

<https://doi.org/10.29188/2222-8543-2024-17-3-134-139>

# Маркеры нарушения почечной функции после перкутанной нефролитотрипсии

КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

**В.В. Рогачиков<sup>1,2</sup>, Ф.А. Севрюков<sup>2</sup>, А.В. Кудряшов<sup>1,2</sup>, Д.Н. Игнатьев<sup>1,2</sup>, А.С. Сотников<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Центр урологии, нефрологии и литотрипсии, Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко; д.23 к.1, ул. Ставропольская, Москва, 109386, Россия

<sup>2</sup> Кафедра урологии им. Е.В. Шахова, ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России; 10/1, пл. Минина и Пожарского, г. Нижний Новгород, 603950, Россия

**Контакт:** Кудряшов Александр Владимирович, [dr\\_kudryashov@mail.ru](mailto:dr_kudryashov@mail.ru)

## Аннотация:

**Введение.** Мочекаменная болезнь (МКБ) является распространенным заболеванием и занимает весомое место в урологической практике. Заболеваемость МКБ активно растет в промышленно развитых странах. Современные технологии позволяют проводить мини-перкутанные вмешательства, снижая риски осложнений стандартных методик. Однако увеличение длительности процедур может привести к перфузионно-прессорным осложнениям и перегреву ирригуемой жидкости. Острое повреждение почек (ОПП) во время интраоперационной интервенции ухудшает прогнозы реабилитации и влияет на динамику заболеваемости. Для достоверной и своевременной диагностики нарушения почечной функции проводятся исследования по разработке новых биомаркеров ОПП.

**Целью** данного исследования было изучение влияния различных методов перкутанного доступа на уровень острого почечного повреждения у пациентов с мочекаменной болезнью.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось на базе Центра урологии, нефрологии и литотрипсии КБ им. Н. А. Семашко с 2022 по 2023 год. Изучены результаты хирургического лечения 21 пациента с МКБ. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от метода перкутанного доступа: стандартная перкутанная нефролитотрипсия (ПНЛ) (28 Ш) и мини-ПНЛ (16 Ш). В работе использовались современные биомаркеры почечного повреждения, такие как Цистатин С, NGAL, KIM-1 и ИЛ-18.

**Результаты.** Повышение концентрации Цистатина С и NGAL после ПНЛ превалировало в 1 группе, что связано с выделением биомаркеров канальцами из большей по площади поврежденной паренхимы почек. Изменения показателей уровня KIM-1 в послеоперационном периоде были больше во 2 группе, что связано с наибольшим ишемическим повреждением почечной ткани. Снижение уровня ИЛ-18 во 2 группе связано с меньшим повреждением почечных канальцев и отсутствием воспалительных реакций. Выяснено, что уже через 48 часов все биомаркеры ОПП претерпевают регресс.

**Выводы.** Результаты исследования показали, что уровень почечного повреждения был выше у пациентов, которым проводилась стандартная ПНЛ, по сравнению с теми, кто использовал мини-ПНЛ. Это указывает на то, что использование мини-ПНЛ может снизить риск острого почечного повреждения у пациентов с мочекаменной болезнью.

**Ключевые слова:** мочекаменная болезнь; перкутанная нефролитотрипсия; функция почек; маркеры почечного повреждения; миниперкутанная нефролитотрипсия.

**Для цитирования:** Рогачиков В.В., Севрюков Ф.А., Кудряшов А.В., Игнатьев Д.Н., Сотников А.С. Маркеры нарушения почечной функции после перкутанной нефролитотрипсии. Экспериментальная и клиническая урология 2024;17(3):134-139; <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2024-17-3-134-139>

<https://doi.org/10.29188/2222-8543-2024-17-3-134-139>

# Markers of renal dysfunction after percutaneous nephrolithotripsy

CLINICAL STUDY

**V.V. Rogachikov<sup>1,2</sup>, F.A. Sevryukov<sup>2</sup>, A.V. Kudryashov<sup>1,2</sup>, D.N. Ignatiev<sup>1,2</sup>, A.S. Sotnikov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Center for Urology, Nephrology and Lithotripsy, Clinical Hospital «RZhD-Medicine» named after N.A. Semashko; 23, bldg. 1, Stavropolskaya str., Moscow, 109386, Russia

<sup>2</sup> Department of Urology named after E.V. Shakhov of Privolzhsky Research Medical Universit of Ministry of Health of the Russian Federation, Russia; 10/1, Minin and Pozharsky Square Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod Region, 603005, Russia

**Contacts:** Alexander V. Kudryashov, [dr\\_kudryashov@mail.ru](mailto:dr_kudryashov@mail.ru)

## Summary:

**Introduction.** Kidney stones (KS) is a common disease and occupies a significant place in urological practice. The incidence of KS is actively growing in industrialized countries. Modern technologies make it possible to carry out mini-cut interventions, reducing the risks of complications of standard techniques. However, an increase in the duration of procedures can lead to perfusion-pressor complications and overheating of the irrigated fluid. Acute kidney injury (AKI) during intraoperative intervention worsens the prognosis of rehabilitation and affects the dynamics of morbidity. For reliable and timely diagnosis of renal dysfunction, research is being conducted to develop new AKI biomarkers.

**The aim** of this study was to study the effect of various percutaneous access methods on the level of acute renal injury in patients with urolithiasis.

**Materials and methods.** The study was conducted on the basis of the Center of Urology, Nephrology and Lithotripsy of the N. A. Semashko from 2022 to 2023. The results of surgical treatment of 21 patients with nephrolithiasis were studied. The patients were divided into two groups depending on the percutaneous access method: standard PNL (28 Ch) and mini-PNL (16 Ch). The work used modern biomarkers of renal damage, such as Cystatin C, NGAL, KIM-1 and IL-18 in the postoperative period.

**Results.** An increase in the concentration of Cystatin C and NGAL after PNL prevailed in group 1, which is associated with the release of biomarkers by tubules from a larger area of damaged renal parenchyma. Changes in KIM-1 levels in the postoperative period were greater in group 2, which is associated with the greatest ischemic damage to renal tissue. A decrease in IL-18 levels in group 2 is associated with less damage to the renal tubules and the absence of inflammatory reactions. It was found out that after 48 hours all AKI biomarkers undergo regression.

**Conclusions.** The results of the study showed that the level of renal damage was higher in patients who underwent standard PNL, compared with those who used mini-PNL. This indicates that the use of mini-PNL may reduce the risk of acute renal injury in patients with urolithiasis.

**Key words:** nephrolithiasis; kidney stones; percutaneous nephrolithotripsy; PNL; markers of kidney damage; minipercutaneous nephrolithotripsy; mini-PNL.

**For citation:** Rogachikov V.V., Sevryukov F.A., Kudryashov A.V., Ignatiev D.N., Sotnikov A.S. Markers of renal dysfunction after percutaneous nephrolithotripsy. *Experimental and Clinical Urology* 2024;17(3):134-139; <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2024-17-3-134-139>

## ВВЕДЕНИЕ

Мочекаменная болезнь (МКБ) занимает весомое место в урологической практике. Нефролитиаз является одним из распространенных заболеваний, на долю которого приходится до 80-90% всех мочевых камней. Высокая заболеваемость МКБ имеет социально-экономические последствия [1]. По данным исследований, в промышленно развитых странах имеется неуклонный рост распространенности МКБ. В США распространенность МКБ увеличилась с 3,8% в 1988 г. до 10,1% к 2015 г., в Германии – с 4,0 до 4,7% в период с 1979 по 2001 год, в Японии – с 4,3% в 1965 год до 9,0% в 2005 г., в Южной Корее – с 3,5 до 11,5% в период с 1998 по 2013 г. [2]. Наибольшая заболеваемость мочекаменной болезнью зарегистрирована в Саудовской Аравии с ростом от 6,8 до 19,1% в период с 1989 по 2008 год [3]. В нашей стране прирост заболеваемости МКБ с 2005 по 2019 г. составил 35,4% [4-6].

Эра перкутанного лечения нефролитиаза началась с простой чрескожной пункции, проведенной Т. Hillier в 1865 г. Дальнейшие разработки перкутанного доступа, оптимального положения пациента, развитие специальной техники и инструментария позволили расширить спектр перкутанных вмешательств с использованием мини- и микроперкутанных техник [7]. Данные многочисленных исследований демонстрируют, что стандартная перкутанная нефролитотрипсия (ПНЛ) с использованием кожуха размером 26-30 Ch имеет ряд осложнений, которые, в большинстве случаев, обусловлены дилатацией кожно-почечного тракта и ренальными манипуляциями [8], и при коралловидных конкрементах часто требуется применение лапароскопических технологий [9, 10]. Мини-технологии, разработанные с целью нивелирования травматичности доступа, направлены на уменьшение рисков осложнений, однако, по причине увеличения длительности процедуры могут приводить к перфузионно-прессорным осложнениям и перегреву ирригируемой жидкости [11].

Современный тренд хирургии МКБ – переход от дистанционной литотрипсии к контактным методам, которые характеризуются результативностью и быстрой реабилитацией, но зачастую приводят к

появлению отсроченных послеоперационных осложнений, нарушающих функционирование мочевой системы и, в ряде случаев, к развитию хронической болезни почек (ХБП).

МКБ, являясь хроническим рецидивирующим заболеванием, в сочетании с ХБП нередко приводят к прогрессированию почечной недостаточности. У пациентов с МКБ в популяционных исследованиях отмечен более низкий уровень скорости клубочковой фильтрации (СКФ) [12].

Острое повреждение почек (ОПП) во время интраоперационной интервенции ухудшает прогнозы реабилитации и влияет на динамику болезни. До 2002 года официально не существовало методов детекции ОПП [13]. Ситуация изменилась с появлением первоначальных критериев RIFLE, которые были установлены во время второй конференции ADQI (Acute Dialysis Quality Initiative), состоявшейся в Виченце в мае 2002 г. RIFLE – это аббревиатура каждой степени повреждения: Risk of renal injury – Риск почечного повреждения, Injury to the kidney – Повреждение почек, Failure of kidney function – Недостаточность почечной функции, Loss of kidney function – Утрата функции почек, End stage disease – Терминальная стадия заболевания [14].

Разработка критериев AKIN (Acute Kidney Injury Network) [15] и недавно разработанная известная классификация стадий KDIGO (Kidney Disease: Improving Global Outcomes) позволили определять тяжесть ОПП с учетом изменения уровня креатинина в сыворотке [16]. Но диагностика ОПП, основанная на определении креатинина, свидетельствует только о совокупном уровне клубочковой фильтрации. При этом изменение уровня креатинина определяется только через 48-72 ч при повреждении более 50% паренхимы. Данный маркер недостаточен для определения нарушения почечной функции на ранних стадиях [12]. Это, в свою очередь, затягивает время начала принятия тактических решений.

С целью достоверной и своевременной диагностики нарушения почечной функции были проведены исследования по разработке новых биомаркеров ОПП.

Биомаркеры для оценки гломерулярной зоны определяют функциональный статус и уровень

повреждения клубочков и наличие воспалительных реакций (рис. 1) [17]. В настоящее время активно используются современные биомаркеры острого почечного повреждения: цистатин С, NGAL (neutrophil gelatinase-associated lipocalin – липокалин, ассоциированный с желатиназой нейтрофилов), KIM-1 (kidney injury molecule-1 – молекула повреждения почек-1), ИЛ-18 (интерлейкин-18) [18].

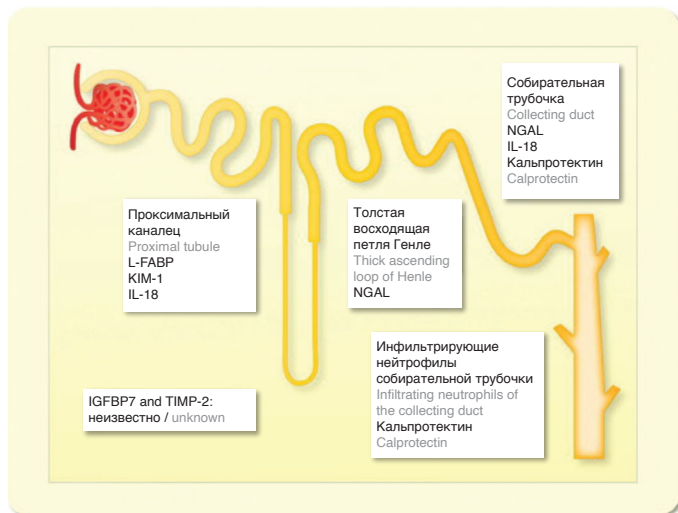


Рис. 1. Зоны образования биомаркеров острого повреждения почек [17]  
Fig. 1. Zones of formation of biomarkers of acute kidney injury [17]

Основными критериями рутинного анализа перкутантных методов лечения мочекаменной болезни являются полноценность очищения от камней, сроки госпитализации и периоперационные осложнения. Однако до сих пор нет исследований, изучающих вопросы динамики изменений почечной функции после стандартных и миниинвазивных вариантов ПНЛ.

**Цель:** изучение влияния различных методов перкутантного доступа на уровень острого почечного повреждения у пациентов с мочекаменной болезнью.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Характеристика исследования: данная работа представляет собой простое сравнительное неконтролируемое исследование, которое разработано и проведено в соответствии с требованиями законодательства РФ, а также международных этических правил и предписаний, регламентирующих проведение клинических исследований с участием пациентов. Протокол исследования был одобрен Локальным независимым этическим комитетом ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России.

Настоящее исследование основано на изучении данных пациентов, оперированных по поводу МКБ в Центре урологии, нефрологии и литотрипсии клинической больницы им. Н.А. Семашко с 2022 по 2023 год методом перкутанной нефролитотрипсии по поводу одиночных камней почек размерами до 20 мм. Всеми

пациентами подписаны формы информированного согласия на участие в исследовании, где в дополнение к основному алгоритму врачебного осмотра отображалась информация по разъяснению целей и задач проводимого исследования.

Больные были распределены на 2 группы в зависимости от величины доступа и площади травмированной паренхимы при однородности составляющих калькулезного процесса. Первой группе (10 пациентов) выполнена стандартная ПНЛ с формированием доступа 28 Ш, у второй группы (11 пациентов) использована мини-ПНЛ техника с формированием кожно-почечного канала 16 Ш.

Всем пациентам на этапе предоперационной подготовки выполнена компьютерная томография почек с контрастированием для определения положения, размера и плотности камня, а также для установления особенностей архитектоники полостной системы почек. Проведены рутинные клинические, биохимические и бактериологические лабораторные исследования.

В качестве энергии литодеструкции использована ультразвуковая фрагментации (SHOCKPULSE-SE, Olympus, Япония). Операция осуществлялась по стандартной методике в Galdakao-модифицированном положении Valdivia на спине через один пункционный ход, при этом использовалось одномоментное бужирование почечно-кожного канала.

В качестве маркеров почечного повреждения исследованы следующие параметры: креатинин, цистатин С, NGAL, KIM-1, ИЛ-18 с оценкой до оперативного вмешательства и через 12, 24 и 48 ч после вмешательства. Анализ проводился на иммуноферментном (ИФА) анализаторе. Исследование уровня сывороточного креатинина осуществляли до операции и на 1, 2 сутки в послеоперационном периоде.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Для исследования был отобран 21 пациент с калькулезным поражением почек. Значимых отличий в группах по полу, в возрасте, индексе массы тела, размерах и плотности камней не отмечено (табл. 1). Средняя плотность камней в 1 группе составило 699,3 НУ, а во второй группе – 680,3 НУ. Среднее время операции при стандартных методиках ПНЛ составила 123 мин, при миниперкутантных методиках – 163 мин.

### Динамика маркеров ОПП

**Цистатин С** – низкомолекулярный белок, являющийся ингибитором протеазы цистеина, в виду своих размеров (13кДа) фильтруется в почечных клубочках и, в отличие от креатинина, полностью реабсорбируется у здоровых лиц в проксимальных канальцах [19].

При исследовании Цистатина С исходно отмечен повышенный уровень цистатина С до оперативного вмешательства в обеих группах. Динамика уровня цистатина С по отношению к исходному в 1 группе была следующей: повышение уровня цистатина С на 7,4%, 28,4%, 6,4% через 12, 24 и 48 часов после операции, во 2 группе отмечено снижение уровня цистатина С на 9,4%, 32,5%, 30% соответственно (табл. 2).

NGAL – белок с молекулярной массой 25 кДа, образующийся во всех клетках организма. NGAL свободно фильтруется в клубочках почек, в значительной степени реабсорбируется клетками проксимальных канальцев путем эндоцитоза. Уровень белка NGAL резко повышается после токсического повреждения почек [20]. По данным нашего исследования, изменение NGAL характеризовалось значительным повышением его уровня в 1 группе через 12 и 24 часа после оперативного вмешательства. Во 2 группе отмечалось незначительное повышение уровня NGAL после операции. Динамика концентрации NGAL от начальной концентрации к 12, 24 и 48 ч в 1 группе характеризовалась увеличением на 69,2%, 76,6% и 24%, во второй – на 10,5%, 9,7% и 3,6%, соответственно (табл. 2).

KIM-1 – трансмембранный гликопротеин с молекулярной массой 90 кДа. В норме данный биомаркер в тканях почек не обнаруживается, однако при ишемическом или токсическом повреждении концентрация KIM-1 увеличивается в сыворотке крови и в моче [21].

Исходные концентрации KIM-1 у пациентов в обеих группах были в пределах референтных значений. Уровень KIM-1 продемонстрировал максимальное повышение от предоперационного уровня к 1 суткам после операции, более значимое во 2 группе (67,2%), по сравнению с 1 группой (45,4%). В течение 48 часов отмечена динамика по снижению уровня KIM-1 по отношению к исходному значению. Так, концентрация KIM-1 в 1 группе через 48 часов была снижена на 20,6% от исходного, а во 2 группе повышена на 3,2% от исходного уровня (табл. 2).

Интерлейкин-18 (ИЛ-18) – провоспалительный цитокин из семейства интерлейкина 1, который синтезируется в некоторых тканях, включая эпителиальные клетки проксимальных канальцев. Повышается секреция ИЛ-18 при повреждении почечных канальцев [22]. В нашем исследовании в обеих группах концентрация интерлейкина не превышала нормативные значения. Однако были выраженные различия в динамике изменений уровня ИЛ-18 в двух группах: так если в 1 группе не отмечено значительных изменений уровня ИЛ-18 в послеоперационном периоде от исходного, то во второй группе зарегистрировано снижение значений. Данные концентрации ИЛ-18 в 1 группе продемонстрировали снижение на 2,5%, 4,6% и на 1,2% через 12, 24 и 48 ч. В свою очередь, во 2 группе отмечено снижение уровня цитокина через 12, 24 и 48 ч на 20,8%, 32,9% и 13,7%, соответственно (табл. 2).

Таблица 1. Общая характеристика пациентов  
Table 1. Patient characterization

Параметры Characteristic	I группа Group I	II группа Group II
Возраст, лет, медиана [мин; макс] Age, years, median [min; max]	46 [41; 68]	53 [45; 74]
Пол (мужчины / женщины), % Sex (men / women), %	66,6 / 33,3	75 / 25
Размер камня, мм, медиана [мин; макс] Stone size, mm, median [min; max]	16 [0,9; 2,0]	15 [0,8; 2,0]
Плотность камня, HU, медиана [мин; макс] Stone density, HU, median [min; max]	699,3 [538,0; 904,0]	680,3 [550,0; 893,0]

Таблица 2. Динамика уровня маркеров ОПП относительно исходного уровня в группах  
Table 2. Dynamics of the level of OKF markers from the initial level in groups

Время исследования Research time	Цистатин С Cystatin C		NGAL		KIM-1		ИЛ-18	
	I группа Group I	II группа Group II	I группа Group I	II группа Group II	I группа Group I	II группа Group II	I группа Group I	II группа Group II
До операции, мг / мл, Before surgery, ngr / ml	9,9	8,1	16,3	16,4	2,3	1,2	50,6	25,8
Время после операции Time after surgery								
Через 12 ч, мг / мл, (динамика, %) After 12 h., mg / ml (dynamics in %)	10,3 (7,4%)	7,3 (-9,4%)	27,7 (69,2%)	18,1 (10,5%)	3,2 (40,2%)	1,5 (21%)	49,3 (-2,5%)	20,5 (-20,8%)
Через 24 ч, мг / мл, (динамика, %) After 24 h., mg / ml (dynamics in %)	12,8 (28,5%)	5,5 (-32,5%)	28,9 (76,6%)	18 (9,7%)	3,4 (45,4%)	2 (67,2%)	48,3 (-4,6%)	17,3 (-32,9%)
Через 48 ч, мг / мл, (динамика, %) After 48 h., mg / ml (dynamics in %)	10,6 (6,4%)	5,4 (-30%)	20,3 (24%)	16,9 (3,6%)	1,8 (-20,6%)	1,3 (3,2%)	50 (-1,2%)	22,3 (-13,7%)

## ОБСУЖДЕНИЕ

Современные методы лечения МКБ, несмотря на их минимальную инвазивность, характеризуются нарушениями целостности паренхимы почки, начиная с пункции полостной системы и дилатации кожно-почечного тракта с установкой кожуха, а также повреждения ее при гипертракции ригидного инструмента. В связи с чем были проведены исследования динамики уровня клубочковой фильтрации после перкутанной нефролитотрипсии. Следует также помнить о прессорном механизме острого почечного повреждения при неконтролируемой ирригации во время нефроскопии.

D. Reich с соавт. проанализировали результаты лечения пациентов после перкутанной нефролитотрипсии и обнаружили появление признаков ОПП в 24,9% случаев. Из них 1 стадия повреждения была в 81,7% и быстрое восстановление функции, ОПП 2 стадии и выше определено у 18,2% пациентов. Установлено, что пациенты, перенесшие ОПП, в большей степени подвержены в послеоперационном периоде развитию сепсиса, сердечно-сосудистых осложнений, а также более длительно пребывают в отделении интенсивной терапии [23].

M. Balasar и соавт. исследовали влияние калькулезного процесса и характеристик хирургического воздействия при ретроградной интратанальной хирургии (РИРХ), ПНЛ и микро-ПНЛ на уровень КИМ-1. Материал для исследования был взят у 60 пациентов с МКБ в день операции, через 4 часа и 14 дней после оперативного вмешательства. По данным исследования, выявлена прямая корреляция между размером камня и уровнем КИМ-1/креатинин. Отмечено снижение КИМ-1/креатинин через 4 часа в группе ПНЛТ, однако в группах РИРХ и микро-ПНЛ через 4 часа отмечено увеличение показателей. В группе ПНЛ и РИРХ через 14 дней выявлено снижение его ниже предоперационного уровня, а в группе микро-ПНЛ через 14 дней показатели были сопоставимы с предоперационным уровнем. Увеличение КИМ-1/креатинин у пациентов с крупными камнями связано, вероятнее всего, с наличием массивной оксалатурии, воспалительного процесса в почках, повышенного уровня внутрилоханочного давления. Значительное снижение КИМ-1/креатинин в группе ПНЛ на 14 день после вмешательства обусловлено низким уровнем прессорного параметра во время

процедуры, отсутствие резидуальных камней и адекватным дренированием почек. А изменения КИМ-1/креатинин в группе РИРХ, вероятно, связаны с высоким внутрилоханочным давлением и наличием остаточных мелких фрагментов в полостной системе почки [21].

M. Daggulli и соавт. оценивали биомаркеры ОПП Cr, КИМ-1, NAG, NGAL, L-FABP после ПНЛ, выполненной по поводу камней почек размерами больше 2 см. Определение маркеров производилось за 2 часа до операции и через 2 и 24 часа после оперативного вмешательства. Результаты показали, что соотношения КИМ-1/Cr, NAG/Cr, NGAL/Cr значительно увеличились через 24 часа после операции. А изменения L-FABP/Cr после операции были статистически незначимыми. Нарастание концентрации данных биомаркеров связано с наличием обструкции верхних мочевых путей, воспалительного процесса в почках и ишемического повреждения почечной паренхимы [24].

Анализируя данные нашего исследования, мы определили, что повышение концентрации Цистатина С и NGAL после ПНЛ превалировало в 1 группе (стандартная ПНЛ), что связано с более значимым гломерулярными изменениями, а также выделением биомаркеров канальцами из большей по площади поврежденной паренхимы почек. Изменения показателей уровня КИМ-1 в послеоперационном периоде были больше во 2 группе (мини-ПЕРК), что связано с наибольшим ишемическим повреждением почечной ткани в связи с прессорным воздействием ирригационной жидкости. Снижение уровня ИЛ-18 во 2 группе связано с меньшим повреждением почечных канальцев и отсутствием воспалительных реакций. Выяснено, что уже через 48 часов все биомаркеры ОПП претерпевают регресс. Для более обоснованного мнения необходимо проведение исследований с большей когортой пациентов.

## ВЫВОДЫ

Стандартные и миниперкутанные технологии эффективны и безопасны при чрескожном удалении крупных камней почек при использовании различных источников энергии. Использование минидоступа целесообразно у пациентов с нарушенной почечной функцией в связи с малой площадью травматизации паренхимы почек и быстрым восстановлением почечной функции. ■

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Stamatelou K, Goldfarb DS. Epidemiology of Kidney Stones. *Healthcare (Basel)* 2023;11(3):424. <https://doi.org/10.3390/healthcare11030424>.
2. Sorokin I, Mamoulakis C, Miyazawa K, Rodgers A, Talati J, Lotan Y. Epidemiology of stone disease across the world. *World J Urol* 2017;35(9):1301-20. <https://doi.org/10.1007/s00345-017-2008-6>.
3. Liu Y, Chen Y, Liao B, Luo D, Wang K, Li H, Zeng G. Epidemiology of urolithiasis in Asia. *Asian J Urol* 2018;5(4):205-14. <https://doi.org/10.1016/j.ajur.2018.08.007>.
4. Севрюков Ф.А., Малинина О.Ю., Елина Ю.А. Особенности заболеваемости населения Нижегородской области, Приволжского федерального округа и Российской Федерации болезнями мочеполовой системы и предстательной железы. *Социальные аспекты здоровья населения* 2011;6(22):8. [Sevryukov F.A., Malinina O. Yu., Elina Yu.A. Peculiar features of mor-

5. Аполихин О.И., Севрюков Ф.А., Сорокин Д.А., Карпухин И.В., Пучкин А.Б., Семёнычев Д.В. и др. Состояние и прогнозы заболеваемости взрослого населения Нижегородской области болезнями мочеполовой системы. *Экспериментальная и клиническая урология* 2012;(4):4-6. [Apolikhin O.I., Sevryukov F.A., Sorokin D.A., Karpuhin I.V., Puchkin A.B., Semyonichev D.V. et al. The state and forecasts of morbidity in the adult population of the Nizhny Novgorod region. *Экспериментальная и Клиническая урология* = *Experimental and Clinical*

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Urology 2012;(4):4-6. (In Russian)].
- Каприн А.Д., Аполихин О.И., Сивков А.В., Анохин Н.В., Гаджиев Н.К., Малхасян В.А., Акопян Г.Н., Просьянников М.Ю. Заболеваемость мочекаменной болезнью в российской Федерации с 2005 по 2020 гг. *Экспериментальная и клиническая урология* 2022;15(2):10-7. [Kaprin A.D., Apolikhin O.I., Sivkov A.V., Anokhin N.V., Gadzhiev N.K., Malkhasyan V.A., Akopyan G.N., Prosyannikov M.Yu. The incidence of urolithiasis in the Russian Federation from 2005 to 2020. *Eksperimentalnaya i Klinicheskaya urologiya = Experimental and Clinical Urology* 2022;15(2):10-7 (In Russian)]. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2022-15-2-10-17>.
  - De Sio M, Manfredi C, Fusco F, Creta M, Mirone V, Arcaniolo D. Recent advances in percutaneous lithotripsy techniques. *Curr Opin Urol* 2021;31(1):24-8. <https://doi.org/10.1097/MOU.0000000000000829>.
  - de la Rosette J, Assimos D, Desai M, Gutierrez J, Lingeman J, Scarpa R, Tefekli A; CROES PCNL Study Group. The Clinical Research Office of the Endourological Society Percutaneous Nephrolithotomy Global Study: indications, complications, and outcomes in 5803 patients. *J Endourol* 2011;25(1):11-7. <https://doi.org/10.1089/end.2010.0424>. PMID: 21247286.
  - Конкин А.Д., Мартов А.Г., Севрюков Ф.А., Кнутаев А.В., Сергеев В.П. Первый опыт лапароскопической анатрофической нефролитотомии. *Урология* 2016;(3):112-6. [Konkin A.D., Martov A.G., Sevryukov F.A., Knutov A.V., Sergeev V.P. Initial experience with laparoscopic anatomic nephrolithotomy. *Urologiya = Urologia* 2016;(3):112-6. (In Russian)].
  - Кочкин А.Д., Галлямов Э.А., Медведев В.Л., Биктимиров Р.Г., Мартов А.Г., Севрюков Ф.А. и др. Лапароскопическая пиелолитотомия при коралловидном нефролитиазе. Мультицентровое исследование. *Урология* 2017;(3):40-5. [Kochkin A.D., Gallyamov E.A., Medvedev V.L., Biktimirov R.G., Martov A.G., Sevryukov F.A., et al. Laparoscopic pyelolithotomy for staghorn kidney stones. a multi-center study. *Urologiya = Urologia* 2017;(3):40-5. (In Russian)]. <https://doi.org/10.18565/urol.2017.3.40-45>.
  - Kallidonis P, Tsaturyan A, Lattarulo M, Liatsikos E. Minimally invasive percutaneous nephrolithotomy (PCNL): Techniques and outcomes. *Turk J Urol* 2020;46(Suppl. 1):S58-S63. <https://doi.org/10.5152/tud.2020.20161>.
  - Казаченко А.В., Войтко Д.А., Просьянников М.Ю., Константинова О.В., Анохин Н.В., Аполихин О.И., Каприн А.Д. Современные маркеры определения функциональной способности почек в урологической практике. *Экспериментальная и клиническая урология* 2023;16(1):174-87. [Kazachenko A.V., Voytko D.A., Prosyannikov M.Yu., Konstantinova O.V., Anokhin N.V., Apolikhin O.I., Kaprin A.D. Modern markers for determining the functional ability of the kidneys in urological practice. *Eksperimentalnaya i Klinicheskaya urologiya = Experimental and Clinical Urology* 2023;16(1):174-87. (In Russian)]. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2023-16-1-174-187>.
  - Menez S, Parikh CR. Assessing the health of the nephron in AKI: biomarkers of kidney function and injury. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 2019;28(6):560-6. <https://doi.org/10.1097/MNH.0000000000000538>.
  - Bellomo R, Ronco C, Kellum JA, Mehta RL, Palevsky P. Acute renal failure—definition, outcome measures, animal models, fluid therapy and information technology needs: the Second International Consensus Conference of the Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) Group. *Critical Care* 2004;8(4):R204-12. <https://doi.org/10.1186/cc2872>.
  - Mehta RL, Kellum JA, Shah SV, Molitoris BA, Ronco C, Warnock DG, et al. Acute Kidney Injury Network: report of an initiative to improve outcomes in acute kidney injury. *Crit Care* 2007;11(2):R31. <https://doi.org/10.1186/cc5713>.
  - Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury. *Nephron Clin Pract* 2012;120(4):179-c184. <https://doi.org/10.1159/000339789>.
  - Schrezenmeier EV, Barasch J, Budde K, Westhoff T, Schmidt-Ott KM. Biomarkers in acute kidney injury—pathophysiological basis and clinical performance. *Acta Physiologica* 2017;219(3):554-72. <https://doi.org/10.1111/apha.12764>.
  - Gaião SM, Paiva JAOC. Biomarkers of renal recovery after acute kidney injury. *Rev Bras Ter Intensiva* 2017;29(3):373-81. <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20170051>.
  - Белый Л.Е., Ключков В.В., Ключков А.В. Новые биомаркеры повреждения почек и их использование при малоинвазивном лечении мочекаменной болезни. *Экспериментальная и клиническая урология* 2023;16(2):67-75. [Belyi L.E., Klochkov V.V., Klochkov A.V. New biomarkers of kidney damage and their use in minimally invasive treatment of urolithiasis. *Eksperimentalnaya i Klinicheskaya urologiya = Experimental and Clinical Urology* 2023;16(2):67-75. (In Russian)]. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2023-16-2-67-75>.
  - Bao GH, Ho CT, Barasch J. The Ligands of Neutrophil Gelatinase-Associated Lipocalin. *RSC Adv* 2015;5(126):104363-74. <https://doi.org/10.1039/C5RA18736B>.
  - Balasar M, Pişkin MM, Topcu C, Demir LS, Gürbilek M, Kandemir A, Öztürk A. Urinary kidney injury molecule-1 levels in renal stone patients. *World J Urol* 2016;34(9):1311-6. <https://doi.org/10.1007/s00345-016-1765-y>.
  - Lin X, Yuan J, Zhao Y, Zha Y. Urine interleukin-18 in prediction of acute kidney injury: a systemic review and meta-analysis. *J Nephrol* 2015;28(1):7-16. <https://doi.org/10.1007/s40620-014-0113-9>.
  - Reich DA, Adiyeye E, Ozrazgat-Baslanti T, Rabley AK, Bozorgmehri S, Bihorac A, et al. Clinical considerations for patients experiencing acute kidney injury following percutaneous nephrolithotomy. *Biomedicine* 2023;11(6):1712. <https://doi.org/10.3390/biomed11061712>.
  - Dagğüllü M, Utangaç MM, Dede O, Bodakci MN, Hatipoglu NK, Penbegül N, et al. Potential biomarkers for the early detection of acute kidney injury after percutaneous nephrolithotripsy. *Ren Fail* 2016;38(1):151-6. <https://doi.org/10.3109/0886022X.2015.1073494>.

## Сведения об авторах:

Рогачиков В.В. – к.м.н., заведующий урологическим отделением ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко»; Москва, Россия; RINиЦ Author ID 535395, <https://orcid.org/0000-0002-7674-5370>

Севрюков Ф.А. – д.м.н., профессор кафедры урологии им. Е.В. Шахова ФГБОУ ВО ПИМУ Минздрава России; Нижний Новгород, Россия; RINиЦ Author ID 431692, <https://orcid.org/0000-0001-5120-2620>.

Кудряшов А.В. – врач-уролог урологического отделения ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко»; аспирант кафедры урологии им. Е.В. Шахова ФГБОУ ВО ПИМУ Минздрава России; Москва, Россия; RINиЦ Author ID 1071804, <https://orcid.org/0000-0002-9270-8385>

Игнатьев Д.Н. – врач-уролог урологического отделения ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко»; аспирант кафедры урологии им. Е.В. Шахова ФГБОУ ВО ПИМУ Минздрава России; Москва, Россия; RINиЦ Author ID 1124757, <https://orcid.org/0000-0003-0013-2145>

Сотников А.С. – врач-уролог урологического отделения ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко»; Москва, Россия

## Вклад авторов:

Рогачиков В.В. – концепция исследования, написание текста, 25%  
Севрюков Ф.А. – общее руководство исследованием, анализ полученных данных 15%  
Кудряшов А.В. – концепция и дизайн исследования, статистическая обработка, написание текста, 35%  
Игнатьев Д.Н. – сбор и обработка материала, 15%  
Сотников А.С. – сбор и обработка материала, 10%

**Конфликт интересов:** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Финансирование:** Статья подготовлена без спонсорской поддержки.

**Статья поступила:** 28.03.24

**Результаты рецензирования:** 12.05.24

**Исправления получены:** 24.06.24

**Принята к публикации:** 30.06.24

## Information about authors:

Rogachikov V.V. – PhD, Head of the Urology Department of the Clinical Hospital «Clinical Hospital of the Russian Railways-Medicine named Semashko»; Moscow, Russia; RSCI Author ID 535395, <https://orcid.org/0000-0002-7674-5370>

Sevryukov F.A. – Dr. Sci., Professor at the E.V. Shakhov Department of Urology, Privolzhsky Research Medical University; Nizhny Novgorod, Russia; RSCI Author ID 431692, <https://orcid.org/0000-0001-5120-2620>

Kudryashov A.V. – urologist of the Urology Department of the Clinical Hospital «Clinical Hospital of the Russian Railways-Medicine named Semashko», PhD student at the E.V. Shakhov Department of Urology, Privolzhsky Research Medical University; Moscow, Russia; RSCI Author ID 1071804, <https://orcid.org/0000-0002-9270-8385>

Ignatiev D.N. – urologist of the Urology Department of the Clinical Hospital «Clinical Hospital of the Russian Railways-Medicine named Semashko» PhD student at the E.V. Shakhov Department of Urology, Privolzhsky Research Medical University; Moscow, Russia; RSCI Author ID 1124757, <https://orcid.org/0000-0003-0013-2145>

Sotnikov A.S. – urologist of the Urology Department of the Clinical Hospital «Clinical Hospital of the Russian Railways-Medicine named Semashko»; Moscow, Russia

## Authors' contributions:

Rogachikov V.V. – concept of the article, writing of the text, 25%  
Sevryukov F.A. – general management of the study, analysis of the obtained data, 15%  
Kudryashov A.V. – concept and design of the article, statistical processing, text writing, 35%  
Ignatiev D.N. – collection and processing of material, 15%  
Sotnikov A.S. – collection and processing of material, 10%

**Conflict of interest.** The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Financing.** The article was made without financial support.

**Received:** 28.03.24

**Peer review:** 12.05.24

**Corrections received:** 24.06.24

**Accepted for publication:** 30.06.24