



Симулятор виртуальной реальности для развития навыков пространственного ориентирования во время ретроградной интраренальной пиелоскопии

© Али Э. Талышинский^{1, 2}, Бахман Г. Гулиев^{2, 3}, Артём Е. Мишвелов⁴,
Мурад У. Агагюлов³, Александр А. Андриянов³

¹ ООО «Мед-Рей» [Москва, Россия]

² Городская Мариинская больница [Санкт-Петербург, Россия]

³ Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова [Санкт-Петербург, Россия]

⁴ Ставропольский государственный медицинский университет [Ставрополь, Россия]

Аннотация

Введение. В настоящее время существует несколько симуляторов на основе виртуальной реальности (VR) для развития навыков хирургии камней верхних мочевых путей, в том числе ретроградной или антеградной пиелоскопии. Однако их дороговизна и отсутствие детальной реконструкции внутреннего вида полостной системы почки ограничивают внедрение таких симуляторов в обучающий процесс и клиническую практику.

Цель исследования. Разработка методики VR-отображения эндоскопического вида чашечно-лоханочной системы почки (ЧЛС) с использованием специализированных очков, а также её апробация в обучении ординаторов пространственному ориентированию при ретроградной пиелоскопии.

Материалы и методы. Пять ординаторов без опыта самостоятельного выполнения ретроградной гибкой пиелоскопии проходили 7-дневный курс обучения с использованием разработанной VR-системы, в течение которого каждый изучал 6 вариаций полостных систем почки. Для проведения симуляции была напечатана силиконовая модель почки, внутри которой размещали камень. Чашечку для размещения камня выбирали рандомно. До и после обучения анализировали длительность нефроскопии и количество ошибок при поиске камня во время ретроградной гибкой нефроскопии, выполняемой опытным урологом. Перед повторной процедурой полость силиконовой модели была представлена ординаторам в режиме VR с размещением виртуального камня в соответствии с его положением в почке.

Результаты. Наблюдали статистически значимое снижение длительности процедуры (в среднем на 17,6 минут, $p = 0,043$) и ошибочного определения таргетной чашечки, которое после тренинга наблюдали однократно лишь у одного ординатора.

Заключение. Описанный VR-симулятор не требует значимых временных, технических и финансовых затрат, доступен для внедрения в обучение молодых специалистов.

Ключевые слова: виртуальная реальность; обучение; ретроградная пиелоскопия

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки. **Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Благодарность.** Авторы выражают благодарность компании Boston Scientific Corp. за предоставленные для исследования одноразовые гибкие уретероскопы LithoVue™ и модели камней. **Вклад авторов.** А.Э. Талышинский — концепция исследования, разработка дизайна исследования, обзор литературы, написание статьи; Б.Г. Гулиев — критический обзор, разработка дизайна исследования, научное редактирование, научное руководство; А.Е. Мишвелов, М.У. Агагюлов, А.А. Андриянов — обзор литературы, написание статьи.

✉ **Корреспондирующий автор:** Бахман Гидаятович Гулиев; e-mail: gulievbg@mail.ru

Поступила в редакцию: 15.10.2022. **Принята к публикации:** 10.01.2023. **Опубликована:** 26.03.2023.

Для цитирования: Талышинский А.Э., Гулиев Б.Г., Мишвелов А.Е., Агагюлов М.У., Андриянов А.А. Симулятор виртуальной реальности для развития навыков пространственного ориентирования во время ретроградной интраренальной пиелоскопии. *Вестник урологии*. 2023;11(1):100-107. DOI: 10.21886/2308-6424-2023-11-1-100-107.

Virtual reality simulator for developing spatial skills during retrograde intrarenal pyeloscopy

© Ali E. Talyshinskii^{1, 2}, Bakhman G. Guliev^{2, 3}, Artem E. Mishvelov⁴,
Murad U. Agagyulov³, Aleksandr A. Andriyanov³

¹ Med-Ray, LLC [Moscow, Russian Federation]

² St. Petersburg Mariinsky Hospital [St. Petersburg, Russian Federation]

³ Mechnikov North-Western State Medical University (Mechnikov University) [St. Petersburg, Russian Federation]

⁴ Stavropol State Medical University [Stavropol, Russian Federation]

Abstract

Introduction. Currently, several virtual reality (VR) simulators have been described for the upper urinary tract stone surgery skill development, including retrograde or antegrade nephroscopy. However, their high cost and the lack of a detailed reconstruction of the intraluminal pelvicalyceal system (PCS) appearance limit their implementation into educational process and clinical practice.

Objectives. To develop the approach for VR-reconstruction of the intraluminal appearance of the PCS via head mounted device (HMD), as well as estimate its usefulness for novices to improve spatial orientation during retrograde flexible nephroscopy.

Materials & methods. Five residents without experience in self-performing retrograde flexible nephroscopy participated in a 7-day training course on the VR simulator developed, during which each novice studied six variants of the PCS. For the procedure simulation, a silicone kidney model was created with the stone placed in the calyx which was selected randomly in each case. Before and after VR-course, each resident assisted the experienced urologist during simulated retrograde nephroscopy to find the stone placed according to random selection. The nephroscopy time and the number of errors in stone-finding during retrograde flexible nephroscopy were analysed.

Results. There was a statistically significant decrease in nephroscopy time (on avg by 17.6 minutes, $p = 0.043$) and errors to find targeted calyx, which was observed once after the training one resident only.

Conclusion. The described VR simulator does not require significant time, technical and financial costs, and is available for wide implementation in the training of young specialists.

Keywords: virtual reality; training; retrograde nephroscopy

Financing. The study was not sponsored. **Conflict of interest.** The authors declare no conflicts of interest. **Acknowledgements.** The authors express their gratitude to Boston Scientific Corp. for the single-use flexible ureteroscopes LithoVue™ and stone models provided for the study.

Authors' contribution. A.E. Talyshinskii — research concept, research design development, drafting the manuscript, scientific editing, critical review; B.G. Guliev — supervision, research design development, scientific editing, critical review; A.E. Mishvelov, M.U. Agagiyulov, A.A. Andriyanov — literature review, drafting the manuscript.

✉ **Corresponding author:** Bakhman G. Guliev; e-mail: gulievb@gmail.ru

Received: 10/15/2022. **Accepted:** 01/10/2023. **Published:** 03/26/2023.

For citation: Talyshinskii A.E., Guliyev B.G., Mishvelov A.E., Agagiyulov M.U., Andriyanov A.A. Virtual reality simulator for developing spatial skills during retrograde intrarenal pyeloscopy. *Urology Herald*. 2023;11(1):100-107. (In Russ.). DOI: 10.21886/2308-6424-2023-11-1-100-107.

Введение

Мочекаменная болезнь является распространённым заболеванием, которое в Российской Федерации встречается у 10% населения [1]. Несмотря на определение факторов риска и разработку методов профилактики, при лечении большинства больных необходимо выполнение хирургических вмешательств, что подчёркивает важность освоения урологами существующих оперативных пособий. В настоящее время открытая хирургия камней верхних мочевых путей практически полностью заменена мини-инвазивными вмешательствами, такими как перкутанная нефролитотрипсия (ПНЛ) и ретроградная интратеренальная хирургия (РИРХ), каждое из которых имеет отдельные этапы, правильное и безопасное выполнение каждого из которых влияет на успех всей операции [2]. В процессе освоения молодыми специалистами эндоурологических операций существует ряд проблем, такие как дли-

тельная кривая обучения и необходимость обеспечения безопасности пациентов [3]. Виртуальная реальность (ВР) является перспективным направлением в визуализации и имитации этапов хирургических вмешательств, что позволяет использовать её для решения вышеупомянутых ограничений [4]. Однако имеющиеся разработки являются слишком дорогими, они основаны на использовании шаблонных чашечно-лоханочных систем (ЧЛС) почки и мало пригодны для отработки нефроскопии в среде с полным виртуальным погружением, что особенно важно в связи с отсутствием прямой визуализации операционного поля при эндоскопических вмешательствах [5].

Целью данной работы является описание методики ВР-построения внутреннего вида полостной системы почки с помощью специализированных очков и её апробация в рамках обучения ординаторов пространственному ориентированию во время ретроградной пиелокаликоскопии.

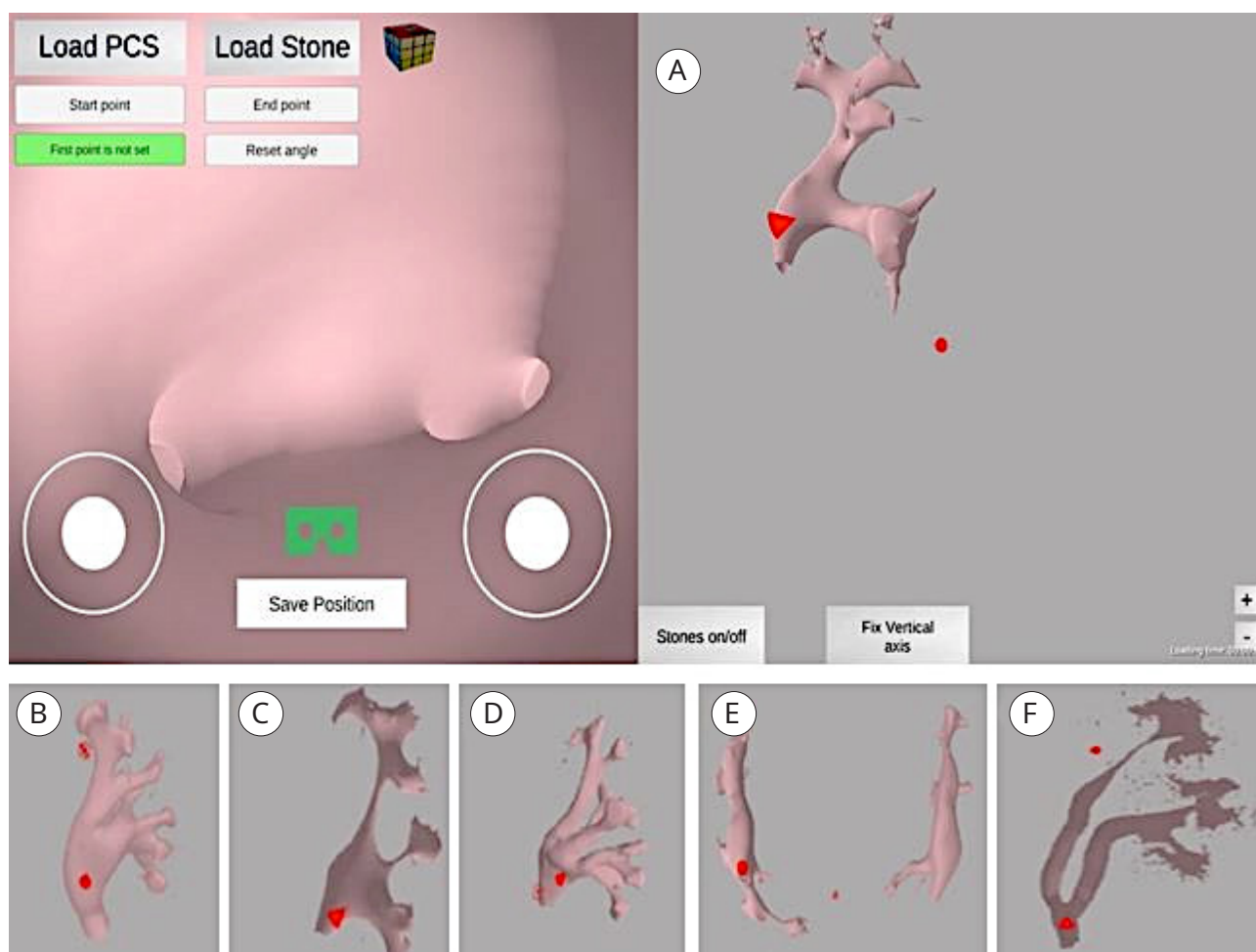


Рисунок 1. Вид приложения InsKid с экрана смартфона в 2D-режиме; внутренний и внешний вид полостной системы почки, соответствующий по классификации Sampaio: A — типу IA; B — тип IB; C — тип IIA; D — тип IIB; E — обе полости подковообразной почки; F — верхние мочевые пути левой почки с неполным удвоением

Figure 1. 2D-view of the InsKid application from the smartphone screen; internal and external appearance of the renal pyelocaliceal system, according to the Sampaio classification: A — type IA; B — type IB; C — type IIA; D — type IIB; E — horseshoe kidney; F — upper urinary tract of the left incomplete duplication kidney

Материалы и методы

В начале исследования были отобраны КТ-урограммы 6 пациентов с различными вариантами полостной системы почки. Из них четыре соответствовали типам ренальной полостной системы по классификации Sampaio, а у двух больных были отобраны ЧЛС подковообразной и удвоенной почки. Во всех случаях проводилась трёхмерная реконструкция ЧЛС, которая сохранялась в формате стереолитографии (STL) с помощью RadiAnt DICOM Viewer. Затем использовалось программное обеспечение с открытым исходным кодом Blender для сглаживания полученных форм с последующей передачей файлов на смартфон. Данный процесс в среднем занимал около 2 – 3 минут. Основой для этой работы по-

служило приложение InsKid, разработанное с использованием языка программирования C Sharp (C#) для смартфонов на базе ОС Android [6]. После открытия файла STL с полостной системой почки его можно запустить в двух режимах (2D и 3D). В первом случае внутренняя и внешняя трёхмерная (3D) реконструкция отображается в левом и правом окнах смартфона соответственно. Красный треугольник в правом окне отражает фактическое положение пользователя и направление взгляда (рис. 1).

В режиме 3D пользователь видит внешнюю реконструкцию ЧЛС почки, после чего может войти в неё в любом месте и перемещаться внутри. Управление осуществлялось с помощью контроллера PS4, подключённого к телефону по Bluetooth.

В 2D-режиме правый и левый джойстики отвечают за перемещение по плоскости или изменение направления взгляда. В VR-режиме за перемещение в плоскости отвечает левый джойстик, а направление взгляда соответствует движениям головы. В обоих случаях можно визуализировать камни в почках путём их сохранения в STL-формате и загрузки в приложение. Кроме того, можно вручную создавать различные виртуальные формы, имитирующие камни в почках. Так, в нашей работе с помощью программного обеспечения Blender 3D CG® («Blender Foundation», Amsterdam, the Netherlands) была сгенерирована сфера, соответствующая модели камня. Для бесперебойной работы приложение было запущено на смартфоне Samsung A51 (оснащённым процессором Exynos 9611, 4 Гб памяти и графическим ускорителем Mali-G72 MP3), который помещался в очки "VR Box 3D" (рис. 2).



Рисунок 2. Необходимое оборудование для реализации VR-симулятора

Figure 2. The necessary equipment for the VR simulator

Для апробации в обучение было включено 5 ординаторов без опыта самостоятельного выполнения гибкой пиелоскопии. Каждому из них на компьютере была показана внешняя трёхмерная реконструкция почки с нумерацией малых чашечек, на основе которой была подготовлена силиконовая модель почки. Полостная система почки была выбрана специально без камней, чтобы случайно определять содержащую конкремент малую чашечку.

Далее, все обучаемые по очереди проходили в операционную для ассистирования опытному урологу в процессе поиска

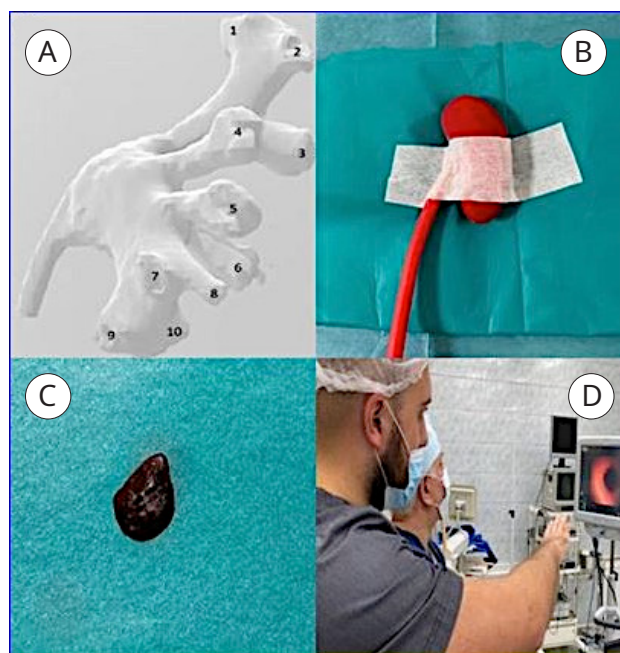


Рисунок 3. Трёхмерная реконструкция полостной системы почки с нумерацией малых чашечек (A); силиконовая модель почки, используемая для ретроградной гибкой нефроскопии (B); модель камня (C); ординатор, направляющий перемещение уролога для нахождения камня (D)

Figure 3. 3D-reconstruction of the renal pelvicalyceal system with calyceal numeration (A); B - silicon kidney model for retrograde flexible nephroscopy (B); kidney stone model (C); resident navigates urologist to find the stone (D)

камня во время ретроградной гибкой пиелоскопии с помощью эндоскопа LithoVue™ («Boston Scientific Corp.», San Jose, CA, USA), а именно направляли его движения для поиска камня (рис. 3).

На данном этапе определялись время процедуры и количество ошибочно осмотренных чашечек. Следующим этапом являлся 7-дневный курс обучения, во время которого ординаторов знакомили с принципами работы приложения. Ежедневно в течение 15 минут каждый из них осматривал в VR-режиме шесть вышеописанных полостей.

После недели VR-обучения каждый ординатор в течение 10 минут виртуально исследовал ЧЛС силиконовой модели почки. В каждом случае также случайно определялась малая чашечка, в которой будет располагаться камень, в соответствии с чем в VR-отображении заведомо исследователем располагалась виртуальная сфера, после чего телефон устанавливался в очки

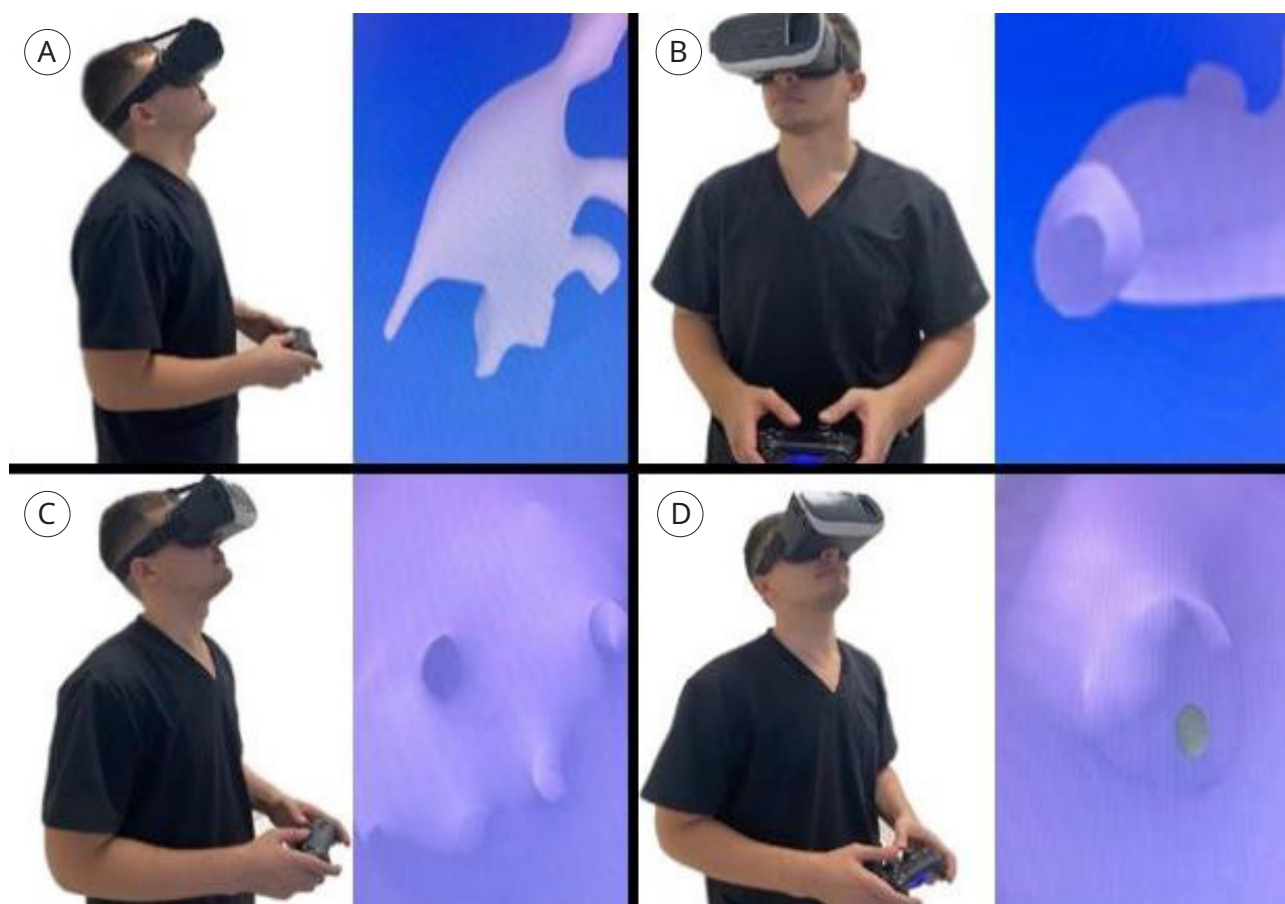


Рисунок 4. Виртуальное изучение ординатором полости почки с камнем перед предстоящей ретроградной гибкой нефроскопией: А — наружное изучение полости; В — визуализация просвета мочеточника для проникновения в полость; С — изучение чашечек средней и нижней группы; D — обнаружение виртуального камня в чашечке верхней группы

Figure 4. Resident investigate virtual appearance of the kidney cavity before retrograde flexible nephroscopy: A — external examination of the cavity; B — visualisation of the ureteral lumen for penetration into the cavity; C — examination of the lower and middle calyceal groups; D — detection of a virtual stone in the upper calyx

для непосредственного изучения самими ординаторами (рис. 4). Затем каждый участник снова проходил в операционную для направления движений уролога во время ретроградной гибкой пиелоскопии, а камень в соответствии с результатом рандомизации размещался в малую чашечку без уведомления кого-либо в операционной.

Аналогично оценке до обучения измерялась продолжительность нефроскопии и количество малых чашечек, ошибочно принятых за содержащую камень. Описанные результаты сравнивались до и после VR-курса.

Статистический анализ. Для статистического анализа использовалось программное обеспечение SPSS версии 26.0 («SPSS: An IBM Company», IBM SPSS Corp., Armonk, NY, USA). Непрерывные данные в связи с ма-

лой выборкой были представлены в виде среднего значения и диапазона между минимальным и максимальным значениями. Результаты до и после VR-обучения сравнивались с помощью теста Wilcoxon. Достоверная разница рассматривалась как $p < 0,05$.

Результаты

Итоговая стоимость симулятора составила 2 200 руб. (джойстик + очки, без учёта стоимости смартфона). Время подготовки STL-модели напечатанной почки и 6 полостей для обучения составило 17 минут.

Кадровая частота при запуске приложения в VR-режиме на описанном смартфоне составила 79 кадров в секунду, что говорит о пригодности устройств среднего класса для реализации описанного тренин-

Таблица. Результаты ассистирования ординаторов во время ретроградной гибкой пиелоскопии
Table. Results of assisting residents during retrograde flexible pyeloscopy

Параметры Variables		Порядковый номер ординатора Resident's number					Среднее (min – max) Mean (interval)	p
		1	2	3	4	5		
Длительность нефроскопии (сек) Nephroscopy time (sec)	До обучения Before study	29	23	18	52	21	28,6 (18 – 52)	0,043
	После обучения After study	11	8	10	15	11	11 (8 – 15)	
Количество ошибок (n) Mistakes (n)	До обучения Before study	3	1	2	4	3	2,6 (1 – 4)	0,039
	После обучения After study	0	0	0	1	0	0,2 (0 – 1)	

га. Результаты апробации представлены в таблице.

Наблюдается статистически значимое улучшение изучаемых показателей: средняя длительность пиелоскопии снизилась на 17,6 минут ($p = 0,043$); после тренинга ошибочное определение таргетной чашечки наблюдалось однократно лишь у одного ординатора.

Обсуждение

В настоящее время обучение хирургов всё больше выходит за пределы операционной, что позволяет проходить значимую часть кривой обучения без непосредственного влияния на пациента. Способствующие данной тенденции симуляторы по принципу производства делятся на биологические, небιологические и основанные на виртуальной реальности [7]. Несмотря на то, что физические тренажёры обеспечивают тактильную обратную связь, их польза в обучении аналогична таковой при использовании ВР-симуляторов [8]. Последние позволяют использовать различные по анатомии виртуальные модели без необходимости их производства и не зависят от использования эндоурологических инструментов, подверженных поломке на начальных этапах освоения специалистами тех или иных манипуляций [9].

В литературе описано несколько решений на основе ВР для развития навыков и предоперационного планирования минимально-инвазивного лечения камней верхних мочевых путей. UroMentor™ («Simbionix», Cleveland, OH, USA) представляет собой симулятор, имитирующий жёсткую или гибкую цисто / уретеро / пиелоскопию с возможностью выполнения литотрипсии

и экстракции фрагментов [10]. Симулятор PERC Mentor™ («Simbionix», Cleveland, OH, USA) является симулятором антеградного лечения камней полостной системы почки без использования специализированных очков с проекцией изображения на 2D-мониторе [11]. Прорывной является разработка K181 PCNL & Kidney Access Array («Marion Surgical» Inc., Buffalo, NY, USA) — симулятора перкутанной хирургии камней ЧЛС с использованием ВР-очков и возможностью загрузки КТ снимков конкретного пациента [12]. Наконец, E. Parkhomenko et al. описали методику ВР-планирования пункции полостной системы почки для улучшения результатов перкутанной нефролитотрипсии, позволяющей загружать в ВР-очки структуры почки и соседние органы [13].

Овладение навыками выполнения эндоурологических вмешательств по поводу мочекаменной болезни включает в себя не только достижение компетенции на начальных этапах операции, но и умение ориентироваться в замкнутых пространствах, например, в полости почки. Несмотря на относительно широкий спектр доступных ВР-симуляторов, только в двух из них используются ВР-очки, из которых только один тренажёр позволяет выполнять виртуальную нефроскопию с использованием КТ-снимков конкретного пациента (Marion Surgical's K181). Кроме того, стоимость также является фактором препятствующим внедрению ВР-симуляторов в клиническую практику и в процесс обучения ординаторов и студентов. Вышеописанные симуляторы разрабатываются за рубежом и стоят более 20 000 \$. Более доступной является разработка E. Parkhomenko et al., которая

позволяет планировать пункцию полости почки путём отображения ренальных и смежных структур в ВР-очках, однако без возможности визуализации ЧЛС изнутри. Согласно расчётам авторов, итоговая стоимость составляет 1 700 \$ [13]. Всё это подчёркивает перспективу развития технологии виртуальной реальности в Российской Федерации. Описанный в нашей работе ВР-симулятор не требует существенных временных и финансовых затрат, при этом позволяет более детально по сравнению с аналогами погружать обучающихся в полостную систему почки.

Обратной стороной медали является сама суть подобного рода технологий. Согласно G. W. Moran et al. добавление элементов интерактивного обучения молодых медиков положительно сказывается на их вовлечённости и способностях, что отчасти подтверждено и нами [14]. И это неудивительно, так как современное поколение больше знакомо с различными цифровыми устройствами и технологиями, чаще интересуется компьютерными играми, в том числе с использованием ВР.

Наше исследование имеет определённые недостатки. Во-первых, было включе-

но малое количество ординаторов и все они проходят обучение на одной базе, что не позволяет делать выводы об аналогичной полезности для молодых специалистов в целом. На момент написания статьи дополнительно включены 2 обучающихся (1 — студент 5 курса и ординатор 2 года с другой клинической базы). Во-вторых, обучение было коротким (7 дней) и проводилось в пределах урологического отделения, несмотря на возможность такого тренинга даже в домашних условиях. В-третьих, все виртуальные модели подготавливались одним коллегой, а не испытуемыми самостоятельно. Анализировался навык пространственного ориентирования, в то время как эндоурологические вмешательства требуют развития и мануальных способностей. Тем не менее, вышеупомянутые недостатки выходят за рамки поставленных целей и будут устранены в следующих исследованиях.

Заключение

Описанный ВР-симулятор не требует значимых временных, технических и финансовых затрат, доступен для внедрения в обучение молодых специалистов.

Список литературы | References

1. Gadzhiev N, Prosyannikov M, Malkhasyan V, Akopyan G, Somani B, Sivkov A, Apolikhin O, Kaprin A. Urolithiasis prevalence in the Russian Federation: analysis of trends over a 15-year period. *World J Urol.* 2021;39(10):3939-3944. DOI: 10.1007/s00345-021-03729-y
2. Tzelvels L, Türk C, Skolarikos A. European Association of Urology Urolithiasis Guidelines: Where Are We Going? *Eur Urol Focus.* 2021;7(1):34-38. DOI: 10.1016/j.euf.2020.09.011
3. Quirke K, Aydin A, Brunckhorst O, Bultitude M, Khan MS, Dasgupta P, Sarica K, Ahmed K. Learning Curves in Urolithiasis Surgery: A Systematic Review. *J Endourol.* 2018;32(11):1008-1020. DOI: 10.1089/end.2018.0425
4. Del Pozo Jiménez G, Rodríguez Monsalve M, Carballido Rodríguez J, Castellón Vela I. Virtual reality and intracorporeal navigation in urology. *Arch Esp Urol.* 2019;72(8):867-881. (In English, Spanish). PMID: 31579046
5. Igarashi T, Suzuki H, Naya Y. Computer-based endoscopic image-processing technology for endourology and laparoscopic surgery. *Int J Urol.* 2009;16(6):533-43. DOI: 10.1111/j.1442-2042.2009.02258.x
6. Guliev B, Komyakov B, Talyshinskii A. Interior definition of the calyceal orientation suitable for percutaneous nephrolithotripsy via mobile software. *Urolithiasis.* 2021;49(5):443-449. DOI: 10.1007/s00240-021-01253-7
7. Гаджиев Н.К., Мищенко А.А., Бритов В.П., Хренов А.М., Горелов Д.С., Обидняк В.М., Григорьев В.Е., Семенякин И.В., Петров С.Б. Создание модели тренажёра для отработки навыка пункции полостной системы почки под ультразвуковым контролем. *Вестник урологии.* 2021;9(1):22-31. Gadzhiev N.K., Mishchenko A.A., Britov V.P., Khrenov A.M., Gorelov D.S., Obidnyak V.M., Grigoriev V.E., Semenyakin I.V., Petrov S.B. Creation of a training simulator model for practising puncture of the kidney calyceal system under ultrasound control. *Urology Herald.* 2021;9(1):22-31. (In Russian). DOI: 10.21886/2308-6424-2021-9-1-22-31
8. Mishra S, Kurien A, Ganpule A, Muthu V, Sabnis R, Desai M. Percutaneous renal access training: content validation comparison between a live porcine and a virtual reality (VR) simulation model. *BJU Int.* 2010;106(11):1753-6. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2010.09753.x
9. Afane JS, Olweny EO, Bercowsky E, Sundaram CP, Dunn MD, Shalhav AL, McDougall EM, Clayman RV. Flexible ureteroscopes: a single center evaluation of the durability and function of the new endoscopes smaller than 9Fr. *J Urol.* 2000;164(4):1164-8. PMID: 10992358
10. Aloosh M, Couture F, Fahmy N, Elhilali MM, Andonian S. Assessment of urology postgraduate trainees'

- competencies in flexible ureteroscopic stone extraction. *Can Urol Assoc J.* 2018;12(2):52-58. DOI: 10.5489/cuaj.4570
11. Zhang Y, Yu CF, Liu JS, Wang G, Zhu H, Na YQ. Training for percutaneous renal access on a virtual reality simulator. *Chin Med J (Engl).* 2013;126(8):1528-31. PMID: 23595389
 12. Sainsbury B, Łacki M, Shahait M, Goldenberg M, Baghdadi A, Cavuoto L, Ren J, Green M, Lee J, Averch TD, Rossa C. Evaluation of a Virtual Reality Percutaneous Nephrolithotomy (PCNL) Surgical Simulator. *Front Robot AI.* 2020;6:145. DOI: 10.3389/frobt.2019.00145
 13. Parkhomenko E, O'Leary M, Safiullah S, Walia S, Owyong M, Lin C, James R, Okhunov Z, Patel RM, Kaler KS, Landman J, Clayman R. Pilot Assessment of Immersive Virtual Reality Renal Models as an Educational and Preoperative Planning Tool for Percutaneous Nephrolithotomy. *J Endourol.* 2019;33(4):283-288. DOI: 10.1089/end.2018.0626
 14. Moran GW, Margolin EJ, Wang CN, DeCastro GJ. Using gamification to increase resident engagement in surgical training: Our experience with a robotic surgery simulation league. *Am J Surg.* 2022;224(1 Pt B):321-322. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2022.01.020

Сведения об авторах

Али Эльманович Талышинский — заместитель генерального директора ООО «Мед-Рей» по цифровому развитию в медицине; врач-уролог Центра урологии с робот-ассистированной хирургией СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница»

г. Москва, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-3521-8937>

ali-ma@mail.ru

Бахман Гидаятович Гулиев — доктор медицинских наук, профессор; профессор кафедры урологии ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России; руководитель Центра урологии с робот-ассистированной хирургией СПб ГБУЗ «Городская Мариинская больница»

г. Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-2359-6973>

gulievbg@mail.ru

Артём Евгеньевич Мишвелов — младший научный сотрудник лаборатории трансфера инновационных медицинских технологий и изделий ФГБОУ ВО СЗГМУ Минздрава России

г. Ставрополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-5087-2283>

archi4717@yandex.ru

Мурат Уружбекович Агаюлов — аспирант кафедры урологии ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России

г. Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-2497-5040>

murad1311@bk.ru

Александр Андреевич Андриянов — ординатор кафедры урологии ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России

г. Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-6905-0581>

mr.haisenber001@gmail.com

Information about the authors

Ali E. Talyshinskiy — M.D.; Deputy CEO for Digital Development in Medicine, Med-Ray LLC; Urologist, Urology Centre with Robot-assisted Surgery, St. Petersburg Mariinsky Hospital

Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-3521-8937>

ali-ma@mail.ru

Bakhman G. Guliev — M.D., Dr.Sc.(Med), Full Prof.; Prof., Dept. of Urology, Mechnikov North-Western State Medical University (Mechnikov University); Head, Urology Centre with Robot-assisted Surgery, St. Petersburg Mariinsky Hospital

St. Petersburg, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-2359-6973>

gulievbg@mail.ru

Artem E. Mishvelov — Junior Researcher, Laboratories for the Transfer of Innovative Medical Technologies and Products, Stavropol State Medical University (Mechnikov University)

Stavropol, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-5087-2283>

archi4717@yandex.ru

Murad U. Agagyulov — M.D.; Postgrad. Student, Dept. of Urology, Mechnikov North-Western State Medical University (Mechnikov University)

St. Petersburg, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-2497-5040>

murad1311@bk.ru

Alexander A. Andriyanov — Resident, Dept. of Urology, Mechnikov North-Western State Medical University (Mechnikov University)

St. Petersburg, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0001-6905-0581>

mr.haisenber001@gmail.com