



Сравнительная оценка использования тренажёров для отработки навыков пункции полостной системы почки под рентгенологическим контролем

© Нариман К. Гаджиев¹, Дмитрий С. Горелов², Александра А. Мищенко², Владислав П. Бритов³, Реваз Р. Харчилава⁴, Эльдар Ф. Шарафутдинов⁵, Сергей Б. Петров², Дмитрий Д. Шкарупа¹

¹ Клиника высоких медицинских технологий им. Н. И. Пирогова — Санкт-Петербургский государственный университет [Санкт-Петербург, Россия]

² Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И. П. Павлова [Санкт-Петербург, Россия]

³ Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет) [Санкт-Петербург, Россия]

⁴ Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова (Сеченовский университет) [Москва, Россия]

⁵ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет [Санкт-Петербург, Россия]

Аннотация

Введение. Навык пункции полостной системы почки является базовым для урологов, так как применяется для различных оперативных вмешательств и диагностических манипуляций. Для обучения существуют множество моделей, начиная от лабораторных животных, заканчивая тренажёрами виртуальной реальности.

Цель исследования. Оценить отечественную небиологическую модель тренажёра для пункции чашечно-лоханочной системы УроАТОМ («Альфа-Ритм», Россия), а также сравнить его с тренажёром виртуальной реальности PERC MentorTM (“Simbionix”, Beit Golan, Israel).

Материалы и методы. Проведён анализ результатов обучения навыку пункции под рентгеноскопическим контролем среди 50 врачей. Доктора по опыту были разделены на две равные группы: группа 1 — начинающие, группа 2 — опытные. На первом этапе оба тренажёра были оценены докторами при помощи опросников Likert. На втором этапе оценивались показатели пункции в группе 1 до и после практики на тренажёре.

Результаты. При сравнении показателей обоих тренажёров было отмечено, что тренажёр УроАТОМ оценили как более удобный в использовании ($p = 0,0001$) и более дешёвый ($p < 0,0001$). Анализ показателей пункции чашечно-лоханочной системы «начинающими» специалистами до и после тренировки на тренажёре УроАТОМ выявил статистически значимое их улучшение. Показатель времени пункции улучшился на 79 секунд. Показатель длительности рентгеноскопии уменьшился на 40,9 секунд. Количество попыток пункции уменьшилось на 1,4 раза. Количество затраченного контраста уменьшилось на 5,4 мл.

Заключение. Отечественный тренажёр УроАТОМ является эффективным для обучения молодых специалистов навыку пункции полостной системы почки под рентгеноскопическим контролем.

Ключевые слова: почки; симулятор; чрескожный доступ; обучение; пункция; рентгеноскопия

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки. **Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Вклад авторов:** Н.К. Гаджиев, В.П. Бритов — концепция исследования, разработка дизайна исследования, написание текста рукописи; А.А. Мищенко — обзор публикаций, статистическая обработка данных, написание статьи; Д.С. Горелов, Э.Ф. Шарафутдинов — сбор данных, анализ данных, статистическая обработка данных; Р.Р. Харчилава — разработка дизайна исследования, разработка и проведение эксперимента, сбор данных; С.Б. Петров, Д.Д. Шкарупа — анализ данных, критический обзор, научное редактирование, научное руководство.

✉ **Корреспондирующий автор:** Александра Андреевна Мищенко; amischenko995@gmail.com

Поступила в редакцию: 12.04.2023. **Принята к публикации:** 11.07.2023. **Опубликована:** 26.09.2023.

Для цитирования: Гаджиев Н.К., Горелов Д.С., Мищенко А.А., Бритов В.П., Харчилава Р.Р., Шарафутдинов Э.Ф., Петров С.Б., Шкарупа Д.Д. Сравнительная оценка использования тренажёров для отработки навыков пункции полостной системы почки под рентгенологическим контролем. *Вестник урологии*. 2023;11(3):23-34. DOI: 10.21886/2308-6424-2023-11-3-23-34.

Comparative evaluation of simulators for practising fluoroscopy-guided renal pelvic puncture

© Nariman K. Gadzhiev¹, Dmitry S. Gorelov², Alexandra A. Mishchenko²,
Vladislav P. Britov³, Revaz R. Kharchilava⁴, Eldar F. Sharafutdinov⁵,
Sergey B. Petrov², Dmitry D. Shkarupa¹

¹ Pirogov Clinic of Advanced Medical Technologies (SPSU Hospital) — St. Petersburg State University [St. Petersburg, Russian Federation]

² Pavlov First State Medical University of St. Petersburg [St. Petersburg, Russian Federation]

³ St. Petersburg Institute of Technology (Technical University) [St. Petersburg, Russian Federation]

⁴ I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) [Moscow, Russian Federation]

⁵ St. Petersburg State Pediatric Medical University [St. Petersburg, Russian Federation]

Abstract

Introduction. The skill of puncture of the kidney pelvicalyceal system is one of the basic urological skills, as it is used for various surgical interventions. There are different training models, from laboratory animals to virtual reality simulators.

Objective. To evaluate a non-biological model of the pelvicalyceal system puncture simulator UroATOM ("Alfa-Rhythm", Russian Federation) and to compare it with a virtual reality simulator PERC MentorTM ("Symbionix", Beit Golan, Israel).

Materials & methods. The results of fluoroscopic guided puncture training were analyzed among 50 physicians. The specialists were divided into two equal groups by experience: group 1 — beginners, group 2 — experienced urologists. In phase 1, both simulators were evaluated by the physicians using Likert questionnaires. In phase 2, the puncture results in beginners were evaluated before and after the UroATOM simulator practise.

Results. Comparing the indices of both simulators showed that UroATOM was rated as more convenient to use ($p = 0.0001$) and cheaper ($p < 0.0001$). The analysis of the puncture performance by "beginners" before and after UroATOM training revealed a statistically significant improvement in the performance. The puncture time index improved by 79 seconds. The index of fluoroscopy duration decreased by 40.9 seconds. The number of puncture attempts decreased by 1.4 times. The amount of contrast decreased by 5.4 ml.

Conclusions. The UroATOM simulator is effective for training young specialists in fluoroscopy-guided renal cavity puncture.

Keywords: kidneys; simulator; percutaneous access; training; puncture; fluoroscopy

Funding. The study had no sponsorship. **Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest. **Authors' contribution:** N.K. Gadzhiev, V.P. Britov — study concept, study design development, drafting the manuscript; A.A. Mishchenko — literature review, drafting the manuscript, statistical data processing; D.S. Gorelov, E.F. Sharafutdinov — data acquisition, data analysis, statistical data processing; R.R. Kharchilava — data acquisition, study design development, experiment design and implementation; S.B. Petrov, D.D. Shkarupa — data analysis, critical review, scientific editing, supervision.

✉ **Corresponding author:** Alexandra A. Mishchenko; amishchenko995@gmail.com

Received: 04/12/2023. **Accepted:** 07/11/2023. **Published:** 09/26/2023.

For citation: Gadzhiev N.K., Gorelov D.S., Mishchenko A.A., Britov V.P., Kharchilava R.R., Sharafutdinov E.F., Petrov S.B., Shkarupa D.D. Comparative evaluation of simulators for practising fluoroscopy-guided renal pelvic puncture. *Urology Herald*. 2023;11(3):23-34. (In Russ.). DOI: 10.21886/2308-6424-2023-11-3-23-34.

Введение

Пункция чашечно-лоханочной системы (ЧЛС) почки является одним из основных навыков эндоуролога, применяющихся как для установки нефростомического дренажа, так и для формирования чрескожного доступа при проведении перкутанной нефролитотрипсии (ПНЛ) [1]. Необходимо отметить, что формирование доступа при ПНЛ является наиболее сложным этапом. В первую очередь сложность заключается в непосредственной близости расположения органов к почке, повреждение которых

влечёт за собой ряд серьёзных, а порой и жизнеугрожающих осложнений [2, 3]. Во вторую очередь пункция ЧЛС требует определённой степени прецизионности, так как оптимально выполняется через сосочек чашечки. В анатомических работах F.J.B. Samraio et al. (2020) была продемонстрирована более низкая сосудистая плотность именно на уровне сосочков чашечек [4]. Так, пункция через сосочек минимизирует вероятность развития геморрагических осложнений [5]. Не менее важным аспектом является угол пункции в ЧЛС почки, что

потенциально может влиять на эффективность и полноту удаления камня [6].

Большинство урологов хорошо знакомо с принципом работы ультразвуковых аппаратов и свободно выполняет пункцию под ультразвуковым контролем, а наличие насадки для датчика с направляющей для пункционной иглы с предустановленным углом значительно облегчает освоение навыка пункции по УЗ-контролем. С пункцией под рентгеноскопическим контролем ситуация обстоит несколько иначе. Преобразование зрительно-пространственной информации, полученной с монитора С-дуги, в психомоторную способность выполнения точной пункции не всегда является простой задачей [7]. Освоение навыков пункции под рентгенконтролем, как правило, проходит с использованием различных симуляторов-тренажёров.

Мы провели среди урологов опрос о том, какие именно причины могут мешать обучению пункции полостной системы почки под рентгенконтролем. В опросе приняли участие 234 специалиста. Наиболее частым вариантом ответа респондентов (60,7%) являлось отсутствие тренажёров для обучения (рис. 1).

В связи с этим мы провели сравнительный анализ освоения навыка пункции под рентгеноскопическим контролем при помощи двух основных небиологических моделей-тренажёров доступных в РФ: PERC MentorTM ("Simbionix", Beit Golan, Israel) и УроАТОМ («Альфа-Ритм», Российская Федерация)*. *УроАТОМ — Официальный дистрибьютор на территории РФ компания ГЭОТАР

Цель исследования. Оценка отечественной небиологической модели тренажёра для пункции чашечно-лоханочной системы УроАТОМ, а также сравнение его с тренажёром виртуальной реальности PERC MentorTM.

Материалы и методы

С июля 2022 года по октябрь 2022 года был проведён анализ результатов обучения навыку пункции под рентген контролем среди 50 респондентов (ординаторы и практикующие врачи). Участники исследования были разделены на две группы по 25 человек соответственно предшествующему опыту: группа 1 — «начинающие», группа 2 — «опытные». Начинающие — без опыта выполнения пункции полостной системы почки. Опытные



Рисунок 1. Результаты опроса
Figure 1. Test answers

Таблица 1. Шкала вариантов ответов
Table 1. Response scale

1	2	3	4	5
Отличная <i>Excellent</i>	Хорошая <i>Good</i>	Удовлетворительная <i>Moderate</i>	Плохая <i>Poor</i>	Очень плохая <i>Very poor</i>

— доктора, имеющие опыт более 60 проведённых операций. Обеим группам было предложено пройти практику на представленных тренажёрах и оценить их.

На первом этапе исследования проводили оценку тренажёров специалистами из обеих групп по следующим параметрам:

1. Реалистичность полостной системы почки.
2. Визуализация полостной системы при рентгеноскопии.
3. Тактильная обратная связь при пункции.
4. Удобство использования тренажёра.
5. Полезность тренажёра (возможность использования для отработки навыков).
6. Стоимость тренажёра.

Вышеуказанные показатели оценивали при помощи опросника по типу шкалы Likert (табл. 1).

На следующем этапе исследования проводили оценку показателей пункции на тренажёрах среди «начинающих» специалистов. Показатели оценивали дважды — до и после практики на тренажёрах.

Обучение проходило в условиях трёх центров:

1. Учебный центр врачебной практики «Praxi Medica» Первого МГМУ им. И. М. Сеченова (Сеченовский Университет).

2. Рентгенооперационная Клиники высоких медицинских технологий им. Н. И. Пирогова.

3 Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И. П. Павлова.

Для визуализации ЧЛС ретроградно в полостную систему тренажёра вводилось рентгеноконтрастное вещество. При рентгеноскопии были визуализированы чашечки и лоханка полостной системы тренажёра. Пункция выполнялась троакарной иглой 18G. Показателем успешной пункции являлось поступление жидкости из иглы.

Оценивали следующие показатели пункции:

1. Общее время пункции (от момента первого вкола и до появления жидкости из пункционной иглы), сек.

2. Время использования рентгеноскопии, сек.

3. Количество попыток пункции, раз.

4. Объём затраченного контраста для ретроградного контрастирования, мл.

Исследуемые тренажёры. УроАТОМ. Отечественный небиологический тренажёр на основе силиконовой композиции для отработки навыков проведения перкутанной нефролитотрипсии под реальным рентгенологическим контролем. Материал тренажёра подобран таким образом, чтобы соответствовать человеческим тканям. Это было достигнуто путём подбора состава полимерной композиции. Тренажёр снаружи повторяет строение поясничного отдела тела человека. Внутреннее строение имитирует полостную систему почки и мочеточник. В имитацию полостной системы почки ретроградно вводится контрастное вещество. При рентгеноскопии визуализируются чашечки, лоханка и мочеточник тренажёра. Пункция полостной системы проводится под рентгенологическим контролем с помощью иглы 18G. Показателем успешной пункции является появление жидкости из иглы. Также при рентгеноскопии хорошо визуализируются шейки, своды чашечек и различные повреждения чашечно-лоханочной системы при неудачной пункции. Симулятор изготовлен из материала, который хорошо обеспечивает тактильную обратную связь



Рисунок 2. Тренажёр УроАТОМ
Figure 2. UroATOM simulator

— чувство «провала» при попадании иглы в полостную систему.

На данном тренажёре можно выполнить не менее 100 пункций. Материал обладает способностью к заращиванию пункционных ходов («треков»), которая обеспечивает многократное использование тренажёра. Материал и конструкция позволяют использовать его в том числе и для выполнения нефроскопии. Ориентировочная стоимость тренажёра на момент публикации составляет 300 тысяч рублей (рис. 2).

PERC Mentor™. Представляет собой тренажёр виртуальной реальности с частичным погружением, разработанный специально для обучения чрескожной пункции почек под рентгенконтролем. Он включает в себя тактильную обратную связь, смещение органов при дыхании, рентгеноскопию в реальном времени с использованием виртуальной С-дуги и имитацию ангиографических инструментов. Металлическая игла с пространственным датчиком используется для обеспечения чрескожного доступа к почке с цифровой проекцией, в которую контрастное вещество может быть доставлено по требованию через мочеточниковый катетер с рентгеноскопической визуализацией, управляемой педалью. Обратная связь в режиме реального времени, подтверждающая успешную пункцию, доступна посредством аспирации

жидкости из иглы. Размещение проводника в специальном порту имитирует прохождение проводника в собирательную систему через иглу для доступа. Обучающая программа включает в себя множество заданий и сценариев, сложность которых возрастает по шкале от 1 до 10. Все ключевые показатели, включая общее время операции, количество пункций, время рентгеноскопии, перфорации полостной системы и повреждения кровеносных сосудов, записываются тренажёром и могут быть просмотрены после выполнения задачи, что позволяет инструктору контролировать процесс обучения. Необходимо отметить, что PERC Mentor™, как и любое другое техническое устройство с программным обеспечением, нуждается в регулярном сервисном обслуживании для корректной работы. Ориентировочная стоимость тренажёра на момент публикации составляет 15 млн рублей (рис. 3).

Статистический анализ. Статистический анализ данных производили с использованием программного обеспечения для сбора и структурирования данных Microsoft Office Excel 2016 («Microsoft Corp.», Redmond, WA, USA) и обработки данных SAS JMP 11 («JMP Statistical Discovery, LLC», Cary, NC, USA). Соответствие нормальному распределению количественных показателей выполняли с помощью критерия Shapiro-Wilk. Количественные показатели, имеющие нормальное распределение или близкое к нему, описывали с помощью средней (M) и стандартного отклонения (SD). При распределении, отличным от нормального, данные описывали с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей [Q1; Q3]. Качественные показатели описывали с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение двух групп по количественному показателю выполняли с помощью U-критерия Mann-Whitney. При сравнении количественных показателей в двух связанных группах, использовали критерий Wilcoxon. Сопоставление групп по качественным признакам выполняли с помощью критерия Pearson chi-square с поправкой непрерывной Yates. Статистическую значимость различий определяли при уровне $p < 0,05$.



Рисунок 2. PERC Mentor™
Figure 2. PERC Mentor™

Результаты

Средний возраст респондентов, включённых в группу 1 «начинающие», соста-

вил $29,2 \pm 5,1$ лет, в группу 2 «опытные» — $41 \pm 5,7$ год ($p < 0,001$). Медиана количества выполненных ПНЛ «опытными» докторами составила 106 вмешательств.

В таблице 2 представлены оценки характеристик тренажёров среди двух групп участников. Сравнение оценок иссле-

дуемых параметров тренажёра УроАТОМ в группах статистически не различалось. При сравнении характеристик тренажёра PERC Mentor™ начинающие и опытные врачи статистически значимо по-разному воспринимали такие параметры, как визуализация и стоимость ($p < 0,05$).

Таблица 2. Оценка параметров тренажёров UroATOM и PERC Mentor™ в группах
Table 2. Evaluation of UroATOM and PERC Mentor™ simulators in groups

Характеристика и оценка <i>Characterization and evaluation</i>	UroATOM			PERC Mentor™		
	Группа 1 <i>Group 1</i>	Группа 2 <i>Group 2</i>	p	Группа 1 <i>Group 1</i>	Группа 2 <i>Group 2</i>	p
Реалистичность <i>Authenticity</i>						
Отличная <i>Excellent</i>	16 (64,0%)	15 (60,0%)		15 (60,0%)	17 (68,0%)	
Хорошая <i>Good</i>	7 (28,0%)	7 (28,0%)	0,8904	8 (32,0%)	5 (20,0%)	0,6013
Удовлетворительная <i>Moderate</i>	2 (8,0%)	3 (12,0%)		2 (8,0%)	3 (12,0%)	
Визуализация <i>Visualization</i>						
Отличная <i>Excellent</i>	8 (32,0%)	7 (28,0%)		16 (64,0%)	8 (32,0%)	
Хорошая <i>Good</i>	11 (44,0%)	11 (44,0%)	0,9841	9 (36,0%)	10 (40,0%)	0,0078
Удовлетворительная <i>Moderate</i>	5 (20,0%)	6 (24,0%)		–	7 (28,0%)	
Плохая <i>Poor</i>	1 (4,0%)	1 (4,0%)		–	–	
Обратная связь <i>Feedback</i>						
Отличная <i>Excellent</i>	15 (60,0%)	8 (32,0%)		9 (36,0%)	9 (36,0%)	
Хорошая <i>Good</i>	9 (36,0%)	11 (44,0%)	0,1054	7 (28,0%)	9 (36,0%)	0,7252
Удовлетворительная <i>Moderate</i>	1 (4,0%)	4 (16,0%)		8 (32,0%)	7 (28,0%)	
Плохая <i>Poor</i>	–	2 (8,0%)		1 (4,0%)	–	
Удобство <i>Convenience</i>						
Отличная <i>Excellent</i>	20 (80,0%)	19 (76,0%)		8 (32,0%)	9 (36,0%)	
Хорошая <i>Good</i>	4 (16,0%)	4 (16,0%)	0,8357	8 (32,0%)	10 (40,0%)	0,6670
Удовлетворительная <i>Moderate</i>	1 (4,0%)	2 (8,0%)		8 (32,0%)	6 (24,0%)	
Плохая <i>Poor</i>	–	–		1 (4,0%)	–	
Полезность <i>Utility</i>						
Отличная <i>Excellent</i>	20 (80,0%)	20 (80,0%)		16 (64,0%)	17 (68,0%)	
Хорошая <i>Good</i>	4 (16,0%)	5 (20,0%)	0,5738	6 (24,0%)	7 (28,0%)	0,5749
Удовлетворительная <i>Moderate</i>	1 (4,0%)	–		3 (12,0%)	1 (4,0%)	
Стоимость <i>Cost</i>						
Отличная <i>Excellent</i>	17 (68,0%)	22 (88,0%)		1 (4,0%)	–	
Хорошая <i>Good</i>	7 (28,0%)	3 (12,0%)	0,1978	9 (36,0%)	2 (8,0%)	0,0348
Удовлетворительная <i>Moderate</i>	1 (4,0%)	–		14 (56,0%)	18 (72,0%)	
Плохая <i>Poor</i>	–	–		1 (4,0%)	5 (20,0%)	

Таблица 3. Сравнительная оценка параметров тренажёров UroATOM и PERC Mentor™
Table 3. Comparative evaluation of UroATOM and PERC Mentor™ simulators parameters

Характеристика и оценка <i>Characterization and evaluation</i>		UroATOM	PERC Mentor™	p
Реалистичность <i>Authenticity</i>	Отличная <i>Excellent</i>	31 (62,0%)	32 (64,0%)	0,9739
	Хорошая <i>Good</i>	14 (28,0%)	13 (26,0%)	
	Удовлетворительная <i>Moderate</i>	5 (10,0%)	5 (10,0%)	
Визуализация <i>Visualization</i>	Отличная <i>Excellent</i>	15 (30,0%)	24 (48,0%)	0,1587
	Хорошая <i>Good</i>	22 (44,0%)	19 (38,0%)	
	Удовлетворительная <i>Moderate</i>	11 (22,0%)	7 (14,0%)	
	Плохая <i>Poor</i>	2 (4,0%)	–	
Обратная связь <i>Feedback</i>	Отличная <i>Excellent</i>	23 (46,0%)	18 (36,0%)	0,0598
	Хорошая <i>Good</i>	20 (40,0%)	16 (32,0%)	
	Удовлетворительная <i>Moderate</i>	5 (10,0%)	15 (30,0%)	
	Плохая <i>Poor</i>	2 (4,0%)	–	
	Очень плохая <i>Very poor</i>	–	1 (2,0%)	
Удобство <i>Convenience</i>	Отличная <i>Excellent</i>	39 (78,0%)	17 (34,0%)	0,0001
	Хорошая <i>Good</i>	8 (16,0%)	18 (36,0%)	
	Удовлетворительная <i>Moderate</i>	3 (6,0%)	14 (28,0%)	
	Плохая <i>Poor</i>	–	1 (2,0%)	
Полезность <i>Utility</i>	Отличная <i>Excellent</i>	40 (80,0%)	33 (66,0%)	0,2020
	Хорошая <i>Good</i>	9 (18,0%)	13 (26,0%)	
	Удовлетворительная <i>Moderate</i>	1 (2,0%)	4 (8,0%)	
Стоимость <i>Cost</i>	Отличная <i>Excellent</i>	39 (78,0%)	–	< 0,0001
	Хорошая <i>Good</i>	10 (20,0%)	1 (2,0%)	
	Удовлетворительная <i>Moderate</i>	1 (2,0%)	11 (22,0%)	
	Плохая <i>Poor</i>	(0,0%)	32 (64,0%)	
	Очень плохая <i>Very poor</i>	(0,0%)	6 (12,0%)	

В таблице 3 представлены результаты сравнения показателей обоих тренажёров, согласно которым было отмечено, что тренажёр УроАТОМ оценили как более удобный в использовании ($p = 0,0001$) и как более дешёвый ($p < 0,0001$).

Далее нами был проведён анализ показателей пункции ЧЛС «начинающими» специалистами до и после тренировки на тренажёре УроАТОМ.

Среднее время пункции «начинающих» до тренировки на тренажёре УроАТОМ составило $220,3 \pm 25,1$ секунд, после тренировки — $141,3 \pm 17,9$ секунд (рис. 4). Показатель времени пункции улучшился на 79

секунд. При сравнительном анализе нами было установлено статистически значимо большее время на выполнение пункции до тренировки ($p < 0,0001$).

Среднее время рентгеноскопии «начинающих» до тренировки на тренажёре УроАТОМ составило $152,1 \pm 17,31$ секунд, после тренировки — $111,2 \pm 17,5$ секунд (рис. 5). Показатель времени рентгеноскопии улучшился на 40,9 секунд после практики на тренажёре. При сравнительном анализе нами было установлено статистически значимо большее время рентгеноскопии до тренировки ($p < 0,0001$).

Среднее количество попыток пункции

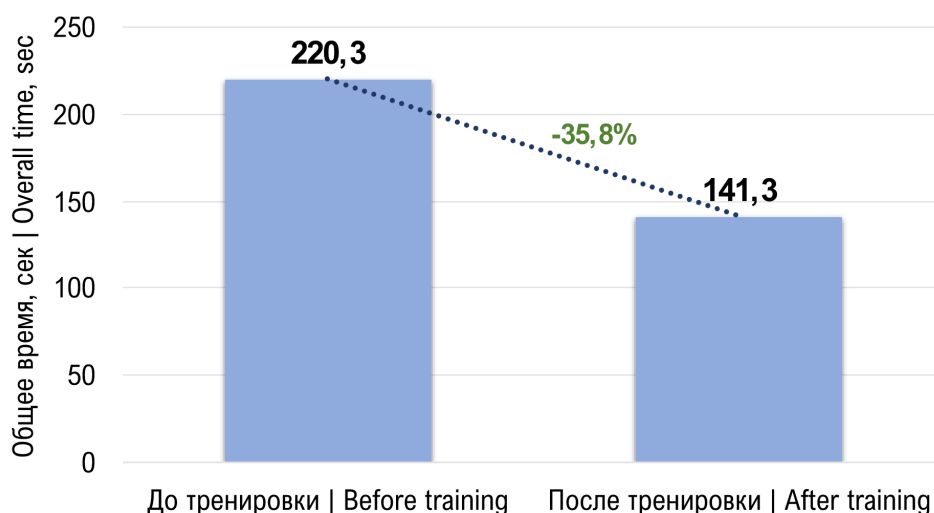


Рисунок 4. Оценка времени пункции в группе «начинающих» специалистов при обучении на тренажёре УроАТОМ: общее время пункции до и после тренировки с анализом изменения времени пункции после тренировки (%)

Figure 4. Evaluation of puncture time in the group of "beginners" specialists during training on the UroATOM simulator: overall puncture time before and after training and dynamics of puncture time after training (%)

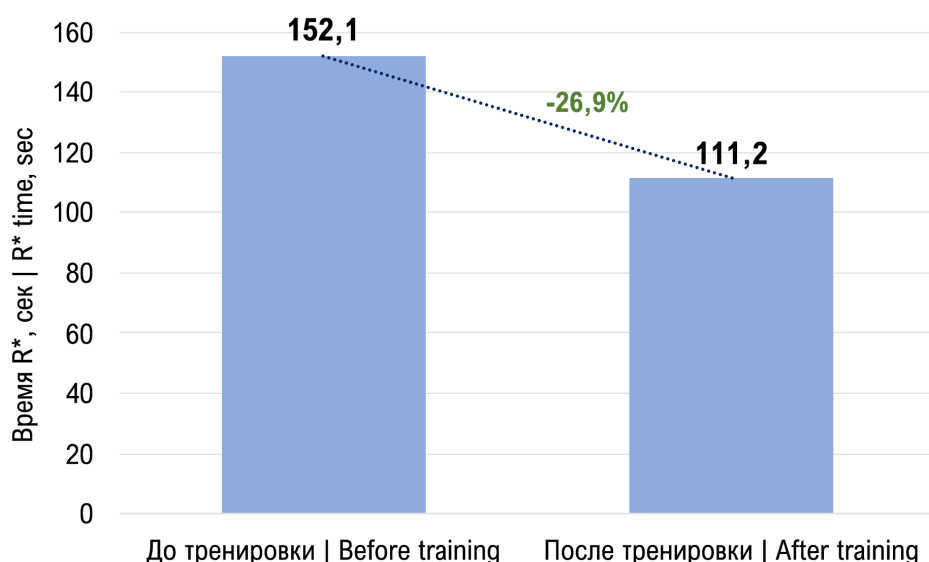


Рисунок 5. Оценка времени рентгеноскопии в группе «начинающих» специалистов при обучении на тренажёре УроАТОМ: общее время рентгеноскопии до и после тренировки с анализом изменения времени рентгеноскопии после тренировки (%)

Figure 5. Evaluation of fluoroscopy time in the group of "beginners" specialists during training on the UroATOM simulator: overall fluoroscopy time before and after training and dynamics of fluoroscopy time after training (%).

в группе «начинающих» до тренировки на тренажёре УроАТОМ составило $2,80 \pm 0,91$, после тренировки — $1,40 \pm 0,65$ (рис. 6). Количество попыток пункции после тренировки на тренажёре УроАТОМ в группе «начинающих» уменьшилось на 1,4. При сравнительном анализе нами было установлено статистически значимое уменьшение количества попыток пункции ($p = 0,0002$).

Среднее количество затраченного кон-

траста в группе «начинающих» до тренировки на тренажёре УроАТОМ составило $22,20 \pm 8,91$ мл, после тренировки — $16,80 \pm 6,27$ мл (рис. 7). Количество затраченного контраста после тренировки на тренажёре УроАТОМ в группе «начинающих» уменьшилось на 5,4 мл. При сравнительном анализе нами было установлено статистически значимое уменьшение количества затраченного контраста ($p = 0,0221$).

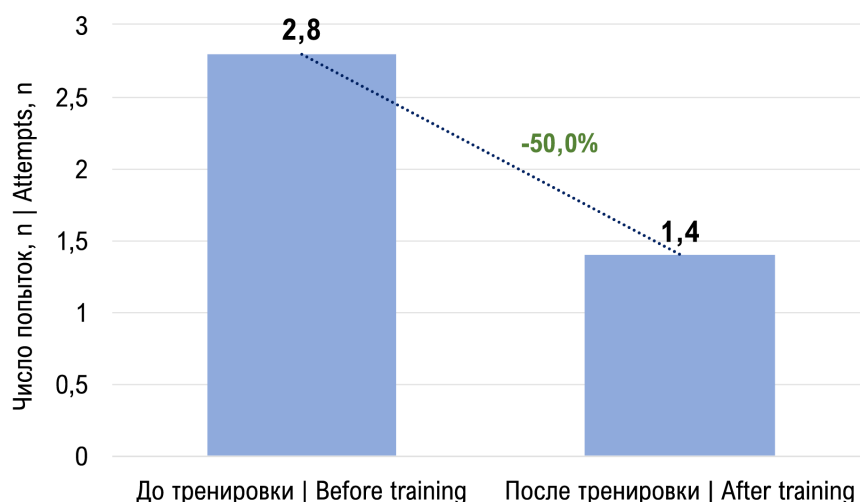


Рисунок 6. Оценка количества попыток пункции в группе «начинающих» специалистов при обучении на тренажёре УроАТОМ: общее количество попыток пункции до и после тренировки с анализом изменения количества попыток пункции после тренировки

Figure 6. Evaluation of the number of puncture attempts in the group of "beginners" specialists during training on the UroATOM simulator: mean number of puncture attempts before and after training and dynamics of mean number of puncture attempts after training (%)

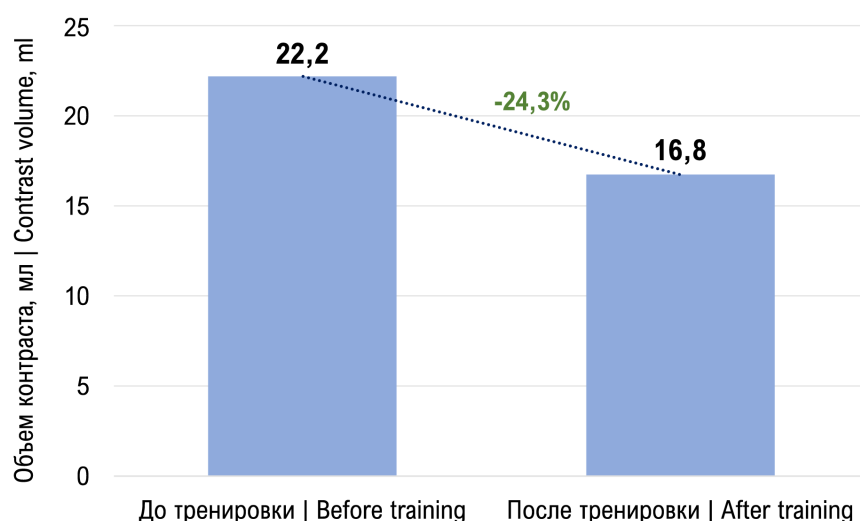


Рисунок 7. Оценка объёма затраченного контраста в группе «начинающих» специалистов при обучении на тренажёре УроАТОМ: общий объём затраченного контраста до и после тренировки с анализом изменения объёма затраченного контраста после тренировки (%)

Figure 7. Evaluation of the contrast volume in the group of "beginners" specialists during training on the UroATOM simulator: total contrast volume before and after training and dynamics of contrast volume after training (%)

Обсуждение

На сегодняшний день в хирургическом лечении мочекаменной болезни предпочтение отдаётся малоинвазивным эндоскопическим методам [8 – 10]. ПНЛ является методом выбора удаления крупных (более 2 см) и коралловидных камней [11, 12]. Однако ПНЛ имеет достаточно крутую кривую обучения: требуется более 120 операций для достижения «экспертного» плато [13]. Основная сложность заключается в при-

обретении навыков пункции ЧЛС почки [14]. Обучение хирургическим навыкам традиционно проходило самостоятельно в рамках модели ученичества до тех пор, пока в 1904 году William Halstead предложил так называемую модель ротационной ординатуры. В этой модели выпускники медицинских вузов проходят обучение в больнице, где им сначала даются простые задачи. По мере развития необходимых навыков учащимся даются задания,

требующие все большей ответственности, кульминацией которых является период почти полной хирургической автономии. Однако основным недостатком этой модели является отсутствие объективности в оценке технических навыков ординатора и обучение непосредственно на пациентах [15]. В настоящее время для улучшения хирургических навыков в тандеме с классической моделью обучения широко используются симуляторы, которые позволяют совершенствовать свои навыки, не ставя под угрозу здоровье и жизнь пациента [16, 17]. Доступными симуляторами являются небиологические модели, модели виртуальной реальности (VR), модели животных и обучение на трупах [18]. Небиологические модели широко распространены из-за своей относительно невысокой стоимости. Модели VR обеспечивают хорошую визуализацию и тактильную обратную связь, но малодоступны из-за дороговизны, связанной с приобретением оборудования и его техническим обслуживанием [19]. Из моделей животных чаще всего используют лабораторных свиней. Это хорошая практика с точки зрения визуализации, тактильной обратной связи и реалистичности, однако она слабо распространена из-за этических соображений и дороговизны, связанной с содержанием животных и их последующей утилизацией [20].

«Идеальный» хирургический симулятор должен позволять проводить практику в безопасной для пациента среде и эффективно переносить изученную хирургическую технику на пациента. В литературе лишь небольшое количество публикаций посвящено сравнительной характеристике симуляторов, в основном это обзорные работы о тренажёрах *in vivo*, биологических и основанных на PC-VR [21]. Это подчёркивает необходимость определения оптимального варианта, подходящего для повсеместного обучения эндоурологов.

В настоящее время в РФ представлены два основных варианта тренажёров-симуляторов для отработки навыка пункции ЧЛС под рентгеноскопическим контролем: отечественный тренажёр УроАТОМ и PERC MentorTM. Мы провели сравнительное исследование основных параметров, а также

оценили полезность тренажёра УроАТОМ среди начинающих специалистов. УроАТОМ имел одинаковую оценку как среди начинающих, так и среди опытных специалистов, что говорит о воспроизводимости исследуемых параметров и его универсальности, тогда как PERC MentorTM по-разному оценивался в исследуемых группах. Также УроАТОМ отличала более низкая стоимость и удобство использования в отличие от PERC MentorTM. Проведённое исследование с тренажёром УроАТОМ среди начинающих специалистов продемонстрировало сокращение времени, затрачиваемого на пункцию, количество попыток пункции и объём контрастного вещества.

Таким образом, практика на тренажёре УроАТОМ позволила бы избежать дополнительных затрат системы здравоохранения, повысить качество оказания медицинской помощи путём уменьшения кривой обучения. Это показывает перспективы тренажёра как образовательного инструмента. Безусловно, необходимо разработать надлежащую утверждённую учебную программу для обучения процедуре и подготовки инструкторов.

У модели УроАТОМ есть ряд определённых, ограничений: отсутствие воспроизведения дыхательных движений и необходимость использования реального рентгеноскопического аппарата. Однако, на наш взгляд, данные ограничения не являются критическими: проблема дыхательных экскурсий решается периодическим апноэ во время операции при необходимости, а использование реального рентгеноскопического аппарата погружает обучаемого в реалистичную операционную среду.

Заключение

Использование тренажёров для освоения навыка пункции под рентгеноскопическим контролем является эффективным способом преодоления кривой обучения без риска для пациента. Отечественный тренажёр УроАТОМ является качественным и наиболее доступным среди имеющихся симуляторов. Необходимо и дальше внедрять обучение на симуляторах в образовательные системы на государственном уровне.

Список литературы | References

1. Alken P. Percutaneous nephrolithotomy - the puncture. BJU Int. 2022;129(1):17-24. DOI: 10.1111/bju.15564
2. Гаджиев Н.К., Обидняк В.М., Горелов Д.С., Малхасян В.А., Акопян Г.Н., Мазуренко Д.А., Харчилава Р.Р., Петров С.Б., Мартов А.Г. Осложнения перкутанной нефролитотрипсии: диагностика и лечение. Урология. 2020;(5):139-149. Gadzhiev N.K., Obidnyak V.M., Gorelov D.S., Malkhasyan V.A., Akopyan G.N., Mazurenko D.A., Kharchilava R.R., Petrov S.B., Martov A.G. Complications after PCNL: diagnosis and management. Urologiia. 2020;(5):139-149. (In Russian) DOI: 10.18565/urology.2020.5.139-148
3. Цзэн Г., Чжун В., Маццон Д., Чун С., Пирл М., Агравал М., Скофоне Ч.М., Фиори К., Гекке М.И., Лам У., Петкова К., Сабунку К., Гаджиев Н.К., Пьетропаоло А., Эмилиани Э., Сарика К. Клинические рекомендации международного альянса мочекаменной болезни по чрескожной нефролитотомии. Вестник урологии. 2022;10(4):179-200. Zeng G., Zhong W., Mazzon G., Choong S., Pearle M., Agrawal M., Scoffone C.M., Fiori C., Gökce M.I., Lam W., Petkova K., Sabuncu K., Gadzhiev N.K., Pietropaolo A., Emiliani E., Sarica K. International alliance of Urolithiasis (IAU) guideline on percutaneous nephrolithotomy. Urology Herald. 2022;10(4):179-200. (In Russian). DOI: 10.21886/2308-6424-2022-10-4-179-200
4. Sampaio FJ. Renal anatomy. Endourologic considerations. Urol Clin North Am. 2000;27(4):585-607, vii. DOI: 10.1016/s0094-0143(05)70109-9
5. Noureldin YA, Andonian S. Simulation for Percutaneous Renal Access: Where Are We? J Endourol. 2017;31(S1):S10-S19. DOI: 10.1089/end.2016.0587
6. Guglielmetti GB, Danilovic A, Torricelli FC, Coelho RF, Mazucchi E, Srougi M. Predicting calyceal access for percutaneous nephrolithotomy with computed tomography multiphase reconstruction. Clinics (Sao Paulo). 2013;68(6):892-5. DOI: 10.6061/clinics/2013(06)27
7. Fernström I, Johansson B. Percutaneous pyelolithotomy. A new extraction technique. Scand J Urol Nephrol. 1976;10(3):257-9. DOI: 10.1080/21681805.1976.11882084
8. Pietropaolo A, Proietti S, Geraghty R, Skolarikos A, Papat-soris A, Liatsikos E, Somani BK. Trends of 'urolithiasis: interventions, simulation, and laser technology' over the last 16 years (2000-2015) as published in the literature (PubMed): a systematic review from European section of Uro-technology (ESUT). World J Urol. 2017;35(11):1651-1658. DOI: 10.1007/s00345-017-2055-z
9. EAU Guidelines. Edn. presented at the EAU Annual Congress Barcelona 2019. ISBN 978-94-92671-04-2.
10. Гулиев Б.Г., Комяков Б.К., Талышинский А.Э., Стецки Е.О., Вердиев Н.Д. Сравнительный анализ результатов стандартной и миниперкутанной нефролитотрипсии при коралловидных камнях. Вестник урологии. 2022;10(2):32-42. Guliev B.G., Komyakov B.K., Talyshinskiy A.E., Stetsik E.O., Verdiev N.D. Comparative analysis of the results of standard and minipercutaneous nephrolithotripsy for staghorn stones. Urology Herald. 2022;10(2):32-42. (In Russian). DOI: 10.21886/2308-6424-2022-10-2-32-42
11. Sadiq AS, Atallah W, Khusid J, Gupta M. The Surgical Technique of Mini Percutaneous Nephrolithotomy. J Endourol. 2021;35(S2):S68-S74. DOI: 10.1089/end.2020.1080
12. Попов С.В., Орлов И.Н., Сытник Д.А., Раджабов Р.М. Ретроградная интратеренальная хирургия при камнях почек более двух сантиметров. Вестник урологии. 2022;10(3):98-105. Popov S.V., Orlov I.N., Sytnik D.A., Radzhabov R.M. Retrograde intrarenal surgery for kidney stones larger than two centimetres. Urology Herald. 2022;10(3):98-105. (In Russian). DOI: 10.21886/2308-6424-2022-10-3-98-105
13. Negrete-Pulido O, Molina-Torres M, Castaño-Tostado E, Loske AM, Gutiérrez-Aceves J. Percutaneous renal access: the learning curve of a simplified approach. J Endourol. 2010;24(3):457-60. DOI: 10.1089/end.2009.0210
14. Saluk J, Ebel J, Rose J, Posid T, Sourial M, Knudsen B. Fellowship training in endourology: Impact on percutaneous nephrolithotomy access patterns. Can Urol Assoc J. 2022;16(2):E76-E81. DOI: 10.5489/cuaj.7339
15. Bridges M, Diamond DL. The financial impact of teaching surgical residents in the operating room. Am J Surg. 1999;177(1):28-32. DOI: 10.1016/s0002-9610(98)00289-x
16. Reznick RK, MacRae H. Teaching surgical skills--changes in the wind. N Engl J Med. 2006;355(25):2664-9. DOI: 10.1056/NEJMra054785
17. 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 интратеренальной пиелоскопии. Вестник урологии. 2023;11(1):100-107. Talyshinskiy A.E., Guliev B.G., Mishvelov A.E., Agagyulov M.U., Andriyanov A.A. Virtual reality simulator for developing spatial skills during retrograde intrarenal pyeloscopy. Urology Herald. 2023;11(1):100-107. (In Russian). DOI: 10.21886/2308-6424-2023-11-1-100-107
18. Bozzini G, Maltagliati M, Berti L, Vismara R, Sanguedolce F, Crisci A, Fiore GB, Redaelli A, Pastore AL, Gozen A, Breda A, Scoffone C, Ahmed K, Mueller A, Gidaro S, Liatsikos E. Development and Validation of a Novel Skills Training Model for PCNL, an ESUT project. Acta Biomed. 2022;93(4):e2022254. DOI: 10.23750/abm.v93i4.11821
19. Aydın A, Baig U, Al-Jabir A, Sarica K, Dasgupta P, Ahmed K. Simulation-Based Training Models for Urolithiasis: A Systematic Review. J Endourol. 2021;35(7):1098-1117. DOI: 10.1089/end.2020.0408
20. Kyriazis I, Kallidonis P, Kyrkopoulou E, Spinos T, Liatsikos E. Hands on wet lab and live surgery training in PCNL: Any impact to surgical skills of attending surgeons? Arch Ital Urol Androl. 2022;94(3):300-304. DOI: 10.4081/aiua.2022.3.300
21. Favorito LA, Logsdon NT. Editorial Comment: Validity of a patient-specific percutaneous nephrolithotomy (PCNL) simulated surgical rehearsal platform: impact on patient and surgical outcomes. Int Braz J Urol. 2022;48(4):724-725. DOI: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2022.04.03

Сведения об авторах

Нариман Казиханович Гаджиев — д-р мед. наук; заместитель директора по медицинской части (урология) Клиники высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова ФГБОУ ВО СПбГУ

Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-6255-0193>

nariman.gadjiev@gmail.com

Дмитрий Сергеевич Горелов — врач-уролог отделения дистанционной литотрипсии и эндовидеохирургии НИЦ урологии ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России

Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-7592-8167>

dsgorelov@mail.ru

Александра Андреевна Мищенко — врач-уролог отделения дистанционной литотрипсии и эндовидеохирургии НИЦ урологии ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России

Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-7939-4062>

amischenko995@gmail.com

Владислав Павлович Бритов — д-р тех. наук, профессор; заведующий кафедрой оборудования и робототехники переработки пластмасс ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет)»

Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-5633-9164>

deaf14@rambler.ru

Реваз Ревазович Харчилава — канд. мед. наук; директор учебного центра врачебной практики «Praxi Medica» ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет)

Москва, Россия

<https://orcid.org/0009-0001-6149-6041>

dr.revaz@gmail.com

Сергей Борисович Петров — д-р мед. наук, профессор; руководитель НИЦ урологии ФГБОУ ВО ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова Минздрава России

Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-3460-3427>

petrov-uro@yandex.ru

Эльдар Фаридович Шарафутдинов — ассистент кафедры урологии ФГБОУ ВО СПбГПМУ Минздрава России

Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0009-0005-3949-5674>

sharafel@gmail.com

Дмитрий Дмитриевич Шкарупа — д-р мед. наук; директор Клиники высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова ФГБОУ ВО СПбГУ

Санкт-Петербург, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-0489-3451>

shkarupa.dmitry@mail.ru

Information about the authors

Nariman K. Gadzhiev — M.D., Dr.Sc.(Med); Deputy CEO for Medical Care Organization, Pirogov Clinic of Advanced Medical Technologies (SPSU Hospital), St. Petersburg State University

St. Petersburg, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-6255-0193>

nariman.gadjiev@gmail.com

Dmitry S. Gorelov — M.D.; Urologist, ESWL and Endovideosurgery Division, Research Center of Urology, Pavlov First State Medical University of St. Petersburg

St. Petersburg, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-7592-8167>

dsgorelov@mail.ru

Alexandra A. Mishchenko — M.D.; Urologist, ESWL and Endovideosurgery Division, Research Center of Urology, Pavlov First State Medical University of St. Petersburg

St. Petersburg, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0001-7939-4062>

amischenko995@gmail.com

Vladislav P. Britov — Dr.Sc. (Engineering), Full Prof., Head, Dept. of Equipment and Technology of Plastics Processing, St. Petersburg State Institute of Technology (Technical University)

St. Petersburg, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-5633-9164>

deaf14@rambler.ru

Revaz R. Kharchilava — M.D., Cand.Sc.(Med), Director, "Praxi Medica" Medical Practice Training Center, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0009-0001-6149-6041>

dr.revaz@gmail.com

Sergey B. Petrov — M.D., Dr.Sc.(Med); Full Prof.; Head, Research Center of Urology, Pavlov First State Medical University of St. Petersburg

St. Petersburg, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-3460-3427>

petrov-uro@yandex.ru

Eldar F. Sharafutdinov — M.D.; Assist.Prof., Dept. of Urology, St. Petersburg State Pediatric Medical University

St. Petersburg, Russian Federation

<https://orcid.org/0009-0005-3949-5674>

sharafel@gmail.com

Dmitry D. Shkarupa — M.D., Dr.Sc.(Med); Director, Pirogov Clinic of Advanced Medical Technologies (SPSU Hospital), St. Petersburg State University

St. Petersburg, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-0489-3451>

shkarupa.dmitry@mail.ru