

<https://doi.org/10.29188/2222-8543-2023-16-1-30-34>

Возможности создания пункционной насадки для конвексного УЗ-датчика с использованием технологии 3D-печати

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Н.К. Гаджиев¹, И.А. Горгоцкий¹, А.А. Алоян¹, Н.В. Пивень¹, А.А. Шкарупа², В.П. Бритов³, А.Г. Мартов^{4,5}, А.Д. Петров¹, Д.Д. Шкарупа¹

¹ Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; д. 154, наб. реки Фонтанки, Санкт-Петербург, 190005, Россия

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; д. 13, Университетская наб., Санкт-Петербург, 199034, Россия

³ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский технологический институт (технический университет)»; д. 26, Московский пр-т, Санкт-Петербург, 190013, Россия

⁴ ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России; д. 23, ул. Маршала Новикова, Москва, 123098, Россия

⁵ Медицинский научно-образовательный центр МГУ имени М.В. Ломоносова; д. 1, Ленинские Горы, Москва, 119991, Россия

Контакт: Алоян Арам Ашотович, dr.aramaloyan@gmail.com

Аннотация:

Введение. Перкутанная хирургия является одним из методов оперативного лечения камней почек. Наиболее сложным этапом операции является создание чрескожного доступа в чашечно-лоханочную систему почки. Для облегчения доступа под ультразвуковым контролем принято использовать пункционную насадку с направляющей для иглы, которая фиксируется к датчику. С учетом санкций стран-производителей оборудования российские специалисты потенциально могут оказаться в условиях дефицита комплектующих и, в частности, пункционных насадок для ультразвуковых датчиков (УЗ-датчиков). В связи с этим было принято решение о разработке возможности печати пункционной насадки для УЗ-датчика с использованием технологии 3D-печати.

Материалы и методы. С помощью ручного лазерного 3D-сканера была отсканирована металлическая биопсийная насадка для конвексного УЗ-датчика, внесены необходимые изменения для использования и создана пункционная направляющая из пластика при помощи 3D-печати.

Результаты. Игла при проведении в пазы с предустановленными углами напечатанной направляющей точно идет в соответствие пунктирной направляющей на мониторе УЗ-аппарата, аналогично оригинальной насадке.

Заключение. Использование 3D-печати в условиях отсутствия определенных комплектующих, в частности, пункционной насадки на УЗ-датчик, позволяет в кратчайшие сроки получить рабочий образец, не уступающий оригиналу.

Ключевые слова: мочекаменная болезнь; нефролитиаз; перкутанная нефролитотомия; 3D-печать; пункционная насадка.

Для цитирования: Гаджиев Н.К., Горгоцкий И.А., Алоян А.А., Пивень Н.В., Шкарупа А.А., Бритов В.П., Мартов А.Г., Петров А.Д., Шкарупа Д.Д. Возможности создания пункционной насадки для конвексного УЗ-датчика с использованием технологии 3D-печати. Экспериментальная и клиническая урология 2023;16(1):30-34; <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2023-16-1-30-34>

<https://doi.org/10.29188/2222-8543-2023-16-1-30-34>

3D-printing technology in creation of a needle guide for a convex ultrasound probe

EXPERIMENTAL STUDY

N.K. Gadzhiev¹, I.A. Gorgotsky¹, A.A. Aloyan¹, N.V. Piven¹, A.A. Skarupa¹, V.P. Britov³, A.G. Martov^{4,5}, A.D. Petrov¹, D.D. Skarupa¹

¹ N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, Saint-Petersburg State University, Fontanka Embankment, 154, Saint-Petersburg, 190005, Russia

² Saint-Petersburg State University, 13, Universitetskaya emb., St. Petersburg, 199034, Russia

³ Saint-Petersburg State Institute of Technology; 26, Moskovsky Ave, St. Petersburg, 190013, Russia

⁴ Biomedical University of Innovation and continuing education A. I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center

⁵ Lomonosov Moscow State University Medical Research and Educational Center; 23, st. Marshal Novikov, Moscow, 123098, Russia

Contacts: Aram A. Aloyan, dr.aramaloyan@gmail.com

Summary:

Introduction. Percutaneous surgery is one of the methods of surgical treatment of renal stones. The most difficult stage of the operation is the creation of percutaneous access to the pyelocaliceal system of the kidney. To facilitate access under ultrasound (US) guidance, it is customary to use a needle guide which is fixed to the US-probe. Taking into account the sanctions of the equipment manufacturing countries, Russian specialists may potentially find themselves in conditions of a shortage of components and particularly needle guide for ultrasound probes. In this regard, it was decided to develop the possibility of printing a needle guide for an ultrasound probe using 3D-printing technology.

Materials and methods. Using a handheld 3D laser scanner, a metal needle guide for the convex ultrasound probe was scanned, the necessary changes were made for use, and a plastic needle guide was created using 3D printing.

Results. The needle, when passed into the grooves with preset angles of the printed needle guide, exactly matches the dotted aim on the monitor of the ultrasound machine, similar to the original probe.

Conclusion. The use of 3D-printing in the absence of certain components, in particular, a needle guide for an ultrasound probe, allows to quickly obtain a working sample that is not inferior to the original one.

Key words: urinary stone disease; urolithiasis; percutaneous nephrolithotomy; 3D-printing; needle guide.

For citation: Gadzhiev N.K., Gorgotsky I.A., Aloyan A.A., Piven N.V., Skarupa A.A., Britov V.P., Martov A.G., Petrov A.D., Skarupa D.D. 3D-printing technology in creation of a needle guide for a convex ultrasound probe. Experimental and Clinical Urology 2023;16(1):30-34; <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2023-16-1-30-34>

ВВЕДЕНИЕ

Перкутанная хирургия является удаления крупных камней почек (> 2 см), а также одной из опций при камнях среднего размера (от 1 до 2 см) [1]. Несмотря на внедрение данной операции в клиническую практику I. Fernstrom и В. Johansson в 1976 году, метод не теряет интереса со стороны клиницистов и по-прежнему остается одним из самых непростых для освоения [3, 4]. Наиболее сложным этапом операции является создание чрескожного доступа в чашечно-лоханочную систему почки [5]. На сегодняшний день пункции выполняются с использованием одного из трех основных методов контроля: ультразвуковой (УЗ), рентгеноскопический и эндовидеохирургический [6-8]. Преимуществами УЗ-метода является отсутствие лучевой нагрузки для пациента и медицинского персонала, более короткое время доступа, меньшая кровопотеря, более низкая частота интраоперационных осложнений и переливаний крови, а также выше stone-free rate (SFR) [8-10]. Для облегчения доступа под УЗ-контролем принято использовать пункционную насадку с направляющей для иглы, которая фиксируется к датчику, имеет предустановленный угол и препятствует отклонению иглы во время пункции [9]. Пункционные насадки для УЗ-датчиков существуют двух видов: одноразовые (пластиковые) и многоразовые (металлические). Первые сравнительно недорогие (~ 1500-3000 рублей) и в основном применяются при выполнении биопсии предстательной железы и при небольшом потоке пациентов их использование экономически выгоднее по сравнению с многоразовыми образцами, которые дороже в производстве. Средняя стоимость многоразовой пункционной насадки в среднем для УЗ-аппаратов экспертного класса (ВК, Philips и др.) стоят около 150-200 тыс. рублей.

С учетом санкций стран-производителей оборудования российские специалисты потенциально могут оказаться в условиях дефицита комплектующих и, в частности, пункционных насадок для УЗ-датчиков. В связи с этим было принято решение о проверке возможности печати пункционной насадки для УЗ-датчика с использованием технологии 3D-печати.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С помощью ручного лазерного 3D-сканера Scanform L5 (рис. 1) отсканирована металлическая биопсийная насадка для датчика 4-C353 УЗ-аппарата SonoScape (SonoScape Co., Ltd., Китай). Данное устройство позволяет отсканировать мельчайшие детали с погрешностью до 0,04 мм. 3D модель направляющей внесена в программу Scanform (Scanform, Россия) и произведены необходимые изменения для практического использования в медицинских целях. Сканирование металлической насадки и раз-

работка 3D-модели заняла 60 минут, в последующие сутки вносились необходимые коррективы.



Рис. 1. 3D-сканер Scanform L5
Fig. 1. 3D scanner Scanform L5

Процесс SLS (selective laser sintering – селективное лазерное спекание) 3D-печати заключается в спекании порошка лазерным пучком. SLS подразумевает послойное спекание порошкообразного материала для получения изделия по заданной CAD-модели (computer-aided design – система автоматизированного проектирования). Спекание частиц порошка происходит за счет воздействия лазерного луча. Перед началом печати порошкообразный материал разогревается так, чтобы его температура не превышала температуру плавления материала. Построение объекта происходит послойно, снизу вверх. Порошок подается в камеру построения, где лазерный луч спекает слой изделия согласно заданной цифровой модели. После спекания в камеру подается следующая порция порошка для образования нового слоя. Во время конструирования платформа принтера плавно опускается вниз строго по толщине печатного слоя [11].

При печати 3D-модели использовались программы «Materialise Magics» (Materialise, Бельгия) и «Rhino» (Robert McNeel & Associates, США). Печать произведена с помощью промышленного 3D-принтера EOS Formiga P700 (EOS GmbH, Германия), одним из преимуществ которого является камера построения 70 см x 38 см x 58 см (рис. 2), позволяющая производить изделия вплоть до 70 см. ■



Рис. 2. 3D-принтер EOS Formiga P700
Fig. 2. EOS Formiga P700 3D printer

Материалом для изготовления биопсийной насадки для УЗ-датчика являлся полиамид, в химический состав которого входят два полимера – PA11 и PA12 с температурой плавления 201°C и 171°C соответственно. По прочности максимальная нагрузка на разрыв 480 кг/см² [12]. Подобные свойства позволяют выполнять стерилизацию инструментария без нарушений свойств поли-

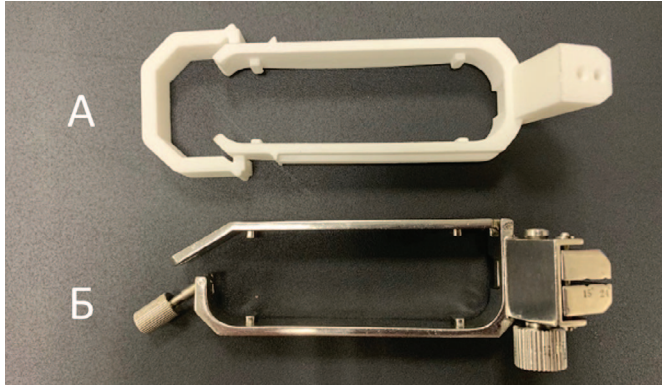


Рис. 3. А – распечатанная при помощи 3D-печати пункционная насадка
Б – оригинальная металлическая пункционная насадка для датчика 4-С353 УЗ-аппарата Sonoscape
Fig. 3. А – 3D-printed needle guide; Б – the original metal puncture cap for the 4-С353 transducer of the Sonoscape ultrasound machine

меров. Опытным путем установлено, что изготовленная с помощью 3D-печати насадка может быть стерилизована в автоклаве при различных режимах: при температуре 121°C в течение 20 минут, при температуре 126°C в течение 10 минут или при температуре 134°C в течение 5 минут. Подобные режимы стерилизации не приводят к какой-либо деформации или нарушению функциональности. На рисунке 3 представлены общий вид напечатанной на 3D-принтере пункционной насадки и оригинальная пункционная насадка.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для оценки качества изготовленной пункционной насадки последняя установлена на датчик 4-С353 УЗ-аппарата Sonoscape и апробирована на тренажере для ультразвуковой пункции УРОСОН (ГЭОТАР-Мед, Россия) [13]. Насадка плотно и надежно фиксируется на датчик. Игла при проведении в пазы с предустановленными углами точно идет в соответствие пунктирной направляющей на мониторе УЗ-аппарата, аналогично оригинальной насадке (рис. 4).

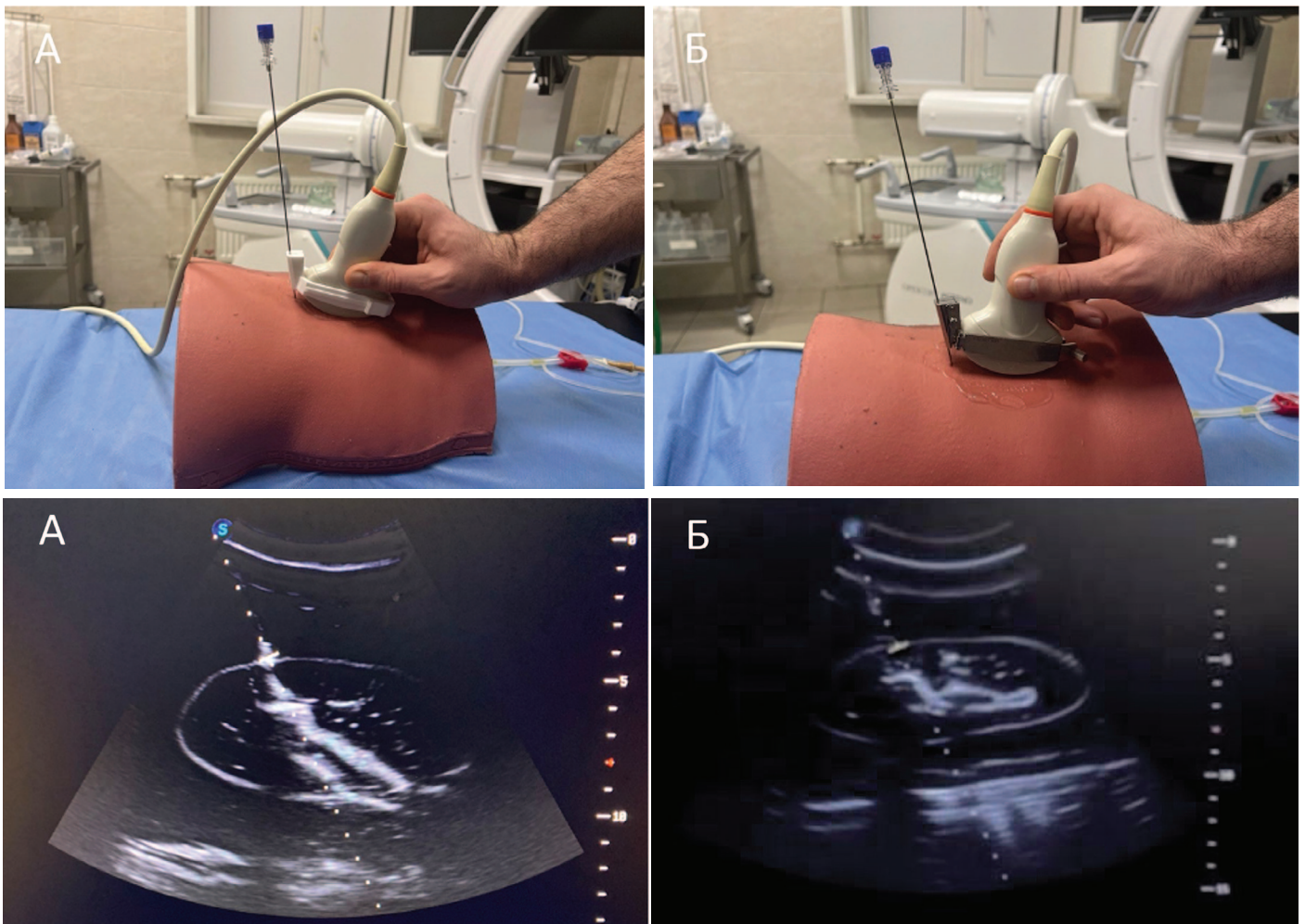


Рис. 4. А – Внешний вид распечатанной пункционной насадки на датчике и движение иглы в тренажере УРОСОН, строго соответствующее направляющей на мониторе;
Б – Внешний вид оригинальной пункционной насадки на датчике и движение иглы, в тренажере УРОСОН, строго соответствующее направляющей на мониторе
Fig. 4. А - Appearance of the printed needle guide on the sensor and the movement of the needle in the UROSON simulator, strictly corresponding to the guide on the monitor;
Б – Appearance of the original needle guide on the sensor and the movement of the needle in the UROSON simulator, strictly corresponding to the guide on the monitor

Несмотря на надежность металлической направляющей, данный компонент все же имеет ограниченный ресурс использования. Множество шарнирных сочленений, пружинные механизмы, поверхности с резьбой могут приходиться в негодность как вследствие коррозии, так и «усталости металла» после многочисленных циклов стерилизации. Кроме того, суммарная площадь поверхности при этом довольно большая, а сложность рельефа оригинальной конструкции может вызвать технические трудности и снизить эффективность стерилизационной обработки. Возможная поломка пункционной направляющей делает ее непригодной для дальнейшего использования и требует материальных и временных затрат для приобретения новой, так как заказ необходимо делать из-за рубежа. Единоразово разработав 3D-модель соответствующей пункционной насадки, можно создать необходимый запас подобного оборудования, а также оперативно восполнять его при необходимости в минимальные сроки и с низкими материальными затратами. Разумеется, оборудование для создания модели и ее печати довольно дорогостоящее, однако, с учетом прикладного распространения технологии, можно обратиться для этого в стороннюю лабораторию 3D-печати. В медицинском кластере Санкт-Петербургского государственного университета имеется собственное специализированное подразделение, отвечающее за производство целого спектра имплантов, расходного материала для нужд клиник. При привлечении сторонних организаций необходимо составление подробного технического задания с учетом всех необходимых характеристик материала, особенностей стерилизации и использования напечатанного оборудования.

ОБСУЖДЕНИЕ

За последнее десятилетие отмечается экспоненциальный рост научных статей о значимости 3D-печати в медицине [14]. Потенциальные возможности для использования данной технологии очень широкие [15]. Трехмерное моделирование используется в перкутанной нефролитотрипсии (ПНЛ), резекции почки, трансплантации почки, лапароскопической пиелопластике, имплантации радиоактивных зерен-имплантатов в предстательную железу и во многих других областях урологии и не только [14]. G. Keуи и соавт. использовали 3D-печать для создания пластины со специальным пункционным каналом, основанную на послойных снимках КТ-урографии пациента, что обеспечивало персонализированный подход к выполнению чрескожной нефролитотрипсии под рентгеноконтролем, уменьшая тем самым риски развития осложнений [16]. С помощью 3D-печати также создаются модели почки с конкрементами для выбора оптимального хирургического доступа [17].

Также 3D-печать можно использовать для создания медицинских и биологических изделий, представ-

ляющих особый интерес. 3D-технология широко применяется в различных областях медицины: от культивирования клеток для тканевой инженерии до создания имплантов и протезов, используемые в стоматологии, челюстно-лицевой хирургии и ортопедии [18, 19].

Нами впервые описан процесс 3D-печати комплектующей детали, а именно пункционной насадки, которая в десятки раз дешевле оригинала, не уступает в прочности, поддается автоклавированию без потерь качества, а, самое главное, отличается доступностью. Разработка насадки занимает 2 дня: 1 день для создания 3D-модели и 1 день для последовательной распечатки и последующей доводки до требуемых показателей трех образцов и испытания на сертифицированных макетах для пункции под УЗ-контролем. В общем стоимость изготовления составила 12 тысяч рублей. Если учитывать, что имеется необходимая 3D-модель, то процесс производства насадки составит порядка 2 тысяч рублей.

Важно отметить, что легитимное клиническое использование изделий медицинского назначения возможно только после обязательной государственной сертификации, регулируемой Постановлением Правительства РФ от 23.12.2021 № 2425 «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подлежащей декларированию соответствия, внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 N 2467 и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации».

При 3D-печати используются, как правило, перерабатываемые и доступные материалы, что сильно удешевляет производство. Единственным экономическим порогом для трехмерной печати является покупка 3D-принтера, цена которого зависит от выбора аппарата для печати. Однако из-за низкой стоимости материалов и отсутствия затрат на сам процесс печати, 3D-принтер быстро себя окупает. Более того нет необходимости покупать принтер, можно воспользоваться услугами центров, которые уже ими оснащены. Стоит также отметить отсутствие образования токсинов в процессе производства (экологичное производство) и высокую скорость печати, которая сильно опережает темпы производства заводских образцов. Также при наличии доступа к процессу разработки, становится проще внедрять изменения, улучшающие качество изделия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование 3D-печати в условиях отсутствия определенных комплектующих, в частности, пункционной насадки на ультразвуковой датчик, позволяет в кратчайшие сроки получить рабочий образец, не уступающий оригиналу. ■

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Türk C, Petřík A, Sarica K, Seitz C, Skolarikos A, Straub M, et al. EAU Guidelines on interventional treatment for urolithiasis. *Eur Urol* 2016;69(3):475–82.
2. Zheng C, Xiong B, Wang H, Luo J, Zhang C, Wei W, et al. Retrograde intrarenal surgery versus percutaneous nephrolithotomy for treatment of renal stones >2 cm: a meta-analysis. *Urol Int* 2014;93(4):417–24.
3. Fernstrom I, Johansson B. Percutaneous pyelolithotomy. A new extraction technique. *Scand J Urol Nephrol* 1976;10(3):257–9.
4. Schilling D, Gakis G, Walcher U, Stenzl A, Nagele U. The learning curve in minimally invasive percutaneous nephrolitholapaxy: a 1-year retrospective evaluation of a novice and an expert. *World J Urol* 2011;29(6):749–53.
5. Rassweiler-Seyfried MC, Lima E, Ritter M, Klein JT, Michel MS. Navigation systems for the percutaneous access to the kidney. *Urologe A* 2020;59(9):1017–25.
6. Ibrahim A, Wollin D, Preminger G, Andonian S. Technique of Percutaneous Nephrolithotomy. *J Endourol* 2018;32(S1):S17–27
7. Corrales M, Doizi S, Barghouthi Y, Kamkour H, Somani B, Traxer O. Ultrasound or fluoroscopy for percutaneous nephrolithotomy access, Is There Really a Difference? A Review of Literature. *J Endourol* 2021;35(3):241–8.
8. Zhu W, Li J, Yuan J, Liu Y, Wan SP, Liu G, et al. A prospective and randomised trial comparing fluoroscopic, total ultrasonographic, and combined guidance for renal access in mini-percutaneous nephrolithotomy. *BJU Int* 2017;119(4):612–8.
9. El-Shaer W, kandeel W, Abdel-Lateef S, Torky A, Elshaer A. Complete ultrasound-guided percutaneous nephrolithotomy in prone and supine positions: a randomized controlled study. *Urology* 2019;(128):31–7.
10. Wang K, Zhang P, Xu X, Fan M. Ultrasonographic versus fluoroscopic access for percutaneous nephrolithotomy: a meta-analysis. *Urol Int* 2015;95(1):15–25.
11. Mazzoli A. Selective laser sintering in biomedical engineering. *Medical & Biological Engineering & Computing* 2012;51(3):245–56.
12. Material Data Center. [Electronic resource]. URL: <https://eos.materialdatacenter.com>. (Accessed 18 December 2022)
13. Гаджиев Н.К., Мищенко А.А., Бритов В.П., Хренов А.М., Горелов Д.С., Обидняк В.М. и соавт. Создание модели тренажёра для отработки навыка пункции полостной системы почки под ультразвуковым контролем. *Вестник урологии* 2021;9(1):22–31. [Gadzhev N.K., Mishchenko A.A., Britov V.P., Khrenov A.M., Gorelov D.S., Obidnyak V.M., et al. Creation of a training simulator model for practising puncture of the kidney calyceal system under ultrasound control. *Vestnik Urologii = Urology Herald* 2021;9(1):22–31. (In Russian)]. <https://doi.org/10.21886/2308-6424-2021-9-1-22-31>.
14. Smith B, Dasgupta P. 3D printing technology and its role in urological training. *World J Urol* 2020;38(10):2385–91.
15. Xu K, Han Y, Huang Y, Wei P, Yin J, Jiang J. The application of 3D bioprinting in urological diseases. *Mater Today Bio* 2022;16.
16. Keyu G, Shuaishuai L, Raj A, Shuofeng L, Shuai L, Yuan Z, et al. A 3D printing personalized percutaneous puncture guide access plate for percutaneous nephrolithotomy: a pilot study. *BMC Urol* 2021;21(1).
17. Xu Y, Yuan Y, Cai Y, Li X, Wan S, Xu G. Use 3D printing technology to enhance stone free rate in single tract percutaneous nephrolithotomy for the treatment of staghorn stones. *Urolithiasis* 2020;48(6):509–16.
18. Zhu W, Ma X, Gou M, Mei D, Zhang K, Chen S. 3D printing of functional biomaterials for tissue engineering. *Curr Opin Biotechnol* 2016;(40):103–12.
19. Tack P, Victor J, Gemmel P, Annemans L. 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review. *Biomed Eng Online* 2016;15(1).

Сведения об авторах:

Гаджиев Н.К. – д.м.н., заместитель директора по медицинской части (урология), врач-уролог, Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; Санкт-Петербург, Россия; RINЦ Author ID 819314; <https://orcid.org/0000-0002-6255-019>

Горгоцкий И.А. – к.м.н., врач-уролог, Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; Санкт-Петербург, Россия; RINЦ Author ID 1141685; <https://orcid.org/0000-0002-8514-5510>

Алоян А.А. – клинический ординатор по специальности «Урология», Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; Санкт-Петербург, Россия; RINЦ Author ID 1175552; <https://orcid.org/0000-0002-6273-4224>

Пивень Н.В. – клинический ординатор по специальности «Урология», Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; Санкт-Петербург, Россия; RINЦ Author ID 1101000; <https://orcid.org/0000-0002-2609-8689>

Шкарупа А.А. – студент по специальности «Лечебное дело» медицинского факультета ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; Санкт-Петербург, Россия

Бритов В.П. – д.т.н., профессор, зав. каф. оборудования и робототехники переработки пластмасс, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский технологический институт (технический университет)»; Санкт-Петербург, Россия; RINЦ Author ID 280319; <https://orcid.org/0000-0002-5633-9164>

Мартов А.Г. – д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой урологии и андрологии, Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования ФГБУ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Медицинский научно-образовательный центр МГУ имени М.В. Ломоносова; Москва, Россия; RINЦ Author ID 788667

Петров А.Д. – врач-уролог, Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; Санкт-Петербург, Россия

Шкарупа Д.Д. – д.м.н., директор Клиники, врач-уролог, Клиника высоких медицинских технологий им. Н.И. Пирогова ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»; Санкт-Петербург, Россия; RINЦ Author ID 560256

Вклад авторов:

Гаджиев Н.К. – разработка концепции и дизайна исследования, проведение исследования, редактирование текста, утверждение окончательного варианта, 20%
 Горгоцкий И.А. – проведение исследования, редактирование текста, утверждение окончательного варианта, 10%
 Алоян А.А. – проведение исследования, сбор и подготовка материала, редактирование текста, 10%
 Пивень Н.В. – проведение исследования, сбор и подготовка материала, 10%
 Шкарупа А.А. – сбор и подготовка материала, 10%
 Бритов В.П. – создание программного обеспечения, 10%
 Мартов А.Г. – редактирование текста, утверждение окончательного варианта, 15%
 Шкарупа Д.Д. – редактирование текста, утверждение окончательного варианта, 15%

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование проведено без финансовой поддержки.

Статья поступила: 21.12.22

Результаты рецензирования: 16.01.23

Исправления получены: 19.02.23

Принята к публикации: 27.02.23

Information about authors:

Gadzhev N.K. – Dr. Sc., Deputy Director for Medical Affairs (Urology), Urologist, N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, Saint-Petersburg State University; Saint-Petersburg, Russia; RSCI Author ID 819314; <https://orcid.org/0000-0002-6255-0193>

Gorgotsky I.A. – PhD, Urologist, N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, Saint-Petersburg State University; Saint-Petersburg, Russia; RSCI Author ID 1141685; <https://orcid.org/0000-0002-8514-5510>

Aloyan A. A. – urology resident, N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, Saint-Petersburg State University; Saint-Petersburg, Russia; RSCI Author ID 1175552; <https://orcid.org/0000-0002-6273-4224>

Piven N.V. – urology resident, N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, Saint-Petersburg State University; Saint-Petersburg, Russia; RSCI Author ID 1101000; <https://orcid.org/0000-0002-2609-8689>

Skarupa A.A. – student of General Medicine Faculty, Saint-Petersburg State University; Saint-Petersburg, Russia

Britov V.P. – Dr. Sc., Professor, Head of the Department of Equipment and Robotics for Plastics Processing, Saint-Petersburg State Institute of Technology; Saint-Petersburg, Russia; RSCI Author ID 280319; <https://orcid.org/0000-0002-5633-9164>

Martov A.G. – Dr. Sc., Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Urology and Andrology, Biomedical University of Innovation and continuing education A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Lomonosov Moscow State University Medical Research and Educational Center; Moscow, Russia; RSCI Author ID 788667

Petrov A.D. – Urologist, N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, Saint-Petersburg State University; Saint-Petersburg, Russia

Skarupa D.D. – Dr. Sc., Acting Director of N.I. Pirogov Clinic of High Medical Technologies, Saint-Petersburg State University; Saint-Petersburg, Russia; RSCI Author ID 560256

Authors' contributions:

Gadzhev N.K. – research, text editing, approval of the final version, 20%

Gorgotsky I.A. – research, text editing, approval of the final version, 10%

Aloyan A.A. – research, obtaining and preparation of material, text editing, 10%

Piven N.V. – research, obtaining and preparation of material, 10%

Skarupa A.A. – obtaining and preparation of material, 10%

Britov V.P. – software development, 10%

Martov A.G. – text editing, approval of the final version, 15%

Skarupa D.D. – text editing, approval of the final version, 15%

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The article was published without financial support.

Received: 21.12.22

Peer review: 16.01.23

Corrections received: 19.02.23

Accepted for publication: 27.02.23