

## Первый опыт использования 3D-лапароскопии у детей

Ю.А. КОЗЛОВ<sup>1, 3\*</sup>, В.А. НОВОЖИЛОВ<sup>1–3</sup>, Г.П. УС<sup>1</sup>, Н.В. СЫРКИН<sup>1</sup>, П.А. БАРАДИЕВА<sup>2</sup>, К.А. КОВАЛЬКОВ<sup>4</sup>, Д.М. ЧУБКО<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Городская Ивано-Матренинская детская клиническая больница, центр хирургии новорожденных, Иркутск; <sup>2</sup>Иркутский государственный медицинский университет, кафедра детской хирургии, Иркутск; <sup>3</sup>Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования, Иркутск; <sup>4</sup>МБУЗ Детская городская клиническая больница, Кемерово; <sup>5</sup>Краевая детская клиническая больница, Красноярск, Россия

### First experience of 3D-laparoscopy in children

YU.A. KOZLOV<sup>1, 3\*</sup>, V.A. NOVOZHILOV<sup>1–3</sup>, G.P. US<sup>1</sup>, N.V. SYRKIN<sup>1</sup>, P.A. BARADIEVA<sup>2</sup>, K.A. KOVALKOV<sup>4</sup>, D.M. CHUBKO<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Irkutsk Municipal Pediatric Clinical Hospital, center of surgery and intensive care of the newborns, Irkutsk; <sup>2</sup>Irkutsk State Medical University, Department of Pediatric Surgery, Irkutsk; <sup>3</sup>Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate, Irkutsk; <sup>4</sup>Education Pediatric city Clinical Hospital, Kemerovo; <sup>5</sup>Regional pediatric clinical hospital, Krasnoyarsk

**Цель исследования — доказательство возможности применения 3D-лапароскопии в педиатрической практике. Наш опыт основывается на проведении 48 эндохирургических операций в трехмерном формате, выполненных с января по декабрь 2014 г. В научной работе продемонстрирована успешность и эффективность 3D-лапароскопии у пациентов с паховой грыжей, врожденным гипертрофическим пилоростенозом, гастроэзофагеальным рефлюксом, гидронефрозом, кистой яичника и мультикистозной дисплазией почки.**

*Ключевые слова:* 3D-лапароскопия, дети.

**The aim of study consisted in the proof of possibility of application of 3D laparoscopy in pediatric population. Our experience based on performance of 48 endosurgical operations in three-dimensional format between January 2014 and December 2014. We demonstrated in this study a success of 3D laparoscopy at patients with inguinal hernia, congenital hypertrophic pyloric stenosis, gastroesophageal reflux, hydronephrosis, ovarian cyst and multicystic kidney.**

*Keywords:* 3D-laparoscopy, children.

Лапароскопия произвела революцию в лечении врожденных и приобретенных заболеваний органов брюшной полости у детей и вызвала переоценку многих клинических стратегий в детской хирургии. С появлением камер высокого разрешения и высококачественных экранов эндохирургия претерпела значительные изменения в области визуализации внутренних объектов [1–3]. Тем не менее обычная лапароскопия все еще имеет ограничения. Двумерная (2D) визуализация считается ее главной слабостью. Одним из основных недостатков, присущих традиционной лапароскопии, является отсутствие глубины восприятия. Это упущение было устранено с появлением робот-ассистированных комплексов, которые первыми стали использовать трехмерный (3D) эффект изображения [4]. Высокая стоимость оборудования и отсутствие обратной тактильной связи являются определенными ограничивающими факторами роботизированной технологии. Современная система 3D для выполнения традиционных

торакоскопических и лапароскопических операций предлагает большинство из достоинств робот-ассистированной хирургии при низкой стоимости системы и возможности использования обычного лапароскопического оборудования [5].

Однако 3D-видеосистемы до сих пор не были широко распространены в хирургии, особенно в педиатрической практике. Подобная тенденция обусловлена главным образом тем, что большинство детских хирургов удовлетворены двумерной картиной изображения, которая существует при выполнении стандартной лапароскопии. Другое объяснение этого явления заключается в отсутствии до настоящего времени необходимого оснащения для реализации 3D-лапароскопии у детей. Детские хирурги столкнулись с тем, что доступные им 3D-телескопы имеют диаметр 10 мм, который в силу существующих представлений является большим для детей. В настоящем исследовании мы обобщаем собственный опыт выполнения лапароскопических операций в трех-



Рис. 1. Интерьер операционной и экипировка хирургов в момент выполнения 3D-лапароскопической операции.

мерном формате у детей и открываем завесу над мало изученной областью применения этой технологии, демонстрируя возможность ее использования для коррекции врожденных аномалий развития органов брюшной полости в ранней возрастной группе.

## Материал и методы

В центре хирургии новорожденных ОГАУЗ ГИМДКБ Иркутска с 1 января по 31 декабря 2014 г. находились на лечении 48 пациентов, которым были выполнены операции с использованием 3D-лапароскопии. Все дети были сгруппированы в зависимости от типа хирургических вмешательств, образуя когорты пациентов: паховая герниорафия — 25; пилоромииотомия — 7; гастроэзофагеальный рефлюкс — 5; пластика пиелоретерального сегмента — 5; нефрэктомия — 4; овариокистэктомия — 2.

Современный взгляд на производство лапароскопических операций в 3D-формате у детей заключается в выборе оптимального оборудования и реализации практических навыков, необходимых для воплощения этого подхода.

Наши рекомендации, основанные на собственном опыте, касаются предпочтений типа используемого эндоскопического оборудования для производства 3D-лапароскопических операций у детей, обеспечивающего эндохирургу максимальный комфорт (рис. 1):

- применение эндоскопической видеоголовки 3D TIPCAM («Karl Storz GmbH & Co. KG») с двумя дистальными CCD-видеосенсорами, направлением обзора 30°, длиной 31 см, которая позволяет создать оптимальную трехмерную визуализацию внутренних объектов;

- использование 3DLCD-мониторов диагонали 32" («Panasonic Healthcare Co., Ltd», Japan), распо-

ложенных на оптической оси зрения хирурга и расстоянии не менее 1,5 м от глаз;

- применение 3D-очков (Panasonic 3D Viera), работающих на принципе циркулярной поляризации;

- использование персонального компьютера и преобразователя 3D-видеосигнала для записи и хранения 3D-фильмов.

Необходимость деликатного введения 10-миллиметровой оптической системы в брюшную полость оказалась наиболее сложной задачей. Однако продолжительный опыт выполнения трансумбиликальных открытых и однопортовых лапароскопических операций убедил нас в том, что использование пупка в качестве «невидимого» доступа для установки массивных устройств не сопровождается дополнительным риском развития раневой инфекции, образования послеоперационных грыж и косметических деформаций (рис. 2). Для преодоления некоторых неудобств мы выполняли эверсию пупка наружу, рассечение кожи и апоневроза пупочной области. Дальнейшее введение оптической системы в брюшную полость не вызывало трудностей. Свободной установке телескопа способствовало наличие физиологической пупочной грыжи у большинства маленьких пациентов. Герметизация пупочного разреза осуществлялась путем наложения 2—3 апоневротических швов.

## Результаты

Средний возраст пациентов на момент операции составил  $51,75 \pm 39,57$  ( $M \pm SD$ ) дня (диапазон: 7—175 дней). Масса тела пациентов составляла  $4439,89 \pm 1362,62$  ( $M \pm SD$ ) г (диапазон: 3240—6915 г). Все эндохирургические вмешательства выполнены без конверсии в традиционную 2D-лапароскопию или лапаротомию.

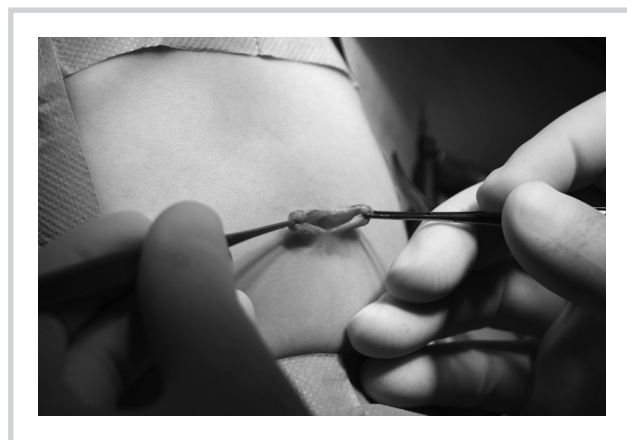


Рис. 2. Формирование трансумбиликального разреза, предназначенного для введения 3D-лапароскопа у ребенка в возрасте 3 мес.

Первые лапароскопические операции в 3D-формате были связаны с трудностями привыкания к трехмерной картине изображения, ношением очков и адаптации предыдущего опыта традиционной лапароскопии к новым улучшенным техническим условиям работы в брюшной полости. Однако в ходе накопления опыта субъективные ощущения остались позади, а освоение новых эндоскопических навыков привело к предпочтению использования 3D-лапароскопии для коррекции ряда аномалий органов брюшной полости. Мы не отметили возникновения дополнительных неудобств в ходе выполнения эндохирургических операций, таких как усталость глаз, головокружение, размытое видение, двоение зрения, тошнота, которые могли быть связаны с появлением новых визуальных впечатлений. Ощущение глубины и обратная тактильная связь улучшили восприятие анатомии внутренних органов и обеспечили прогресс в выполнении сложных эндохирургических навыков — наложения внутренних швов и узловязания.

Ранний период после выполнения лапароскопических вмешательств в трехмерном формате протекал без осложнений у всех пациентов. Мы не регистрировали случаев инфекции раны пупка, склонной к этому состоянию из-за своей глубины и трудностей ухода.

Последующие осмотры больных показали отсутствие поздних послеоперационных осложнений у всех детей. Отдаленное наблюдение за пациентами на протяжении как минимум 6 мес после хирургического вмешательства выявило надежность базового элемента 3D-лапароскопии у детей — ультрамалого пупочного доступа, которая была подтверждена отсутствием образования послеоперационных пупочных грыж. Высокая эстетика единственного, скрытого в глубине пупочного кольца разреза, продемонстрировала отличные косметические итоги 3D-лапароскопии, в результате применения которой на теле пациента не оставалось видимых рубцов после установки 10-миллиметровых устройств.

## Обсуждение

Традиционная лапароскопия основывается на двухмерных изображениях (2D), отображаемых на обычном плоском мониторе, что требует от хирурга умения использовать дополнительные визуальные навыки, чтобы судить о положении инструмента в брюшной полости и глубине его воздействия. Это ограничение представляет собой значительную проблему в связи с возросшими потребностями эндоскопических хирургов в особой точности манипуляций. Прогресс технологий визуализации для лапароскопии позволил устранить существующее препятствие. В начале 90-х годов XX века в лапароскопической хирургии произошел бум

3D-видеосистем. По крайней мере несколько изготовителей предложили устройства для трехмерной визуализации в медицине после появления 3D-видеосистемы для лапароскопии, которая была впервые была разработана в Центре ядерных исследований в Карлсруэ (Германия) [6]. В то время 3D-формат не смог утвердиться в клинической практике из-за технических и эргономических недостатков 3D-мониторов, имевших стандартное разрешение. В настоящее время 3D-дисплеи прошли усовершенствование и предоставляют возможность использования телевидения высокой четкости.

### Принципы 3D-визуализации в эндохирургии.

Восприятие глубины является визуальной способностью человека судить об удаленности объектов и пространственных взаимоотношениях объектов, находящихся на различных расстояниях. Каким образом трехмерный мир проецируется на двухмерную сетчатку и как эта проекция обеспечивает информацию о глубине, будет ясно после дальнейших рассуждений на эту тему. Стереоскопическое зрение является наиболее важным для восприятия глубины изображения увиденного. Трехмерная картина наблюдаемого предмета образуется вследствие наличия межзрачкового расстояния глаз, что позволяет каждому глазу в отдельности запечатлеть разный вид одного и того же объекта. Только головной мозг затем сможет объединить эти два изображения в одно 3D-изображение в результате так называемого процесса бинокулярного зрения. Лапароскопические хирурги, выполняющие свою работу с использованием обычного 2D-изображения, на самом деле работают с одним закрытым глазом. Это одна из причин того, что 2D-лапароскопия приводит к эмоциональному перенапряжению и головным болям. Система 3D имеет две камеры и две системы оптических линз, которые передают два смещенных относительно друг друга изображения на 3D-монитор. Когда хирург носит поляризованные 3D-очки, два изображения сливаются в одно и возникает ощущение глубины. Это также обеспечивает более четкую визуализацию расположения органов в брюшной полости, позволяя в реальном времени более успешно производить манипуляции и наложение швов, благодаря обратной тактильной связи. Необходимо отметить, что надевание 3D-очков является только первым шагом к получению максимальной выгоды от дополнительного измерения. Ключ к пониманию зрительной эргономики, которая существует при выполнении 3D-лапароскопии, заключается в том, как захватить небольшое изображение брюшной полости и показать его с увеличением на 3D-мониторе в операционном зале. Расстояние от сетчатки глаз до экрана составляет от 0,5 до 5 м и в 10 раз больше, чем расстояние между передней линзой лапароскопа и объектом операции. Ширина и высота объектов переносятся эквивалентно размерам операционного

поля, захваченного лапароскопом, на 3D-монитор. Перенос глубины изображения и, следовательно, создание реалистичности изображения определяются особенностями 3D-камеры, которая фиксирует и соединяет левую и правую половины изображения. Существует понятие зоны комфорта бинокулярного зрения для 3D-изображений [7] — объекты, находящиеся слишком близко, и те, которые расположены слишком далеко, представляют собой расходящиеся линии зрения и формируют на сетчатке области «соперничества» (В. Mendiburu называет их болезненными участками), которых следует избегать. «Зоны комфорта» в 3D-устройстве отрегулированы таким образом, чтобы изображения вблизи с точкой интересующей нас плоскости и далеко от нее совпадали во время просмотра.

**3D-визуализация в робот-ассистированной хирургии.** Преимущества роботизированной хирургии обусловлены в большей степени 3D-визуализацией. Техническое превосходство этих систем заключается также в увеличении степеней свободы при работе инструментами и устранении тремора. Эти свойства робот-ассистированной хирургии позволяют улучшить качество манипуляций при проведении лапароскопических операций. Робот предлагает потенциальные преимущества в продвижении ряда миниинвазивных процедур, особенно в специфичных узких областях хирургии, таких как лапароскопическая простатэктомия или реконструкция клапанов сердца. Некоторые авторы полагают, что робототехника может быть полезным методом для сокращения кривой обучения в некоторых разделах эндохирургии [8]. Однако другие исследователи установили, что кривые обучения для ряда операций с использованием традиционной лапароскопии, например в гинекологии, были значительно меньше, чем сообщалось для хирургических вмешательств, при которых использовались роботизированные технологии [4, 9]. Именно в гинекологии установилось мнение, что роботизированная хирургия не должна служить заменой традиционной лапароскопии, особенно в тех случаях, когда лапароскопия является ежедневным стандартом [10]. Опрос женщин, которым предстояли эндохирургические вмешательства, установил, что пациентки предпочитают традиционный лапароскопический доступ роботизированному [11]. Существенным недостатком роботизированной хирургии является отсутствие обратной тактильной связи и невозможность изменения конфигурации операционного стола после того, как «руки» робота закреплены [12]. Еще одним важным сдерживающим фактором является стоимость устройства da Vinci, которая составляет в США от 1 до 2,3 млн долларов США, в зависимости от комплектации. Сопутствующие ежегодные затраты для поддержания работы комплекса насчитывают около 180 тыс. долларов США

в год. Для сравнения — общая стоимость системы для 3D-лапароскопии составляет 250 тыс. долларов США и годовая стоимость обслуживания обходится в 25 тыс. долларов США [13].

Таким образом, роботизированная хирургия является инновационной и передовой 3D-эндохирургической технологией, однако необходимо понимать, что применение робототехники в тех случаях, когда традиционные лапароскопические подходы могут достичь тех же клинических результатов, сопровождаясь меньшими затратами, ставится под сомнение. В ближайшее время предстоит выяснить, использование ли робототехники помогло улучшить качество хирургии, или 3D-изображение на экране позволяет улучшить качество лапароскопии.

**Сравнение 2D- и 3D-лапароскопии.** Существует ограниченное количество исследований, посвященных сравнению операций, выполненных с использованием 3D-видеосистем, с хирургическими вмешательствами, произведенными с помощью обычных 2D-устройств. Вопрос превосходства 3D-лапароскопических систем над 2D-системами остается нерешенным, хотя потенциальные выгоды от 3D-визуализации хорошо известны к настоящему времени. Эти преимущества включают улучшенную работу, благодаря появлению пространственного измерения глубины и обратной тактильной связи, которые отсутствуют, соответственно, в 2D-лапароскопии и роботизированной хирургии.

Качества 3D-лапароскопии были оценены в ходе выполнения эндохирургических процедур, а также на основе симуляционных и экспериментальных моделей. Представлено ограниченное количество клинических исследований, сравнивающих 3D- и 2D-лапароскопию. Первоначально научные работы, направленные на изучение преимуществ и недостатков 3D-систем, дали противоречивые результаты. Некоторые из них сообщили, что 3D-визуализация значительно повышает производительность труда хирурга [14, 15], другие утверждали эквивалентность итогов операций и не смогли продемонстрировать превосходство 3D-изображения для решения различных задач лапароскопии [16, 17]. Однако необходимо отметить, что эти заключения были сделаны при работе с 3D-системами раннего поколения [5, 18]. Последующие клинические сравнения операций показали, что хирургические вмешательства, выполненные с помощью 3D-систем нового поколения, занимали меньше времени, чем традиционные. Это утверждение было поддержано исследованием, проведенным O. Wagner [3], в котором он показал, что производительность труда хирурга может быть увеличена на 60—70% с использованием системы 3D-изображения. Недавний научный обзор продемонстрировал, что 3D-технология значительно уменьшает длительность лапароскопических холецистэктомий [19].

Часть исследований, которые показали превосходство системы 3D, были проведены с использованием симуляторов и экспериментальных хирургических моделей [20, 21]. Сравнение 3D- и 2D-визуализации на примере симуляционных моделей имеет ограничения из-за отсутствия стандартизированной системы оценки навыков в лапароскопической хирургии. Несколько лет назад Общество американских эндоскопических хирургов-гастроэнтерологов (SAGES) разработало комплексную программу «Основы лапароскопической хирургии» (FLS), учитывающую дидактические и мануальные навыки для оценки основных лапароскопических навыков. Эффективность этой программы была подтверждена в ходе многочисленных исследований оценки квалификации и профессиональной подготовки хирургов в лапароскопии [22, 23]. Недавно проведенные исследования показали, что 3D-визуализация ускоряет решение основных задач программы FLS, главным образом для более трудных задач [3, 24–26] и для приобретения эндохирurgicalических навыков новичками [24]. Невзирая на представленную выгоду, существуют отдельные сообщения о негативных эффектах 3D-визуализации, которые проявляются в виде головокружения и усталости глаз хирурга [27].

**3D-лапароскопия в детской хирургии.** Несмотря на рост распространения, 3D-лапароскопия пока не нашла широкого применения в детской хирургии, особенно у новорожденных и детей грудного возраста. Большинство хирургов категорически отрицают возможность выполнения лапароскопических операций у детей в трехмерном формате, мотивируя свое решение тем, что оптические системы для 3D-лапароскопии имеют «внушительный» для маленького ребенка диаметр. Однако введение трехмерного телескопа через эластичный и податливый пупок, используемый как «замочная скважина» для производства ряда трансумбиликальных открытых и лапароскопических операций, позволяет полностью убрать рубец с брюшной стенки. Дополнительная выгода увеличенного пупочного разреза заключается в том, что он может легко преобразовываться в расширенный околопупочный разрез, например для производства «гибридных» операций, сочетающих в себе принципы лапароскопической и открытой хирургии.

Научные публикации, посвященные применению трехмерной лапароскопии у детей, носят раритетный характер. К моменту подготовки к изданию этой статьи было известно лишь об одном упоминании применения 3D-лапароскопии у детей, которое принадлежит М. Zdichavsky и J. Fuchs [28].

На основании собственных научных результатов мы склонны утверждать, что 3D-лапароскопия выполняема у детей и является отличной альтернативой традиционной лапароскопии в лечении многих

хирургических болезней, в том числе у маленьких пациентов. По нашему мнению, некоторые советы, появившиеся в ходе накопления собственного опыта, являются важными для начального овладения навыками лапароскопических операций в 3D-формате:

- все медицинские мониторы имеют меньшую яркость в трехмерном режиме, чем в режиме 2D, поэтому для улучшения видимости 3D-изображения операционная комната должна быть затемнена;

- если видимость в процессе выполнения операций становится плохой, хирург должен попытаться увеличить яркость источника света;

- в случае ухудшения изображения следует время от времени закрывать левый и правый глаз в отдельности, чтобы проверить загрязнение одного из оптических каналов и в случае необходимости очистить его;

- когда объект находится слишком близко к передней линзе, в режиме 3D изображение может быть размыто. Для коррекции нарушений трехмерной визуализации необходимо слегка извлечь лапароскоп наружу или временно использовать режим 2D.

Итак, применение 3D-лапароскопии в педиатрической практике начинает свою историю. Предубеждения, связанные с тем, что существующие оптические системы слишком велики для детей, не имеют под собой веских оснований, если учитывать потенциальные возможности пупка ребенка скрыть рубец после их установки. Кроме того, технология 3D невероятным образом изменила глубину восприятия внутренних органов организма ребенка, сохранив обратную тактильную связь, отсутствующую у роботизированных устройств, и позволила повысить навыки талантливых хирургов.

Главный вопрос — является ли эндохирургия в формате 3D выполнимой у детей в принципе, а также безопасной технологией в сравнении с традиционной лапароскопией — нашел подтверждение в итогах нашего исследования.

## Заключение

В последние несколько лет 3D-кинофильмы собирают невероятное количество сборов. Чтобы сделать фильм «Аватар», J. Cameron понадобилось 10 лет [29]. Это смелая и впечатляющая киноработа взбудоражила не только умы работников искусств. 3D-лапароскопия является таким же примером смелой и впечатляющей работы инженеров, которая невероятно повысила качества современной хирургии. С момента своего появления хирурги были восхищены этим методом, и каждая хирургическая дисциплина пытается найти для нее соответствующую роль.

На наш взгляд, 3D-лапароскопия является одним из перспективных направлений развития детской

эндхирургии. Восприятие глубины и наличие обратной тактильной связи делает 3D-лапароскопическую хирургию более приемлемой, безопасной и экономически эффективной по сравнению с традиционной 2D-лапароскопией и роботизированной хирургией. Эти качества трехмерного формата изображения улучшают точность манипуляций и

зрительную координацию, одновременно способствуя снижению капитальных и ежегодных затрат на оборудование. Стоит надеяться, что развитие трехмерных оптических технологий позволит преодолеть некоторые недостатки современных 3D-устройств для лапароскопии и повысить уровень мастерства хирурга.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Heemskerk J, Zandbergen R, Maessen JG, Greve JW, Bouvy ND. Advantages of advanced laparoscopic systems. *Surg Endosc.* 2006;20:730-733.
2. Ohuchida K, Kenmotsu H, Yamamoto A, Sawada K, Hayami T, Morooka K, Hoshino H, Uemura M, Konishi K, Yoshida D, Maeda T, Ieiri S, Tanoue K, Tanaka M, Hashizume M. The effect of CyberDome, a novel 3-dimensional dome-shaped display system, on laparoscopic procedures. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2009;4:125-132.
3. Wagner OJ, Hagen M, Kurmann A, Horgan S, Candinas D, Vorbuerger SA. Three-dimensional vision enhances task performance independently of the surgical method. *Surg Endosc.* 2012;26:2961-2968.
4. Talamini MA, Chapman S, Horgan S, Melvin WS. A prospective analysis on 211 robotic assisted surgical procedure. *Surg Endosc.* 2003;17:1521-1524.
5. Varela JE, Benway BM, Andriole GL. Initial Experience with the Viking 3DHD Laparoscopic System. Presented at the 2011 Annual Meeting of the Society of American Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons, Emerging Technology Session, San Antonio, TX.
6. Holler B. 3D video in endoscopic surgery: principles and first application. *Minim Invasive Ther.* 1992;1:57.
7. Mendiburu B (ed). 3D movie making: stereoscopic digital cinema from script to screen. 1st ed. 2009 Taylor & Francis Group, Oxford, UK.
8. Patel HR, Ribal MJ, Arya M, Nauth-Misir R, Joseph JV. Is it worth revisiting laparoscopic three dimensional visualization? *A validated assessment.* *Urology.* 2007;70:47-49.
9. Giulianotti PC, Coratti A, Angelini M, Sbrana F, Cecconi S, Balstracci T, Caravaglios G. Personal experience in a large community hospital. *Arch Surg.* 2003;138:777-784.
10. Wexner SD, Bergamschi R, Lacy A, Udo J, Brölmann H, Kennedy RH, John H. The current status of robotic pelvic surgery: results of a multidisciplinary consensus conference. *Surg Endosc.* 2009;23:438-443.
11. Bush AJ, Morris SN, Millham FH, Isaacson KB. Women's preferences for minimally invasive incisions. *J Minim Invasive Gynecol.* 2011;18:640-643.
12. Nezhat C. Robotic assisted laparoscopic surgery in gynecology: scientific dream or reality? *Fertil Steril.* 2009;91:2620-2622.
13. Rao G, Sinha M, Sinha R. 3D laparoscopy: technique and initial experience in 451 cases. *Gynecol Surg.* 2013;10:123-128.
14. Birkett DH, Josephs LG, Ese-McDonald J. A new 3-D laparoscope in gastrointestinal surgery. *Surg Endosc.* 1994;8:1448-1451.
15. Wenzl R, Lehner R, Vry U, Pateisky N, Sevelde P, Husslein P. Three-dimensional videoendoscopy: Clinical use in gynecological laparoscopy. *Lancet.* 1994;344:1621-1622.
16. Chan AC, Chung SC, Yim AP, Lau JY, Ng EK, Li AK. Comparison of two-dimensional vs three-dimensional camera systems in laparoscopic surgery. *Surg Endosc.* 1997;11:438-440.
17. Jones DB, Brewer JD, Soper NJ. The influence of three-dimensional video systems on laparoscopic task performance. *Surg Laparosc Endosc.* 1996;6:191-197.
18. Johnson H. Viking bringing affordable 3-D capability to MIS procedures. *Medical Device Daily. The Daily Medical Technology Newspaper.* 2005;9:6.
19. Bilgen K, Karakahya M, Isik S, Sengul S, Cetinkunar S, Kucukpinar TH. Comparison of 3D imaging and 2D imaging for performance time of laparoscopic cholecystectomy. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech.* 2013;23:180-183.
20. Byrn JC, Schluender S, Divino CM, Conrad J, Gurland B, Shlasko E, Szold A. Three-dimensional imaging improves surgical performance for both novice and experienced operators using the da Vinci Robot System. *Am J Sur.* 2007;519:22.
21. Tevaearai HT, Mueller XM, Von Segesser LK. 3-D vision improves performance in a pelvic trainer. *Endoscopy.* 2000; 32:464-468.
22. Ritter EM, Kindelan TW, Michael C, Pimentel EA, Bowyer MW. Concurrent validity of augmented reality metrics applied to the fundamentals of laparoscopic surgery (FLS). *Surg Endosc.* 2007;21:1441-1445.
23. Stefanidis D, Heniford T. The formula for a successful laparoscopic curriculum. *Arch Surg.* 2009;144:77-82.
24. Smith R, Day A, Rockall T, Ballard K, Bailey M, Jourdan I. Advanced stereoscopic projection technology significantly improves novice performance of minimally invasive surgical skills. *Surg Endosc.* 2012;26:1522-1527.
25. Storz P, Buess GF, Kunert W, Kirschniak A. 3D HD versus 2D HD: surgical task efficiency in standardised phantom tasks. *Surg Endosc.* 2012;26:1454-1460.
26. Alaraimi B, Bakbak W, Sarker S, Makkiah S, Al-Marzouq A, Goriparthi R, Bouhelal A, Quan V, Patel B. A randomized prospective study comparing acquisition of laparoscopic skills in three-dimensional (3D) vs two-dimensional (2D) laparoscopy. *World J Surg.* 2014;38:2746-2752.
27. Kong SH, Oh BM, Yoon H, Ahn HS, Lee HJ, Chung SG, Shiraiishi N, Kitano S, Yang HK. Comparison of two- and three-dimensional camera systems in laparoscopic performance: a novel 3D system with one camera. *Surg Endosc.* 2010;24:1132-1143.
28. Zdichavsky M, Schmidt A, Luithle T, Manncke S, Fuchs J. Three-dimensional laparoscopy and thoracoscopy in children and adults: A prospective clinical trial. *Minim Invasive Allied Technol.* 2014;27:1-7.
29. Avatar (2009 film). Wikipedia. Доступно по: [http://en.wikipedia.org/wiki/Avatar\\_\(2009\\_film\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Avatar_(2009_film))