

<https://doi.org/10.17116/hirurgia2018382-88>

Роль симуляторов в обучении робот-ассистированной хирургии

Д.Ю. ПУШКАРЬ, А.В. ГОВОРОВ, П.И. РАСНЕР, К.Б. КОЛОНТАРЕВ*

Кафедра урологии Московского государственного медицинского стоматологического университета им. А.Е. Евдокимова, Москва, Россия

Ключевые слова: робот-ассистированная хирургия, da Vinci, обучение, симуляторы.

The role of simulators in teaching for robot-assisted surgery

D.YU. PUSHKAR, A.V. GOVOROV, P.I. RASNER, K.B. KOLONTAREV

Department of Urology, Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russia

Keywords: robot-assisted surgery, da Vinci, simulators, teaching.

Введение

С момента первого применения роботической хирургической системы в 2000 г. робот-ассистированная технология приобрела широкую популярность по всему миру. К настоящему времени робот-ассистированная техника выполнения многих хирургических вмешательств представляет собой «золотой стандарт» оперативного лечения больных. Это утверждение абсолютно справедливо для робот-ассистированной радикальной простатэктомии. Уже в 2007 г. 68% всех подобных вмешательств были выполнены с помощью системы da Vinci, к 2014 г. этот показатель составил уже 85% (по данным компании-производителя). Это стало возможным благодаря потенциальным общепризнанным преимуществам робот-ассистированной техники выполнения операции, таким как меньшая степень кровопотери, отсутствие необходимости в проведении гемотрансфузии, меньший период восстановления и лучшие функциональные результаты.

Обучение роботической хирургии является сложным комплексным процессом, который требует значимых усилий не только от обучаемого, но и от учителя. Имеют место существенные различия между механизмом обучения открытой, или лапароскопической, операции и робот-ассистированной технике. Прежде всего это выражается в том, что в первом случае ученик и учитель находятся бок о бок в операционном театре, видя одинаковую картинку операционного поля. При этом учитель может в любой момент остановить выполнение того или иного маневра обучаемым и максимально обеспечить безопасность пациента в период обучения специалиста. Эта особенность не имеет отношения к роботической хирургии. Более того, необходимо принимать во внимание и финансовый аспект. Именно из-за высокой стоимости оперативного вмешательства обучаемый не имеет

достаточного количества часов для выполнения самостоятельных манипуляций в ходе проведения реальной хирургической процедуры. Все это стало предпосылками к поиску иных возможностей для обеспечения достаточного времени на выполнение операции в течение периода обучения.

Симуляционное обучение получило выраженное развитие в течение последних двух десятилетий благодаря широкому распространению и популяризации лапароскопической и робот-ассистированной хирургической техники. Такой инновационный подход был валидизирован в качестве обучающего и экзаменационного инструмента и, по данным многочисленных исследований, способен улучшить технику выполнения операций.

Хирургические симуляторы можно разделить на две основные группы: механические симуляторы, при использовании которых хирургические манипуляции выполняются под прямым визуальным контролем в пределах некоего ограниченного пространства и симуляторы виртуальной реальности, дающие возможность выполнять задачи в моделированной среде по типу компьютерных игр. Сегодня, в эру широкого применения и динамичного развития искусственного компьютерного интеллекта, виртуальные симуляторы позволяют обеспечить максимально реалистичную моделируемую среду для обучаемых. Более того, после завершения каждой манипуляции компьютерные симуляторы способны предоставить детальный статистический отчет, что чрезвычайно важно для специалиста, находящегося на этапе переподготовки.

Любой предлагаемый для обучения хирургический симулятор должен пройти детальное тестирование по многим параметрам для определения возможности применения устройства в качестве обучающего инструмента. Основными параметрами тестирования являются внеш-

ний вид устройства с оценкой реалистичности симулятора; конструктивное решение — способность симулятора дифференцировать различную степень подготовки хирурга; контекстная валидизация — способность симулятора обучать согласно списку манипуляций, предназначенному для обучения; конкурентоспособность — способность симулятора соответствовать «золотому стандарту» для подобного рода устройств; предиктивная способность — способность симулятора предсказывать прогресс обучения специалиста. Валидность симуляторов как механического, так и виртуального типа четко определена в отношении лапароскопической техники выполнения оперативных вмешательств. Однако эффективность подобных симуляторов в отношении робот-ассистированной техники до конца не ясна.

Нами был проведен систематический обзор для выявления доступных на сегодняшний день симуляторов выполнения робот-ассистированных оперативных вмешательств. Мы определили доказательную базу эффективности различных симуляционных платформ в аспектах реалистичности, доступности, воспроизводимости, а также ценовой политики и образовательного ценза.

Материал и методы

Поиск англоязычных источников литературы был проведен по базам данных Medline и Pubmed с использованием следующих ключевых слов и словосочетаний: robotics, robotic surgery, computer assisted surgery, simulation, computer simulation, virtual reality, surgical training и surgical education. Нами также была изучена база данных Cochrane и проанализированы архивы абстрактов, представленных на ежегодных конференциях Российского общества урологов, по данным ключевым запросам не выявил ни одной работы, посвященной этому вопросу. Таким образом, настоящая работа содержит результаты сравнения и описание симуляторов робот-ассистированной хирургии, является первой в России. Основная задача исследования — определение места и типа хирургических симуляторов для применения в программе подготовки отечественных роботических специалистов.

В систематический обзор были включены работы, описывающие различные типы хирургических симуляторов, их создание и валидизацию, а также применение в качестве обучающего инструмента. Были исключены какие-либо источники, связанные с упоминанием и описанием механизма изучения и обучения «нетехническим» навыкам.

Из каждой публикации была выделена информация, включающая коммерческое название симулятора, предлагаемые для выполнения задания, уровень исходной подготовки участников, длительность симуляционного обучения и способ оценки выполненного упражнения. Каждая работа, посвященная симуляционному обучению, была оценена нами в аспектах возможности симулятора обеспечить выполнение поставленной задачи, возможности применения устройства в рутинной практике, реалистичности, конструктивности решения, контекстной валидности, надежности, а также в ценовых и образовательных аспектах.



Рис. 1. Роботический симулятор RoSS.

Результаты

Всего было выявлено 565 публикаций, отвечающих ключевым словам и словосочетаниям. После анализа краткого содержания было исключено 507 работ. После анализа полного текста статей было исключено еще 39 статей. Таким образом, для окончательного анализа отобрано 19 публикаций. Нами были выделены следующие симуляторы.

Роботический хирургический симулятор (Robotic Surgical Simulator (RoSS))

Были обнаружены 4 статьи, посвященные опыту применения RoSS (рис. 1) в качестве обучающего инструмента для работы на хирургической системе da Vinci.

На ежегодном конгрессе AUA в 2009 г. S. Seixas-Mikellus и T. Kesavadas [1] представили работу, в которой приняли участие 30 специалистов (24 опытных хирурга и 6 специалистов без опыта работы). Таким образом, 77% включенных в исследование имели в среднем опыт 340 случаев выполнения оперативных вмешательств на роботической системе в качестве консольного хирурга. Для изучения валидности симулятора специалистам было предложено пройти краткий курс обучения, состоящий из двух модулей: базовая ориентация предмета в пространстве и его перемещение, а также более продвинутый уровень — ориентация в пространстве, прецизионное передвижение и контроль предмета. После выполнения указанных модулей все участники заполнили опросник, в котором указали, что RoSS является весьма реалистичным симулятором, напоминающим реальную консоль хирургической системы. Оценивая джойстики, 84% специалистов нашли это устройство «очень близким» к настоящим управляющим механизмам системы da Vinci, 90% респон-

дентов схоже оценили движения роботических рук, аналогичную оценку движениям камеры дали 89% хирургов.

В 2010 г. на Международном роботическом симпозиуме те же авторы представили работу, сообщающую о контекстной валидности симулятора RoSS [2]. Среди 42 участников исследования были 31 опытный специалист и 11 новичков. В последующем опытная группа была разделена на экспертов (17 человек) с наличием более 150 случаев выполнения операций и специалистов со средним опытом в диапазоне от 1 до 150 случаев (14 хирургов). Экспертная группа обладала суммарным средним опытом выполнения 881 (160—2200) операции с использованием роботической техники. Специалисты этой группы оценили задание «контроль клинча инструментов» как хороший (71%) и превосходный (29%) инструмент для обучения. Хирурги всех групп оценили задание «контроль мяча» как хорошее (78%) и плохое (22%). Задание «удаление иглы» оценено как превосходное (27%), хорошее (60%) и плохое (13%). Задание «удержание ткани третьей рукой» оценено 94% респондентов как превосходное и хорошее. Таким образом, симулятор RoSS расценен как полезный инструмент для обучения и тестирования резидентов перед переходом к работе в операционной (88% исследуемых) и как полезный инструмент для оценки технических навыков при сертификации специалистов для работы на хирургической системе (79% специалистов).

Т. Kesavadas и соавт. [3] в своей работе указали на позитивное воздействие RoSS на уменьшение времени выполнения всего оперативного вмешательства на системе da Vinci. Три группы участников выполняли на симуляторе два упражнения — «маневры с мячом» и «прицельное использование иглы». Первая группа (20 человек) являлась контрольной и не принимала участия в тренировке на симуляторе перед выполнением этих упражнений на реальной хирургической системе. Вторая группа (15 хирургов) обладала возможностью тренироваться на симуляторе в течение 40 мин, а участники третьей группы (11 человек) обладали схожей возможностью, но на реальной системе da Vinci. В результате авторы сделали вывод, что предварительная тренировка на симуляторе RoSS существенно снижает длительность выполнения аналогичных упражнений на da Vinci по сравнению с таковой в группе плацебо ($p=0,002$).

К. Guru и соавт. [4] изучали пользу от внедрения новой когнитивной программы в интерфейс симулятора RoSS, предназначенного для улучшения распознавания специфических анатомических ориентиров в ходе выполнения оперативного вмешательства на системе da Vinci. Всего приняли участие 10 специалистов, разделенных на две группы: первая (5 человек без тренировки) и вторая (5 человек, проходящих обучение на RoSS). Было проведено сравнение времени, потраченного на выполнение упражнения, и количества правильных ответов при распознавании специфических анатомических ориентиров в ходе роботической цистэктомии. Отмечено преимущество специалистов из группы проходивших обучение на симуляторе RoSS.

Образовательная платформа Simsurgery (SEP)

Было найдено две публикации, посвященные изучению валидности роботического симулятора SEP («SimSurgery», Oslo, Norway) (рис. 2). В исследовании А. Gavazzi и соавт. [5] приняли участие 30 хирургов (12 экспертов и 18 новичков) для выполнения двух упражнений на симу-



Рис. 2. Образовательная платформа SEP.

ляторе SEP. Реалистичность и контекстная валидность симулятора была оценена путем заполнения участниками специального опросника. В результате 90% участников расценили симулятор как реалистичный и легкий в применении, 87% — как в целом полезный для обучения и 90% участников — как полезный для координации работы глаз—рука и для наложения швов. Для выполнения упражнений группе новичков потребовалось больше времени, чем группе экспертов, особенно ярко это различие было продемонстрировано при выполнении упражнений «завязывание узлов», «падение инструментов», «применение чрезмерной силы для затягивания нити и клинча инструментов».

Группа исследователей из Голландии предприняли попытку (но не преуспели в этом) установления реалистичности и конструктивной валидности SEP [6]. Для установления конструктивной валидности симулятора авторы сравнили работу группы экспертов (более 50 случаев выполнения минимально инвазивных вмешательств) и группы новичков (менее 50 случаев). При этом не было выявлено различия при анализе аспектов, включающих общую длительность выполнения оперативного лечения.

Симулятор ProMIS

Три исследования оценивали роль симулятора ProMIS («Naptica», Ireland) (рис. 3) в обучении роботической хирургии. Р. McDonough и соавт. [7] определили реалистичность, контекстную и конструктивную валидность симулятора. При этом авторы пригласили в исследование 18 специалистов, разделив их на группы опытных хирургов (8 человек) и новичков (10 хирургов). После стандартного ознакомления с симулятором все участники выполнили три упражнения («перенос предмета», «прецизионное рассечение» и «наложение интракорпорального узла»). Опытная группа превзошла новичков во всех трех упражнениях. Участники оценили симулятор как легкий в применении, подходящий для обучения роботической техни-



Рис. 3. Симулятор ProMIS.

ке и приемлемый для тщательной оценки роботических навыков. Эксперты высказали мнение о целесообразности включения симулятора ProMIS в программу обучения роботической хирургии.

В рандомизированном контролируемом исследовании, проведенном Т. Lendvai и соавт. [8], симулятор ProMIS был использован в сочетании со симулятором LapSim (Surgical Science Sweden AB). Цель исследования — обнаружение доказательства полезности применения этих двух традиционных лапароскопических симуляторов для улучшения технических навыков работы на системе da Vinci. Начинающие хирурги были рандомизированы на группы обучения на одном из симуляторов, на обоих симуляторах или на группу плацебо. В результате оказалось, что технику выполнения упражнений улучшала тренировка на симуляторе ProMIS и работа на обоих симуляторах. Устройство LapSim не показало каких-либо достоинств в изучаемом аспекте.

М. Jonsson и соавт. [9] указали на наличие конструктивной валидности системы ProMIS путем сравнения работы 5 опытных хирургов с группой из 19 начинающих специалистов. Все участники должны были выполнить 4 задания, включающие необходимость применения базовых лапароскопических навыков. В результате авторы указали на значимое различие в пользу группы опытных хирургов.

Симулятор Mimic dV-Trainer (MdVT)

Было выявлено 7 работ, изучающих эффективность и валидность MdVT («Mimic Technologies», Seattle, WA, USA) (рис. 4). Первое исследование инициировано в 2008 г. [10]. При этом 27 участников были рандомизированы на группы изучения дидактических материалов, виртуальной тренировки и режима сухой лаборатории. Ин-



Рис. 4. Симулятор MdVT.

структоры не были знакомы со степенью опыта каждого из участников. Участники заполнили опросник до и после выполнения периода обучения. В результате все специалисты пришли к выводу, что роботические системы являются приемлемыми устройствами для выполнения хирургических вмешательств; 87% участников пришли к выводу, что компьютерная симуляция является обоснованной частью обучения роботической хирургии, и 93% хирургов посчитали MdVT полезным инструментом. Более опытные специалисты показали лучшее время выполнения заданий по сравнению с новичками.

В 2009 г. было инициировано еще одно исследование, в котором приняли участие 5 опытных специалистов и 15 новичков, изучавших валидность MdVT [11]. Все исследователи оценили симулятор как «средний» и «легкий» в аспекте применения в процессе обучения и как «выше среднего» и «высокий» во всех аспектах, касающихся реализма симулятора (упражнения, движения рук и камеры). Конструктивная валидность была доказана разницей в показателях выполнения лишь одного из трех предлагаемых упражнений между группами опытных хирургов и новичков.

Р. Kenney и соавт. [12] выполнили работу по изучению реалистичности, контекстной и конструктивной валидности симулятора. Студенты, резиденты и хирурги были проспективно разделены на группы опытных специалистов (7 человек) и новичков (19 хирургов). Каждый исследователь выполнил два упражнения «контроль движений инструментальных рук» и два модуля «контроль иглы» с последующим заполнением опросника. Группа опытных хирургов преуспели в выполнении каждого из упражнений. Все хирурги этой группы признали симулятор в качестве полезного инструмента для обучения и ратовали за включение виртуальной симуляции в программу обучения резидентов. Результатом исследования явилось признание реалистичности, контекстной и конструктивной валидности симулятора MdVT.

Р. Korets и соавт. [13, 14] также смогли доказать реалистичность и конструктивную валидность симулятора. При этом в исследовании приняли участие 10 резидентов. Каждый исследователь выполнил 15 упражнений из 4 доменов. Участники были распределены в группы опытных хирургов (55—170 случаев) и группу новичков (0—15 случаев). В группе экспертов встречалось меньшее количе-

ство случаев клинча инструментов, был лучше показатель «исчезновение из поля зрения инструментов» и отмечалось меньшее количество промахов мимо цели при контроле иглы. Обе группы оценили симулятор как «легкий в применении» и «полезный» при его использовании для обучения роботической хирургии. Участники экспертной группы оценили движения инструментальных рук как реалистичные, тогда как управление иглой не показалось участникам столь реалистичным.

Те же авторы инициировали исследование для подтверждения полезности применения симулятора в качестве обучающего инструмента для работы на хирургической системе da Vinci. При этом сравнивали группу, прошедшую обучение на симуляторе MdVT, и группу без какого-либо виртуального обучения [14]. Использовано ограниченное количество упражнений «контроль движения инструментальных рук», «контроль движения камеры, иглы» и «контроль наложения швов». В результате исследования авторы не нашли каких-либо различий в показателях выполнения упражнений между двумя группами (группа MdVT и группа da Vinci). Таким образом, был сделан вывод об одинаковой пользе MdVT и работе непосредственно на da Vinci без предшествующего симуляционного периода.

М. Legner и соавт. [15] провели исследование эффективности применения симулятора MdVT для улучшения работы на хирургической системе da Vinci. Двенадцать студентов-медиков выполнили изначально на системе da Vinci базовый комплекс упражнений. Затем эта группа исследователей четырежды повторили аналогичный комплекс на симуляторе MdVT, после чего вновь вернулись к работе на роботической системе. Было проведено сравнение результатов данной группы с результатами группы резидентов при выполнении на da Vinci аналогичного базового набора упражнений. Никто из специалистов группы не обладал опытом роботической хирургии. В результате стало ясно, что группа студентов улучшили свои показатели после виртуальной тренировки. Однако статистически достоверной разницы между показателями двух групп выявлено не было.

Симулятор da Vinci

A. Hung и соавт. [16] изучали реалистичность, а также контекстную и конструктивную валидность симулятора da Vinci (рис. 5). Участники были разделены на группу новичков (16 человек) без опыта роботической хирургии, группу среднего опыта (32 хирурга с опытом менее 100 случаев) и опытную группу (15 человек с опытом более 100 случаев роботической хирургии). Каждый участник выполнил 10 упражнений с трехкратным повторением и последующим заполнением визуальной аналоговой шкалы. Результаты во всех трех группах были сравнены для изучения конструктивной валидности. Все участники оценили реалистичность симулятора как «очень реалистично». Группа экспертов оценили все параметры также «очень реалистично». Более того, все участники посчитали полезным включение применения данного симулятора в программу обучения резидентов. Опытные хирурги превошли группу новичков по всем параметрам.

Иные виртуальные симуляторы

Собственный симулятор был разработан в Университете Небраска (Омаха) [17]. Пять студентов выполняли



Рис. 5. Симулятор da Vinci.

два задания — «бимануальный контроль» и «управление иглой». Каждое задание было выполнено на хирургической системе da Vinci и повторено на собственном симуляторе с последующим заполнением опросника. В результате установлена статистически достоверная разница в показателях выполнения аналогичных упражнений на роботической системе и симуляторе. Участники приняли положительное решение о включении применения данного симулятора в программу обучения роботической хирургии.

Было проведено еще одно исследование по изучению данного симулятора [18]. В ходе работы не выявлено каких-либо различий в показателях выполнения аналогичных упражнений на роботической системе и симуляторе. В исследовании приняли участие 8 хирургов.

Обсуждение

Настоящая работа является первым отечественным систематическим обзором применения виртуальных симуляторов для обучения роботической хирургии. Использование этих устройств является безопасным методом, позволяющим улучшить технические навыки обучаемых. Однако современное поколение роботических симуляторов вызывает больше вопросов, чем ответов. Прежде всего ощущается нехватка в стандартизации параметров тестирования различных симуляционных платформ. Например, невозможно детально сравнить оценку «очень реалистично» для RoSS и цифровые значения визуальной аналоговой шкалы для симулятора da Vinci. Более того, отсутствуют четкие критерии для разделения специалистов на опытных и новичков. Невозможно провести исследование высокого качества до четкого принятия терминов и параметров сравнения.

К сожалению, большинство доступных в настоящее время упражнений являются скопированными и представляют собой тестирование координации глаз—рука, манипуляции тканью, диссекции, наложения швов и узлов. Нет данных, позволяющих определить, какие именно упражнения приводят к улучшению технических навыков, применяемых в реальной хирургии. В настоящее время разрабатываются упражнения для выполнения сложных маневров и предотвращения развития осложнений.

Характеристика роботических симуляторов

Название симулятора	RoSS	SEP	ProMIS	MdVT	Da Vinci
Разработчик	Simulated surgical systems	Sim surgery	CAE healthcare	Mimic	Intuitive surgical
«Контроль рук»	Да	Да	Нет	Да	Да
«Контроль камеры и переключение»	Да	Нет	Нет	Да	Да
«Использование третьей руки»	Да	Нет	Нет	Да	Да
«Системные установки»	Да	Нет	Да	Да	Да
«Контроль иглы»	Да	Нет	Да	Да	Да
«Энергия и диссекция»	Да	Нет	Нет	Да	Да
«Обратная связь»	Да	Да	Да	Да	Да
«Разработка для роботической хирургии»	Да	Да	Нет	Да	Да
Стоимость, долл. США	120 000	62 000	35 000	158 000	89 000

Еще одним вопросом будущего является разработка специфических упражнений для хирургов с различным уровнем подготовки. Была доказана эффективность применения симуляторов на начальном уровне подготовки специалистов, что не является целесообразным для более «продвинутых» в техническом плане хирургов. J. Davis и соавт. [19] сообщили о высокой эффективности применения виртуальных симуляторов для обучения начальным техническим навыкам выполнения роботической радикальной простатэктомии, тогда как эффективность для обучения более «продвинутому» техническому уровню стремилась к нулю. Учитывая результаты этой работы, а также проведенный нами анализ, мы считаем, что применение роботических симуляторов абсолютно показано в начале периода обучения роботической хирургии.

В настоящем обзоре мы использовали критерии, предложенные van der C. Vleuten [20] и K. Ahmed и соавт. [21] для определения качества проведенного исследования. Все симуляторы, за исключением устройства RoSS, продемонстрировали реалистичность, контекстную и конструктивную валидность, однако число участников в этих исследованиях остается малым. Образовательный аспект был продемонстрирован в 8 исследованиях и во всех доступных на рынке симуляторах, за исключением симулятора SEP.

При отсутствии сравнительных исследований невозможно выделить какую-либо симуляционную платформу в качестве ведущей в обучении будущего поколения роботических хирургов. Каждое из устройств было способно предоставить возможность обучения различным фундаментальным базовым навыкам роботической хирургии (**см. таблицу**). Симуляторы MdVT и RoSS предоставляют схожий, но не аналогичный da Vinci интерфейс, используемый в реальной клинической практике. Симулятор ProMIS сочетает в себе виртуальную и физическую реальность и применяется в лапароскопической практике задолго до развития роботической техники [22, 23]. Исследование A. Feifer и соавт. [24] обладает максимальным уровнем доказательности из всех работ, посвященных изучению роботических симуляторов. При этом авторы показали, что совместное применение симуляторов ProMIS и LapSim позволяет добиться максимальной эффективности в улучшении технических навыков роботической хирургии. Интересно, что применение изолированно симулятора LapSim не привело к какому-либо изменению показателей технической подготовки роботических специалистов. Таким образом, остается неясной роль этого симулятора. Несмотря на высокий

уровень валидности платформы SEP, реалистичность этого симулятора остается весьма сомнительной с учетом результатов исследования O. van der Meijden и соавт. [6], в котором отзывы участников относительно реалистичности, а также эргономики, в целом весьма негативны. Более того, важным недостатком симулятора является отсутствие трехмерного изображения — одного из главных и фундаментальных преимуществ роботической системы. Дальнейшее усовершенствование устройства должно быть направлено на приобретение им этих необходимых характеристик.

Изучению симулятора MdVT было посвящено наибольшее количество исследований, в трех из которых указана реалистичность, а также контекстная и конструктивная валидность устройства. Симулятор компании «Intuitive» обладает непревзойденным преимуществом среди всех платформ — идентичностью роботической системе da Vinci, однако нам встретилась лишь одна работа, в которой изучалось использование этого симулятора в качестве обучающего инструмента.

По состоянию на сегодняшний день мы считаем, что применение виртуальных симуляторов оправдано лишь в начале периода обучения роботической хирургии будущих специалистов. Выбор симулятора не несет сколько-нибудь значимого различия в эффективности подготовки, однако нельзя не принимать во внимание наличие лишь одного устройства, идентичного хирургической системе da Vinci.

Известно, что в большинстве центров обучения роботической хирургии в Европе и США предпочтение отдается, несомненно, симулятору da Vinci. Такое предпочтение подкрепляется и высокой эргономичностью симулятора — отсутствием дополнительных устройств. Симуляционное обучение происходит непосредственно за консолью реальной хирургической системы с помощью присоединения тренировочного оборудования к тыловой части консоли.

Таким образом, симуляционное обучение обладает наибольшим потенциалом в программе подготовки следующих поколений роботических хирургов [25, 26]. На сегодняшний день валидизировано применение симуляторов для обучения хирургов. Стоимость аппаратов является очевидной преградой для включения их в программу обучения специалистов, владеющих роботической техникой, однако отсутствие этого инструмента приведет к резкому ограничению эффективности и удлинению периода обучения специалистов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Seixas-Mikelus SA, Kesavadas T, Srimathveeravalli G, et al. Face validation of a novel robotic surgical simulator. *Urology*. 2010;76:357-360.
2. Seixas-Mikelus SA, Stegemann AP, Kesavadas T, et al. Content validation of a novel robotic surgical simulator. *BJU Int*. 2011;107:1130-1135.
3. Kesavadas T, Kumar A, Srimathveeravalli G, et al. Efficacy of Robotic Surgery Simulator (RoSS) for the da Vinci Surgical System. *J Urol*. 2009;181(suppl 823).
4. Guru K, Baheti A, Kesavadas T, et al. In-vivo videos enhance cognitive skills for da Vinci Surgical System. *J Urol*. 2009;181(suppl 823).
5. Gavazzi A, Bahsoun AN, Van Haute W, et al. Face, content and construct validity of a virtual reality simulator for robotic surgery (SEP Robot). *Ann R Coll Surg Engl*. 2011;93:146-150.
6. Van der Meijden OA, Broeders IA, Schijven MP. The SEP «Robot»: a valid virtual reality robotic simulator for the da Vinci surgical system? *Surg Technol Int*. 2010;19:51-58.
7. McDonough P, Peterson A, Brand T. Initial validation of the ProMIS surgical simulator as an objective measure of robotic task performance. *J Urol*. 2010;183(suppl 515).
8. Lendvay TS, Casale P, Sweet R, et al. VR robotic surgery: randomized blinded study of the dV-Trainer robotic simulator. *Stud Health Technol Inform*. 2008;132:242-244.
9. Jonsson MN, Mahmood M, Askerud T, et al. ProMISTM can serve as a da Vinci simulator — a construct validity study. *J Endourol*. 2011;25:345-350.
10. Fiedler MJ, Chen SJ, Judkins TN, et al. Virtual reality for robotic laparoscopic surgical training. *Stud Health Technol Inform*. 2007;125:127-129.
11. Sethi AS, Peine WJ, Mohammadi Y, et al. Validation of a novel virtual reality robotic simulator. *J Endourol*. 2009;23:503-508.
12. Kenney PA, Wszolek MF, Gould JJ, et al. Face, content, and construct validity of dV-trainer, a novel virtual reality simulator for robotic surgery. *Urology*. 2009;73:1288-1292.
13. Korets R, Graversen JA, Mues A, et al. Face and construct validity assessment of 2nd generation robotic surgery simulator. *J Urol*. 2011;185(suppl 488).
14. Korets R, Mues AC, Graversen J, et al. Comparison of robotic surgery skill acquisition between DV-Trainer and da Vinci surgical system: a randomized controlled study. *J Urol*. 2011;185(suppl 593).
15. Lerner MA, Ayalew M, Peine WJ, et al. Does training on a virtual reality robotic simulator improve performance on the da Vinci surgical system? *J Endourol*. 2010;24:467-472.
16. Hung AJ, Zehnder P, Patil MB, et al. Face, content and construct validity of a novel robotic surgery simulator. *J Urol*. 2011;186:1019-1024.
17. Fiedler MJ, Chen SJ, Judkins TN, et al. Virtual reality for robotic laparoscopic surgical training. *Stud Health Technol Inform*. 2007;125:127-129.
18. Katsavelis D, Siu KC, Brown-Clerk B, et al. Validated robotic laparoscopic surgical training in a virtual-reality environment. *Surg Endosc*. 2009;23:66-73.
19. Davis JW, Kamat A, Munsell M, et al. Initial experience of teaching robot-assisted radical prostatectomy to surgeons-in-training: can training be evaluated and standardized. *BJU Int*. 2010;105:1148-1154.
20. Van der Vleuten C. The assessment of professional competence: developments, research and practical implications. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*. 1996;1:41-67.
21. Ahmed K, Miskovic D, Darzi A, et al. Observational tools for assessment of procedural skills: a systematic review. *Am J Surg*. 2011;202:469-480.
22. Neary PC, Boyle E, Delaney CP, et al. Construct validation of a novel hybrid virtual-reality simulator for training and assessing laparoscopic colectomy; results from the first course for experienced senior laparoscopic surgeons. *Surg Endosc*. 2008;22:2301-2309.
23. Pellen MG, Horgan LF, Barton JR, et al. Construct validity of the ProMIS laparoscopic simulator. *Surg Endosc*. 2009;23:130-139.
24. Feifer A, Al-Ammari A, Kovac E, et al. Randomized controlled trial of virtual reality and hybrid simulation for robotic surgical training. *BJU Int*. 2011;108:1652-1656.
25. Колонтарев К.Б. *Робот-ассистированная радикальная простатэктомия*: Дис. ... д-ра мед. наук. М.: ГОУ ВПО МГМСУ; 2015.
26. Колонтарев К.Б., Пушкарь Д.Ю., Раснер П.И. *Обучение робот-ассистированной хирургии*. Методические рекомендации ДЗ Москва №17. М. 2015.