



## Анализ факторов, влияющих на непосредственные результаты перкутанной нефролитолапаксии, выполняемой под ультразвуковым и эндовизуальным контролем

© Вагиф А. Атдуев<sup>1,2</sup>, Дмитрий В. Абрамов<sup>2</sup>, Максим Б. Дырдик<sup>2</sup>, Андрей А. Данилов<sup>2</sup>, Денис С. Ледяев<sup>1,2</sup>, Вадим Э. Гасраталиев<sup>1,2</sup>, Андрей Б. Строганов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России  
603950, Россия, г. Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского. д. 10/1

<sup>2</sup> ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр» ФМБА России  
603001, Россия, г. Нижний Новгород, Нижневолжская набережная, д. 2

### Аннотация

**Введение.** В последние годы в клиническую практику внедряются методы ультразвукового и эндовизуального контроля при выполнении перкутанной нефролитолапаксии.

**Цель исследования.** Выявить наиболее значимые факторы, влияющие на частоту полной элиминации камней и развитие осложнений при перкутанной нефролитолапаксии, выполняемой под ультразвуковым и эндовизуальным контролем.

**Материалы и методы.** Проанализированы результаты лечения 515 пациентов с камнями почек, которым выполнена перкутанная нефролитолапаксия под ультразвуковой навигацией и эндовидеоскопическим контролем по новому, предложенному нами способу.

**Результаты.** Средняя длительность операции составила  $77,2 \pm 1,9$  минут. Большинство операций были выполнены через один пункционный доступ (95,1%) и за один этап (91,8%) с полной элиминации камней в (80,6%). Степень снижения гемоглобина в послеоперационном периоде составила  $12,18 \pm 0,6$  г/л, частота послеоперационных осложнений – 29,3%. В большинстве случаев осложнения были 1 – 2 степени тяжести по Clavien-Dindo. В результате многофакторного регрессионного анализа независимыми предикторами, влияющими на частоту полной эрадикации камня оказались количество камней ( $p = 0,012$ ), наличие коралловидного камня ( $p = 0,016$ ) и количество этапов оперативного вмешательства ( $p = 0,001$ ). Корреляционный анализ выявил статистически значимую отрицательную корреляцию между индексом массы тела и развитием осложнений ( $p = 0,005$ ), положительную корреляцию между инфекцией мочевых путей и развитием осложнений ( $p = 0,048$ ), положительную корреляцию между степенью кровопотери и развитием осложнений ( $p < 0,001$ ).

**Заключение.** Перкутанная нефролитолапаксия под ультразвуковым и эндовизуальным контролем без использования рентгена является эффективным методом вмешательства для большинства пациентов с камнями почек. Полная эрадикация камня зависит от количества камней, наличия коралловидного камня и количества этапов оперативного вмешательства. На частоту развития осложнений достоверно влияют индекс массы тела, наличие мочевой инфекции и степень снижения во время операции гемоглобина.

**Ключевые слова:** мочекаменная болезнь; перкутанная нефролитолапаксия; ультразвуковой и эндовизуальный контроль; осложнения

**Аббревиатуры:** перкутанная нефролитолапаксия (ПНЛ); чашечно-лоханочная система (ЧЛС); ультразвуковой (УЗ)

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки. **Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Информированное согласие.** Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. **Вклад авторов:** В.А. Атдуев – концепция и дизайн исследования, научное руководство и редактирование; Д.В. Абрамов, М.Б. Дырдик, А.А. Данилов – сбор и обработка данных; Д.С. Ледяев – анализ данных, статистическая обработка данных; В.Э. Гасраталиев – сбор и анализ данных, обзор литературы, написание текста рукописи; А.Б. Строганов – интерпретация данных, написание текста рукописи, научное редактирование. ✉ **Корреспондирующий автор:** Вадим Эльбрусевич Гасраталиев; e-mail: gasr.vadim@gmail.com **Поступила в редакцию:** 10.02.2022. **Принята к публикации:** 14.04.2022. **Опубликована:** 26.06.2022. **Для цитирования:** Атдуев В.А., Абрамов Д.В., Дырдик М.Б., Данилов А.А., Ледяев Д.С., Гасраталиев В.Э., Строганов А.Б. Анализ факторов, влияющих на непосредственные результаты перкутанной нефролитолапаксии, выполняемой под ультразвуковым и эндовизуальным контролем. *Вестник урологии*. 2022;10(2):05-18. DOI: 10.21886/2308-6424-2022-10-2-05-18.

# Percutaneous nephrolitholapaxy performed under ultrasound and endovisual guidance: evaluation of the factors affecting the immediate outcomes

© Vagif A. Atduev<sup>1,2</sup>, Dmitry V. Abramov<sup>2</sup>, Maksim B. Dyrdik<sup>2</sup>, Andrey A. Danilov<sup>2</sup>, Denis S. Ledyayev<sup>1,2</sup>, Vadim E. Gasrataliev<sup>1,2</sup>, Andrey B. Stroganov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Privolzhsky Research Medical University  
10/1 Minina and Pozharskogo Sq., Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation

<sup>2</sup> Volga District Medical Center under Federal Medical and Biological Agency of Russian Federation  
2 Nizhnevolzhskaya Qy., Nizhny Novgorod, 603001, Russian Federation

## Abstract

**Introduction.** In recent years, ultrasound and endovisual guidance have been introduced into clinical practice when performing percutaneous nephrolitholapaxy.

**Objective.** To identify the most significant factors that influence the frequency of complete elimination of stones and the development of complications in percutaneous nephrolitholapaxy performed under ultrasound and endovisual guidance.

**Materials and methods.** We analyzed the results of the treatment of 515 kidney stone patients who underwent percutaneous nephrolitholapaxy under ultrasound navigation and endovideoscopic guidance using a new method developed by us.

**Results.** The average duration of the operation was  $77.2 \pm 1.9$  min. Most of the operations were performed through one puncture access (95.1%) and in one stage (91.8%) with complete stone elimination in 80.6% of the cases. The degree of decrease in hemoglobin in the postoperative period was only  $12.18 \pm 0.6$  g/l. The frequency of postoperative complications was 29.3%, in most cases there were 1 - 2 severity grades according to Clavien-Dindo. As a result of multivariate regression analysis, independent predictors influencing the frequency of complete stone eradication were the number of stones ( $p = 0.012$ ), the fact of the presence of staghorn stone ( $p = 0.016$ ), the number of stages of surgical intervention ( $p = 0.001$ ). Correlation analysis revealed a statistically significant negative correlation between body mass index and the occurrence of complications ( $p = 0.005$ ), a positive correlation between the presence of urinary tract infection and the occurrence of complications ( $p = 0.048$ ), a positive correlation between the grade of blood loss and the occurrence of expectation ( $p < 0.001$ ).

**Conclusions.** Percutaneous nephrolitholapaxy under ultrasound and endovisual guidance without the use of X-rays is an effective intervention for most patients with kidney stones. Complete stone eradication depends on the number of stones, the presence of staghorn stone, and the number of stages of surgery. The incidence of complications is significantly affected by the body mass index, the presence of urinary infection and the degree of decrease in hemoglobin during surgery.

**Keywords:** urolithiasis; percutaneous nephrolitholapaxy; ultrasonography; endoscopy; complications

**Abbreviations:** percutaneous nephrolitholapaxy (PCNL); pelvicalyceal system (PCS); ultrasonic (US)

**Financing.** The study did not have sponsorship. **Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interests. **Informed consent.** All patients signed an informed consent to participate in the study. **Authors' contribution.** V.A. Atduev – supervision, research conception, research design development, data analysis, drafting the manuscript, final approval; D.V. Abramov, M.B. Dyrdik, A.A. Danilov – data acquisition, data interpretation, data analysis, drafting the manuscript; D.S. Ledyayev – data analysis, statistical data processing; V.E. Gasrataliev – data acquisition, data interpretation, data analysis, literature review, drafting the manuscript; A.B. Stroganov – data interpretation, literature review, drafting the manuscript, scientific editing. ✉ **Corresponding author:** Vadim E. Gasrataliev; e-mail: gasr.vadim@gmail.com **Received:** 02/10/2022. **Accepted:** 04/14/2022. **Published:** 06/26/2022. **For citation:** Atduev V.A., Abramov D.V., Dyrdik M.B., Danilov A.A., Ledyayev D.S., Gasrataliev V.E., Stroganov A.B. Percutaneous nephrolitholapaxy performed under ultrasound and endovisual guidance: evaluation of the factors affecting the immediate outcomes. *Vestn. Urol.* 2022;10(2):05-18. (In Russ.). DOI: 10.21886/2308-6424-2022-10-2-05-18.

## Введение

В текущее время стандартным методом лечения конкрементов почек является перкутанная нефролитолапаксия (ПНЛ). Данная методика малоинвазивного лечения пациентов с крупными и коралловидными камнями почек продемонстрировала свою

эффективность при низкой частоте развития серьезных осложнений [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Перкутанные малоинвазивные операции на почках имеют и свои специфические осложнения, такие как развитие воспалительного процесса, кровотечения,

повреждения плевральной полости и органов брюшной полости и необходимость проведения повторных операций [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]. При крупных и множественных камнях почек, особенно при наличии коралловидных камней, ПНЛ не всегда позволяет добиться полной элиминации камней, и тогда приходится выполнять несколько оперативных вмешательств, что повышает риски периоперационных осложнений [19, 20, 21].

На сегодняшний день выполнение перкутанных вмешательств требует рентгеновского контроля [7, 22, 23, 24]. Проведение операций под рентгеновским контролем не лишено недостатков: это в первую очередь высокая лучевая нагрузка на медицинский персонал и на пациента, необходимость наличия отдельной специализированной операционной, дорогостоящего оборудования. Также, несмотря на использование специальных защитных средств, частые перкутанные вмешательства с применением рентгеноскопии могут привести к развитию различных осложнений у медицинского персонала [24, 25, 26, 27, 28]. Длительная рентгеноскопия при перкутанных операциях может быть причиной развития катаракты [27], максимальная лучевая нагрузка на глаза хирурга наступает после 1200 ПНЛ в течение одного года, а суммарная доза радиации при этом составляет около 150 mSv [28]. Также медицинский персонал вынужден носить в течение всей операции защитные средства существенного веса, нарушающие терморегуляцию организма хирурга, затрудняющие выполнение манипуляций во время операции.

Техника выполнения ПНЛ постоянно совершенствуется, разрабатываются новые более безопасные технологии [29]. В последние годы в клиническую практику внедряются альтернативные рентгеновскому контролю выполнения ПНЛ методы ультразвукового сканирования [30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37]. Всесторонняя клиническая оценка эффективности новых технологий выполнения ПНЛ является актуальной.

#### Цель исследования

Выявить наиболее значимые факторы, влияющие на частоту полной элиминации камней и развитие осложнений при перкутанной нефролитолитотомии, выполняемой под ультразвуковым и эндовизуальным контролем.

#### Материалы и методы

Анализируются результаты лечения 515 (84,1%) пациентов, которым была осуществлена ПНЛ по оригинальной методике ультразвукового и эндовизуального контроля (Патент на изобретение РФ № 2755226; 15 марта 2021 года) [38]. Пациенты были прооперированы в урологической клинике ФБУЗ «Приволжский окружной медицинский центр» ФМБА России (г. Нижний Новгород). Для анализа и стратификации осложнений ПНЛ использовали модифицированную классификацию хирургических осложнений системы Clavien-Dindo [39, 40, 41, 42, 43, 44].

#### Техника проведения ПНЛ под ультразвуковым и эндовизуальным контролем

В 2007 году в урологической клинике Приволжского окружного медицинского центра ФМБА России был разработан и в дальнейшем совершенствовался оригинальный метод проведения перкутанной нефролитолитотомии под ультразвуковым (УЗ) и эндовизуальным контролем [38]. К настоящему времени этим методом выполнено более 4 тысяч ПНЛ. В технических особенностях операции выделяют несколько моментов. Пациента укладывают на «здоровый» бок в дорсолатеральное положение так, чтобы оперируемая почка оказалась сверху. Костовертебральный угол увеличивают путём опускания головного и ножного концов стола относительно оси на уровне L4 – L5 (рис. 1).

На УЗ-аппарате Ultrasonic scanner Phillips HD7 (Koninklijke Philips N.V., Philips Medical Systems Nederland B.V., Heerlen, The Netherlands) выбирают режим для пункции. Выполняют ультразвуковое исследование почки и окружающих органов, дифференцируют УЗ-ориентиры (размеры и форма почки, вид чашечно-лоханочной системы (ЧЛС), количество, конфигурация и размеры камней). Далее выбирают оптимальное направление для пункции. Ход пункционного канала не должен пересекать соседние с почкой органы (печень, селезёнку, синус лёгкого, кишечник, складки брюшины, крупные сосуды). Отсутствие расширения ЧЛС не препятствует её пункции, в таких случаях для конечной точки пункции выбирают наружный край камня в лоханке или в чашечке. Иглу проводят по направлению к выбранной точке, а её ход соответствует пункционным меткам на экране. Продвижение иглы – сту-



**Рисунок 1.** Дорсолатеральное положение пациента при подготовке к перкутанной нефролито- лапаксии под ультразвуковым и эндовизуальным контролем

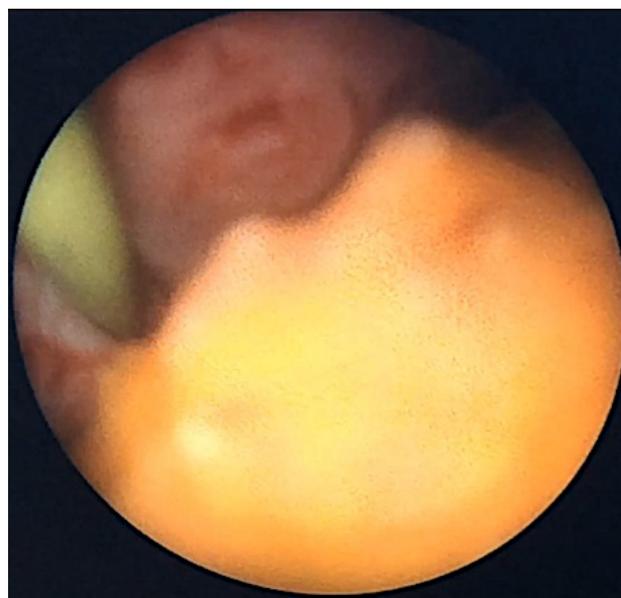
**Figure 1.** Dorsal-lateral positioning to percutaneous nephrolitholapaxy under ultrasound and endovisual control

пенчатое в соответствии с дыхательными движениями пациента, то есть в паузах на высоте вдоха или выдоха. При этом должен быть виден кончик пункционной иглы в виде яркой светлой точки. Когда игла попадает в полость, внутреннюю часть иглы извлекают. К игле присоединяют шприц. Создавая в шприце вакуум, получают мочу. Далее в иглу вводят супержёсткую струну, при этом также необходимо контролировать её продвижение на дисплее УЗ-аппарата. Кончик струны, заходя дальше иглы, сворачивается в кольцо за счёт её конструкции и в дальнейшем препятствует ранению дистальных от неё тканей. Оставляя струну на месте, извлекают иглу, снимая её со струны.

Следующим этапом расширяют пункционный канал до 12 Ch пластиковым бужом, надевая его на струну и продвигая вращательными движениями до завитка струны, который является естественным препятствием. Далее необходимо извлечь буж и на струну надеть уретероскоп 10 Ch («Karl Storz SE GmbH & Co. KG.», Tutlingen, Germany). Уретероскоп вводят в нефростомический канал по струне под притоком жидкости, при этом видны ткани, через которые проведена пункция. Сразу можно увидеть и диагностировать ранение кишки, плевральной полости, брюшной полости и другие погрешности ещё до начала установки трубки Amplatz («Boston Scientific Corp.», San Jose, CA, USA) и до начала основного этапа операции. При выявлении технических погрешностей, не позволяющих продолжить оперативное вмешательство, подготовленный канал необходимо покинуть.

В случае удачной пункции уретероскоп проходит через слои брюшной стенки, забрюшинного пространства и паренхи-

му почки в полостную систему почки. Далее выполняют нефроскопию («Karl Storz SE GmbH & Co. KG.», Tutlingen, Germany). В лоханочно-мочеточниковый сегмент и далее в мочеточник проводят страховочную струну (рис. 2). Страховочная струна остаётся на месте, а уретероскоп необходимо с неё снять. После этого уретероскоп вновь вводят в пункционный канал вдоль страховочной струны и вновь осматривают канал. Когда инструмент проникает в полостную систему почки, ещё раз необходимо осмотреть все полости, камень и оценить возможности его удаления. При визуализации



**Рисунок 2.** Работа уретероскопом по ходу установленной в лоханочно-мочеточниковый сегмент страховочной струны и повторный контроль конкремента

**Figure 2.** Manipulations with the ureteroscope along the guidewire installed in the ureteropelvic junction and re-control of the stone

выбирают оптимальное место в полостной системе для последующего расширения канала и установки Amplatz-трубки. В это место вновь проводят супержёсткую струну, и её завиток располагают в этой зоне ЧЛС. Уретероскоп снимают со струны. Канал расширяют с использованием расширителей Alken («Karl Storz SE GmbH & Co. KG», Tutlingen, Germany) до 26 Ch.

Для безопасного расширения канала с одновременным проведением в конечную точку необходимо фиксировать наружный тубус нефроскопа с надетой на него Amplatz-трубкой, что препятствует их смещению при продвижении в почку, предотвращая травму наружным тубусом нефроскопа. Мы используем оригинальную усовершенствованную конструкцию фиксирующего элемента («Karl Storz SE GmbH & Co. KG», Tutlingen, Germany), взятую от obturator нефроскопа, которую соединили при помощи сварки к последней трубке расширителя. Для расширения канала по струне проводят первую трубку с оливой до изгиба завитка струны, который является естественным препятствием для дальнейшего продвижения. Этот этап следует проводить без усилий. Трубка должна скользить по струне до появления небольшого сопротивления. При продвижении визуальным контролем исходное направление и глубину канала. На эту трубку последовательно надевают каждую последующую трубку и проводят их до препятствия при одновременном удержании наружной части трубки с оливой на месте, фиксацией её в руке, для профилактики неконтролируемого продвижения вперёд от выбранной ранее точки. При этом для контроля нахождения трубок в полости используют метод «пальпации»: при каждом проведении очередной трубки до препятствия на оливе наружная трубка подтягивается на 3 – 4 мм и трубка с оливой может свободно перемещаться от конца трубок расширителей до дистального края. Это может быть или камень, или стенки чашечки или лоханки. Трубку Amplatz сразу не проводят, а оставляют на тубусе аппарата. После проведения последнего расширителя с фиксированным к нему наружным тубусом нефроскопа 26 Ch (рис. 3), завязанную заранее нитку пересекают и снимают, или размыкают фиксирующий механизм оригинальной конструкции. Расширители вынимают, при этом струна остается в почке.

При удерживании наружного тубуса нефроскопа в него проводят уретероскоп с подключенной ирригационной системой. Необходимо осмотреть полученную в результате расширения полость и на глаз, с помощью ассистента, который может помочь, удерживая или уретероскоп или тубус нефроскопа. При этом в процессе визуального контроля необходимо продвигать Amplatz-трубку до её появления на экране видеосистемы. Уретероскоп заменяют на нефроскоп. При визуальном контроле окончательно регулируют положение трубок. Выбирают метод литотрипсии.

Для литотрипсии можно использовать пневматический, ультразвуковой и / или лазерный литотриптеры. Фрагменты камней извлекают щипцами или эвакуируют отсосом. Ассистент при этом удерживает наружную трубку для профилактики её миграции. Визуально и с помощью УЗИ-сканирования оценивают полноту удаления всех фрагментов. При их обнаружении необходимо оценить возможность удаления конкрементов из данного доступа или необходимость выполнения дополнительного доступа. После завершения литотрипсии через амплац-трубку устанавливают мочеточниковый стент,



**Рисунок 3.** Контроль фиксации стерильной капроновой нитью тубуса нефроскопа к крайней дилатационной трубке 26 Ch перед установкой

**Figure 3.** Controlling the fixation of the nephroscope tube with a sterile nylon thread to the last-used dilatation tube 26 Ch before installation

ассоциированный с нефростомическим дренажом под эндовизуальным контролем без использования рентгеновского излучения.

#### Методы статистического анализа

Статистический анализ материала проводили с использованием лицензионного пакета IBM SPSS Statistics ver. 14.0.1 («SPSS: An IBM Company», IBM SPSS Corp., Armonk, NY, USA) и электронных таблиц Microsoft Word 2016 и Excel 2016 (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA). В группах рассчитывали показатели описательной статистики (средние значения, ошибки средних значений, моду, медиану, максимальные и минимальные значения показателей). Для статистического анализа качественных признаков использовали метод расчёта коэффициента корреляции и 95% доверительных интервалов (ДИ) по Spearman. Для проверки гипотезы о статистической значимости различий качественных признаков в группах наблюдения использовали ана-

лиз таблиц сопряжённости с расчётом  $\chi^2$ -критерия Pearson и  $\chi^2$  с поправкой Yates при четырёхпольных таблицах с числом наблюдений в отдельных ячейках менее 10. Сравнение групп по количественному признаку производили с применением t-критерия Student при выполнении условий его применимости и с применением критерия Mann-Whitney в остальных случаях. Отношение шансов (ОШ) оценивали с помощью регрессионного анализа (логистическая регрессия). Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05 ( $p < 0,05$ ).

#### Результаты

Исходные характеристики пациентов до выполнения ПНЛ представлены в таблице 1. Средняя продолжительность операции составила  $77,2 \pm 1,9$  минут. Большинство операций были выполнены через один пункционный доступ (95,1%) и за один этап (91,8%) с полной элиминацией камней в 80,6% слу-

**Таблица 1.** Исходные характеристики больных  
**Table 1.** Initial demographics of patients

Показатель <i>Indicator</i>		Значение <i>Value</i>
Средний возраст, лет <i>Average age, years</i>		53,63 $\pm$ 0,55
Медиана давности заболевания, мес. <i>Median disease duration, months</i>		48,0 (ДИ 95% = 27 – 60)
Пол <i>Sex</i>	мужской   <i>male</i>	189 (36,7%)
	женский   <i>female</i>	326 (63,3%)
Единичные камни <i>Single stones</i>		332 (64,5%)
Множественные камни <i>Multiple stones</i>		183 (35,6%)
Рецидивные камни <i>Recurrent stones</i>		245 (47,6%)
Рентгеноконтрастные камни <i>Radiopaque stones</i>		407 (79,0%)
Рентгенонегативные камни <i>Radionegative stones</i>		108 (21,0%)
Локализация камня <i>Stone localization</i>	справа   <i>right</i>	262 (50,9%)
	слева   <i>left</i>	253 (49,1%)
Размер камня, мм <i>Stone size, mm</i>	5 – 10	41 (8,0%)
	10 – 20	206 (40,0%)
	> 20	268 (52,0%)
Средний размер камня, мм <i>Average stone size, mm</i>		25,73 $\pm$ 0,54

**Таблица 1** (продолжение). Исходные характеристики больных  
**Table 1** (continue). Initial demographics of patients

Показатель <i>Indicator</i>	Значение <i>Value</i>	
	лоханка   <i>pelvis</i>	215 (41,7%)
	лоханка и чашечки   <i>pelvis and calyces</i>	68 (13,2%)
	чашечки   <i>calyces</i>	31 (6,0%)
Расположение камня <i>Stone location</i>	ЛМС   <i>UPJ</i>	18 (3,5%)
	K1	44 (8,5%)
	K2	62 (12%)
	КК   <i>Staghorn</i>	37 (7,2%)
	K3	40 (7,8%)
	K4	40 (7,8%)
Гидронефроз <i>Hydronephrosis</i>		224 (43,5%)
	дефицит массы тела   <i>underweight</i>	9 (1,7%)
	норма   <i>normal</i>	84 (16,1%)
ИМТ <i>BMI</i>	избыточная масса   <i>overweight</i>	151 (29,3%)
	ожирение I степени   <i>obesity I grade</i>	162 (31,6%)
	ожирение II степени   <i>obesity II grade</i>	66 (12,8%)
	ожирение III степени   <i>obesity III grade</i>	42 (8,1%)

**Примечание.** ИМТ – индекс массы тела; КК – кораллоподобные камни; ЛМС – лоханочно-мочеточниковый сегмент  
**Note.** BMI – body mass index; UPJ – ureteropelvic junction

чаев. Степень снижения гемоглобина в послеоперационном периоде составила всего  $12,18 \pm 0,6$  г/л, частота послеоперационных осложнений – 29,3% случаев. В большинстве случаев осложнения были 1 – 2 степени тяжести по Clavien-Dindo (табл. 2).

Осложнение IIIa степени было в одном случае – пневмоторакс и плевральная пункция. Осложнения IIIb степени возникли у 8 (1,6%) пациентов: 3 (0,58%) – внутрибрюшное кровотечение (лапароскопия), 1 (0,19%) – перфорация толстой кишки (лапаротомия и ушивание дефекта кишки), 3 (0,58%) – почечное кровотечение (селективная эмболизация сосуда), 1 (0,19%) – забрюшинное кровотечение (ревизия почки, остановка кровотечения). Большинство этих осложнений (6 из 8) возникли в первый год разработки и освоения техники ПНЛ. Осложнение IVa степени было у одного пациента (0,19%) – стенокардия. Осложнение IVb степени возникло также у одного пациента (0,19%) – уросепсис и септический шок, на фоне интенсивной терапии наступило выздоровление пациента. Осложнение V степени было у одного (0,19%) пациента – массивная ТЭЛА, которая привела к летальному исходу.

С целью выявления независимых предикторов полной элиминации камня был проведён однофакторный регрессионный

**Таблица 2.** Непосредственные результаты перкутанной нефролитотомии  
**Table 2.** Immediate outcomes of percutaneous nephrolithotomy

Показатель <i>Indicator</i>	Значение <i>Value</i>	
Длительность операции, мин <i>Duration of operation, min</i>	53,63 ± 0,55	
Снижение гемоглобина, г/л <i>Decrease in hemoglobin, g/l</i>	12,18 ± 0,6	
Количество доступов: <i>Number of approaches:</i>	1	490 (95,1%)
	2	20 (3,9%)
	3	5 (1,0%)
Этапы операции: <i>Operation steps:</i>	1	473 (91,8%)
	2	16 (6,8%)
	3	1 (0,4%)
	4	2 (0,9%)
Полная элиминация камней <i>Complete elimination of stones</i>	415 (80,6%)	
Послеоперационные осложнения (степень Clavien-Dindo): <i>Postoperative complications (Clavien-Dindo grade):</i>	151 (29,3%)	
	I	79 (15,3%)
	II	60 (11,2%)
	IIIa	1 (0,2%)
	IIIb	8 (1,6%)
	IVa	1 (0,2%)
	IVb	1 (0,2%)
	V	1 (0,2%)

анализ (табл. 3). Независимыми предикторами, влияющими на частоту полной эрадикации камня, явились индекс массы тела (ИМТ), размер камня, количество камней, количество этапов операции и количество доступов, наличие кораллоподобного камня,

рентгеннегативные камни и длительность операции.

Для уточнения характера независимых предикторов полной элиминации камня был проведён многофакторный регрессионный анализ (табл. 4). Независимыми пре-

**Таблица 3.** Однофакторный регрессионный анализ предикторов полной элиминации камня  
**Table 3.** Univariate regression analysis of predictors of complete stone elimination

Фактор <i>Factor</i>	p	ОШ   OR Exp (B)	95% ДИ для EXP (B) 95% CI for EXP (B)	
			Нижняя <i>Lower</i>	Верхняя <i>Upper</i>
Возраст <i>Age</i>	0,998	1,000	0,975	1,026
Пол <i>Sex</i>	0,822	1,075	0,574	2,011
Длительность заболевания <i>Disease duration</i>	0,468	0,999	0,997	1,001
Рецидивный камень <i>Recurrent stone</i>	0,549	0,817	0,422	1,582
ИМТ (индекс Кетле) <i>BMI (Quetelet's index)</i>	0,033	1,064	1,005	1,126
Креатинин (до операции) <i>Creatinine (before surgery)</i>	0,774	0,988	0,987	1,010
Сторона поражения <i>Side</i>	0,433	1,278	0,692	2,359
Гидронефроз <i>Hydronephrosis</i>	0,986	0,993	0,478	2,064
Гемоглобин (до операции) <i>Hemoglobin (before surgery)</i>	0,763	0,997	0,977	1,017
Количество этапов <i>Number of stages</i>	< 0,001	0,047	0,013	0,172
Количество доступов <i>Number of approaches</i>	0,003	0,242	0,96	0,614
Размер камня, мм <i>Stone size, mm</i>	< 0,001	0,941	0,914	0,969
Количество камней (единичный / нет) <i>Number of stones (single / none)</i>	0,005	0,407	0,218	0,76
КК (да / нет) <i>Staghorn (yes / no)</i>	0,001	0,298	0,149	0,593
Инфицированность (до операции) <i>Infection (before surgery)</i>	0,291	0,701	0,363	1,355
Рентгеноконтрастность камня <i>Radiopacity of the stone</i>	0,045	0,331	0,112	0,977
Длительность операции, мин <i>Duration of operation, min</i>	< 0,001	0,983	0,975	0,991
Кровопотеря <i>Blood loss</i>	0,08	0,98	0,958	1,002

**Примечание.** ИМТ – индекс массы тела; КК – кораллоподобные камни; ОШ – отношение шансов; ДИ – доверительный интервал  
**Note.** BMI – body mass index; OR – odds ratio; CI – confidence interval

**Таблица 4.** Многофакторный регрессионный анализ предикторов полной элиминации камня  
**Table 4.** Multivariate regression analysis of predictors of complete stone elimination

Фактор Factor	p	ОШ   OR Exp (B)	95% ДИ для EXP (B) 95% CI for EXP (B)	
			Нижняя Lower	Верхняя Upper
Возраст Age	0,419	1,016	0,978	1,056
Пол Sex	0,922	1,049	0,402	2,738
Длительность заболевания Disease duration	0,307	0,998	0,994	1,002
Рецидивный камень Recurrent stone	0,268	1,044	0,967	1,127
ИМТ (индекс Кетле) BMI (Quetelet's index)	0,514	1,006	0,987	1,026
Креатинин (до операции) Creatinine (before surgery)	0,639	1,307	0,428	3,991
Сторона поражения Side	0,622	1,008	0,977	1,039
Гидронефроз Hydronephrosis	0,001	0,046	0,008	0,274
Гемоглобин (до операции) Hemoglobin (before surgery)	0,911	1,092	0,233	5,128
Количество этапов Number of stages	0,675	0,989	0,938	1,042
Количество доступов Number of approaches	0,012	3,49	1,31	9,299
Размер камня, мм Stone size, mm	0,016	4,271	1,304	13,988
Количество камней (единичный / нет) Number of stones (single / none)	0,597	0,775	0,301	1,997
КК (да / нет) Staghorn (yes / no)	0,495	0,607	0,145	2,543
Инфицированность (до операции) Infection (before surgery)	0,055	0,989	0,977	1,000
Рентгеноконтрастность камня Stone's radiopacity	0,951	1,001	0,962	1,043

**Примечание.** ИМТ – индекс массы тела; КК – коралловидные камни; ОШ – отношение шансов; ДИ – доверительный интервал

**Note.** BMI – body mass index; OR – odds ratio; CI – confidence interval

дикторами, влияющими на частоту полной эрадикации камня, стали следующие: количество камней ( $p = 0,012$ ), факт наличия коралловидного камня ( $p = 0,016$ ), а также количество этапов оперативного вмешательства ( $p = 0,001$ ).

### Обсуждение

Перкутанная нефролитотрипсия является одним из наиболее эффективных методов лечения крупных и коралловидных

камней почек [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Благодаря совершенствованию техники ПНЛ в настоящее время заменила открытую операцию при лечении сложных камней почек. Однако ПНЛ независимо от методики выполнения чревата развитием различной категории и тяжести осложнений [9, 10, 16, 19, 43]. Обзор литературы, проведённый E. Taylor et al. (2012), включавший 5803 пациента, перенесших ПНЛ с применением традиционных методов, продемонстриро-

вал частоту осложнений в среднем 21,5% [42]. Повреждения плевры встречались 0,30 – 1,58% случаев, гемотрансфузии проводились в 2,0 – 6,9% случаев, повторные оперативные вмешательства из-за осложнений потребовались у 2% пациентов, летальные исходы зафиксированы у 2 (0,03%) пациентов с осложнением V степени по Clavien-Dindo (тромбоэмболия легочной артерии, инфаркт миокарда на фоне тяжелого сепсиса). В другом литературном обзоре, включившем более 12 000 пациентов, было показано, что частота осложнений ПНЛ составляет 23,3% (16,2 – 60,3%): лихорадка – 10,8%, переливание крови – 7,0%, торакальные осложнения – 1,5%, сепсис – 0,5%, повреждения органов брюшной полости – 0,4%, эмболизация артерий почки – 0,4%, уринома – 0,2%, летальность – 0,05% (0,04 – 0,10%) [44]. Частота, структура и тяжесть осложнений ПНЛ, продемонстрированные в нашем исследовании, аналогичны тем, которые представлены в современной литературе. Важным показателем эффективности методики ПНЛ является частота полной элиминации камней (по данным литературы, составляет в среднем 78,0%). Частота полной элиминации камней зависит от размеров камней и составляет: при камнях размером менее 1 см – 100,0%, от 1 до 2 см – 93,0%, более 2 см – 86,0% [21].

*M. Osman et al.* (2005) после первичной ПНЛ под УЗ-контролем прибегали к дополнительным вмешательствам у 33,0% больных (дистанционная ударно-волновая литотрипсия, повторные ПНЛ, уретероскопия), у большинства из которых были кораллоподобные камни [32]. В нашем материале этот показатель составил 80,6%. Полученные результаты сравнимы с результатами ПНЛ, опубликованными в литературе.

### Заключение

Перкутанная нефролитолапаксия под ультразвуковым и эндовизуальным контролем без использования рентгена является эффективным методом вмешательства для большинства пациентов с камнями почек. Полная элиминация камней при использовании ультразвукового и эндовизуального контроля выполнения ПНЛ достигает 80,6%. Частота полной эрадикации камня достоверно зависит от количества камней, от наличия кораллоподобного камня, а также от количества этапов оперативного вмешательства. Частота ранних осложнений ПНЛ составляет 29,3%, в большинстве случаев 1 – 2 степени тяжести по Clavien-Dindo. На частоту развития осложнений достоверно влияют индекс массы тела, наличие мочевого инфекции и степень снижения во время операции гемоглобина.

### Литература

1. Григорьев Н.А., Семенякин И.В., Малхасян В.А., Гаджиев Н.К., Руденко В.И. Мочекаменная болезнь. *Урология*. 2016;2-52:37–69. eLIBRARY ID: 26006186.
2. Белоусов И.И., Коган М.И., Трусов П.В. Сравнительный анализ эффективности и безопасности перкутанной хирургии крупных и коралловидных почечных камней при использовании эндоскопов различного диаметра. *Экспериментальная и клиническая урология*. 2019;3:84-91. DOI: 10.29188/2222-8543-2019-11-3-84-91.
3. Дутов С.В., Мартов А.Г., Андронов А.С. Чрескожная нефролитотрипсия на спине. *Урология*. 2011;2:76-80. eLIBRARY ID: 16380229.
4. Гаджиев Н.К., Григорьев В.Е., Мазуренко Д.А., Малхасян В.А., Обидняк В.М., Писарев А.В., Тагиров Н.С., Попов С.В., Петров С.Б. Перкутанная нефролитотрипсия при сложных формах камней почек: структурное биомоделирование. *Экспериментальная и клиническая урология*. 2016;3:46-51. eLIBRARY ID: 28870105.

### References

1. Grigor'ev N.A., Semenyakin I.V., Malhasyan V.A., Gadzhiev N.K., Rudenko V.I. Urolithiasis. *Urologiia*. 2016;2-52:37–69. (In Russ.) eLIBRARY ID: 26006186.
2. Belousov I.I., Kogan M.I., Trusov P.V. Comparative analysis of the efficacy and safety of percutaneous surgery of large and coral-shaped kidney stones using endoscopes of various diameters. *Experimental and clinical urology*. 2019;3:84-91. (In Russ.). DOI: 10.29188/2222-8543-2019-11-3-84-91.
3. Dutov S.V., Martov A.G., Andronov A.C. Percutaneous nephrolithotripsy on the back. *Urologiia*. 2011;2:76-80. (In Russ.) eLIBRARY ID: 16380229.
4. Gadzhiev N.K., Grigor'ev V.E., Mazurenko D.A., Malhasyan V.A., Obidnyak V.M., Pisarev A.V., Tagirov N.S., Popov S.V., Petrov S.B. Percutaneous nephrolithotripsy in complex forms of kidney stones: structural biomodeling. *Experimental and clinical urology*. 2016;3:46-51. (In Russ.) eLIBRARY ID: 28870105.

5. Меринов Д.С., Артемов А.В., Епишов В.А., Арустамов Л.Д., Гурбанов Ш.Ш., Фатихов Р.Р. Меринов Д.С. Перкутанная нефролитотомия в лечении коралловидных камней почек. *Экспериментальная и клиническая урология*. 2016;3:57-62. eLIBRARY ID: 28870107.
6. Рогачиков В.В., Нестеров С.Н., Ильченко Д.Н., Тевлин К.П., Кудряшов А.В. Перкутанная нефролитотомия: прошлое, настоящее, будущее. *Экспериментальная и клиническая урология*. 2016;2:58-66. eLIBRARY ID: 29899542.
7. Türk C, Petřík A, Sarica K, Seitz C, Skolarikos A, Straub M, Knoll T. EAU Guidelines on Interventional Treatment for Urolithiasis. *Eur Urol*. 2016;69(3):475-82. DOI: 10.1016/j.eururo.2015.07.041.
8. Мартов А.Г., Дутов С.В., Попов С.В., Емельяненко А.В., Андронов А.С., Орлов И.Н., Адилханов М.М., Козачихина С.И. Микроперкутанная лазерная нефролитотрипсия. *Урология*. 2019;(3):72-79. DOI: 10.18565/urology.2019.3.72-79.
9. Малхасян В.А., Семенякин И.В., Иванов В.Ю., Сухих С.О., Гаджиев Н.К. Обзор осложнений перкутанной нефролитотомии и методов их лечения. *Урология*. 2018;(4):147-153. DOI: 10.18565/urology.2018.4.147-153
10. Aminsharifi A, Irani D, Masoumi M, Goshtasbi B, Aminsharifi A, Mohamadian R. The management of large stag-horn renal stones by percutaneous versus laparoscopic versus open nephrolithotomy: a comparative analysis of clinical efficacy and functional outcome. *Urolithiasis*. 2016;44(6):551-557. DOI: 10.1007/s00240-016-0877-6.
11. Перепанова Т.С., Зырянов С.К., Соколов А.В., Тищенко И.Ф., Меринов Д.С., Арустамов Л.Д., Круглов А.Н., Раджабов У.А. Поиск новых режимов антибиотикопрофилактики септических осложнений после перкутанной нефролитотрипсии. *Урология*. 2014;(6):92-95. eLIBRARY ID: 22810157.
12. Bansal SS, Pawar PW, Sawant AS, Tamhankar AS, Patil SR, Kasat GV. Predictive factors for fever and sepsis following percutaneous nephrolithotomy: A review of 580 patients. *Urol Ann*. 2017;9(3):230-233. DOI: 10.4103/UA.UA\_166\_16.
13. Koras O, Bozkurt IH, Yonguc T, Degirmenci T, Arslan B, Gunlusoy B, Aydogdu O, Minareci S. Risk factors for post-operative infectious complications following percutaneous nephrolithotomy: a prospective clinical study. *Urolithiasis*. 2015;43(1):55-60. DOI: 10.1007/s00240-014-0730-8.
14. Gutierrez J, Smith A, Geavlete P, Shah H, Kural AR, de Sio M, Amón Sesmero JH, Hoznek A, de la Rosette J; CROES PCNL Study Group. Urinary tract infections and post-operative fever in percutaneous nephrolithotomy. *World J Urol*. 2013;31(5):1135-40. DOI: 10.1007/s00345-012-0836-y.
15. Kreydin EI, Eisner BH. Risk factors for sepsis after percutaneous renal stone surgery. *Nat Rev Urol*. 2013;10(10):598-605. DOI: 10.1038/nrurol.2013.183.
16. Kallidonis P, Panagopoulos V, Kyriazis I, Liatsikos E. Complications of percutaneous nephrolithotomy: classification, management, and prevention. *Curr Opin Urol*. 2016;26(1):88-94. DOI: 10.1097/MOU.0000000000000232.
17. Keoghane SR, Cetti RJ, Rogers AE, Walmsley BH. Blood transfusion, embolisation and nephrectomy after percutaneous nephrolithotomy (PCNL). *BJU Int*. 2013;111(4):628-32. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2012.11394.x.
5. Merinov D.S., Artemov A.V., Epishov V.A., Arustamov L.D., Gurbanov SH.SH., Fatihov R.R. Merinov D.S. Percutaneous nephrolithotomy in the treatment of coral-shaped kidney stones. *Experimental and clinical urology*. 2016;3:57-62. (In Russ.). eLIBRARY ID: 28870107.
6. Rogachikov V.V., Nesterov S.N., Il'chenko D.N., Tevlin K.P., Kudryashov A.V. Percutaneous nephrolithotomy: past, present, future. *Experimental and clinical urology*. 2016;2:58-66. (In Russ.). eLIBRARY ID: 29899542.
7. Türk C, Petřík A, Sarica K, Seitz C, Skolarikos A, Straub M, Knoll T. EAU Guidelines on Interventional Treatment for Urolithiasis. *Eur Urol*. 2016;69(3):475-82. DOI: 10.1016/j.eururo.2015.07.041.
8. Martov A.G., Dutov S.V., Popov S.V., Emelyanenko A.V., Andronov A.S., Orlov I.N., Adilhanov M.M., Kozachikhina S.I. Micropercutaneous laser nephrolithotripsy. *Urologiia*. 2019;3:72-79. (In Russ.). DOI: 10.18565/urology.2019.3.72-79.
9. Malhasyan V.A., Semenyakin I.V., Ivanov V.YU., Suhikh S.O., Gadzhiev N.K. Review of complications of percutaneous nephrolithotomy and methods of their treatment. *Urologiia*. 2018;(4):147-153. (In Russ.). DOI: 10.18565/urology.2018.4.147-153
10. Aminsharifi A, Irani D, Masoumi M, Goshtasbi B, Aminsharifi A, Mohamadian R. The management of large stag-horn renal stones by percutaneous versus laparoscopic versus open nephrolithotomy: a comparative analysis of clinical efficacy and functional outcome. *Urolithiasis*. 2016;44(6):551-557. DOI: 10.1007/s00240-016-0877-6.
11. Perepanova T.S., Zyryanov S.K., Sokolov A.V., Tishchenkova I.F., Merinov D.S., Arustamov L.D., Kruglov A.N., Radzhabov U.A. Search for new modes of antibiotic prophylaxis of septic complications after percutaneous nephrolithotripsy. *Urologiia*. 2014;6:92-95. (In Russ.). eLIBRARY ID: 22810157.
12. Bansal SS, Pawar PW, Sawant AS, Tamhankar AS, Patil SR, Kasat GV. Predictive factors for fever and sepsis following percutaneous nephrolithotomy: A review of 580 patients. *Urol Ann*. 2017;9(3):230-233. DOI: 10.4103/UA.UA\_166\_16.
13. Koras O, Bozkurt IH, Yonguc T, Degirmenci T, Arslan B, Gunlusoy B, Aydogdu O, Minareci S. Risk factors for post-operative infectious complications following percutaneous nephrolithotomy: a prospective clinical study. *Urolithiasis*. 2015;43(1):55-60. DOI: 10.1007/s00240-014-0730-8.
14. Gutierrez J, Smith A, Geavlete P, Shah H, Kural AR, de Sio M, Amón Sesmero JH, Hoznek A, de la Rosette J; CROES PCNL Study Group. Urinary tract infections and post-operative fever in percutaneous nephrolithotomy. *World J Urol*. 2013;31(5):1135-40. DOI: 10.1007/s00345-012-0836-y.
15. Kreydin EI, Eisner BH. Risk factors for sepsis after percutaneous renal stone surgery. *Nat Rev Urol*. 2013;10(10):598-605. DOI: 10.1038/nrurol.2013.183.
16. Kallidonis P, Panagopoulos V, Kyriazis I, Liatsikos E. Complications of percutaneous nephrolithotomy: classification, management, and prevention. *Curr Opin Urol*. 2016;26(1):88-94. DOI: 10.1097/MOU.0000000000000232.
17. Keoghane SR, Cetti RJ, Rogers AE, Walmsley BH. Blood transfusion, embolisation and nephrectomy after percutaneous nephrolithotomy (PCNL). *BJU Int*. 2013;111(4):628-32. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2012.11394.x.

18. Un S, Cakir V, Kara C, Turk H, Kose O, Balli O, Yilmaz Y. Risk factors for hemorrhage requiring embolization after percutaneous nephrolithotomy. *Can Urol Assoc J.* 2015;9(9-10):E594-8. DOI: 10.5489/cuaj.2803.
19. Rizvi S.A.H, Hussain M., Askari S.H., Hashmi A., Lal M., Zafar M.N. Surgical outcomes of percutaneous nephrolithotomy in 3402 patients and results of stone analysis in 1559 patients. *B.J.U. Int.* 2017;120(5):703-709. DOI: 10.1111/bju.13848.
20. Меринов Д.С., Артемов А.В., Епишов В.А., Арустамов Л.Д., Гурбанов Ш.Ш., Поликарпова А.М. Мультиперкутанная нефролитотомия в лечении коралловидных камней почек. *Урология.* 2018;4:96-101. DOI: 10.18565/urology.2018.4.96-101.
21. Chung DY, Kang DH, Cho KS, Jeong WS, Jung HD, Kwon JK, Lee SH, Lee JY. Comparison of stone-free rates following shock wave lithotripsy, percutaneous nephrolithotomy, and retrograde intrarenal surgery for treatment of renal stones: A systematic review and network meta-analysis. *PLoS One.* 2019;14(2):e0211316. DOI: 10.1371/journal.pone.0211316.
22. Bernardo N., Silva M. *Percutaneous renal access under fluoroscopic control. Smith's Textbook of Endourology, 4-th Edition.* Somerset: Wiley-Blackwell. 2019;12:210-221. DOI: 10.1002/9781119245193.CH13.
23. Patel SR, Nakada SY. The modern history and evolution of percutaneous nephrolithotomy. *J Endourol.* 2015;29(2):153-7. DOI: 10.1089/end.2014.0287.
24. Tailly T, Denstedt J. Innovations in percutaneous nephrolithotomy. *Int J Surg.* 2016;36(Pt D):665-672. DOI: 10.1016/j.ijso.2016.11.007.
25. Taylor ER, Kramer B, Frye TP, Wang S, Schwartz BF, Köhler TS. Ocular radiation exposure in modern urological practice. *J Urol.* 2013;190(1):139-43. DOI: 10.1016/j.juro.2013.01.081.
26. Smith DL, Heldt JP, Richards GD, Agarwal G, Brisbane WG, Chen CJ, Chamberlin JD, Baldwin DD. Radiation exposure during continuous and pulsed fluoroscopy. *J Endourol.* 2013;27(3):384-8. DOI: 10.1089/end.2012.0213.
27. Milacic S. Risk of occupational radiation-induced cataract in medical workers. *Med Lav.* 2009;100(3):178-86. PMID: 19601402.
28. Ritter M, Krombach P, Martinschek A, Siegel FP, Schmitt M, Weiss C, Häcker A, Pelzer AE. Radiation exposure during endourologic procedures using over-the-table fluoroscopy sources. *J Endourol.* 2012;26(1):47-51. DOI: 10.1089/end.2011.0333.
29. Ghani KR, Andonian S, Bultitude M, Desai M, Giusti G, Okhunov Z, Preminger GM, de la Rosette J. Percutaneous Nephrolithotomy: Update, Trends, and Future Directions. *Eur Urol.* 2016;70(2):382-96. DOI: 10.1016/j.eururo.2016.01.047.
30. Basiri A, Ziaee AM, Kianian HR, Mehrabi S, Karami H, Moghaddam SM. Ultrasonographic versus fluoroscopic access for percutaneous nephrolithotomy: a randomized clinical trial. *J Endourol.* 2008;22(2):281-4. DOI: 10.1089/end.2007.0141.
31. Gamal WM, Hussein M, Aldahshoury M, Hammady A, Osman M, Moursy E, Abuzeid A. Solo ultrasonography-guided percutaneous nephrolithotomy for single stone pelvis. *J Endourol.* 2011;25(4):593-6. DOI: 10.1089/end.2010.0558.
18. Un S, Cakir V, Kara C, Turk H, Kose O, Balli O, Yilmaz Y. Risk factors for hemorrhage requiring embolization after percutaneous nephrolithotomy. *Can Urol Assoc J.* 2015;9(9-10):E594-8. DOI: 10.5489/cuaj.2803.
19. Rizvi S.A.H, Hussain M., Askari S.H., Hashmi A., Lal M., Zafar M.N. Surgical outcomes of percutaneous nephrolithotomy in 3402 patients and results of stone analysis in 1559 patients. *B.J.U. Int.* 2017;120(5):703-709. DOI: 10.1111/bju.13848.
20. Меринов Д.С., Артемов А.В., Епишов В.А., Арустамов Л.Д., Гурбанов Ш.Ш., Поликарпова А.М. Мультиперкутанная нефролитотомия в лечении коралловидных камней почек. *Урология.* 2018;4:96-101. DOI: 10.18565/urology.2018.4.96-101.
21. Chung DY, Kang DH, Cho KS, Jeong WS, Jung HD, Kwon JK, Lee SH, Lee JY. Comparison of stone-free rates following shock wave lithotripsy, percutaneous nephrolithotomy, and retrograde intrarenal surgery for treatment of renal stones: A systematic review and network meta-analysis. *PLoS One.* 2019;14(2):e0211316. DOI: 10.1371/journal.pone.0211316.
22. Bernardo N., Silva M. *Percutaneous renal access under fluoroscopic control. Smith's Textbook of Endourology, 4-th Edition.* Somerset: Wiley-Blackwell. 2019;12:210-221. DOI: 10.1002/9781119245193.CH13.
23. Patel SR, Nakada SY. The modern history and evolution of percutaneous nephrolithotomy. *J Endourol.* 2015;29(2):153-7. DOI: 10.1089/end.2014.0287.
24. Tailly T, Denstedt J. Innovations in percutaneous nephrolithotomy. *Int J Surg.* 2016;36(Pt D):665-672. DOI: 10.1016/j.ijso.2016.11.007.
25. Taylor ER, Kramer B, Frye TP, Wang S, Schwartz BF, Köhler TS. Ocular radiation exposure in modern urological practice. *J Urol.* 2013;190(1):139-43. DOI: 10.1016/j.juro.2013.01.081.
26. Smith DL, Heldt JP, Richards GD, Agarwal G, Brisbane WG, Chen CJ, Chamberlin JD, Baldwin DD. Radiation exposure during continuous and pulsed fluoroscopy. *J Endourol.* 2013;27(3):384-8. DOI: 10.1089/end.2012.0213.
27. Milacic S. Risk of occupational radiation-induced cataract in medical workers. *Med Lav.* 2009;100(3):178-86. PMID: 19601402.
28. Ritter M, Krombach P, Martinschek A, Siegel FP, Schmitt M, Weiss C, Häcker A, Pelzer AE. Radiation exposure during endourologic procedures using over-the-table fluoroscopy sources. *J Endourol.* 2012;26(1):47-51. DOI: 10.1089/end.2011.0333.
29. Ghani KR, Andonian S, Bultitude M, Desai M, Giusti G, Okhunov Z, Preminger GM, de la Rosette J. Percutaneous Nephrolithotomy: Update, Trends, and Future Directions. *Eur Urol.* 2016;70(2):382-96. DOI: 10.1016/j.eururo.2016.01.047.
30. Basiri A, Ziaee AM, Kianian HR, Mehrabi S, Karami H, Moghaddam SM. Ultrasonographic versus fluoroscopic access for percutaneous nephrolithotomy: a randomized clinical trial. *J Endourol.* 2008;22(2):281-4. DOI: 10.1089/end.2007.0141.
31. Gamal WM, Hussein M, Aldahshoury M, Hammady A, Osman M, Moursy E, Abuzeid A. Solo ultrasonography-guided percutaneous nephrolithotomy for single stone pelvis. *J Endourol.* 2011;25(4):593-6. DOI: 10.1089/end.2010.0558.

32. Osman M, Wendt-Nordahl G, Heger K, Michel MS, Alken P, Knoll T. Percutaneous nephrolithotomy with ultrasonography-guided renal access: experience from over 300 cases. *BJU Int.* 2005;96(6):875-8. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2005.05749.x.
33. Hosseini MM, Hassanpour A, Farzan R, Yousefi A, Afra-siabi MA. Ultrasonography-guided percutaneous nephrolithotomy. *J Endourol.* 2009;23(4):603-7. DOI: 10.1089/end.2007.0213.
34. Desai M. Ultrasonography-guided punctures-with and without puncture guide. *J Endourol.* 2009;23(10):1641-3. DOI: 10.1089/end.2009.1530.
35. Гулиев Б.Г., Стечик Е.О. Чрескожное удаление камней почки под ультразвуковым контролем. *Вестник Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова.* 2017;9(3):74-79. eLIBRARY ID: 32453321.
36. Атдуев В.А., Дырдик М.Б., Абрамов Д.В., Ледяев Д.С., Юдеев И.В., Шевелев И.С., Бочкарева О.А. Анализ факторов, влияющих на результаты перкутанной нефролитотомии, выполняемой исключительно под ультразвуковым контролем. *Медицинский альманах.* 2015;2(37):48-52. eLIBRARY ID: 23488790.
37. Fei X, Li J, Song Y, Wu B. Single-stage multiple-tract percutaneous nephrolithotomy in the treatment of staghorn stones under total ultrasonography guidance. *Urol Int.* 2014;93(4):411-6. DOI: 10.1159/000364834.
38. Патент РФ на изобретение №2755226/09.14.21. Бюл. 26. Абрамов Д.В., Атдуев В.А., Строганов А.Б. Способ чрескожного пункционного доступа в полостную систему почки при перкутанной нефролитотомии. Доступно по: [https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002755226&TypeFile=html](https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002755226&TypeFile=html). Ссылка активна на 10.02.2022.
39. Dindo D, Clavien PA. What is a surgical complication? *World J Surg.* 2008;32(6):939-41. DOI: 10.1007/s00268-008-9584-y.
40. Tefekli A, Ali Karadag M, Tepeler K, Sari E, Berberoglu Y, Baykal M, Sarilar O, Muslumanoglu AY. Classification of percutaneous nephrolithotomy complications using the modified Clavien grading system: looking for a standard. *Eur Urol.* 2008;53(1):184-90. DOI: 10.1016/j.eururo.2007.06.049.
41. Voilette PD, Denstedt JD. Standardizing the reporting of percutaneous nephrolithotomy complications. *Indian J Urol.* 2014;30(1):84-91. DOI: 10.4103/0970-1591.124213.
42. Taylor E, Miller J, Chi T, Stoller ML. Complications associated with percutaneous nephrolithotomy. *Transl Androl Urol.* 2012;1(4):223-8. DOI: 10.3978/j.issn.2223-4683.2012.12.01.
43. de Oliveira JMI, Selegatto IB, Simoes GCS, Ottaiano AD, Neto WA, Reis LO. Analysis of surgical complications of percutaneous nephrolythotomy, in the first three years, in a teaching hospital. *Am J Clin Exp Urol.* 2021;9(6):497-503. PMID: 34993269; PMCID: PMC8727786.
44. Seitz C, Desai M, Häcker A, Hakenberg OW, Liatsikos E, Nagele U, Tolley D. Incidence, prevention, and management of complications following percutaneous nephro-litholapaxy. *Eur Urol.* 2012;61(1):146-58. DOI: 10.1016/j.eururo.2011.09.016.
32. Osman M, Wendt-Nordahl G, Heger K, Michel MS, Alken P, Knoll T. Percutaneous nephrolithotomy with ultrasonography-guided renal access: experience from over 300 cases. *BJU Int.* 2005;96(6):875-8. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2005.05749.x.
33. Hosseini MM, Hassanpour A, Farzan R, Yousefi A, Afra-siabi MA. Ultrasonography-guided percutaneous nephrolithotomy. *J Endourol.* 2009;23(4):603-7. DOI: 10.1089/end.2007.0213.
34. Desai M. Ultrasonography-guided punctures-with and without puncture guide. *J Endourol.* 2009;23(10):1641-3. DOI: 10.1089/end.2009.1530.
35. Guliev B.G., Stetchik E.O. Percutaneous removing of kidney stone under only ultrasonic control. *Herald of North-Western state medical university named after I.I. Mechnikov.* 2017;9(3):74-79. (In Russ.). eLIBRARY ID: 32453321.
36. Atduev V.A., Dyrdik M.B., Abramov D.V., Ledyayev D.S., Yudeev I.V., Shevelev I.S., Bochkareva O.A. Analysis of factors influencing the results of percutaneous nephrolitholapaxy performed only under laparoscopic guidance. *Medicinskij al'manah.* 2015;2(37):48-52. (In Russ.). eLIBRARY ID: 23488790.
37. Fei X, Li J, Song Y, Wu B. Single-stage multiple-tract percutaneous nephrolithotomy in the treatment of staghorn stones under total ultrasonography guidance. *Urol Int.* 2014;93(4):411-6. DOI: 10.1159/000364834.
38. Patent RF na izobretenie №2755226/09.14.21. Byul. 26. Abramov D.V., Atduev V.A., Stroganov A.B. Sposob chreskozhnogo punkcionnogo dostupa v polostnuyu sistemu pochki pri percutannoј nefrolitolapaksii. (In Russ.). Available at: [https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002755226&TypeFile=html](https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=0002755226&TypeFile=html) Accessed February 10, 2022.
39. Dindo D, Clavien PA. What is a surgical complication? *World J Surg.* 2008;32(6):939-41. DOI: 10.1007/s00268-008-9584-y.
40. Tefekli A, Ali Karadag M, Tepeler K, Sari E, Berberoglu Y, Baykal M, Sarilar O, Muslumanoglu AY. Classification of percutaneous nephrolithotomy complications using the modified Clavien grading system: looking for a standard. *Eur Urol.* 2008;53(1):184-90. DOI: 10.1016/j.eururo.2007.06.049.
41. Voilette PD, Denstedt JD. Standardizing the reporting of percutaneous nephrolithotomy complications. *Indian J Urol.* 2014;30(1):84-91. DOI: 10.4103/0970-1591.124213.
42. Taylor E, Miller J, Chi T, Stoller ML. Complications associated with percutaneous nephrolithotomy. *Transl Androl Urol.* 2012;1(4):223-8. DOI: 10.3978/j.issn.2223-4683.2012.12.01.
43. de Oliveira JMI, Selegatto IB, Simoes GCS, Ottaiano AD, Neto WA, Reis LO. Analysis of surgical complications of percutaneous nephrolythotomy, in the first three years, in a teaching hospital. *Am J Clin Exp Urol.* 2021;9(6):497-503. PMID: 34993269; PMCID: PMC8727786.
44. Seitz C, Desai M, Häcker A, Hakenberg OW, Liatsikos E, Nagele U, Tolley D. Incidence, prevention, and management of complications following percutaneous nephro-litholapaxy. *Eur Urol.* 2012;61(1):146-58. DOI: 10.1016/j.eururo.2011.09.016.

### Сведения об авторах

**Вагиф Ахмедович Атдуев** – доктор медицинских наук, профессор; профессор кафедры факультетской хирургии и трансплантологии ФГБОУ ВО ПИМУ Минздрава России; главный специалист по урологии ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России; главный внештатный уролог Министерства здравоохранения Нижегородской области

г. Нижний Новгород, Россия  
<https://orcid.org/0000-0003-4478-7282>  
e-mail: atduev@mail.ru

**Дмитрий Викторович Абрамов** – заведующий отделением урологии №2 КБ1 ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России

г. Нижний Новгород, Россия  
<https://orcid.org/0000-0002-2987-0128>  
e-mail: abramov-pomc@mail.ru

**Максим Борисович Дырдик** – заведующий отделением урологии КБ3 ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России

г. Нижний Новгород, Россия  
<https://orcid.org/0000-0003-3975-1445>  
e-mail: madmmax@rambler.ru

**Андрей Александрович Данилов** – заведующий отделением урологии №1 КБ1 ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России

г. Нижний Новгород, Россия  
<https://orcid.org/0000-0003-3979-3266>  
e-mail: remyan@mail.ru

**Денис Сергеевич Ледяев** – кандидат медицинских наук; доцент кафедры факультетской хирургии и трансплантологии ФГБОУ ВО ПИМУ Минздрава России; врач-уролог отделения урологии КБ3 ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России

г. Нижний Новгород, Россия  
<https://orcid.org/0000-0002-9271-2536>  
e-mail: ledyaevd@gmail.com

**Вадим Эльбрусович Гасраталиев** – кандидат медицинских наук; ассистент кафедры факультетской хирургии и трансплантологии ФГБОУ ВО ПИМУ Минздрава России; врач-уролог отделения урологии №2 КБ1 ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России

г. Нижний Новгород, Россия  
<https://orcid.org/0000-0001-7041-5840>  
e-mail: gasr.vadim@gmail.com

**Андрей Борисович Строганов** – доктор медицинских наук; доцент кафедры факультетской хирургии и трансплантологии ФГБОУ ВО ПИМУ Минздрава России

г. Нижний Новгород, Россия  
<https://orcid.org/0000-0002-4633-2364>  
e-mail: stroganov@pimunn.ru

### Information about the authors

**Vagif A. Atduev** – M.D.; Dr.Sc.(Med), Full Prof.; Prof., Dept. of Faculty Surgery and Transplantology, Privolzhsky Research Medical University; Chief Specialist in Urology, Volga District Medical Center under Federal Medical and Biological Agency of Russian Federation; Chief Freelance Urologist, Ministry of Healthcare of the Nizhny Novgorod region  
*Nizhny Novgorod, Russian Federation*  
<https://orcid.org/0000-0003-4478-7282>  
e-mail: atduev@mail.ru

**Dmitry V. Abramov** – M.D.; Head, Urology Division No.1, Clinical Hospital No.1, Volga District Medical Center under Federal Medical and Biological Agency of Russian Federation

*Nizhny Novgorod, Russian Federation*  
<https://orcid.org/0000-0002-2987-0128>  
e-mail: abramov-pomc@mail.ru

**Maksim B. Dyrdik** – M.D.; Head, Urology Division, Clinical Hospital No.3, Volga District Medical Center under Federal Medical and Biological Agency of Russia

*Nizhny Novgorod, Russian Federation*  
<https://orcid.org/0000-0003-3975-1445>  
e-mail: madmmax@rambler.ru

**Andrey A. Danilov** – M.D.; Head, Urology Division No.1, Clinical Hospital No.1, Volga District Medical Center under Federal Medical and Biological Agency of Russia

*Nizhny Novgorod, Russian Federation*  
<https://orcid.org/0000-0003-3979-3266>  
e-mail: remyan@mail.ru

**Denis S. Ledyayev** – M.D.; Cand.Sc. (Med); Assoc.Prof.(Docent), Dept. of Faculty Surgery and Transplantology, Privolzhsky Research Medical University; Urologist, Urology Division, Clinical Hospital No.3, Volga District Medical Center under Federal Medical and Biological Agency of Russia

*Nizhny Novgorod, Russian Federation*  
<https://orcid.org/0000-0002-9271-2536>  
e-mail: ledyaevd@gmail.com

**Vadim E. Gasratalliev** – M.D.; Cand.Sc.(Med); Assist.Prof., Dept. of Faculty Surgery and Transplantology, Privolzhsky Research Medical University; Urologist, Urology Division No. 2, Clinical Hospital No.1, Volga District Medical Center under Federal Medical and Biological Agency of Russia

*Nizhny Novgorod, Russian Federation*  
<https://orcid.org/0000-0001-7041-5840>  
e-mail: gasr.vadim@gmail.com

**Andrey B. Stroganov** – M.D.; Dr.Sc.(Med); Assoc.Prof. (Docent), Dept. of Faculty Surgery and Transplantology, Privolzhsky Research Medical University;

*Nizhny Novgorod, Russian Federation*  
<https://orcid.org/0000-0002-4633-2364>  
e-mail: stroganov@pimunn.ru