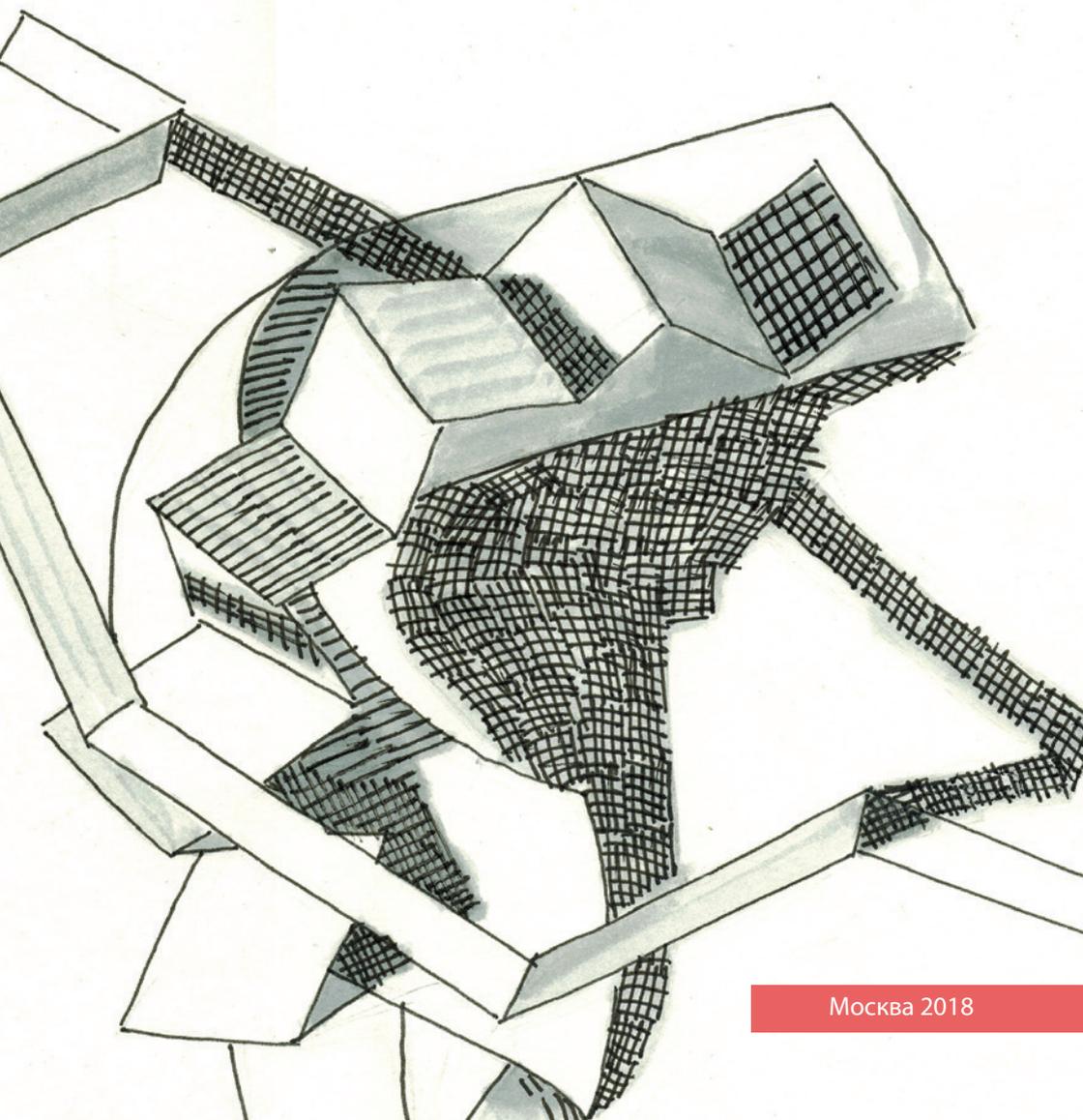


Д.Ю. Пушкарь, К.Б. Колонтарев, А.В. Говоров, В.В. Дьяков

РОБОТ-АССИСТИРОВАННЫЕ ХИРУРГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Учебно-методические рекомендации № 76



Москва 2018

**ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
ДЕПАРТАМЕНТ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ**

СОГЛАСОВАНО

Главный внештатный
специалист по урологии
Департамента
здравоохранения города Москвы
Пушкарь Дмитрий Юрьевич

«16»  2018 г.

РЕКОМЕНДОВАНО

Экспертным советом по науке
Департамента здравоохранения
города Москвы №

«16»  2018 г.

Робот-ассистированные хирургические системы

№ 76

Москва 2018

УДК 617-089 : 59.30

ББК 54.5

P581

Учреждения-разработчики: Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Городская клиническая больница имени С.И. Спасокоцкого Департамента здравоохранения города Москвы», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Авторский коллектив: член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор Пушкарь Дмитрий Юрьевич; доктор медицинских наук, профессор Колонтарев Константин Борисович; доктор медицинских наук, профессор Говоров Александр Викторович; кандидат медицинских наук Дьяков Владимир Валентинович.

Рецензенты: Лоран О.Б., доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой урологии и хирургической андрологии ФГБОУ ДПО РМАНПО МЗ РФ; Котов С.В., доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой, руководитель университетской клиники урологии ФГБОУ ВО РНИМУ имени Н.И. Пирогова МЗ РФ.

Робот-ассистированная хирургия является платформой для интеграции современных технологических разработок в ставшую уже традиционной минимально инвазивную хирургию. Применение роботических систем в хирургии выражено прогрессирует за сравнительно короткий отрезок времени, что благоприятно как для хирурга, так и для пациента. В данных учебно-методических рекомендациях описано текущее состояние робот-ассистированной технологии в условиях быстро развивающейся инфраструктуры медицинской робототехники. Вниманию специалиста предлагается описание имеющихся в настоящее время робот-ассистированных систем с описанием преимуществ и недостатков каждой из них.

Данные учебно-методические рекомендации предназначены для врачей-урологов, онкологов, ординаторов, обучающихся по специальности «урология», студентов медицинских вузов старших курсов.

Данный документ является собственностью Департамента здравоохранения города Москвы и не подлежит тиражированию и распространению без соответствующего разрешения.

Авторы несут персональную ответственность за представленные в учебно-методических рекомендациях данные.

ISBN 978-5-903018-56-0



© Коллектив авторов, 2018

© ИД «АБВ-пресс», 2018

РОБОТ-АССИСТИРОВАННЫЕ ХИРУРГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Учебно-методические рекомендации № 76

Москва 2018

Содержание

Введение	5
Ранние модели	8
Системы, использование которых прекращено	12
Коммерчески доступные альтернативные системы	13
Разрабатываемые робот-асситированные хирургические системы	17
Заключение	20
Список литературы	21

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время по всему миру отмечается тенденция к меньшей инвазивности при выполнении хирургических вмешательств, вследствие чего резко увеличилось число выполняемых лапароскопических и роботических операций наряду с уменьшением частоты применения традиционной открытой хирургии. Популяризация лапароскопической техники привела к значительному сокращению периода пребывания пациентов в стационаре и к тому, что пациенты стали испытывать меньший страх перед предстоящим вмешательством. Робот-ассистированная хирургия послужила платформой для интеграции современных технологических разработок в ставшую уже традиционной минимально инвазивную хирургию. По мере роста популярности лапароскопической техники оперативного лечения минимально инвазивная хирургия сделала еще один значимый шаг вперед после внедрения однопортовой хирургии (laparoscopic single-site surgery, LESS) с последующей разработкой так называемой хирургии через естественные отверстия (natural orifice transluminal endoscopic, NOTES). При этом к услугам хирургов, предпочитающих минимально инвазивную хирургию, доступны некоторые робот-ассистированные платформы, позволяющие выполнять манипуляции NOTES в режиме master—slave. Все больше и больше пациентов озвучивают желание быть прооперированными при помощи наиболее современной технологии, позволяющей избавить их не только от выраженного болевого эффекта и продолжительной госпитализации, но и от каких-либо следов перенесенного оперативного вмешательства. Однако следует помнить, что все преимущества робот-ассистированной минимально инвазивной хирургии перед началом популяризации того или иного минимально инвазивного метода лечения или той или иной робот-ассистированной системы должны быть поддержаны значимыми публикациями.

Начиная с 1999 г. и по настоящее время робот-ассистированная хирургическая система da Vinci (Intuitive Surgical, Inc., Саннивейл, штат Калифорния, США) является наиболее распространенной и часто используемой повсеместно роботической платформой для минимально инвазивной хирургии. По данным на декабрь 2017 г. по всему миру было установлено 4409 хирургических систем. Системы da Vinci нашли применение во многих направлениях медицины, включая урологию, гинекологию, кардиохирургию, общую хирургию, хирургию головы и шеи и т.д. В 1999 г. компания Intuitive Surgical начала исследования по применению хирургической робот-ассистированной системы в кардиохирургии параллельно со своим конкурентом — компанией Computer Motion [1, 2]. Робот-ассистированная радикальная простатэктомия впервые была выполнена в 2001 г., а в 2004 г. компания Intuitive Surgical приобрела

компанию Computer Motion [3–8]. После одобрения Американским управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (Food and Drug Administration, FDA) за неполные 20 лет было предложено для применения 4 поколения системы da Vinci [9–13]. Компания Intuitive Surgical является обладателем более чем 1500 патентов, что обуславливает ограниченное клиническое применение создаваемых альтернативных роботических систем [14–19]. Несмотря на это, несколько компаний предлагают в настоящее время доступные на рынке системы, имеющие уникальные отличия от системы da Vinci. В частности, робот-ассистированная платформа Senhance обладает схожей консолью с многочисленными инструментальными руками, управляемыми из отдаленной станции посредством манипуляторов, оформленных в привычные для лапароскопистов рукоятки, обеспечивающие свободу движения инструментов в различных направлениях. Одним из ключевых отличий данной системы является реальная тактильная чувствительность, позволяющая хирургу оценить степень приложения усилия к ткани. Более того, к услугам хирурга новейшая система контроля камеры: она направляется точно в то место, куда устремлен взгляд специалиста. При работе на системе da Vinci хирург управляет камерой с помощью тех же манипуляторов при нажатой ножной педали, переключающей управление на руку камеры. Популяризация уже сейчас доступной новой хирургической робот-ассистированной платформы может повлечь за собой передел рынка и появление здоровой конкурентной среды. Это может привести исключительно к положительным результатам, однако не следует забывать, что популяризировать систему можно, лишь будучи точно уверенным в ее безопасном и эффективном применении для выполнения того или иного оперативного вмешательства.

Еще одной робот-ассистированной платформой, способной найти более широкое применение в рутинной клинической практике, является Flex Robotic System. Данная система представляет собой гибкий эндоскоп для применения в однопортовой хирургии LESS. В отличие от системы da Vinci SP система Flex позволяет обеспечить доступ к хирургическому полю посредством нелинейного продвижения наружного тубуса с наличием внутренних каналов для продвижения инструментов непосредственно к месту их использования.

Применение роботических систем в хирургии выражено прогрессирует за сравнительно короткий отрезок времени, что благоприятно как для хирурга, так и для пациента. Для хирурга это эргономичность, в том числе консоли, позволяющие выполнять оперативное лечение сидя, фильтрация физиологического тремора, а также 3D-изображение высокой точности и многократное увеличение. Прекрасными примерами инженерной интеграции в медицину служат разработка и применение устройств, обеспечивающих наличие тактильной чувствительности, получаемой приборами с сенсоров дистальной части инструмента и передаваемой на манипуляторы

хирурга, что обеспечивает более бережную работу с тканями. Технология робот-ассистированной хирургии прошла долгий путь за короткое время и трансформировалась из недостижимой мечты из далекого будущего в повседневную реальность с великолепными возможностями выполнения точнейших манипуляций. В ближайшее время мы вправе ожидать появления большого количества альтернативных хирургических робот-ассистированных систем на рынке.

Все робот-ассистированные хирургические системы работают по принципу master—slave и состоят из нескольких компонентов, основными из которых являются консоль хирурга и тележка пациента, находящаяся непосредственно около операционного стола [13, 20].

Все роботические системы можно разделить по типу консоли (открытая или закрытая); по компоновке инструментальных рук на тележке пациента (отдельные руки, прикрепленные непосредственно к операционному столу, отдельные руки, каждая на своей тележке пациента или несколько рук на одной тележке пациента); по способу управления камерой (управление голосом, взглядом или ручное управление); по наличию специальных возможностей (тактильная чувствительность, легковесные инструментальные руки, возможность менять положение камеры путем ее перемещения на 180°) и наличию потенциальной возможности применения однопортовой хирургии.

В данных методических рекомендациях описано текущее состояние робот-ассистированной технологии в условиях быстро развивающейся инфраструктуры медицинской робототехники. Вниманию специалиста предлагается описание имеющихся в настоящее время робот-ассистированных систем с описанием преимуществ и недостатков каждой из них. Все описанные системы применяются в общей хирургии, однако основной акцент сделан на системах, наиболее часто применяемых в хирургической практике урологов.

РАННИЕ МОДЕЛИ

ARTEMIS

В 1996 г. G. Buess и M.O. Schurr выполнили телехирургическую лапароскопическую холецистэктомию у живого животного (свиньи) при помощи системы ARTEMIS, состоящей из консоли открытого типа и 3 изолированных роботических рук. Хирурги использовали поляризационные очки для 3D видеоэндоскопии. Несмотря на многообещающие успешные исследования в области абдоминальной хирургии и кардиохирургии, данная система так никогда и не была использована в клинической практике [21–23].

ZEUS

Компания Computer Motion Inc. (США) разработала систему AESOP — контролируемую голосом автоматическую руку камеры, что совместно с системой ZEUS позволяло выполнять оперативные вмешательства на расстоянии. Производство и разработка обеих систем было остановлено в 2004 г. при поглощении Computer Motion компанией Intuitive Surgical. Система ZEUS состояла из блока контроля (консоли хирурга) и 2 изолированных роботических рук в сочетании с контролируемой голосом рукой камеры, прикрепляемых непосредственно к операционному столу. Хирург располагался перед консолью открытого типа на стуле с высокой спинкой и подлокотниками, управляя движениями рук при помощи джойстиков. Инструменты обладали лишь 4 степенями свободы. Для визуализации операционного поля применялась, как 3D, так и 2D видеосистема. Наиболее впечатляющей демонстрацией возможности системы была выполненная J. Marescaux трансатлантическая лапароскопическая холецистэктомия [24]. В урологии применение системы было ограничено лишь несколькими случаями выполнения тазовой лимфаденэктомии и пиелопластики [25, 26].

СИСТЕМЫ DA VINCI

Da Vinci 2000 и da Vinci S. Проект телехирургии поля боя, разрабатываемый NASA (National Aeronautics and Space Administration), лег в основу робот-ассистированной хирургической системы da Vinci 2000 (Intuitive Surgical, Саннивейл,

штат Калифорния, США) [27, 28]. Система состояла из консоли хирурга закрытого типа, 3D оптической системы и 3 рук, расположенных на тележке пациента (рис. 1). Система da Vinci S предоставляла более широкий диапазон движений, более длинные роботические руки, возможность применения биполярной энергии и (опционально) высокое разрешение оптической системы (High definition, HD) или четвертую роботическую руку (рис. 2).



Рис. 1. Тележка пациента робот-ассистированной хирургической системы da Vinci 2000



Рис. 2. Робот-ассистированная хирургическая система da Vinci S

Уникальной особенностью системы было наличие инструментов технологии Endowrist с 6 степенями свободы и управлением посредством манипуляторов, позволяющих детально передавать движения рук хирурга. Наличие механизма clutch также стало одним из уникальных свойств представленной системы. Техническая поддержка ранних поколений системы da Vinci была прекращена в 2015 (система da Vinci 2000) и в 2018 гг. (система da Vinci S).

Получив в 2001 г. одобрение FDA, система изначально была использована в сердечно-сосудистой хирургии. Первые оперативные вмешательства были проведены в Центре сердечно-сосудистой хирургии в Лейпциге (Heart Centre of Leipzig) [29].

В том же году программа робот-ассистированной радикальной простатэктомии была начата в Европе [30–34]. Первую полноценную роботическую программу в урологии создали М. Menon и соавт. [35].

Da Vinci Si. В 2009 г. была представлена система da Vinci Si (рис. 3). Уникальными особенностями нового поколения стали HD оптическая система, возможность переключения между инструментами при помощи манипуляторов, а также система Fire-Fly (флуорисценция) [36, 37]. Возможность интеграции второй консоли позволило создать и осуществить систему обучения робот-ассистированной хирургии, как было предложено еще в 2000 г. R. Autschbach и соавт. [38]. Система da Vinci Si также позволяет использовать систему VeSPA для однопортовой робот-ассистированной хирургии, при этом однопортовые инструменты обладают лишь 4 степенями свободы [39].



Рис. 3. Консоль хирурга робот-ассистированной хирургической системы da Vinci Si

Da Vinci Xi. В 2014 г. была представлена новая модель da Vinci — Xi. Наибольшие изменения претерпела тележка пациента. Все 4 роботические руки так же, как и в прошлых моделях, располагаются, в отличие от других роботов, на одной тележке, но в системе Xi расположение их принципиально отличается. Присоединение системы стало значимо проще благодаря возможности подведения рук из вертикального положения (рис. 4). Основными особенностями нового поколения были наличие 8 мм HD-камеры с возможностью расположения в любой роботической руке, что очень важно при оперативных вмешательствах, требующих изменения угла атаки (в частности, в колоректальной хирургии), меньший размер роботических рук, что уменьшило вероятность инструментального конфликта, а также возможность изменения положения операционного стола уже после присоединения всех рук системы (технология table motion). С этой системой совместима и может быть использована

на новейшая тележка пациента для однопортовой хирургии — платформа SP (single port). При этом используются инструменты, также обладающие 6 степенями свободы [40].



Рис. 4. Тележка пациента робот-ассистированной хирургической системы da Vinci Xi

СИСТЕМЫ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОТОРЫХ ПРЕКРАЩЕНО

SR 1

В 2009 г. Kyung Hee в Университете Сеула (Seoul Yonsei University) совместно с корпорацией Samsung разработал хирургическую систему, состоящую из 2 промышленных роботов (AS2, Samsung Automation, Корея) обладающих 6 степенями свободы и устанавливаемых непосредственно на операционный стол совместно со стандартной 2D лапароскопической камерой. Несмотря на довольно простой дизайн, данная система позволяла проводить такие же телехирургические вмешательства, как система ZEUS. В клинической практике система SR1 никогда использована не была [15].

AMADEUS

В 2012 г. система Amadeus RSS (Titan Medical, Торонто, Канада) была представлена в качестве прототипа, находящегося на стадии клинических испытаний. Данная система обладала схожим с системой da Vinci дизайном (закрытая консоль хирурга, 3 роботических руки и рука камеры на тележке пациента) (рис. 5). Однако в 2013 г. компания внезапно приостановила дальнейшую разработку проекта, и система никогда не была представлена на рынке [18].



Рис. 5. Робот-ассистированная хирургическая система Amadeus

КОММЕРЧЕСКИ ДОСТУПНЫЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ

Senhance Surgical Robotic System

Изначально система носила название ALF-X и была разработана итальянской компанией Sofar. Однако в настоящее время компания Sofar выкуплена компанией Transenterix (США), которая переименовала систему.

Робот-ассистированная хирургическая система состоит из консоли хирурга открытого типа, носящей название «cockpit», 3D HD монитора, инфракрасной системы управления руки камеры движением глазных яблок, 4 изолированных роботических рук и многоразовых лапароскопических инструментов (рис. 6). Уникальными особенностями системы являются возможность адаптации под любую оптическую 3D систему, возможность управления движениями камеры с помощью глаза, а также наличие тактильной чувствительности у всех инструментов. Хирург располагается перед монитором на стуле, что позволяет всем находящимся в операционной наблюдать за ходом операции непосредственно на том же мониторе [43]. Оптическая система требует наличия 10мм троакара, равно как и артикуляционный иглодержатель. Для проведения остальных инструментов достаточно 5мм доступа. В настоящее время артикуляционной способностью обладает лишь иглодержатель, остальные инструменты обладают стандартными ограниченными степенями свободы, характерными для лапароскопических инструментов. Основным



Рис. 6. Робот-ассистированная хирургическая система Senhance

преимуществом, которое позволяет системе конкурировать с da Vinci, несомненно, является многоразовый инструментарий наряду с наличием тактильной чувствительности и возможностью управления камерой при помощи глаз.

Несмотря на кажущуюся привлекательность системы, основная часть публикаций посвящена применению в гинекологии и колоректальной хирургии [44, 45]. В урологии система Senhance до настоящего времени применялась лишь в операциях на животных.

Revo-I Robotic Surgical System

Компания Meere Company, расположенная в Южной Корее, в 2010 г. была выбрана Министерством науки Южной Кореи (Korean Ministry of Knowledge) для разработки и создания роботической системы для минимально инвазивной хирургии. После испытания многочисленных моделей и проведения 20 различных исследований на животных была создана представленная в 2015 г. роботическая система MSR-500 REVO-I (рис. 7). В 2017 г. система была одобрена FDA Кореи и в настоящее время применяется в клинической практике. Публикаций о применении системы для операций на человеке на сегодняшний день нет [46].

Revo-I — система, работающая по аналогичному da Vinci принципу master–slave, состоит из консоли хирурга закрытого типа, тележки пациента с 4 роботическими руками, оптической 3D HD-системы и многоразовых инструментов. Исследования на животных указали на короткий период обучения и безопасность применения системы. Есть данные о выполнении реконструкции маточных труб, резекции почки и холецистэктомии у свиней [47, 48].

Отличительная особенность системы — наличие в инструментах цифрового чипа, рассчитанного на применение в ходе 20 операций, что, несомненно, приведет к снижению затрат на оперативное вмешательство. Еще одно отличие от системы da Vinci — наличие тактильной чувствительности.



Рис. 7. Робот-ассистированная хирургическая система Revo-I

Как существенный недостаток может быть расценен значимо меньший разброс движений при работе иглодержателем по сравнению с аналогичным показателем системы da Vinci.

Подводя итог рассмотрения доступных в настоящее время альтернатив системе da Vinci, можно констатировать, что ни одна из 2 систем к настоящему времени не достигает ее уровня. Этот факт абсолютно понятен и объясним, ведь в компании Intuitive Surgical разработано 4 поколения хирургических систем, широко используемых в клинической практике.

В арсенале системы Senhance отсутствует артикуляционный режущий инструмент, что сегодня играет одну из ключевых ролей в прецизионной диссекции при любом робот-ассистированном оперативном вмешательстве. Система Revo-I уступает в разнообразии движений своего иглодержателя, что наряду с одобрением лишь локального FDA влечет за собой резко пролонгированный период сбора клинических результатов для адекватной оценки эффективности и безопасности применения системы. Однако самым большим препятствием для эффективного внедрения любой новой роботической системы является монополия компании Intuitive Surgical в данной области. Преодолеть это препятствие в виде огромной базы данных публикаций и клинической базы данных чрезвычайно трудно. Но тем интереснее наблюдать за процессом создания и апробации новых робот-ассистированных хирургических систем. Обе доступные системы обладают тактильной чувствительностью, что, казалось бы, должно было значительно облегчить состязание с лидером, однако данное преимущество нивелировалось за счет резкого отставания по другим позициям, таким как источники энергии, разнообразие инструментария, качество визуализации и т.д. К выраженному недостатку системы Senhance следует отнести ее габариты. Отдельно расположенные руки, казалось бы, приводят к возможности маневренности в пределах операционного поля, но в то же время значительно затрудняют доступ к операционному столу при экстренных ситуациях и требуют большего размера операционной.

Основные характеристики 3 доступных в настоящее время робот-ассистированных хирургических систем представлены в таблице.

Таблица. Характеристики доступных в настоящее время робот-ассистированных хирургических систем

Параметр	Da Vinci	Senhance	Revo-I
Консоль хирурга	Закрытая	Открытая	Закрытая
Оптика	8 мм 3D HD	10 мм 3D HD	10 мм 3D HD
Артикуляционные инструменты	Монополярные, биполярные, иглодержатели	Биполярные иглодержатели	Монополярные, биполярные иглодержатели
Размер инструментов	8 мм	5 мм, иглодержатель 10 мм	8 мм

Параметр	Da Vinci	Senhance	Revo-I
Управление камерой	Ручное	Движение глазами	Ручное
Тактильная чувствительность	Нет	Есть	Есть
Повторное использование	10 раз	Нет ограничений	20 раз
Стоимость случая*	1500 долл. США	200–500 долл. США	Нет данных
Стоимость системы*	1,5–2 млн долл. США	1–1,2 млн долл. США	Нет данных
Одобрение для применения	Повсеместно	FDA США для коло-ректальной и гинекологической хирургии, CE для всех лапароскопических вмешательств	FDA Кореи для применения в Южной Корее

*Приблизительные данные, значимо варьирующие в зависимости от страны.

Avicenna Roboflex

Робот-ассистированные хирургические системы, работающие по принципу master—slave, не ограничены исключительно лапароскопическим применением. Доказательством тому является система Avicenna Roboflex (Elmed, Анкара, Турция) для осуществления ретроградной интрауретеральной хирургии (рис. 8).

При выполнении оперативного вмешательства хирург сидит перед консолью открытого типа, управляя стандартным гибким уретероскопом с применением HD видео. Дистальный конец уретероскопа удерживается роботическим манипулятором, осуществляющим ротацию и движение инструмента. Ирригация, активация и контроль работы лазерного волокна осуществляются при помощи ножных педалей и сенсорного экрана консоли хирурга. В Европе система применяется с 2014 г., первые результаты — многообещающие.



Рис. 8. Робот-ассистированная хирургическая система Avicenna Roboflex

РАЗРАБАТЫВАЕМЫЕ РОБОТ-АССИТИРОВАННЫЕ ХИРУРГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

MiroSurge

В 2010 г. были опубликованы результаты экспериментального применения системы MiroSurge (Германский центр авиации и космонавтики (German Aerospace Center), Оберпфaffenхоффен, Германия) [49, 50]. В 2013 г. компания Covidien (Дублин, Ирландия) получила лицензию на коммерческое применение системы и начала работу в нескольких центрах в США. В 2015 г. Medtronic приобрела компанию Covidien и начала разработку инструментов. В настоящее время на стадии разработки находится 10-й прототип системы (рис. 9).

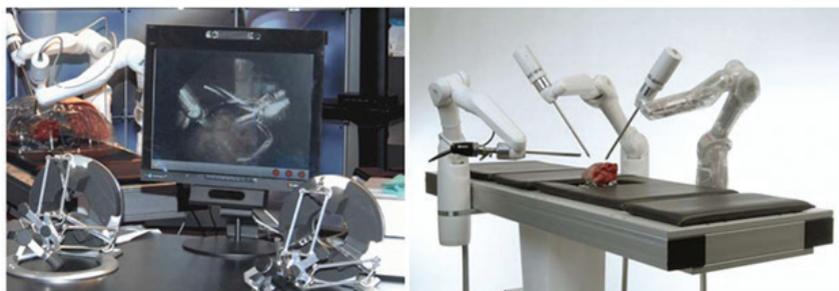


Рис. 9. Робот-ассистированная хирургическая система MiroSurge

MiroSurge состоит из 3 легких роботических рук, расположенных непосредственно на операционном столе и консоли хирурга открытого типа. Хирург сидит непосредственно перед монитором, обладающим способностью автофокусировки. Роботические руки состоят из 7 сочленений, обладая кинематикой, схожей с рукой человека. Движения рук обеспечивают микромоторы, способные опционально представлять тактильную чувствительность. В 2018 г. компания Medtronic планирует инициировать клинические исследования в Индии и представить систему в США.

Avatera

Начиная с 2012 г. компания Avateramedical (Йена, Германия) разрабатывает систему Avatera в сотрудничестве с компанией Force Dimension (Ньон, Швейцария) в аспекте передачи движений рук хирурга инструментам и с компанией Tuebingen Scientific (Тюбинген, Германия) в аспекте 6 степеней свободы инструментов. Система состоит из консоли хирурга закрытого типа и интегрированного стула, оптической системы 3D HD и 4 роботических рук, расположенных на тележке пациента, с 5 мм инструментами. Процесс валидации в Европе был начат в 2017 г. На сегодняшний день есть данные лишь об экспериментальных вмешательствах на животных.

Medicaroid

В 2016 г. на ежегодном конгрессе Американской урологической ассоциации (American Urological Association, AUA) T. Matsuda и соавт. доложили о разработке роботической хирургической системы в Японии [19]. В 2016 г. компания Medicaroid (Кобе, Япония) создала компанию в США для разработки системы с использованием научной и промышленной базы Sysmex и Kawasaki. Робот-ассистированная система состоит из 3 роботических рук, прикрепленных к операционному столу, полузакрытой консоли хирурга с использованием окуляров, требующих применения поляризационных очков. Начало операций на человеке планируется в Японии в 2018 г.

Verb Surgical

Компания была основана в 2015 г. как независимый проект, использующий мощности таких компаний, как Google и Johnson & Johnson. До последнего времени не было достоверной информации относительно характеристик разрабатываемой хирургической системы. В начале 2018 г. стало известно, что компания Verb Surgical планирует представить не систему как таковую, а робот-ассистированную платформу принятия решения, при помощи которой, задав множество параметров, хирург сможет принять верное решение в каждом конкретном случае, опираясь на огромную базу данных. Предполагаемая дата презентации проекта неизвестна.

SPORT

После неудачной работы над системой AMADEUS компания Titan Medical сфокусировала свои усилия на создании робот-ассистированной системы для однопортовой хирургии. Система состоит из консоли хирурга открытого типа, гибкой оптиче-

ской системы 3D HD и 2 гибких инструментов (рис. 10). Впервые система была представлена в 2016 г. в Бостоне. Основным направлением применения системы является однопортовая холецистэктомия, однако имеются данные о выполнении резекции почки у животных (с использованием дополнительных троакаров).



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ближайшие 5–10 лет можно ожидать выхода на рынок нескольких робот-ассистированных хирургических систем для мульти- и однопортовой хирургии. Развитие технологии в будущем, по-видимому, будет сфокусировано на нескольких специфических деталях роботических рук (меньший вес, меньший размер, расположение на операционном столе или на отдельных тележках); инструментах (тактильная чувствительность, микромоторы); консоли хирурга (открытый тип, закрытый тип или полукрытый тип) и 3D HD-видеотехнологии (поляризационные очки, окуляры, зеркальная технология). Несомненно, высокие технологические стандарты 4 поколения da Vinci установили высокую планку для разрабатываемых систем. Все выходящие новые системы так или иначе будут сравниваться с «золотым стандартом» робот-ассистированной хирургии. Несомненно, внедрение новых систем в практику будет зависеть от возможностей их клинического применения и, конечно же, стоимости самого оборудования, расходных материалов и сервисного обслуживания.

Список литературы

1. Mohr F.W., Falk V., Diegeler A., Autschbach R. Computer-enhanced coronary artery bypass surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999;117:1212–5. PMID: 10343274.
2. Reichenspurner H., Damiano R.J., Mack M. et al. Use of the voice-controlled surgical system ZEUS for endoscopic coronary bypass grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999;118:11–6. DOI: 10.1016/S0022-5223(99)70134-0. PMID: 10384178.
3. Binder J., Kramer W. Robotically assisted laparoscopic radical prostatectomy. *BJU Int* 2001;87:408–10. PMID: 11251539.
4. Abbou C.C., Hoznek A., Salomon L. et al. Laparoscopic radical prostatectomy with a remote controlled robot. *J Urol* 2001;165:1964–6. PMID: 11371890.
5. Pasticier G., Rietbergen J.B. W., Guillonneau B. et al. Robotically assisted laparoscopic radical prostatectomy. Feasibility study in men. *Eur Urol* 2001;40:70–4. DOI: 10.1159/000049751. PMID: 11528179.
6. Rassweiler J., Frede T., Seemann O. et al. Telesurgical laparoscopic radical prostatectomy — initial experience. *Eur Urol* 2001;40:75–83.
7. Menon M., Shrivastava A., Tewari A. et al. Laparoscopic and robot assisted radical prostatectomy: establishment of a structured program and preliminary analysis of outcomes. *J Urol* 2002;168:945–9. DOI: 10.1097/01.ju.0000023660.10494.7d. PMID: 12187196.
8. Teber D., Baumhauer M., Guven E.O., Rassweiler J. Robotics and imaging in urological surgery. *Curr Opin Urol* 2009;19:108–13. DOI: 10.1097/MOU.0b013e32831a4776. PMID: 19057226.
9. Rao R., Nayyar R., Panda S., Hemal A.K. Surgical techniques: robotic bladder diverticulectomy with the da Vinci-S system. *J Robot Surg* 2007;1:217–20. DOI: 10.1007/s11701-007-0030-1. PMID: 25484966.
10. Kang S.W., Lee S.C., Lee S.H. et al. Robotic thyroid surgery using gasless, transaxillary approach and the da Vinci S system: the operative outcomes of 338 consecutive patients. *Surgery* 2009;146:1048–55.
11. Tobis S., Knopf J., Silvers C. et al. Near infrared fluorescence imaging with robotic assisted laparoscopic partial nephrectomy: initial clinical experience for renal cortical tumors. *J Urol* 2011;186:47–52. DOI: 10.1016/j.juro.2011.02.2701. PMID: 21571337.

12. Autorino R, Zargar H, White W.M. et al. Current applications of near- infrared fluorescence imaging in robotic urologic surgery: a systematic review and critical analysis of the literature. *Urology* 2014;84:751–9. DOI: 10.1016/j. urology. 2014.05.059. PMID: 25260441.
13. Kaouk J.H., Haber G.P, Autorino R. et al. A novel robotic system for single- port urologic surgery: First clinical investigation. *Eur Urol* 2014;66:1033–43. DOI: 10.1016/j.eururo.2014.06.039. PMID: 25041850.
14. Falavolti C., Gidaro S., Ruiz E. et al. Experimental nephrectomies using a novel Telesurgical System: (The Telelap ALF-X) — A pilot study. *Surg Technol Int* 2014;25:37–41. PMID: 25433265.
15. Tulliao P.H., Kim S.W., Rha K.H. New technologies in robotic surgery: the Korean experience. *Curr Opin Urol* 2014; 24: 111–17. DOI: 10.1097/MOU. 0000000000000008. PMID: 24247172.
16. Kim D.D., Park D.W., Rha K.H. Robot-assisted partial nephrectomy with the REVO I-robot platform in porcine models. *Eur Urol* 2016; 69: 541–2. DOI: 10.1016/j. eururo. 2015.11.024. PMID: 26688371.
17. Abdel Rahem A., Troya I.S., Kim D.K. et al. Robot-assisted Fallopian tube transection-anastomosis using the new REVO 1 robotical surgical system: feasibility in a chronic porcine study. *BJU Int* 2016;118:604–9. DOI: 10.1111/bju. 13517. PMID: 27123543.
18. Albala D. Titan Robot (Canada), presented at 31st World Congress of Endourology, Oct 25, 2013.
19. Dasgupta P, Matsuda T, Rha K, Stark M. Panel Discussion: Robots on the horizon. URL: http://www.aua2016.org/webcasts/webcast_pla_y.cfm?videoID=3804&agendaid=10182&id=11318,11323,11328,11333, 10263,10264,10304,10182,10186,10225,10226,10246,10312,10251,11846. (Accessed November 2016).
20. Rassweiler J., Binder J., Frede T. Robotic and telesurgery: will they change our future. *Curr Opin Urol* 2001;11:309–20. PMID: 11371786.
21. Schurr M.O. Arezzo A., Buess G.F. Robotics and systems technology for advanced endoscopic procedures: experiences in general surgery. *Eur J Cardiothorac Surgery* 1999;16 (Suppl 2):S97–105. PMID: 10613568.
22. Schurr M.O., Buess G., Neisius B., Voges U. Robotics and telemanipulation technologies for endoscopic surgery. A review of the ARTEMIS project. *Surg Endosc* 2000;14:375–81. PMID: 10790559.
23. Rininsland H. ARTEMIS. A telemanipulator for cardiac surgery. *Eur J Cardiothorac Surgery* 1999;16 (Suppl 2):S106–11. PMID: 10613569.
24. Marescaux J., Leroy J., Gagner M. et al. Transatlantic robot-assisted telesurgery. *Nature* 2001; 413: 379–80. DOI: 10.1038/35096636. PMID: 11574874.

25. Guillonneau B, Cappéle O, Bosco J, Vallancien G. Robotic assisted laparoscopic pelvic lymph node dissection in humans. *J Urol* 2001;165:1078–81. PMID: 11257641.
26. Luke P.P, Girvan A.R., Al Omar M. et al. Laparoscopic robotic pyeloplasty using Zeus telesurgical system. *Can J Urol* 2004;11:2396–400. PMID: 15576006.
27. Green P.E., Piantanida T.A., Hill J.W. et al. Telepresence: dexterious procedures in a virtual operating field. *Am Surg* 1991;57:192 (abstract).
28. Satava R.M. Robotics, telepresence and virtual reality: a critical analysis of the future of surgery. *Min Inv Therap* 1992;1:357–63.
29. Mohr F.W., Falk V., Diegeler A., Autschbach R. Computer-enhanced coronary artery surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999;117:1212–4. PMID: 10343274.
30. Rassweiler J., Binder J., Frede T. Robotic and telesurgery: will they change our future. *Curr Opin Urol* 2001;11(3):309–20. PMID: 11371786.
31. Binder J., Kramer W. Robotically assisted laparoscopic radical prostatectomy. *BJU Int* 2001;87:408–10. PMID: 11251539.
32. Abbou C.C., Hoznek A., Salomon L. et al. Laparoscopic radical prostatectomy with a remote controlled robot. *J Urol* 2001;165:964–6. PMID: 11371890.
33. Pasticier G., Rietbergen J.B.W., Guillonneau B. et al. Robotically assisted laparoscopic radical prostatectomy. Feasibility study in men. *Eur Urol* 2001;40: 70–4. DOI: 10.1159/000049751. PMID: 11528179.
34. Rassweiler J., Frede T., Seemann O. et al. Telesurgical laparoscopic radical prostatectomy — initial experinence. *Eur Urol* 2001;40:75–83. DOI: 10.1159/000049752. PMID: 11528180.
35. Menon M., Shrivastava A., Tewari A. et al. Laparoscopic and robot assisted radical prostatectomy: establishment of a structured program and preliminary analysis of outcomes. *J Urol* 2002; 168: 945–9. DOI: 10.1097/01.ju.0000023660.10494.7d. PMID: 12187196.
36. Tobis S., Knopf J., Silvers C. et al. Near infrared fluoescence imaging with robotic assisted laparoscopic partial nephrectomy: initial clinical experience for renal cortical tumors. *J Urol* 2011;186:47–52. DOI: 10.1016/j. juro. 2011.02.2701. PMID: 21571337.
37. Autorino R, Zargar H, White W.M. et al. Current applications of near- infrared fluoescence imaging in robotic urologic surgery: a systematic review and critical analysis of the literature. *Urology* 2014;84:751–9. DOI: 10.1016/j. urology. 2014.05.059. PMID: 25260441.
38. Autschbach R., Falk V., Stein H., Mohr F.W. Experience with a new OR dedicated to robotic surgery. *Minm Invasive Ther Allied Technol* 2000;9:213–7.

39. Cestari A., Buffi N.M., List G. et al. Feasibility and preliminary clinical outcomes of robotic laparoendoscopic single-site (R-LESS) pyeloplasty using a new single-port platform. *Eur Urol* 2012;62:175–9. DOI: 10.1016/j.eururo. 2012.03.041. PMID: 22469392.
40. Kaouk J.H., Haber G.P., Autorino R. et al. A novel robotic system for single-port urologic surgery: First clinical investigation. *Eur Urol* 2014;66:1033–43. DOI: 10.1016/j.eururo. 2014.06.039. PMID: 25041850.
41. Bozzini G., Gidaro S., Taverna G. Robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy with the ALF-X robot on pig models. *Eur Urol* 69(2):376–7. DOI: 10.1016/j.eururo. 2015.08.031. PMID: 26361168.
42. Fanfani F., Restaino S., Gueli Alletti S. et al. TELELAP ALF-X robotic-assisted laparoscopic hysterectomy: feasibility and perioperative outcomes. *J Minim Invasive Gynecol* 22(6):1011–7. DOI: 10.1016/j.jmig. 2015.05.004. PMID: 25982854.
43. Fanfani F., Monterossi G., Fagotti A. et al. The new robotic TELELAP ALF-X in gynecological surgery: single-center experience. *Surg Endosc* 30(1):215–21. DOI: 10.1007/s00464-015-4187-9. PMID: 25840895.
44. Lim J.H., Lee W.J., Park D.W. et al. Robotic cholecystectomy using Revo-I Model MSR-5000, the newly developed Korean robotic surgical system: a preclinical study. *Surg Endosc* 31(8):3391–7. DOI: 10.1007/s00464-016-5357-0.
45. Kim D.K., Park D.W., Rha K.H. Robot-assisted partial nephrectomy with the REVO-i robot platform in porcine models. *Eur Urol* 69(3):541–2. DOI: 10.1016/j.eururo. 2015.11.024. PMID: 26688371.
46. Abdel Raheem A., Troya I.S., Kim D.K. et al. Robot-assisted Fallopian tube transection and anastomosis using the new REVO-I robotic surgical system: feasibility in a chronic porcine model. *BJU Int* 118(4):604–9. DOI: 10.1111/bju. 13517. PMID: 27123543.
47. Hagn U., Konietschke R., Töbergte A. et al. DLR MiroSurge: a versatile system for research in endoscopic telesurgery. *Int J Comput Assist Radiol Surg* 2010;5:183–9. DOI: 10.1007/s11548-009-0372-4. PMID: 20033517.
48. Thielmann S., Seibold U., Haslinger R. et al. MICA — a new generation of versatile instruments in robotic surgery. *Proc Int Conference Intelligent Robots and Systems, Taipei, 2010.*

Пушкаръ Дмитрий Юрьевич, Колонтарев Константин Борисович,
Говоров Александр Викторович, Дьяков Владимир Валентинович

Робот-ассистированные хирургические системы

Учебно-методические рекомендации № 76

Редактор-корректор: Е.П. Врублевская

Дизайн и верстка: Е.В. Степанова

Рисунок на обложке: М. Пушкаръ

Подписано в печать ???.?.2018 г.

Формат 148 × 210 мм

Гарнитура GaramondNarrowC

Печать офсетная.

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии

ООО «Юнион принт»

Заказ №

ООО «Издательский дом «АБВ-пресс»
109443, Москва, Каширское ш., 24, стр. 15

Тел./факс: +7 (499) 929-96-19

E-mail: abv@abvpress.ru

www.abvpress.ru

ISBN 978-5-903018-56-0



9 785903 018680

