

Интраоперационное использование КТ-навигации при выполнении перкутанной нефролитолапаксии с применением роботической установки SIEMENS Healthineers' ARTIS pheno

© Александр И. Юнкер¹, Михаил А. Фирсов^{1,2}, Анастасия Е. Герцен², Павел А. Симонов^{1,2}, Евгений А. Безруков^{2,3}, Никита В. Литвинюк^{1,2}

¹ Краевая клиническая больница [Красноярск, Россия]

² Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого [Красноярск, Россия]

³ Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет) [Москва, Россия]

Аннотация

Введение. Перкутанная нефролитолапаксия (ПНЛ) является оптимальным методом в лечении больших или сложных почечных конкрементов. Операционная техника и эндоскопическое оборудование, специализированный инструментарий постоянно развивались с момента появления ПНЛ в 1976 году, повышая показатели успеха со снижением количества осложнений и заболеваемости. В связи со специфичностью и сложностью проведения методики в США только 11% урологов выполняют чрескожную литотрипсию, в России — не более 5%.

Цель исследования. Оценить возможности использования робота-ангиографа для создания пункционного доступа.

Материалы и методы. В Краевой клинической больнице в 2021 году была выполнена первая ПНЛ у пациента с камнем нижней чашечки левой почки с использованием робота-ангиографа SIEMENS Healthineers' ARTIS pheno в гибридной операционной. Данная роботическая установка позволяет выполнять интраоперационное компьютерно-томографическое исследование с последующим построением навигационной карты, с четко отображаемой траекторией, длиной и углом наклона пути иглы с автоматическим позиционированием С-дуги. Результаты. Нами выполнено 30 пункций чашечно-лоханочной системы с использованием роботической ангиографической установки при ПНЛ. Средний возраст пациентов составил $56,6 \pm 19,0$ лет. По данным МСКТ, камень нижней чашки выявлен у 7 пациентов, в 13 случаях — средней чашечки, у 7 больных — верхней, камни лоханки зафиксированы у 3 пациентов. Плотность камней варьировала от 877 HU до 1356 HU. Использование роботической установки ARTIS pheno позволяет выполнить интраоперационное 3D-моделирование для определения наиболее безопасной пункции полостной системы почки с последующим выполнением нефролитолапаксии в независимости от локализации конкремента, сложности анатомии. Кроме этого, КТ-подобное изображение позволяет в ходе операции оценить наличие резидуальных камней и выполнить приём «second look» не в отсроченном порядке. Данная система в отличие от всех существующих видов навигации позволяет интраоперационно оценить эффективность (stone-free rate) оперативного лечения.

Заключение. Внедрение данной системы навигации при выполнении ПНЛ может позволить максимально снизить риски осложнений при формировании пункционного доступа, уменьшить количество повторных вмешательств и минимизировать нежелательные последствия в послеоперационном периоде.

Ключевые слова: нефролитолапаксия; компьютерная томография; мочекаменная болезнь; роботическая установка ARTIS pheno; КТ-навигация

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки. **Конфликт интересов.** Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов. **Этическое заявление.** Исследование выполнено в соответствии с положениями Хельсинкской декларации (Форталеа, Бразилия, октябрь 2013 года). **Этическое одобрение.** Исследование одобрено Локальным независимым этическим комитетом КГБУЗ «Красноярская клиническая больница» (Протокол № 193/4 от 27.04.2023 года). **Информированное согласие.** Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании и обработку персональных данных. **Вклад авторов:** Все авторы внесли эквивалентный вклад в разработку / проведение исследования и создание рукописи.

✉ **Корреспондирующий автор:** Александр Иосифович Юнкер; junkeralex82@gmail.com

Поступила в редакцию: 28.12.2022. **Принята к публикации:** 16.05.2023. **Опубликована:** 26.06.2023.

Для цитирования: Юнкер А.И., Фирсов М.А., Герцен А.Е., Симонов П.А., Безруков Е.А., Литвинюк Н.В. Интраоперационное использование КТ навигации при выполнении нефролитолапаксии с применением роботической установки SIEMENS Healthineers' ARTIS pheno. *Вестник урологии.* 2023;11(2):215-222. DOI: 10.21886/2308-6424-2023-11-2-215-222.

Intraoperative use of CT-navigation during percutaneous nephrolitholapaxy with the SIEMENS Healthineers' ARTIS pheno robotic system

© Alexander I. Junker¹, Mikhail A. Firsov^{1,2}, Anastasia E. Gerzen², Pavel A. Simonov^{1,2}, Evgenii A. Bezrukov^{2,3}, Nikita V. Litvinyuk^{1,2}

¹ Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital [Krasnoyarsk, Russian Federation].

² Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University [Krasnoyarsk, Russian Federation].

³ Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University) [Moscow, Russian Federation]

Abstract

Introduction. Percutaneous nephrolitholapaxy (PNL) is the optimal method in the treatment of large or complex renal stones. Surgical equipment and endoscopic equipment, and specialised tools have been constantly developing since the advent of PNL in 1976, increasing success rates with a decrease in the number of complications and morbidity. Owing to the specificity and complexity of the technique, only 11% of urologists in the USA perform PNL, while in Russian Federation no more than 5% of specialists realise it.

Objective. To evaluate the possibilities of using a robot-angiograph to create a puncture access.

Materials & methods. In the Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital in 2021, the first PNL was performed in a patient with a left-sided lower calyx stone using the SIEMENS Healthineers' ARTIS pheno robotic angiograph in a hybrid operating room. This robotic installation allows the performing of an intraoperative computed tomography examination followed by the construction of a navigation map with a clearly displayed trajectory, length, and angle of inclination of the needle path with automatic positioning of the C-arm.

Results. We performed 30 pyelocaliceal punctures using a robotic angiographic installation for PNL. The average age of patients was 56.6 ± 19.0 years. According to MSCT, the lower calyx stone was detected in seven patients, the middle calyx — 13 cases, the upper calyx — seven patients, pelvic stones were recorded in three patients. The density of stones varied from 877 HU to 1356 HU. The use of the ARTIS pheno robotic system allows performing intraoperative 3D modelling to determine the safest pyelocaliceal puncture, followed by PNL, regardless of the stone localisation, the complexity of the anatomy. In addition, a CT-like scans allows you to assess the presence of residual stones during the operation and perform a "second look" not in a delayed manner. This system, unlike all existing types of navigation, allows intraoperative evaluation of the effectiveness (stone-free rate) of surgical treatment.

Conclusion. The introduction of this navigation system in PNL will minimise the risks of complications from puncture access, reduce the number of repeated interventions, and minimise undesirable consequences in the postoperative period.

Keywords: percutaneous nephrolitholapaxy; computed tomography; urolithiasis; robotic system ARTIS pheno; computed tomography navigation

Financing. The study was not sponsored. **Conflicts of interest.** The authors declare no conflict of interest. **Ethical statement.** The study was designed according to the prescriptions of the Declaration of Helsinki (revised in Fortaleza, Brazil, October 2013). **Ethical approval.** The study was approved by the Ethics Committee of the Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital (Protocol No. 193/4 dated April 27, 2023). **Informed consent.** All patients signed an informed consent to participate in the study and to process personal data. **Authors' contribution.** All authors contributed equally to the study design development / conduction of research and to draft the manuscript.

✉ **Corresponding author:** Alexander. I. Junker junkeralex82@gmail.com

Received: 12/28/2022. **Accepted:** 05/16/2023. **Published:** 06/26/2023.

For citation: Junker A.I., Firsov M.A., Gerzen A.E., Simonov P.A., Bezrukov E.A., Litvinyuk N.V. Intraoperative use of CT-navigation during percutaneous nephrolitholapaxy with the SIEMENS Healthineers' ARTIS pheno robotic system. *Urology Herald*. 2023;11(2):215-222. (In Russ.). DOI: 10.21886/2308-6424-2023-11-2-215-222.

Введение

Перкутанная нефролитолапаксия (ПНЛ) является «золотым» стандартом в лечении больших или сложных почечных конкрементов [1]. Операционная техника и эндоскопическое оборудование, специализированный инструментарий постоянно развивались с момента появления перку-

танной нефролитолапаксии (ПНЛ) в 1976 году, повышая показатели успеха со снижением количества осложнений и заболеваемости. По данным M.D. Baptistussi, для успешного освоения методики ПНЛ, оперирующему хирургу необходимо провести не менее 60 операций, а профессиональные навыки приобретаются после выполнения

115 вмешательств [2]. В связи со специфичностью и сложностью проведения методики в США только 11% урологов выполняют чрескожную литотрипсию, в России — не более 5%.

Первичный доступ к почке остаётся сложной задачей и связан с высоким риском для пациента. Первым шагом в выполнении ПНЛ является получение доступа к полостной системе почки. Данный этап сопряжён с наибольшим количеством осложнений. Выполнение пункции чашечно-лоханочной системы является основным этапом данной операции независимо от того выполняется ли она с использованием стандартной рентгеноскопии или в сочетании с ультразвуковыми манёврами. Текущая задача чрескожной почечной хирургии заключается в повышении точности пункции с использованием системы анатомической навигации в реальном времени для уменьшения осложнений, связанных с пункцией, и повышения эффективности процедуры.

Ультразвуковая и рентгеноскопическая навигации относятся к стандартным методам визуализации при формировании чрескожного доступа. Однако ни один из этих методов не обеспечивает желаемой безопасности и точности пункции целевой чашечки, особенно у пациентов со сложной анатомической характеристикой [3].

В последние годы было разработано несколько новых методов чрескожного доступа к почке (доступ с помощью iPad («Apple Computer, Inc.», Cupertino, CA, USA) Uro Dyna-CT («Siemens Healthineers Solutions» AG, Erlangen, Germany), эндоскопический в сочетании с ультразвуковым наведением и флюороскопией) [4].

Камера iPad получает изображение от стороны доступа, форматирует его и передаёт через беспроводную локальную сеть серверу устройства управления флюороскопическим столом. Сервер анализирует расположение маркеров относительно iPad и сопоставляет их с позицией видео- и КТ-изображения. Далее сервер создаёт картину дополненной реальности и передаёт информацию на iPad [5].

Остаётся актуальным вопрос выбора, прогнозирования и оценки эффективности рентгенэндоскопических методов лечения, открытого оперативного лечения, дистанционной литотрипсии, а также их

возможных комбинаций у больных с камнями почек. Использование УЗИ и рентгеноскопии не всегда позволяют окончательно определиться в выборе оптимальной тактики. Внедрение в клиническую практику современных методик компьютерной визуализации (мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) с 3D-визуализацией и денситометрией) расширило спектр детализации поражения с периперационной оценкой эффективности применения различных методов лечения пациентов с конкрементами почек. Уникальность метода исследования МСКТ — это объективность, высокая разрешающая способность, возможность создания трёхмерного и виртуального изображения органа, сведения о структурной плотности камня, состоянии окружающих органов и тканей [6]. Особой ценностью в определении плотности и состава камня обладает использование в практике двухэнергетической компьютерной томографии [7].

Проведён поиск в базе данных PubMed, Elibrary, UroWEB использования роботических навигационных систем при мочекаменной болезни. Ключевыми словами для поиска были «методы навигации при ПНЛ», «КТ наведение при ПНЛ», «ПНЛ», «роботические ангиографические системы». Публикаций с использованием робот-ангиографа SIEMENS Healthineers' ARTIS pheno при ПНЛ не было найдено.

Цель исследования. Оценить возможности использования робота-ангиографа для создания пункционного доступа.

Материалы и методы

В 2021 году в Красноярской краевой клинической больнице в условиях гибридной операционной с использованием робота-ангиографа SIEMENS Healthineers' ARTIS pheno («Siemens Healthineers Solutions» AG, Erlangen, Germany) выполнена первая ПНЛ у пациента с камнем нижней чашечки левой почки. Данная роботическая установка даёт возможность проведения интраоперационного КТ исследования с последующим построением навигационной карты, с чётко отображаемой траекторией, длиной и углом наклона пути иглы с автоматическим позиционированием С-дуги в трех проекциях (00, 300, 450). Рекомендуемый размер помещения ≥ 68 м². Установка имеет жёсткое крепление к полу с детектором

30 × 40 см. С-дуга размером 130 см и полезным зазором в 95,5 см, что обеспечивает удобный доступ операционной бригады к пациенту с любой стороны.

Описание методики. В условиях общей анестезии пациент размещён на операционном столе в положение на животе или спине. Ключевым моментом при позиционировании пациента на операционном столе, является его неподвижность на всех этапах планирования трассы, и пункции целевой чашечки. В нашем случае пациент фиксировался при помощи стандартных ремней фиксации туловища, ног и рук. Анестезиологическое оборудование располагалась краниально по отношению к пациенту. При выполнении последующих вмешательств с учётом автоматического смещения С-дуги, приводящего к конфликту с наркозным аппаратом, было выбрано каудальное расположение анестезиологической бригады с использованием удлинённых магистралей и проводников. Предварительно выполняется катетеризация мочеточника. После проведения ретроградной пиелографии выполняется интраоперационное КТ с последующим 3D-моделированием.

На основе полученных данных совместно с интервенционным хирургом выстраивается трёхмерная модель почки, чашечно-лоханочной системы и близле-

жащих органов. Затем отмечается точка пункции на коже и пунктируемой чашечки с последующим моделированием навигационного маршрута доступа. Важным акцентом построения является оценка безопасности траектории хода иглы с выбором наименьшего расстояния до целевой точки в чашечно-лоханочной системе (рис. 1)

Место пункции на коже указывается лазерной меткой по спроецированной модели пункционного доступа в полостную систему почки, при этом виртуальная трасса накладывается на рентгеноскопическое изображение (рис. 2).

Встроенное лазерное перекрестие, проецируемое на кожу, улучшает направление иглы, указывая точку входа, а также угол наклона иглы без дополнительной дозы облучения, чтобы помочь расположить иглу более удобно и точно. Возможность наложения 3D-изображения на рентгеноскопию в реальном времени позволяет контролировать продвижение иглы.

Пункционная игла устанавливается в указанную точку и проецируется хирургом по методике «bull's eye». В режиме цифровой рентгенографии автоматического позиционирования С-дуги пункционная игла проецируется так, чтобы металлический стержень иглы сливался с канюлей в центре мишени (рис. 3).

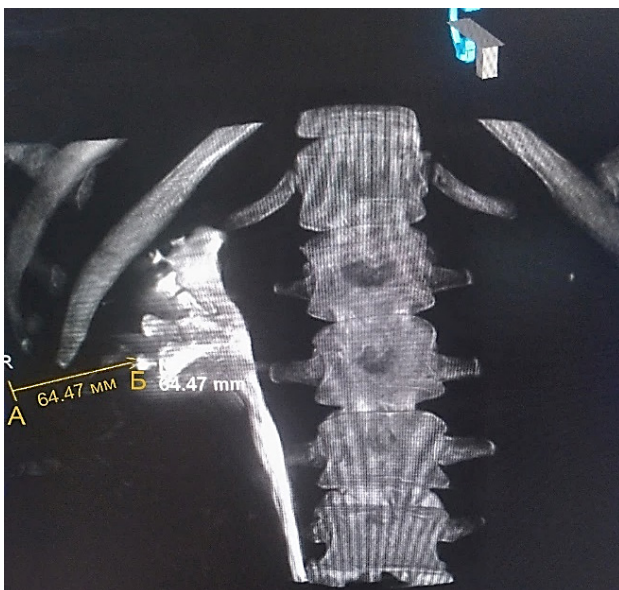


Рисунок 1. Компьютерная томограмма, 3D-реконструкция: оценка безопасности траектории хода иглы

Figure 1. CT 3D-scan: safety assessment of the needle path

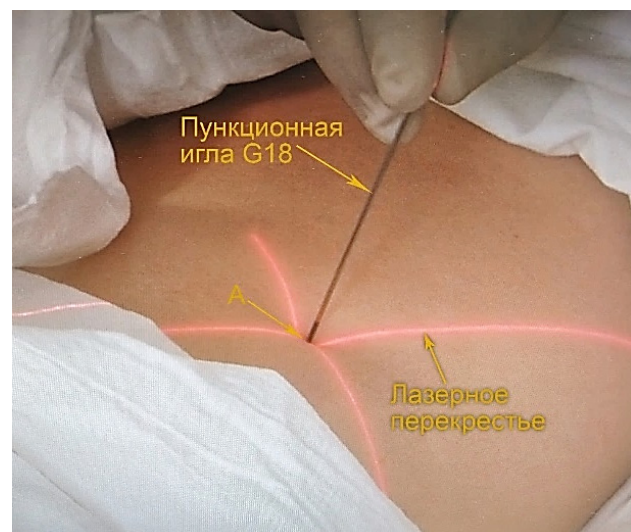


Рисунок 2. Место пункции на коже, указывается лазерной меткой на основании спроецированной модели пункционного доступа в полостную систему почки

Figure 2. Laser-tagged puncture skin site, based on a projected model of puncture access into the pyelocaliceal system

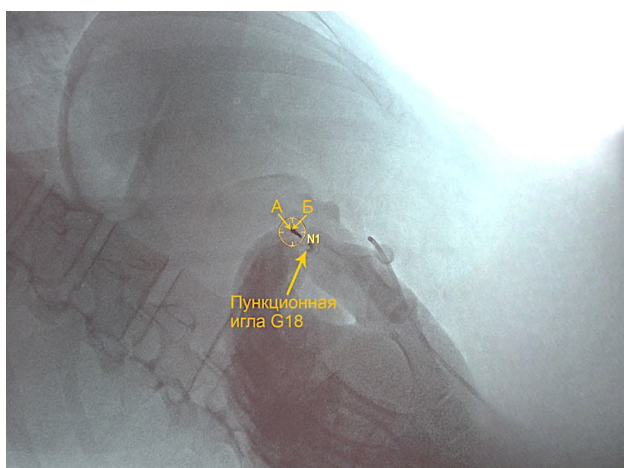


Рисунок 3. Цифровая рентгенограмма: совмещение проекций металлического стержня пункционной иглы и канюли в центре мишени при автоматическом позиционировании С-дуги

Figure 3. Digital radiograph: alignment of projections of the puncture needle metal rod and cannula in the target centre during automatic C-arm positioning

Алгоритм системы автоматически строит 3 взаимно перпендикулярные плоскости контроля прохождения иглы до целевого места чашечно-лоханочной системы. В режиме цифровой рентгеноскопии, автоматического позиционирования С-дуги, пункционная игла проводится до конечной точки спланированного маршрута. Пунктирной линией указан путь проведения иглы. Расстояние между точками пунктира составляет 5 мм. Финальная точка трассы имеет вид «мишени» (рис. 4).

После пункции чашечно-лоханочной системы выполняются стандартные этапы мини-перкутанного вмешательства (нефроскоп с наружным металлическим кожухом 17,5 Ch, литотрипсия посредством использования гольмиевого или тулиевого лазерного литотриптора). Оперативное вмешательство завершается нефростомией, во всех случаях нефростомический дренаж — тип Pig-tail 14 Ch.

Результаты

Нами выполнено 30 пункций чашечно-лоханочной системы с использованием роботической ангиографической установки ARTIS pheno при ПНЛ.

Средний возраст пациентов составил $56,6 \pm 19,0$ лет (17 мужчин, 13 женщин). По данным МСКТ, камень нижней чашки вы-

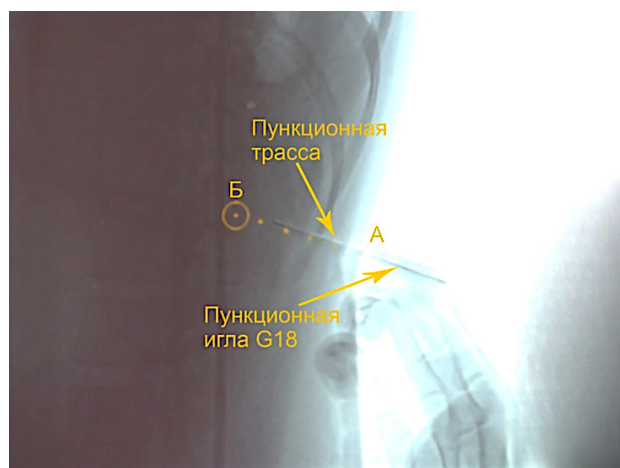


Рисунок 4. Цифровая рентгенограмма: проведение пункционной иглы до конечной точки согласно смоделированной при автоматическом позиционировании С-дуги пункционной трассе (показанной пунктирной линией)

Figure 4. Digital radiograph: guiding the puncture needle to the endpoint according to the modelled puncture route (dotted line) during automatic C-arm positioning

явлен у 7 пациентов (размер конкремента составил $2,3 \pm 0,9$ см), в 13 случаях — средней чашечки (размер — $1,5 \pm 0,9$ см), конкремент верхней чашки диагностирован у 7 больных (размер — $1,6 \pm 0,8$ см). Камни лоханки зафиксированы у 3 пациентов, средний размер камня составил $2,5 \pm 1,2$ см. Плотность камней варьировалась от 877 HU до 1356 HU.

Минимальное пункционное расстояние от кожи до конечной цели составило 5,8 см, максимальное — 7,1 см. Продолжительность операции с учётом навигации не превышала 72 минут, 3D-моделирование и построение конечного маршрута заняло $15,0 \pm 7,0$ минут, время, непосредственно затраченное на пункцию чашечно-лоханочной системы, — $4,4 \pm 1,6$ минут. На этапе внедрения методики в 10 случаях оперативное лечение проведено в положении на животе, в последующем у 20 пациентов операция была проведена в положении на спине. Расположение пациента на спине позволило сократить время позиционирования пациента и оборудования.

Интраоперационно всем пациентам по завершению оперативного вмешательства проведено контрольное КТ. В трёх случаях (10%) выявлены резидуальные камни чашечек размером $0,6 \pm 0,2$ см, в ходе проводимого вмешательства выполнен приём

«second look» и конкременты были удалены. Опираясь на классификацию осложнений ПНЛ (по Clavien-Dindo), осложнений выше Grade 1 не отмечено. Stone-free rate достигнут интраоперационно у всех пациентов с подтверждением в послеоперационном периоде при МСКТ. Последующее использование КТ-навигации расширило возможности данного метода для выполнения ПНЛ у пациентов со сложной анатомией. Двум пациентам с подковообразной почкой, медиальным расположением конкрементов в чашечках, выполнена безопасная пункция полостной системы с выполнением нефролитолапаксии и отсутствием резидуальных конкрементов после операции.

Роботизированный комплекс ARTIS pheno позволяет до операции спланировать максимально безопасный, короткий маршрут и в реальном режиме времени осуществить автоматический контроль проведения пункции.

Основным критерием оценки эффективности перкутанного вмешательства является достижения состояния stone-free rate, который, по нашим данным, с использованием комплекса ARTIS pheno методе составил 100%. Кроме этого, отсутствие осложнений не более Grade 2 по шкале Clavien-Dindo свидетельствует о высокой безопасности проведения вмешательства.

Обсуждение

Использование новых технологии при навигации не только способствуют более безопасному доступу, но также влияет на оценку эффективности ПНЛ.

M. Gokse et al. изучили чувствительность различных диагностических методов при выявлении резидуальных фрагментов у 173 пациентов после ПНЛ. Чувствительность КТ составила 100% независимо от размера камня, обзорной урографии — 85,0%, ультразвуковое исследование — 57,1%, при размере резидуальных камня > 4 мм. В случае < 4 мм рентгеноскопия чувствительна в 70,5% случаев, ультразвуковое исследование — в 52,5% [8].

В исследовании A.M. Harraz et al. были проанализированы результаты обследования 306 пациентов, которым выполнялась ПНЛ. По результатам интраоперационной эндоскопической инспекции отсутствие резидуальных камней (stone-free rate) отмечалось у 236 пациентов. После проведения

в послеоперационном периоде КТ резидуальные камни выявлены в 66 случаях. Чувствительность и специфичность эндоскопической оценки Stone Free Rate составила 22,8% и 55,5% [9]. При использовании гибких инструментов для интраоперационной инспекции чашечно-лоханочной системы stone-free rate может варьироваться от 78,0% до 92,6% [10, 11].

M. Ritter et al. (2015) доложили о 27 доступах с использованием системы с лазерным наведением syngo iGuide (Artis Zee Ceiling; «Siemens Healthineers Solutions» AG, Erlangen, Germany) для Uro Dyna-CT. Успех в удалении всех камней был достигнут в 89% случаев, при этом все пациенты были с технически сложным доступом, который формировался путём определения безопасности УЗ-наведения или возможности травмы кишечника. Серьёзных осложнений зафиксировано не было [12].

F. Vicentini F. et al. (2017) сообщили о первом случае использования Uro Dyna-CT во время одновременной ПНЛ и контралатеральной гибкой уретероскопии в положении на спине [13].

Внедрение в повседневную практику ПНЛ для лечения сложных камней почки требует эволюционно-прогрессивного развития этого метода лечения. Большинство специалистов отмечает, что использование рентгеноскопических, ультразвуковых, эндоскопических методов визуализации при создании доступа к чашечно-лоханочной системе не обеспечивают максимально безопасную пункцию почки, а также не имеют 100% чувствительности при выявлении резидуальных камней. Принимая во внимание, что компьютерная томография является «золотым» стандартом для оценки резидуальных камней, безусловно неоспоримым стремлением врача, выполняющим ПНЛ, является желание после проведённого оперативного вмешательства знать его результаты на завершающем этапе хирургического вмешательства. Использование комплекса ARTIS pheno для ПНЛ позволяет удовлетворить эту потребность и приблизить хирурга к достижению stone-free rate в тех случаях, когда это действительно возможно, поскольку самым неприятным является незапланированный резидуальный конкремент. Кроме этого, возможность дооперационного анализа анатомических структур позволяет

врачу сформировать наиболее безопасный доступ для чрескожного вмешательства при проведении ПНЛ, что существенно снижает риски развития осложнений. Помимо этого, использование вышеописанной методики позволяет провести безопасное моделирование пункционного доступа в полостную систему почки, особенно это актуально при сложной анатомии почки пациента.

Заключение

Использование роботизированного комплекса ARTIS pheno является безопасным

методом для проведения ПНЛ, с расширением возможностей этого оперативного вмешательства. Возможность проведения интраоперационного планирования пункционного доступа позволяет выбрать оптимальный маршрут для выполнения чрескожного вмешательства в полостную систему почки. Помимо этого, возможность получения КТ-подобного изображения во время операции позволяет снизить вероятность резидуальных камней и снизить необходимость выполнения повторных оперативных вмешательств.

Список литературы | References

- Preminger GM, Assimos DG, Lingeman JE, Nakada SY, Pearle MS, Wolf JS Jr; AUA Nephrolithiasis Guideline Panel). Chapter 1: AUA guideline on management of staghorn calculi: diagnosis and treatment recommendations. *J Urol*. 2005;173(6):1991-2000. DOI: 10.1097/01.ju.0000161171.67806.2a
- de la Rosette JJ, Laguna MP, Rassweiler JJ, Conort P. Training in percutaneous nephrolithotomy? A critical review. *Eur Urol*. 2008;54(5):994-1003. DOI: 10.1016/j.eururo.2008.03.052
- Колсанов А.В., Мурушиди М.Ю., Королев Д.Г. Методы навигации доступа к почке при перкутанной нефролитотомии. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия*. 2020;4(3):37-43. Kolsanov AV, Murushidi MYu, Korolev DG. Methods for navigating access to the kidney in percutaneous nephrolitholapaxy. *Russian Journal of Operative Surgery and Clinical Anatomy*. 2020;4(3):37-43. (In Russian). DOI: 10.17116/operhirurg2020403137
- Ritter M, Rassweiler MC, Michel MS. The Uro Dyna-CT Enables Three-dimensional Planned Laser-guided Complex Punctures. *Eur Urol*. 2015;68(5):880-4. DOI: 10.1016/j.eururo.2015.07.005
- Müller M, Rassweiler MC, Klein J, Seitel A, Gondan M, Baumhauer M, Teber D, Rassweiler JJ, Meinzer HP, Maier-Hein L. Mobile augmented reality for computer-assisted percutaneous nephrolithotomy. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2013;8(4):663-75. DOI: 10.1007/s11548-013-0828-4
- Руденко В.И., Перекалина А.Н., Краев И.Г. Клиническое значение КТ-денситометрии в прогнозировании эффективности дистанционной литотрипсии. *Урологические ведомости*. 2016;6(5):90-91. Rudenko V.I., Perekalina A.N., Kraev I.G. Klinicheskoe znachenie KT-densitometrii v prognozirovanii effektivnosti distantsionnoi litotripsii. *Urologicheskie vedomosti*. 2016;6(5):90-91. (In Russian). eLIBRARY ID: 26291178; EDN: WDIOTN
- Зуева Л.Ф., Капсаргин Ф.П., Симонов К.В. Возможность двухэнергетической компьютерной томографии в идентификации уратных мочевых камней. *Медицина и высокие технологии*. 2019;(1):43-48. Zueva L.F., Kapsargin F.P., Simonov K.V. Opportunities of two-energy computer tomography in identification of ural urinal stones. *Medicine and high technology*. 2019;(1):43-48. (In Russian). eLIBRARY ID: 37523712; EDN: GAVTFK
- Gokce MI, Ozden E, Suer E, Gulpinar B, Gulpinar O, Tangal S. Comparison of imaging modalities for detection of residual fragments and prediction of stone related events following percutaneous nephrolithotomy. *Int Braz J Urol*. 2015;41(1):86-90. DOI: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2015.01.12
- Harras AM, Osman Y, El-Nahas AR, Elsayy AA, Fakhreldin I, Mahmoud O, El-Assmy A, Shokeir AA. Residual stones after percutaneous nephrolithotomy: comparison of intraoperative assessment and postoperative non-contrast computerized tomography. *World J Urol*. 2017;35(8):1241-1246. DOI: 10.1007/s00345-016-1990-4
- Pearle MS, Watamull LM, Mullican MA. Sensitivity of non-contrast helical computerized tomography and plain film radiography compared to flexible nephroscopy for detecting residual fragments after percutaneous nephrostolithotomy. *J Urol*. 1999;162(1):23-6. DOI: 10.1097/00005392-199907000-00006
- Portis AJ, Laliberte MA, Drake S, Holtz C, Rosenberg MS, Bretzke CA. Intraoperative fragment detection during percutaneous nephrolithotomy: evaluation of high magnification rotational fluoroscopy combined with aggressive nephroscopy. *J Urol*. 2006;175(1):162-5; discussion 165-6. Erratum in: *J Urol*. 2006;175(3 Pt 1):1176. PMID: 16406897. DOI: 10.1016/S0022-5347(05)00052-2.
- Ritter M, Rassweiler M, Michel MS. The Uro Dyna-CT enables three-dimensional planned laser-guided complex punctures. *Eur Urol*. 2015;68:880-884. DOI: 10.1016/j.eururo.2015.07.005
- Vicentini FC, Botelho LAA, Braz JLM, Almeida ES, Hisano M. Use of the Uro Dyna-CT in endourology - the new frontier. *Int Braz J Urol*. 2017;43(4):762-765. DOI: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2016.0413

Сведения об авторах

Александр Иосифович Юнкер — врач-уролог отделения урологического КГБУЗ ККБ
г. Красноярск, Россия
<https://orcid.org/0000-0001-6741-5428>
junkeralex82@gmail.com

Михаил Анатольевич Фирсов — канд. мед. наук; заведующий кафедрой урологии, андрологии и сексологии ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России; врач-уролог отделения урологического КГБУЗ ККБ
г. Красноярск, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-0887-0081>
firsma@mail.ru

Анастасия Евгеньевна Герцен — студентка ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России
г. Красноярск, Россия
<https://orcid.org/0009-0000-0520-9119>
nastjagerzen99@mail.ru

Павел Андреевич Симонов — ассистент кафедры урологии, андрологии и сексологии ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России; врач-уролог отделения урологического КГБУЗ ККБ
г. Красноярск, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-9114-3052>
wildsnejok@mail.ru

Евгений Алексеевич Безруков — д-р мед. наук; профессор института урологии и репродуктивного здоровья человека, заведующий урологическим отделением № 1 университетской клинической больницы № 2 ФГАУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет); профессор кафедры урологии, андрологии и сексологии ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России;
г. Москва, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-2746-5962>
eabezrukov@rambler.ru

Никита Владимирович Литвинюк — ассистент кафедры лучевой диагностики ИПО ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого Минздрава России; заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения КГБУЗ ККБ
г. Красноярск, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-0630-7244>
nikita.litvinyuk@list.ru

Information about the authors

Alexander I. Junker — M.D., Urologist, Urology Division, Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital
Krasnoyarsk, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0001-6741-5428>
junkeralex82@gmail.com

Mikhail A. Firsov — M.D., Cand. Sc.(Med), Dept. of Urology, Andrology and Sexology, Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Urologist, Urology Division, Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital
Krasnoyarsk, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-0887-0081>
firsma@mail.ru

Anastasia E. Gerzen — Student, Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University
Krasnoyarsk, Russian Federation
<https://orcid.org/0009-0000-0520-9119>
nastjagerzen99@mail.ru

Pavel A. Simonov — M.D.; Assist.Prof., Dept. of Urology, Andrology and Sexology, Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University; Urologist, Urology Division, Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital
Krasnoyarsk, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-9114-3052>
wildsnejok@mail.ru

Evgenii A. Bezrukov — M.D., Dr.Sc.(Med); Prof., Institute for Urology and Reproductive Health & Head, Urology Division No.1, University Clinical Hospital No.2, Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University); Prof., Dept. of Urology, Andrology and Sexology, Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University;,
Moscow, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-2746-5962>
eabezrukov@rambler.ru

Nikita V. Litvinyuk — M.D.; Assist.Prof., Dept of Radiology, Voyno-Yasenetsky Krasnoyarsk Medical University; Head, Division of Radiosurgical Diagnosis and Treatment, Krasnoyarsk Regional Clinical Hospital
Krasnoyarsk, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-0630-7244>
nikita.litvinyuk@list.ru