со средним размером опухоли 3,9 см (диапазон 3,0–9,0 см) [34]. Предоперационные диагнозы включали синдром Кушинга (*n*=3), кистозное поражение надпочечников и феохромоцитому. Интраоперационных осложнений или переходов на альтернативные методы не было.

Применение Hugo RAS было представлено в общей абдоминальной хирургии на примере 20 холецистэктомий, выполненных в больнице Сеульского национального университета [35]. Все операции закончились успешно без конверсии в лапароскопию или лапаротомию. Частота сбоев устройства составила 15%, но все они были незначительными, возникали до начала разреза кожи и не представляли риска для пациента. Наконец, были продемонстрированы результаты использования нового робота в гинекологической хирургии на примере 144 пациентов [36]. Исследование показало, что платформа Hugo RAS безопасна для гинекологической хирургии. Ни у одного из пациентов не возникло осложнений. Система робот-ассистированной хирургии Hugo RAS оказалась надежной и не имела технических сбоев.

Revo-I

Хирургическая платформа, известная как Revo-I, разработанная Meere Company Inc. в Йонгине (Корея), получила одобрение на использование от Министерства безопасности пищевых продуктов и лекарственных средств Южной Кореи в августе 2017 г. [37]. Подобно системе da Vinci эта платформа состоит из тележки для пациента с четырьмя руками, консоли хирурга закрытого типа и тележки с модулем изображения высокого разрешения. Диаметр 3D-эндоскопа составляет 10 мм. Инструменты, имеющие диаметр 7,4 мм, обеспечивают движение со 7 степенями свободы и могут быть использованы повторно до 20 раз. Первое клиническое испытание Revo-I с участием человека было опубликовано в 2018 г., когда корейская хирургическая система использовалась для проведения радикальной простатэктомии [38].

Применение системы Revo-I в абдоминальной хирургии было представлено в научной работе J. Kim и соавт. [39]. В исследование были включены 10 пациентов. У 9 пациентов была выполнена панкреатодуоденэктомия, а 1 пациент перенес центральную панкреатэктомию. Среди участников исследования серьезных осложнений не зарегистрировано. Анализ, проведенный S. Alip и соавт. [8], сравнил 33 парциальные нефрэктомии, выполненные с помощью платформы Revo-I, с 33 подобными случаями, реализованными с помощью da Vinci. Авторы наблюдали сопоставимые результаты лечения с точки зрения кровопотери, осложнений и ранних онкологических исходов. Использование системы Revo-I было связано с более короткой продолжительностью пребывания пациентов в госпитале, а робота da Vinci — с более короткой длительностью процедуры.

Avatera

Разработанная в Йене (Германия) система Avatera получила разрешение в Европе в ноябре 2019 г., для проведения гинекологических и урологических малоинвазивных операций[8]. Она состоит из тележки для пациента, которая оснащена тремя роботическими руками для 5-мм шарнирных одноразовых инструментов и дополнительной рукой для 10-мм эндоскопа. Все эти инструменты предлагают 7 степеней свободы и управляются хирургом с помощью петлеобразных ручек. Открытая консоль снабжена 3D-экраном Full HD, сохраняя при этом видимость для улучшения коммуникации с хирургической бригадой. Она была внедрена в клиническую практику в Германии в 2022 г.

Первоначально были представлены исследования осуществимости робот-ассистированной радикальной нефрэктомии [40] и радикальной цистэктомии [41] с использованием этой новой системы на модели свиньи. Клиническое исследование первоначального опыта работы

[8] Avateramedical. Режим доступа: https://www.avatera.eu/en/avatera-system Дата обращения: 30.10.2023.

с этой новой платформой было осуществлено на примере 9 пациентов, которым выполнена робот-ассистированная пиелопластика [42]. Все процедуры были успешно завершены. Время стыковки робота составило 17 (10–24) мин. Медиана консольного времени составила 88 (78–116) мин. В послеоперационном периоде не было отмечено осложнений.

Первый опыт радикальной простатэктомии с использованием системы Avatera включал 14 пациентов [43]. Все операции завершились успешно. Среднее время стыковки составило 10 (5–40) мин, среднее консольное время — 103,5 (90–121) мин. Конверсии в лапароскопическую или открытую операцию не потребовалось. Никаких серьезных осложнений отмечено не было. У 2 пациентов отмечался положительный край резекции.

KangDuo

Система KangDuo-Surgical Robot-01 (Suzhou KangDuo Robot Company, Сучжоу, Китай) была разработана в Китае. Первая клиническая процедура с использованием хирургического робота KangDuo была проведена в Китае в 2021 г. В этом исследовании авторы проанализировали 16 случаев робот-ассистированной пиелопластики и сообщили о медиане длительности операции 151 мин без серьезных послеоперационных осложнений [44].

Анализ 16 случаев пиелопластики, выполненных с помощью системы KangDuo, и 16 операций с использованием робота da Vinci выявил значительно более длительную продолжительность операции при использовании системы KangDuo без существенных различий в показателях осложнений [45]. Исследование, демонстрирующее осуществимость радикальной простатэктомии с использованием робота KangDuo, было опубликовано в 2022 г. [46]. В 2023 г. группа этих же авторов сравнили 16 простатэктомий, произведенных роботом KangDuo, с 16 подобными операциями, ранее выполненными роботом da Vinci [47]. Длительность операции была значительно больше в группе KangDuo. Однако не было выявлено существенных различий между системами по объему кровопотери, пребыванию пациентов в больнице, послеоперационным осложнениям, биохимическому рецидиву или восстановлению удержания мочи через 3 мес. после удаления катетера. В 2023 г. X. Li опубликовал результаты рандомизированного исследования, сравнивающего 49 случаев парциальной нефрэктомии, выполненной роботом KangDuo, с 50 процедурами, выполненными на da Vinci, и продемонстрировали эквивалентность двух систем с точки зрения интраоперационных и послеоперационных результатов [48]. Самая крупная исследовательская хирургическая серия использования робота KangDuo была опубликована в 2023 г. и включала 28 резекций почки (17 трансперитонеальных и 11 ретроперитонеальных), 41 роботическую реконструкцию мочевыводящих путей (26 пиелопластик, 3 реконструкции мочеточника, 12 реимплантаций мочеточника) и 41 радикальную простатэктомию [49]. Наконец, робот KangDuo также положительно оценивался в исследовании с участием 23 пациентов, перенесших адреналэктомию [50].

Hinotori

Разработанный корпорацией Medicaroid в Кобе (Япония) робот Hinotori получил одобрение регулирующих органов Министерства здравоохранения, труда и социального обеспечения Японии по состоянию на август 2020 г.[9] Этот робот состоит из трех основных компонентов: консоли хирурга, хирургического блока и блока визуализации. Оснащенный четырьмя роботическими руками с многочисленными сочленениями и способный двигаться по восьми осям, хирургический блок отличается полузакрытой конструкцией консоли. Обеспечивая 3D-изображение хирургической области, консоль включает в себя окуляр, похожий на окуляр микроскопа. Хирург управляет инструментами с помощью петлеобразных ручек. Эта роботическая платформа является системой «без стыковки». В первом отчете о роботе Hinotori представлено несколько урологических процедур, выполненных на трупах и на свиных моделях [51].

Первое клиническое применение робота было выполнено у 30 пациентов на примере радикальной простатэктомии [51]. Среднее консольное время составило 165 мин. Было зарегистрировано 4 случая неисправности оборудования. У 4 пациентов описан положительный хирургический край резекции, в 10% случаев — неблагоприятные события, не повлиявшие на исход операции. В более позднем исследовании описана серия из 30 случаев пациентов, перенесших робот-ассистированную частичную нефрэктомию с применением робота Hinotori [52]. Использовались как интраперитонеальные, так и ретроперитонеальные подходы. Не сообщалось о конверсии в лапароскопию, серьезных периоперационных осложнениях или положительных хирургических краях.

Первая операция по поводу рака прямой кишки с использованием хирургической роботизированной системы Hinotori была выполнена в 2023 г. [53]. Время операции составило 262 мин, консольное время — 134 мин. Пациент был выписан через 10 дней после операции без осложнений. В исследовании J. Kitadani и соавт. [54] сообщается о 16 пациентах, перенесших гастрэктомию с помощью хирургической роботической системы Hinotori для лечения рака желудка. Хирургические вариации резекции Billroth-I, Billroth-II, Roux-en-Y и эзофагогастростомия были выполнены у 3, 6, 6 и 1 пациента соответственно. Медиана времени операции составила 282 (245–338) мин, а медиана консольного времени — 226 (185–266) мин. У одного пациента, перенесшего проксимальную гастрэктомию, наблюдалась несостоятельность анастомоза.

[9] Medicaroid. Режим доступа: https://www.medicaroid.com/en/product/hinotori Дата обращения: 30.10.2023.

В исследовании T. Tobe и соавт. [55] выполнено сравнение данных 11 пациентов, которым была произведена лапароскопическая пиелопластика с помощью хирургической роботической системы Hinotori и 30 пациентов, которым подобная операция была реализована с помощью системы da Vinci. Медиана времени операции в группах составила 236,0 и 231,5 мин соответственно (p=0,480). Показатели эффективности составили 100,0 и 96,7% соответственно (p=1,000). Осложнения степени ⩾3 по шкале Clavien–Dindo возникли у одного пациента (9,1%) в группе Hinotori и у одного пациента (3,3%) в группе da Vinci (p=0,470).

Dexter

Робот Dexter (Distalmotion, Лозанна, Швейцария) оснащен мобильной, адаптируемой открытой консолью, которая позволяет хирургам работать сидя или стоя[10]. Хирург остается стерильным, работая у консоли, что позволяет ему легко переключаться между лапароскопией и РАХ. В этой платформе используются одноразовые шарнирные инструменты диаметром 8 мм, однако этот робот был разработан для совместимости со всеми лапароскопическими инструментами и может использоваться с любой коммерческой лапароскопической стойкой. Первые урологические операции (простатэктомия) были выполнены в Берне в июне 2022 г. [56]. Первая субтотальная гистерэктомия с цервикосакропексией с использованием роботической системы Dexter была произведена у 43-летней женщины с аденомиозом и рецидивирующим пролапсом матки в клинике гинекологии и акушерства Университетского госпиталя Шлезвиг-Гольштейна (UKHS) в Киле (Германия) [57]. Процедура была осуществлена без интраоперационных осложнений, кровопотеря не превышала 10 мл. Время операции составило 150 мин, консольное время — 120 мин, время стыковки — 6 мин. Никаких проблем, связанных с устройством, или столкновения роботических рук не возникло.

Toumai

Хирургический робот Toumai был разработан в Китае компанией Shanghai Microport Medbot (Group) Company. Первая в мире радикальная простатэктомия с применением хирургического робота Toumai была успешно реализована в Шанхайской восточной больнице в ноябре 2019 г. G. Pokhrel и соавт. [58] сообщили о своем первоначальном опыте оценки осуществимости и безопасности этой роботической системы для некоторых урологических процедур. В частности, 17 пациентов перенесли процедуры парциальной и радикальной нефрэктомии, и 3 пациента — радикальной простатэктомии. Медиана длительности операции составила 120 мин для резекции почки, 140 мин — для радикальной нефрэктомии, и 210 мин — для простатэктомии. Было отмечено только одно серьезное осложнение.

Исследование, которое проводилось в больнице провинции Ганьсу с июня 2022 г. по октябрь 2023 г., представило 12 пациентов, перенесших гастрэктомию, и 9 пациентов, перенесших колоректальную резекцию с использованием робота Toumai [59]. Все пациенты успешно перенесли роботическую операцию с адекватной онкологической резекцией и благоприятными послеоперационными результатами. Не было конверсий в открытую или лапароскопическую хирургию, что привело к 100 % уровню успеха процедуры. Не было зарегистрировано интраоперационных повреждений органов, летальных исходов, системных отказов или тяжелых послеоперационных осложнений.

Другое исследование было посвящено изучению применения хирургического робота Toumai для выполнения лобэктомии при раке легких на ранней стадии и сравнению его безопасности, хирургического эффекта, преимуществ или недостатков по сравнению с роботической хирургической системой da Vinci [60]. В исследование были включены всего 19 пациентов: 9 — группа Toumai; 10 — группа da Vinci. Они имели схожие исходные параметры, характеристики опухоли, клиническую и патологическую стадию процесса. Конверсии в торакотомию не наблюдалось, а среднее время операции составило 95 мин в группе Toumai против 86 мин в группе da Vinci. Другие периоперационные результаты также были сопоставимы.

Эти предварительные результаты предоставляют убедительные доказательства, подтверждающие безопасность и эффективность лапароскопической хирургической роботической системы Toumai при выполнении различных операций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Последние 30 лет, с момента первой хирургической процедуры, выполненной роботами на людях, имели решающее значение для разработки концепции РАХ. Несмотря на неоспоримые технические преимущества и значительные клинические преимущества РАХ, интеграция робототехники в повседневную клиническую практику в конечном итоге будет зависеть от публикации результатов рандомизированных испытаний, которые позволят обосновать существенные клинические преимущества.

Система da Vinci не имеет себе равных с момента ее одобрения в 2000 г. Однако есть свидетельства растущей конкуренции в этой области, — существуют альтернативные варианты с уникальными характеристиками, такими как открытая консоль, модульность, совместимость с традиционными инструментами, уменьшенный размер и сниженные затраты.

По мере накопления клинического опыта и развития технологий роль новых систем в различных хирургических областях и различных типах систем здравоохранения

[10] Distalmotion. Режим доступа: https://www.distalmotion.com/product Дата обращения: 30.10.2023.

будет определена точнее. На производящие компании возлагается ответственность по доказательству безопасности и эффективности, прежде чем будет достигнута широкая адаптация устройств, и, учитывая доминирование системы da Vinci, конкурентам предстоит тяжелая битва. Независимо от этого, крайне важно, чтобы хирурги были в курсе новых технологий и их клинического использования, поскольку ландшафт роботизированных хирургических систем становится все более разнообразным.

Выход на рынок новых роботических хирургических систем положил конец монополии Intuitive Surgical. Хотя ни одна из этих систем пока не доступна в мировом масштабе, некоторые платформы, такие как Senhance, Versius, Hugo RAS, получили распространение в основном в Европе, в то время как другие платформы, такие как хирургический робот KangDuo, Toumai, Revo-I и Hinotori, используются в Китае, Корее и Японии.

Значительное число представленных в этом обзоре исследований были сосредоточены на демонстрации осуществимости и безопасности новых платформ для выполнения различных хирургических процедур. Большинство сравнительных исследований продемонстрировали сопоставимые результаты с системой da Vinci. Новые платформы вводят дополнительные функции и могут снизить расходы на роботическую хирургию. Однако необходимы дальнейшие многоцентровые сравнительные исследования для подтверждения результатов, представленных в основном несколькими центрами, участвующими в разработке и программе обучения на этих новых платформах, а также для понимания того, могут ли новые роботы предложить какие-либо преимущества по сравнению с системами da Vinci, помимо экономии средств.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Ю.А. Козлов — концепция и дизайн исследования, написание текста; М.В. Макарочкина — концепция и дизайн исследования; Э.В. Сапухин — сбор и обработка материала; А.С. Страшинский, А.А. Марчук, А.О. Ряхина, Г.Э. Мирзалиева — сбор и обработка материала; А.П. Рожанский — написание текста. Авторы одобрили версию для публикации, а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой ее части.

Источники финансирования. Отсутствуют.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы использовано изображение (эволюция роботической платформы da Vinci на рис. 1, робот da Vinci 5 на рис. 2 и новые генерации хирургических роботов на рис. 3), заимствованное из работы A. Asadizeidabadi и соавт. [Asadizeidabadi A., Hosseini S., Vetshev F., et al. Comparison of da Vinci 5 with previous versions of da Vinci and Sina: A review // Laparoscopic, Endoscopic and Robotic Surgery. 2024. Vol. 7, Issue 2, P. 60–65. doi: 10.1016/j.lers.2024.04.006] (распространяется на условиях лицензии CC-BY 4.0).

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

ADDITIONAL INFO

Authors' contribution. Yu.A. Kozlov, concept and design of the study, writing the text; M.V. Makarochkina, concept and design of the study; E.V. Sapukhin, A.S. Strashinsky, A.A. Marchuk, A.O. Ryakhina, G.E. Mirzalieva, collection and processing of material; A.P. Rozhanski, writing the text. The authors have approved the version for publication and have also agreed to be responsible for all aspects of the work, ensuring that issues relating to the accuracy and integrity of any part of it are properly considered and addressed.

Funding sources. No funding.

Disclosure of interests. The authors have no relationships, activities or interests for the last three years related with for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality. This work includes an image (the evolution of the da Vinci robotic platform in Figure 1, the da Vinci 5 robot in Figure 2, and new generations of surgical robots in Figure 3) reproduced from the publication by A. Asadizeidabadi et al. with proper attribution. [Asadizeidabadi A, Hosseini S, Vetshev F, et al. Comparison of da Vinci 5 with previous versions of da Vinci and Sina: A review. *Laparoscopic, Endoscopic and Robotic Surgery*. 2024;7(2):60–65. doi: 10.1016/j.lers.2024.04.006] (Licensed under CC-BY 4.0).

Generative AI. Generative AI technologies were not used for this article creation.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. McCulloch P, Checcucci E, Chow AK, et al. New multiport robotic surgical systems: a comprehensive literature review of clinical outcomes in urology. *Ther Adv Urol*. 2023;15:17562872231177781. doi: 10.1177/17562872231177781

2. McCulloch P, Altman DG, Campbell WB, et al. No surgical innovation without evaluation: the IDEAL recommendations. *Lancet*. 2009;374(9695):1105–1112. doi: 10.1016/S0140-6736(09)61116-8

3. Marcus HJ, Ramirez PT, Khan DZ, et al. The IDEAL framework for surgical robotics: development, comparative evaluation and long-term monitoring. *Nat Med*. 2024;30(1):61–75. doi: 10.1038/s41591-023-02732-7 EDN: RYBXGO

4. Namdarian B, Dasgupta P. What robot for tomorrow and what improvement can we expect? *Curr Opin Urol*. 2018;28(2):143–152. doi: 10.1097/MOU.0000000000000474

5. Samalavicius NE, Janusonis V, Siaulys R, et al. Robotic surgery using Senhance® robotic platform: single center experience with first 100 cases. *J Robot Surg*. 2020;14:371–376. doi: 10.1007/s11701-019-01000-6
6. Thomas BC, Slack M, Hussain M, et al. Preclinical evaluation of the Versius surgical system, a new robot-assisted surgical device for use in minimal access renal and prostate surgery. *Eur Urol Focus*. 2021;7:444–452. doi: 10.1016/j.euf.2020.01.011 EDN: RZDTHL
7. Ragavan N, Bharathkumar S, Chirravur P, et al. Evaluation of Hugo RAS system in major urologic surgery: our initial experience. *J Endourol*. 2022;36:1029–1035. doi: 10.1089/end.2022.0015 EDN: NNCEWW
8. Alip S, Koukourikis P, Han WK, et al. Comparing Revo-i and da Vinci in Retzius-sparing robot-assisted radical prostatectomy: a preliminary propensity score analysis of outcomes. *J Endourol*. 2022;36(1):104–110. doi: 10.1089/end.2021.0421 EDN: APBMVO
9. Shademan A, Decker RS, Opfermann JD, et al. Supervised autonomous robotic soft tissue surgery. *Sci Transl Med*. 2016;8(337):337ra64. doi: 10.1126/scitranslmed.aad9398
10. Anvari M, McKinley C, Stein H. Establishment of the world's first telerobotic remote surgical service: for provision of advanced laparoscopic surgery in a rural community. *Ann Surg*. 2005;241(3):460–464. doi: 10.1097/01.sla.0000154456.69815.ee
11. Nakauchi M, Suda K, Nakamura K, et al. Establishment of a new practical telesurgical platform using the Hinotori™ surgical robot system: a preclinical study. *Langenbecks Arch Surg*. 2022;407(8):3783–3791. doi: 10.1007/s00423-022-02710-6 EDN: IPNORS
12. Hellan M, Spinoglio G, Pigazzi A, et al. The influence of fluorescence imaging on the location of bowel transection during robotic left-sided colorectal surgery. *Surg Endosc*. 2014;28(5):1695–1702. doi: 10.1007/s00464-013-3377-6 EDN: VLBTSU
13. Gosrisirikul C, Chang KD, Raheem AA, et al. New era of robotic surgical systems. *Asian J Endosc Surg*. 2018;11(4):291–299. doi: 10.1111/ases.12660
14. Brassetti A, Ragusa A, Bove AM, et al. Robot-assisted transperitoneal repair of a recto-vesical fistula, a case report. *Urol Video J*. 2023;19:100233. doi: 10.1016/j.urolvj.2023.100233 EDN: CDEDAL
15. Dobbs RW, Halgrimson WR, Talamini S, et al. Single-port robotic surgery: the next generation of minimally invasive urology. *World J Urol*. 2020;38(4):897–905. doi: 10.1007/s00345-019-02898-1 EDN: CVYBYG
16. Melling N, Barr J, Schmitz R, et al. Robotic cholecystectomy: first experience with the new Senhance robotic system. *J Robot Surg*. 2019;13(3):495–500. doi: 10.1007/s11701-018-0877-3
17. McKechnie T, Khamar J, Daniel R, et al. The Senhance surgical system in colorectal surgery: a systematic review. *J Robot Surg*. 2023;17(2):325–334. doi: 10.1007/s11701-022-01455-0 EDN: SQEESB
18. Gueli Alletti S, Rossitto C, Cianci S, et al. The Senhance™ surgical robotic system ("Senhance") for total hysterectomy in obese patients: a pilot study. *J Robot Surg*. 2018;12(2):229–234. doi: 10.1007/s11701-017-0718-9
19. Kastelan Z, Hudolin T, Kulis T, et al. Extraperitoneal radical prostatectomy with the Senhance robotic platform: first 40 cases. *Eur Urol*. 2020;78(6):932–934. doi: 10.1016/j.eururo.2020.07.012 EDN: CMFSXK
20. Kastelan Z, Hudolin T, Kulis T, et al. Upper urinary tract surgery and radical prostatectomy with Senhance® robotic system: single center experience — first 100 cases. *Int J Med Robot*. 2021;17(4):e2269. doi: 10.1002/rcs.2269 EDN: XGFOYA
21. Kulis T, Hudolin T, Penezic L, et al. Comparison of extraperitoneal laparoscopic and extraperitoneal Senhance radical prostatectomy. *Int J Med Robot*. 2022;18(1):e2344. doi: 10.1002/rcs.2344 EDN: EFWLHH
22. Venckus R, Jasenas M, Telksnys T, et al. Robotic-assisted radical prostatectomy with the Senhance® robotic platform: single center experience. *World J Urol*. 2021;39(12):4305–4310. doi: 10.1007/s00345-021-03792-5 EDN: HJHCGV
23. Carbonara U, Srinath M, Crocerossa F, et al. Robot-assisted radical prostatectomy versus standard laparoscopic radical prostatectomy: an evidence-based analysis of comparative outcomes. *World J Urol*. 2021;39(10):3721–3732. doi: 10.1007/s00345-021-03687-5 EDN: GWZVHV
24. Kaneko G, Shirotake S, Oyama M, et al. Initial experience of laparoscopic radical nephrectomy using the Senhance® robotic system for renal cell carcinoma. *Int Cancer Conf J*. 2021;10(3):228–232. doi: 10.1007/s13691-021-00487-x EDN: ESEJOR
25. Sassani JC, Glass Clark S, McGough CE, et al. Sacrocolpopexy experience with a novel robotic surgical platform. *Int Urogynecol J*. 2022;33(11):3255–3260. doi: 10.1007/s00192-022-05155-z EDN: SNNZKH
26. Holzer J, Beyer P, Schilcher F, et al. First pediatric pyeloplasty using the Senhance® robotic system — a case report. *Children (Basel)*. 2022;9(3):302. doi: 10.3390/children9030302 EDN: CPMDQU
27. Kelkar D, Borse MA, Godbole GP, et al. Interim safety analysis of the first-in-human clinical trial of the Versius surgical system, a new robot-assisted device for use in minimal access surgery. *Surg Endosc*. 2021;35(9):5193–5202. doi: 10.1007/s00464-020-08014-4 EDN: GMOCCG
28. Rocco B, Turri F, Sangalli M, et al. Robot-assisted radical prostatectomy with the Versius robotic surgical system: first description of a clinical case. *Eur Urol Open Sci*. 2023;48:82–83. doi: 10.1016/j.euros.2022.11.019 EDN: GVZAAF
29. Reeves F, Challacombe B, Ribbits A, et al. Idea, development, exploration, assessment, long-term follow-up study (IDEAL) stage 1/2a evaluation of urological procedures with the Versius robot. *BJU Int*. 2022;130(4):441–443. doi: 10.1111/bju.15829 EDN: SDUXOA
30. Hussein AA, Mohsin R, Qureshi H, et al. Transition from da Vinci to Versius robotic surgical systems: initial experience and outcomes of over 100 consecutive procedures. *J Robot Surg*. 2023;17(2):419–426. doi: 10.1007/s11701-022-01422-9 EDN: RYVERM
31. Bravi CA, Paciotti M, Sarchi L, et al. Robot-assisted radical prostatectomy with the novel Hugo robotic system: initial experience and optimal surgical set-up at a tertiary referral robotic center. *Eur Urol*. 2022;82(2):233–237. doi: 10.1016/j.eururo.2022.04.029 EDN: XNXMQA
32. Gallioli A, Uleri A, Gaya JM, et al. Initial experience of robot-assisted partial nephrectomy with Hugo™ RAS system: implications for surgical setting. *World J Urol*. 2023;41(4):1085–1091. doi: 10.1007/s00345-023-04336-9 EDN: CIQEXP
33. Elorrieta V, Villena J, Kompatzki Á, et al. Robot-assisted laparoscopic surgeries for nononcological urologic disease: initial experience with Hugo RAS system. *Urology*. 2023;174:118–125. doi: 10.1016/j.urology.2023.01.042 EDN: OCBGUO

34. Raffaelli M, Gallucci P, Voloudakis N, et al. The new robotic platform Hugo™ RAS for lateral transabdominal adrenalectomy: a first world report of a series of five cases. *Updates Surg*. 2023;75(1):217–225. doi: 10.1007/s13304-022-01410-6 EDN: YMXAWR
35. Kwon W, Jang JY, Jeong CW, et al. Cholecystectomy with the Hugo™ robotic-assisted surgery system: the first general surgery clinical study in Korea. *Surg Endosc*. 2024. doi: 10.1007/s00464-024-11334-4 EDN: FLJBWO
36. Yap MÁC, Castillo CEV, Martino M, et al. The experience with Hugo™ robot-assisted surgery on complex gynecological patients in Panama. *J Robot Surg*. 2024;19(1):3. doi: 10.1007/s11701-024-02149-5
37. Lim JH, Lee WJ, Park DW, et al. Robotic cholecystectomy using Revo-I model MSR-5000, the newly developed Korean robotic surgical system: a preclinical study. *Surg Endosc*. 2017;31(8):3391–3397. doi: 10.1007/S00464-016-5357-0 EDN: EXDWPS
38. Chang KD, Abdel Raheem A, Choi YD, et al. Retzius-sparing robot-assisted radical prostatectomy using the Revo-I robotic surgical system: surgical technique and results of the first human trial. *BJU Int*. 2018;122(3):441–448. doi: 10.1111/BJU.14245 EDN: VHHJYL
39. Kim JS, Choi M, Hwang HS, et al. The Revo-i robotic surgical system in advanced pancreatic surgery: a second non-randomized clinical trial and comparative analysis to the da Vinci™ system. *Yonsei Med J*. 2024;65(3):148–155. doi: 10.3349/ymj.2023.0140 EDN: FUDWPI
40. Gkeka K, Tsaturyan A, Faitatziadis S, et al. Robot-assisted radical nephrectomy using the novel Avatera robotic surgical system: a feasibility study in a porcine model. *J Endourol*. 2023;37(3):273–278. doi: 10.1089/end.2022.0596 EDN: VOEAVM
41. Peteinaris A, Kallidonis P, Tsaturyan A, et al. The feasibility of robot-assisted radical cystectomy: an experimental study. *World J Urol*. 2023;41(2):477–482. doi: 10.1007/s00345-022-04266-y EDN: BBSBUE
42. Kallidonis P, Tatanis V, Peteinaris A, et al. Robot-assisted pyeloplasty for ureteropelvic junction obstruction: initial experience with the novel Avatera system. *World J Urol*. 2023;41(11):3155–3160. doi: 10.1007/s00345-023-04586-7 EDN: JPPTHS
43. Gkeka K, Kallidonis P, Peteinaris A, et al. Robot-assisted radical prostatectomy using the Avatera system™: a prospective pilot study. *Minerva Urol Nephrol*. 2024;76(1):52–59. doi: 10.23736/S2724-6051.23.05545-3 EDN: ZZHADF
44. Fan S, Dai X, Yang K, et al. Robot-assisted pyeloplasty using a new robotic system, the KangDuo-Surgical Robot-01: a prospective, single-centre, single-arm clinical study. *BJU Int*. 2021;128(2):162–165. doi: 10.1111/bju.15396 EDN: VXTZOW
45. Fan S, Xiong S, Li Z, et al. Pyeloplasty with the Kangduo surgical robot vs the da Vinci Si robotic system: preliminary results. *J Endourol*. 2022;36(12):1538–1544. doi: 10.1089/end.2022.0366 EDN: YRBIVT
46. Wang J, Fan S, Shen C, et al. Partial nephrectomy through retroperitoneal approach with a new surgical robot system, KD-SR-01. *Int J Med Robot*. 2022;18(2):e2352. doi: 10.1002/rcs.2352 EDN: HGIIMA
47. Fan S, Hao H, Chen S, et al. Robot-assisted laparoscopic radical prostatectomy using the KangDuo surgical robot system vs the da Vinci Si robotic system. *J Endourol*. 2023;37(5):568–574. doi: 10.1089/end.2022.0739 EDN: FZCVKT
48. Li X, Xu W, Fan S, et al. Robot-assisted partial nephrectomy with the newly developed KangDuo surgical robot versus the da Vinci Si surgical system: a double-center prospective randomized controlled noninferiority trial. *Eur Urol Focus*. 2023;9(1):133–140. doi: 10.1016/j.euf.2022.07.008 EDN: XXRKKK
49. Xiong S, Fan S, Chen S, et al. Robotic urologic surgery using the KangDuo-Surgical Robot-01 system: a single-center prospective analysis. *Chin Med J (Engl)*. 2023;136(24):2960–2966. doi: 10.1097/CM9.0000000000002920 EDN: BHYIMU
50. Dong J, Ji R, Liu G, et al. Feasibility, safety and effectiveness of robot-assisted retroperitoneal partial adrenalectomy with a new robotic surgical system: a prospective clinical study. *Front Surg*. 2023;10:1071321. doi: 10.3389/fsurg.2023.1071321 EDN: LAJNJC
51. Hinata N, Yamaguchi R, Kusuhara Y, et al. Hinotori surgical robot system, a novel robot-assisted surgical platform: preclinical and clinical evaluation. *Int J Urol*. 2022;29(10):1213–1220. doi: 10.1111/iju.14973 EDN: YWFGTV
52. Miyake H, Motoyama D, Matsushita Y, et al. Initial experience of robot-assisted partial nephrectomy using Hinotori surgical robot system: single institutional prospective assessment of perioperative outcomes in 30 cases. *J Endourol*. 2023;37(5):531–534. doi: 10.1089/end.2022.0775 EDN: VMGLKU
53. Miura R, Okuya K, Akizuki E, et al. World-first report of low anterior resection for rectal cancer with the Hinotori™ surgical robot system: a case report. *Surg Case Rep*. 2023;9(1):156. doi: 10.1186/s40792-023-01705-9 EDN: TBHMLK
54. Kitadani J, Ojima T, Hayata K, et al. Robotic gastrectomy using hinotori™ surgical robot system: initial case series. *Asian J Endosc Surg*. 2024;17(3):e13349. doi: 10.1111/ases.13349
55. Tobe T, Terakawa T, Ueki H, et al. Initial experience of robot-assisted laparoscopic pyeloplasty for ureteropelvic junction obstruction using the Hinotori surgical robot system. *Int J Med Robot*. 2024;20(5):e2673. doi: 10.1002/rcs.2673 EDN: AFLBPW
56. Böhlen D, Gerber R. First ever radical prostatectomy performed with the new Dexter robotic system™. *Eur Urol*. 2023;83(5):479–480. doi: 10.1016/j.eururo.2023.02.004 EDN: OKDBDW
57. Alkatout I, Becker T, Nuhn P, et al. The first robotic-assisted hysterectomy below the bikini line with the Dexter robotic system™. *Facts Views Vis Obgyn*. 2024;16(1):87–91. doi: 10.52054/FVVO.16.1.010 EDN: BZWZFH
58. Pokhrel G, Zheng H, Tao J, et al. Assessing the feasibility and safety of the Toumai® robotic system in urologic surgery: initial experience. *J Endourol*. 2024;38(6):552–558. doi: 10.1089/end.2024.0028 EDN: HIFJVL
59. Zhang Z, Zhan W, Tian H, et al. An initial exploratory clinical study and outcome assessment of gastrointestinal surgeries using advanced robotic-assisted techniques. *Surg Endosc*. 2024;39(2):766–775. doi: 10.1007/s00464-024-11398-2 EDN: TSFTQI
60. Huang J, Zhu H, Lu P, et al. Comparison of lobectomy performed through Toumai® surgical robot and da Vinci surgical robot in early-stage non-small cell lung cancer: a retrospective study of early perioperative results. *Transl Lung Cancer Res*. 2023;12(11):2219–2228. doi: 10.21037/tlcr-23-603 EDN: IKPNAL

ОБ АВТОРАХ

***Юрий Андреевич Козлов,** д-р мед. наук,
профессор, чл.-кор. РАН;
адрес: Россия, 664022, Иркутск, б-р Гагарина, д. 4;
ORCID: 0000-0003-2313-897X; eLibrary SPIN: 3682-0832;
e-mail: yuriherz@hotmail.com

Александр Павлович Рожанский;
ORCID: 0000-0001-7922-7600;
e-mail: alexanderozhanski@mail.ru

Марина Валериевна Макарочкина;
ORCID: 0000-0001-8295-6687; eLibrary SPIN: 4600-4071;
e-mail: m.makarochkina@gmail.com

Эдуард Владимирович Сапухин;
ORCID: 0000-0001-5470-7384; e-mail: sapukhin@yandex.ru

Алексей Сергеевич Страшинский;
ORCID: 0000-0002-1911-4468; e-mail: leksus-642@yandex.ru

Анна Олеговна Ряхина;
ORCID: 0009-0006-0340-1186; e-mail: romahka.yansa@yandex.ru

Гюльнара Эльшан кызы Мирзалиева;
ORCID: 0009-0008-9542-9390; e-mail: mirzalieva.gulnara@mail.ru

Андрей Алексеевич Марчук;
ORCID: 0000-0001-9767-0454; e-mail: maa-ped20@yandex.ru

AUTHORS' INFO

***Yury A. Kozlov,** MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor,
Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences;
address: 4 Gagarina boulevard, Irkutsk, 664022, Russia;
ORCID: 0000-0003-2313-897X; eLibrary SPIN: 3682-0832;
e-mail: yuriherz@hotmail.com

Alexander P. Rozhanski, MD;
ORCID: 0000-0001-7922-7600;
e-mail: alexanderozhanski@mail.ru

Marina V. Makarochkina, MD;
ORCID: 0000-0001-8295-6687; eLibrary SPIN: 4600-4071;
e-mail: m.makarochkina@gmail.com

Eduard V. Sapukhin, MD;
ORCID: 0000-0001-5470-7384; e-mail: sapukhin@yandex.ru

Alexey S. Strashinsky, MD;
ORCID: 0000-0002-1911-4468; e-mail: leksus-642@yandex.ru

Anna O. Ryakhina;
ORCID: 0009-0006-0340-1186; e-mail: romahka.yansa@yandex.ru

Gyulnara E. Mirzalieva;
ORCID: 0009-0008-9542-9390; e-mail: mirzalieva.gulnara@mail.ru

Andrey A. Marchuk, MD;
ORCID: 0000-0001-9767-0454; e-mail: maa-ped20@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author