



Робот-ассистированная трансуретральная гольмиевая уретеролитотрипсия

© Сергей Н. Еременко¹, Алексей Н. Еременко¹, Алексей Г. Мартов²,
Артём В. Симонович¹, Владимир П. Долгополов¹, Виктор С. Чернега³,
Мухамед А. Алиев⁴

¹ Клинический медицинский многопрофильный центр Святителя Луки — Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского [Симферополь, Россия]

² Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна [Москва, Россия]

³ Севастопольский государственный университет [Севастополь, Россия]

⁴ Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт им. С. И. Георгиевского — Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского [Симферополь, Россия]

Аннотация

Введение. В настоящее время контактная трансуретральная лазерная уретеролитотрипсия является стандартом лечения камней мочеочечника. Она позволяет достигнуть полной фрагментации камней за один этап. Нас заинтересовала возможность выполнения уретеролитотрипсии с использованием робота-ассистента, которая с каждым годом становятся всё более актуальной.

Цель исследования. Оценить возможности выполнения робот-ассистированной трансуретральной контактной лазерной уретеролитотрипсии, изучить её эффективность и продолжительность в сравнении с гольмиевой литотрипсией при стандартном выполнении операции, а также провести исследование и экспертную оценку симптомов усталости хирурга при традиционном способе проведения дробления камня и при роботизации этого процесса.

Материалы и методы. Исследование проведено в 2022 году, оно состояло из двух этапов. На первом из них была разработана и апробирована методика роботизированной литотрипсии с использованием тренажёров, включая авторский фиксирующий элемент для уретерореноскопа, позволяющий плотно закрепить инструмент в «роботической руке», сохраняя при этом полный диапазон необходимых движений. На втором клиническом этапе изучены результаты гольмиевой уретеролитотрипсии при обычном и роботизированном выполнении операции. Пациенты с уретеролитиазом были разделены на две группы: 14 человек — стандартная литотрипсия и 13 человек — литотрипсия с использованием роботического ассистента. Критериями отбора стало наличие одиночного камня мочеочечника, доступного для полуригидного уретерореноскопа.

Результаты. Согласно результатам исследования, робот-ассистированная трансуретральная гольмиевая уретеролитотрипсия имеет сопоставимые результаты по длительности дробления конкрементов в сравнении со стандартной методикой, но при этом характеризуется преимуществами в отношении показателей усталости хирурга во время операции. Так, по показателям длительности дробления 1 г конкремента, существенной разницы не выявлено, при стандартной уретеролитотрипсии данный показатель составляет 63,8 мин/г, при робот-ассистированной — 57,8 мин/г ($p < 0,1$). При сравнении показателей усталости хирурга определена существенная разница между двумя группами, например, при стандартной операции хирург оценивал показатель онемения плечей на 3,50 баллов, при робот-ассистированной на 0,17 баллов ($p < 0,01$).

Заключение. При трансуретральной контактной лазерной уретеролитотрипсии с использованием роботического ассистента длительность общего времени операции не увеличивается, а фактор усталости хирурга существенно снижается, что косвенно может способствовать уменьшению риска возникновения интра- и послеоперационных осложнений.

Ключевые слова: мочекаменная болезнь; камень мочеочечника; трансуретральная хирургия; робот-ассистированная хирургия; уретеролитотрипсия

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки. **Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Этическое заявление.** Исследование выполнено в соответствии положениями Хельсинкской декларации пересмотренной в Форталезе (Бразилия) в октябре 2013 года. **Этическое одобрение.** Исследование одобрено Локальным независимым этическим комитетом ФГАУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» (Протокол № 2 от 17.02.2022 года). **Информированное согласие.** Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании и обработку персональных данных.

Вклад авторов: С.Н. Еременко, А.Г. Мартов — научное руководство, концепция исследования, разработка дизайна исследования;

А.Н. Еременко — анализ данных, написание статьи, критический обзор; А.В. Симонович — обзор литературы, анализ данных, написание статьи; В.П. Долгополов — сбор данных, анализ данных, написание статьи; В.С. Чернега — анализ данных, статистическая обработка данных, написание статьи, софтверная поддержка; М.А. Алиев — анализа данных, написание статьи.

✉ **Корреспондирующий автор:** Алексей Николаевич Еременко; medicalyug@gmail.com

Поступила в редакцию: 10.01.2023. **Принята к публикации:** 10.10.2023. **Опубликована:** 26.12.2023.

Для цитирования: Еременко С.Н., Еременко А.Н., Мартов А.Г., Симонович А.В., Долгополов В.П., Чернега В.С., Алиев М.А. Робот-ассистированная трансуретральная гольмиевая уретеролитотрипсия. *Вестник урологии*. 2023;11(4):27-35. DOI: 10.21886/2308-6424-2023-11-4-27-35.

Robot-assisted transurethral holmium ureterolithotripsy

© Sergey N. Eremenko¹, Aleksey N. Eremenko¹, Alexey G. Martov²,
Artem V. Simonovich¹, Vladimir P. Dolgoplov¹, Viktor S. Chernega³,
Mukhamed A. Aliyev⁴

¹ St. Luke Clinical Multidisciplinary Medical Centre (St. Luke CMC) — Vernadsky Crimean Federal University [Simferopol, Russian Federation]

² Biomedical University of Innovations and Continuing Education — State Research Center Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency [Moscow, Russian Federation]

³ Sevastopol State University [Sevastopol, Russian Federation]

⁴ Georgievsky Medical Institute of the Order of the Labour Red Banner — Vernadsky Crimean Federal University [Simferopol, Russian Federation]

Abstract

Introduction. Currently, transurethral laser ureterolithotripsy is the standard treatment for ureteral stones. It allows you to achieve complete stone fragmentation in one-stage. We were interested in the possibility of performing ureterolithotripsy using a robotic assistant. In fact, robotic systems in medicine and surgery are becoming more and more relevant every year.

Objective. To evaluate the possibilities of robot-assisted transurethral laser ureterolithotripsy, to study its effectiveness and duration in comparison with holmium lithotripsy in standard surgery, as well as to conduct a study and expert evaluation of the symptoms of surgeon fatigue in standard lithotripsy and robot-assisted lithotripsy.

Materials & methods. The study was conducted in 2022 and consisted of two stages. The first stage involved the development and testing of a robotic lithotripsy technique using simulators, including the author's fixation device for the ureteroscope. This device allowed to tightly fix the instrument in the "robotic arm", while maintaining the full range of necessary movements. During the second stage (clinical), the results of holmium ureterolithotripsy in standard and robotic surgeries were studied. Patients with ureterolithiasis were divided into two groups: 14 patients — standard lithotripsy and 13 patients — robotic assisted lithotripsy. The selection criteria were the presence of a single ureteral stone accessible to a semi-rigid ureteroscope.

Results. According to the results of the study, robot-assisted transurethral holmium ureterolithotripsy has the greatest advantages in terms of the fatigue indicators of the surgeon during surgery. So, no significant difference was found in fragmentation time (1 gram of stone). In standard ureterolithotripsy this indicator was 63.8 min/g, and in robot-assisted ureterolithotripsy it was 57.8 min/g ($p < 0.1$). When comparing the surgeon's fatigue scores, a significant difference between the two groups was determined. Thus, during standard surgery, the surgeon rated the shoulder numbness score at 3.50 points, while during robot-assisted surgery at 0.17 points ($p < 0.01$).

Conclusion. The study showed that transurethral contact laser ureterolithotripsy with the use of robotic assistant does not increase the surgery time, but the surgeon's fatigue factor is significantly reduced. This may indirectly contribute to reducing the risk of intra- and postoperative complications.

Keywords: urolithiasis; ureteral stone; transurethral surgery; robot-assisted surgery; ureterolithotripsy

Financing. The study was not sponsored. **Conflict of interest.** The authors declare no conflicts 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 Ethical Committee of Vernadsky Crimean Federal University (Protocol No. 2 dated February 17, 2022). **Informed consent.** All patients signed an informed consent to participate in the study and to process personal data.

Authors' contribution: S.N. Eremenko, A.G. Martov — supervision, study concept, study design development; A.N. Eremenko — drafting the manuscript, data analysis, critical review; A.V. Simonovich — drafting the manuscript, data analysis, literature review; V.P. Dolgoplov — drafting the manuscript, data analysis, data acquisition; V.S. Chernega — drafting the manuscript, data analysis, statistical data processing, software support; M.A. Aliyev — drafting the manuscript, scientific editing, data analysis.

✉ **Corresponding author:** Aleksey N. Eremenko; medicalyug@gmail.com

Received: 01/10/2023. **Accepted:** 10/10/2023. **Published:** 12/26/2023.

For citation: Eremenko S.N., Eremenko A.N., Martov A.G., Simonovich A.V., Dolgoplov V.P., Chernega V.S., Aliyev M.A. Robot-assisted transurethral holmium ureterolithotripsy. *Urology Herald*. 2023;11(4):27-35. (In Russ.). DOI: 10.21886/2308-6424-2023-11-4-27-35.

Введение

Мочекаменная болезнь является одним из самых распространённых заболеваний в урологии. В среднем на долю уретеролитиаза приходится до 50% от всех локализаций конкрементов, что приводит к нарушению уродинамики верхних мочевыводящих путей, почечной колике, обструктивному пиелонефриту, пионефрозу, уросепсису [1 – 3]. С внедрением в клиническую практику уретерореноскопов, а затем и литотрипторов количество открытых оперативных вмешательств сократилось до 5% [4]. В настоящее время, контактная трансуретральная лазерная уретеролитотрипсия является стандартом лечения камней мочеточников. Она позволяет достигнуть полной фрагментации камней в один этап [5].

Надо отметить, что совершенствование конструкции эндоскопических инструментов не привело к оптимальной эргономике оперативного вмешательства. По данным исследования G.M. Preminger et al. (2007), у персонала, выполняющего трансуретральные вмешательства, отмечается высокий процент заболеваний, связанных с опорно-двигательным аппаратом [6]. Также выполнение большого количества операций связано со значительными ионизирующими / лучевыми нагрузками на всех членов операционной бригады.

Нас заинтересовала возможность выполнения уретеролитотрипсии с использованием робота-ассистента. С каждым годом роботические системы в медицине вообще и в хирургии в частности становятся всё более актуальными. Однако первое поколение автоматизированных ассистентов — «PROBOT» (UK), «AESOP» (USA) и другие — были неудобными в использовании из-за своих больших габаритов, трудностей в установке и настройке. Их монтаж и демонтаж значительно увеличивали длительность операции и ограничивали доступ к пациенту. Что касается уретеролитотрипсии, то в настоящее время для осуществления ретроградной интрауретеральной хирургии используется роботизированная система «Avicenna Roboflex» («ELMED Medical Systems Inc.», Ankara, Turkey) [7]. Манипулятор, который применяется для управления инструментом, совместим только с гибким уретерореноскопом. По нашим данным, около 20% всех операций при мочекаменной болезни требуют использования

гибкого эндоскопа. Следует отметить, что основными ограничивающими факторами широкого применения гибкой уретеролитотрипсии остаются размеры камня, высокая стоимость эндоскопа, а также относительно короткий срок эксплуатации последнего.

На фоне значительного ускорения прогресса в сфере робототехники стало возможным исправить вышеуказанные недостатки роботизированных систем, и врачи стали чаще прибегать к использованию этих технологий. На это есть несколько причин: роботы не устают, имеют более стабильные и точные движения, позволяют самостоятельно контролировать все перемещения инструмента. Одной из наиболее надёжных роботизированных систем в хирургии был признан аппарат «SOLOASSIST II» («AKTORmed GmbH», Barbing, Regensburg, Germany). Данный робот-ассистент активно используется в лапароскопической хирургии для управления видеолапароскопом.

Цель исследования. Оценить возможности выполнения робот-ассистированной трансуретральной контактной лазерной уретеролитотрипсии, изучить её эффективность и продолжительность в сравнении с гольмиевой литотрипсией при стандартном выполнении операции, а также провести исследование и экспертную оценку симптомов усталости хирурга при традиционном способе проведения дробления камня и при роботизации этого процесса.

Материалы и методы

Для осуществления поставленной цели на базе КММЦ Святителя Луки с участием специалистов инжинирингового центра КФУ им. В. И. Вернадского произведена адаптация робота SOLOASSIST II для проведения операций через мочеиспускательный канал, в том числе создание фиксирующего элемента для уретерореноскопа, позволяющего плотно закрепить инструмент в «роботической руке», сохраняя при этом полный диапазон необходимых движений (рис. 1).

Дизайн исследования. Исследование проведено в 2022 году, оно состояло из двух этапов. На первом из них была разработана и апробирована методика и техника роботизированной литотрипсии с использованием тренажёров симуляционного центра Медицинской академии им. С.И. Георгиевского.

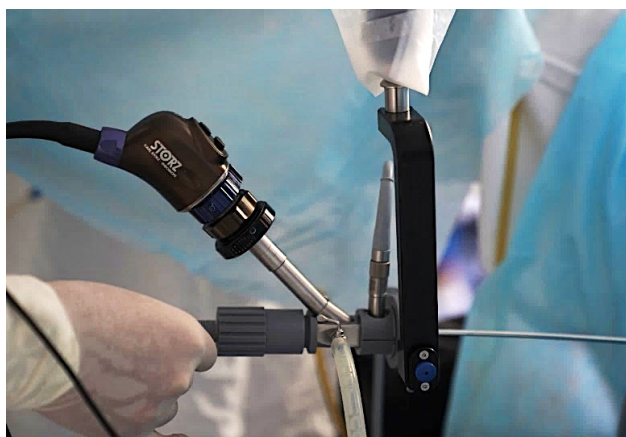


Рисунок 1. Цанга, фиксирующая уретероскоп
Figure 1. Collet fixing the ureterscope

На втором (клиническом) этапе были изучены результаты гольмиевой уретеролитотрипсии при обычном и роботизированном выполнении операции. Пациенты с уретеролитиазом были разделены на две группы: первой группе выполняли стандартную лазерную контактную трансуретральную уретеролитотрипсию ($n = 14$), второй — уретеролитотрипсию с использованием роботизированного ассистента ($n = 13$). Критериями отбора пациентов стало наличие одиночного камня мочеточника доступного для полуригидного уретерореноскопа. Исключались пациенты с множественными камнями, наличием стриктур, пролежнями мочеточника.

Критерии успеха уретеролитотрипсии — полное отсутствие конкрементов в мочеточнике, отсутствие проксимальной миграции конкремента.

Предоперационная оценка. Всем пациентам в предоперационном периоде проводили стандартный перечень обследований. Размеры камня, его объем и рентгенологическую плотность конкремента определяли путём обработки результатов компьютерной томографии с помощью специализированного программного пакета «ИНОБИТЕК DICOM-ПРОСМОТРИК» (ООО «ИНОБИТЕК», Воронеж, РФ). Массу камня рассчитывали как произведение объема конкремента на его физическую плотность, которую в свою очередь определяли косвенным способом на основе рентгенологической плотности [8]. По данным 3D-реконструкции мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) также оценивали клинко-анатомические особенности, влияющие на продолжительность

процедуры: сложную анатомию мочеточника, соотношение размера конкремента и диаметра мочеточника, «пыльность» камня, длительность стояния камня в мочеточнике, приводящая к отёку, состояние поверхности камня.

Методика робот-ассистированной уретеролитотрипсии. Анестезиологическое пособие — тотальная внутривенная анестезия + ИВЛ. Литотрипсию проводили гольмиевым лазером «TRIPLE» (ЗАО «Медоптотех», Москва, РФ). Использовали волокно с диаметром 400 мк, энергия в импульсе изменялась от 0,8 до 1,4 Дж, а частота находилась в интервале от 8 до 12 Гц (характеристики подбирали эквивалентно плотности камня). Применяли полуригидный уретероскоп («Karl Storz SE GmbH & Co. KG», Tutlingen, Germany) диаметром 9,0 Fr.

Модуль устанавливали на контрлатеральной стороне операционного стола. После введения пациента в наркоз задавали ось вращения для роботического модуля (наружное отверстие уретры у женщин, а у мужчин — точка перехода верхних волокон подвесной связки на корень полового члена). Уретероскоп вводили через уретру в мочевой пузырь и фиксировали в роботическом модуле.

Оперирующий хирург управлял роботическим модулем с использованием специального джойстика позволяющего выполнять уретероскопом весь спектр необходимых движений и манипуляций (рис. 2).

Дальнейший доступ к камню осуществляли по общепринятым принципам. Врач проводил операцию в удобном функцио-



Рисунок 2. Джойстик в руках оперирующего врача

Figure 2. Joystick manipulation by the operating surgeon

нальном положении. С использованием прецизионных движений роботического модуля производили дробление камня лазерной энергией.

После окончания дробления уретероскоп извлекали из мочевыводящих путей в обратном порядке. По показаниям в 11 случаях проводили стентирование мочеточника.

Оценка длительности вмешательства. В процессе исследований проводили измерения длительности чистого времени дробления конкремента гольмиевым лазером (Laser Operating Time) и времени литотрипсии (Lithotripsy Time). Длительность чистого времени дробления «Т чистое» вычисляли путём умножения длительности периода следования лазерных импульсов на количество импульсов, затраченных на полную фрагментацию камня:

$$T_{\text{чистое}} = \text{Количество импульсов} \times \text{Частота импульсов}$$

Длительность литотрипсии представляет собой общее время «Т общ.» от момента введения в уретру уретероскопа до завершения установки стента. Общее время литотрипсии включает чистое время дробления и дополнительное время «Т доп.», затрачиваемого на ревизию мочеточника, перемещение зонда после ретропульсии камня или дыхательной экскурсии, извлечение осколков, промывания области дробления и другие.

$$T_{\text{общ.}} = T_{\text{чистое}} + T_{\text{доп.}}$$

Оценка интра- и послеоперационная осложнений. Учитывали наличие интраоперационных и послеоперационных осложнений, таких как травмы мочеточника, риски развития синдрома системного воспалительного ответа, наличие «каменной дорожки», кровотечение. Послеоперационные осложнения классифицировали по шкале Clavien-Dindo. Наличие резидуальных камней оценивали через 1 месяц по данным МСКТ органов брюшной полости и малого таза.

Оценка симптомов усталости хирурга. Исследование симптомов усталости хирурга при традиционном способе проведения литотрипсии и при роботизации этого процесса производили методом экспертных оценок. Каждый из симптомов (боль и / или

онемение в шее, плечах, спине, руках, ногах, усталость глаз) оценивали по пятибалльной шкале. При этом было опрошено 6 врачей-урологов, регулярно выполняющих контактную гольмиевую литотрипсию.

Этическое заявление. Исследование одобрено Локальным независимым этическим комитетом ФГАОУ ВО «КФУ им В.И. Вернадского» (Протокол № 2 от 17.02.2022 года) и выполнено в соответствии положениями Хельсинкской декларации (пересмотренной в Форталезе (Бразилия), октябрь 2013 года). Все пациенты давали информированное согласие на участие в исследовании.

Статистический анализ. Статистическая обработка полученных данных выполнена с использованием пакета компьютерных прикладных статистических программ «Microsoft Office Excel» («Microsoft Corp.», Redmond, WA, USA) и «Statistica 12.0» («StatSoft Inc.», Tulsa, OK, USA). Для переменных, представляющих анализируемую выборку, проводили тест на нормальность распределения (тест Колмогорова-Смирнова). В зависимости от результатов теста в случае нормального распределения для описания признака применяли среднюю арифметическую величину и стандартное отклонение ($M \pm SD$). В случае отличного от нормального распределения использовали медиану (Me) в совокупности с нижним и верхним квартилями [$Q_1 - Q_3$]. При сравнении различий между группами использовали параметрический парный Student T test и непараметрический критерий Mann-Whitney U test. Принятый уровень достоверности различий $p < 0,05$.

Результаты

Группы были статистически сопоставимы по оцениваемым перед операцией медицинским показателям и половозрастному составу (табл. 1).

Среднее значение времени, затрачиваемого на установку модуля составило 42,3 с (диапазон: 32 – 57 с).

В таблице 2 приведены абсолютные и удельные затраты времени на собственно дробление камня (Т чистое), а также на длительность общего времени выполнения литотрипсии (Т общее). Как следует из таблицы, при практически равных условиях общая длительность выполнения операции уменьшилась. Однако статистическая проверка гипотез показала, что это значение

Таблица 1. Предоперационные данные
Table 1. Preoperative data

Показатели <i>Demographics</i>	Группа 1 <i>Group 1</i>		Группа 2 <i>Group 2</i>		p
	Me	Q1 – Q3	Me	Q1 – Q3	
Возраст, лет <i>Age, years</i>	49,5	36,5 – 59,5	57	43 – 64	0,05
Объём конкремента, см ³ <i>Stone volume, cc</i>	0,158	0,06 – 0,131	0,11	0,06 – 0,24	0,24
Плотность конкремента, HU <i>Stone density, HU</i>	607	566 – 690	703	561 – 861	0,1
Масса конкремента, г <i>Stone mass, g</i>	0,31	0,06 – 0,48	0,15	0,1 – 0,29	0,16
	n		n		
Мужчины <i>Men</i>	9		7		0,02
Женщины <i>Women</i>	5		6		
Локализация конкрементов в мочеточнике, количество случаев — n (%): <i>Stone localization in the ureter, number of cases — n (%)</i> :					
Нижняя треть <i>Lower third</i>	8 (57,0)		8 (62,0)		0,01
Средняя треть <i>Middle third</i>	2 (14,4)		2 (15,0)		
Верхняя треть <i>Upper third</i>	4 (28,6)		2 (15,0)		
Интрамуральный отдел <i>Pars intramuralis</i>	–		1 (8,0)		

Примечание. HU — Hounsfield units (единицы Hounsfield)**Note.** HU — Hounsfield units**Таблица 2.** Сравнительная характеристика стандартной и роботизированной уретеролитотрипсии
Table 2. Comparative characteristics of standard and robotic lithotripsy

Показатели <i>Demographics</i>	Группа 1 <i>Group 1</i>		Группа 2 <i>Group 2</i>		p
	Me	Q1 – Q3	Me	Q1 – Q3	
Длительность дробления (Т чистое), мин <i>Laser Operating Time (T pure), min</i>	1,7	0,52 – 1,78	0,76	0,42 – 1,41	0,08
Длительность дробления 1 г конкремента (Т чистое), мин/г <i>Laser Operating Time per 1 gram of stone (T pure), min/g</i>	5,48	3,6 – 5,4	4,76	4,95 – 5,6	0,2
Длительность литотрипсии (Т общее), мин <i>Lithotripsy time (T total), min</i>	19,8	15,0 – 32,0	8,67	5,25 – 14,2	0,02
Длительность литотрипсии 1 г конкремента (Т общее), мин/г <i>Lithotripsy time per 1 gram of stone (T total), min/g</i>	63,8	30,2 – 83,4	57,8	47,9 – 69,3	0,1

обусловлено статистической погрешностью.

Серьёзных интраоперационных осложнений, таких как повреждение, разрыв мочеточника, кровотечение, не было. В таблице 3 собраны послеоперационные данные двух групп.

Удобство работы врача по данным шкалы эргономики представлены ниже (табл. 4).

Установлено, что оценки роботизированной трансуретральной контактной уретеролитотрипсии являются статистически значимыми ($p < 0,01$).

Обсуждение

В литературе имеются данные по использованию роботических технологий при уретерореноскопии, например «Avicenna Roboflex», «EasyUretero», «Робот ILY». Данные роботизированные системы преимущественно решают эргономические проблемы данной операции, улучшая показатели длительности операции, точности движений инструмента и усталости хирурга. Однако все они предназначены для гибкой уретерореноскопии и в основном применяются и испытываются в ретроградной интрауретеральной хирургии [9].

Таблица 3. Послеоперационные показатели
Table 3. Postoperative indicators

Показатели Parameters	Группа 1 Group 1	Группа 2 Group 2
Койко-дни, Ме [Q1 – Q3] Bed days, Me [Q1 – Q3]	4 [3 – 4]	4 [3 – 4]
Осложнения по Clavien-Dindo, степень: Clavien-Dindo complications, grade:		
I, %	14,0	15,4
II, %	0	0
III – V, %	0	0
Отсутствие осложнений, % No complications, %	86,0	84,6
Наличие резидуальных камней через 1 мес. Residual stones after 1 month	0	0

Таблица 4. Оценка усталости хирурга при стандартной и роботизированной уретеролитотрипсии
Table 4. Evaluation of surgeon fatigue during standard and robotic ureterolithotripsy

Вид усталости Type of fatigue	Средний балл Average rating	
	Группа 1 Group 1	Группа 2 Group 2
Боль в шее Neck pain	3,50	0,33
Онемение плеча Shoulder numbness	3,50	0,17
Боль в руке Arm pain	2,83	0,17
Боль в кистях Hand pain	3,33	0,17
Онемение в локте Elbow numbness	2,50	0,33
Онемение в запястье Wrist numbness	3,00	0,17
Онемение пальцев Fingers numbness	2,33	0,17
Боль в спине Back pain	3,17	0,17
Боли в ногах Leg pain	3,33	0,17
Усталость глаз Eye fatigue	3,17	1,33

В свою очередь описанная в данной статье методика предполагает использование полуригидного уретерореноскопа и применима при локализации камней в мочеточнике.

Описанная в работе методика требует доработки ввиду наличия определённых недостатков:

1. При выполнении операции пациентам с избыточной массой тела отмечается ограничение в движениях робота. Кроме того, установка робота у таких пациентов происходит на пределе технических возможностей аппарата.

2. У представленной модели робота в функционале отсутствуют режимы резких и коротких движений. В большинстве случаев это является их преимуществом, так как снижается риск повреждения мочеточника при выполнении операции, однако в ряде случаев это не позволяет сделать

необходимый быстрый манёвр.

3. Несмотря на то, что робот блокируется при появлении высокого напряжения и сопротивления в тканях, что является дополнительным элементом защиты, отсутствие тактильной информации является важным элементом для некоторых хирургов. Решение данного вопроса можно осуществить или наработкой навыка, или созданием обратной связи датчика давления, например с курком джойстика.

Заключение

Проведённое исследование показало, что при лазерной уретеролитотрипсии с использованием роботического ассистента длительность общего времени операции и осложнения сопоставимы, а эргономические факторы значительно превышают показатели стандартной. Благодаря введению роботического

го ассистирования появляется возможность увеличения количества производимых оперативных вмешательств, а также перспектива проведения их дистанционно.

У предложенной методики есть направ-

ления для дальнейшего развития, в частности, необходимо улучшить систему креплений, усовершенствовать блок управления, включая джойстик с передачей тактильной чувствительности.

Список литературы | References

1. Каприн А.Д., Аполихин О.И., Сивков А.В., Солнцева Т.В., Комарова В.А. Анализ уронефрологической заболеваемости и смертности в Российской Федерации за период 2002-2014 гг. по данным официальной статистики. *Экспериментальная и клиническая урология*. 2016;(3):4-13. Kaprin A.D., Apolikhin O.I., Sivkov A.V., Solntseva T.V., Komarova V.A. The analysis of uronephrologic morbidity and mortality in Russian Federation during the period of 2002-2014 according to the official statistics. *Experimental and clinical urology*. 2016;(3):4-13. (In Russian). eLIBRARY ID: 28870098; EDN: YHTWLTV
2. Kirkali Z, Rasooly R, Star RA, Rodgers GP. Urinary Stone Disease: Progress, Status, and Needs. *Urology*. 2015;86(4):651-3. DOI: 10.1016/j.urology.2015.07.006
3. *Национальное руководство по урологии*. Под ред. Н.А. Лопаткина. М., 2009. Lopatkin N.A., ed. *National guide to urology*. Moscow; 2009. (In Russian).
4. Трусов П.В., Коган М.И., Хван В.К. Эффективность и безопасность мини-перкутанной нефролитотрипсии в лечении крупных и коралловидных камней почек. *Вестник урологии*. 2017;5(1):32-36. Trusov P.V., Kogan M.I., Khvan V.K. The efficacy and safety of mini-percutaneous nephrolithotripsy in the treatment of large and staghorn stones of the kidney. *Urology Herald*. 2017;5(1):32-36. (In Russian). DOI: 10.21886/2308-6424-2017-5-1-32-36
5. Preminger GM, Tiselius HG, Assimos DG, Alken P, Buck C, Gallucci M, Knoll T, Lingeman JE, Nakada SY, Pearle MS, Sarica K, Türk C, Wolf JS Jr; EAU/AUA Nephrolithiasis Guideline Panel. 2007 guideline for the management of ureteral calculi. *J Urol*. 2007;178(6):2418-34. DOI: 10.1016/j.juro.2007.09.107
6. Elkoushy MA, Andonian S. Prevalence of orthopedic complaints among endourologists and their compliance with radiation safety measures. *J Endourol*. 2011;25(10):1609-13. DOI: 10.1089/end.2011.0109
7. Rassweiler J, Fiedler M, Charalampogiannis N, Kabakci AS, Saglam R, Klein JT. Robot-assisted flexible ureteroscopy: an update. *Urolithiasis*. 2018;46(1):69-77. DOI: 10.1007/s00240-017-1024-8
8. Чернега В.С., Тлуховская-Степаненко Н.П., Еременко А.Н., Еременко С.Н. Оценка скорости фрагментации мочевых камней при контактной литотрипсии гольмиевым лазером. *Урология*. 2018;(5):69-73. Chernega V.S., Tlukpovskaya-Stepanenko N.P., Eremenko A.N., Eremenko S.N. The assessment of the fragmentation rate of urinary stones during the holmium laser lithotripsy. *Urologiia*. 2018;(5):69-73. (In Russian). DOI: 10.18565/urology.2018.5.69-72
9. Gauhar V, Traxer O, Cho SY, Teoh JY, Sierra A, Gauhar V, Sarica K, Somani B, Castellani D. Robotic Retrograde Intrarenal Surgery: A Journey from "Back to the Future". *J Clin Med*. 2022;11(18):5488. DOI: 10.3390/jcm11185488

Сведения об авторах

Сергей Николаевич Еременко — д-р мед. наук; главный врач КММЦ Святителя Луки ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
Симферополь, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-5794-2029>
erema1959@yandex.ru

Алексей Николаевич Еременко — канд. мед. наук; заведующий отделением онкологии КММЦ Святителя Луки ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
Симферополь, Россия
<https://orcid.org/0000-0002-5318-6561>
medicallyug@gmail.com

Алексей Георгиевич Мартов — д-р мед. наук, профессор, чл.-корр. РАН; заведующий кафедрой урологии и андрологии Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России
Москва, Россия
<https://orcid.org/0000-0001-6324-6110>
martovalex@mail.ru

Information about the authors

Sergey N. Eremenko — M.D., Dr.Sc.(Med); Chief Medical Officer, St. Luke Clinical Multidisciplinary Medical Centre – Vernadsky Crimean Federal University
Simferopol, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-5794-2029>
erema1959@yandex.ru

Aleksey N. Eremenko — M.D., Cand.Sc. (Med); Head, Oncology Division, St. Luke Clinical Multidisciplinary Medical Centre – Vernadsky Crimean Federal University
Simferopol, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-5318-6561>
medicallyug@gmail.com

Alexey G. Martov — M.D., Dr.Sc. (Med), Full. Prof., Corr. Member of the RAS; Head, Dept. of Urology and Andrology, Biomedical University of Innovations and Continuing Education – State Research Center Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency
Moscow, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0001-6324-6110>
martovalex@mail.ru

Артём Васильевич Симонович — заведующий отделением урологии, андрологии и урогинекологии КММЦ Святителя Луки ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

Симферополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-4727-9427>

simonovichav@gmail.com

Владимир Петрович Долгополов — врач-уролог отделения урологии, андрологии и урогинекологии КММЦ Святителя Луки ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

Симферополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-7223-1700>

dolgoplov.sev@gmail.com

Виктор Степанович Чернега — канд. тех. наук, доцент кафедры «Информационные системы» ФГАОУ ВО СевГУ Севастополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-5054-0396>

v_chernega@rambler.ru

Мухамед Ахметович Алиев — ординатор Ордена Трудового Красного Знамени Медицинский институт им. С.И. Георгиевского ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

Симферополь, Россия

<https://orcid.org/0000-0001-7096-9587>

aliev.muhammed17@gmail.com

Artem V. Simonovich — M.D.; Head, Urology Division, St. Luke Clinical Multidisciplinary Medical Centre – Vernadsky Crimean Federal University

Simferopol, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-4727-9427>

simonovichav@gmail.com

Vladimir P. Dolgoplov — M.D.; Urologist, Division of Urology, Andrology and Urogynecology, St. Luke Clinical Multidisciplinary Medical Centre – Vernadsky Crimean Federal University

Simferopol, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-7223-1700>

dolgoplov.sev@gmail.com

Victor S. Chernega — Cand.Sc.(Tech); Assoc. Prof., Dept. of Information Systems, Sevastopol State University Sevastopol, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0001-5054-0396>

v_chernega@rambler.ru

Mukhamed A. Aliyev — Resident, Georgievsky Medical Institute of the Order of the Labour Red Banner – Vernadsky Crimean Federal University

Simferopol, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0001-7096-9587>

aliev.muhammed17@gmail.com