



Сравнение предикторной роли объёма и размера конкремента в достижении статуса stone-free при перкутанной нефролитотрипсии

© Мурад М. Сулейманов¹, Дмитрий А. Сытник¹, Александр В. Алхазидзе¹,
Мурад Л. Дадашов²

¹ Клиническая больница Святителя Луки [Санкт-Петербург, Россия]

² Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова [Санкт-Петербург, Россия]

Аннотация

Введение. В настоящее время главным показателем, определяющим каменную нагрузку, является его наибольший линейный размер, который определяется на основе бесконтрастной компьютерной томографии. Однако исходя из логических соображений, линейный размер, отражая конфигурацию камня в одной плоскости, должен уступать объёму камня в точности представления каменной нагрузки, поскольку объём учитывает трёхмерную структуру конкремента.

Цель исследования. Сравнить прогностическую ценность объёма и наибольшего диаметра конкремента в достижении stone-free статуса после перкутанной нефролитотрипсии.

Материал и методы. В данное ретроспективное исследование включены данные 388 пациентов с нефролитиазом, которым выполнили стандартную перкутанную нефролитотрипсию. Для определения объёма конкремента применяли метод автоматической литометрии по данным КТ при помощи программного обеспечения Vitrea ver. 4.1.52 с использованием функции измерения объёма сегментированной области. Размер конкремента определяли по наибольшему диаметру. В послеоперационном периоде оценивали показатель stone-free rate (SFR). Наличие статуса stone-free оценивали с помощью бесконтрастной КТ через трое суток после операции. Достижением показателя SFR считали отсутствие резидуальных фрагментов конкремента более 3 мм при проведении КТ. Для сравнения предикторной ценности объёма и размера конкремента был выполнен ROC-анализ с расчётом AUC и подтверждением статистической значимости по тесту DeLong. Была проведена многофакторная логистическая регрессия для подтверждения независимой предикторной роли объёма и размера конкремента. Кроме того, использовались U-тест Mann – Whitney для количественных переменных и критерий χ^2 для категориальных. Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

Результаты. Многофакторная логистическая регрессия продемонстрировала, что, с учётом различных факторов, как объём, так и диаметр камня оказались независимыми статистически значимыми предикторами степени полной элиминации конкремента. AUC для модели, основанной на объёме камня была выше, чем у модели, основанной на размере (0,80 и 0,75 соответственно). Субанализ продемонстрировал, что объём обладает более высокой предикторной способностью при одиночных некоралловидных конкрементах, в то время как при множественных и коралловидных камнях разница статистически недостоверна.

Заключение. Дооперационное измерение объёма конкремента почки у пациентов с одиночным крупным некоралловидным камнем наиболее точно отражает истинный масштаб конкремента, поскольку, в отличие от наибольшего линейного размера, учитывает трёхмерную конфигурацию камня. При этом для множественных, а также коралловидных конкрементов не было выявлено статистически значимой разницы в способности прогнозировать исход перкутанной нефролитотрипсии.

Ключевые слова: мочекаменная болезнь; перкутанная нефролитотрипсия; степень полной элиминации камня; объём конкремента

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки. **Раскрытие интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Этическое одобрение и информированное согласие.** Неприменимы ввиду ретроспективного дизайна исследования.

Вклад авторов: М.М. Сулейманов — обзор литературы, концепция исследования, разработка дизайна исследования, сбор данных, научное руководство; Д.А. Сытник — анализ данных, критический обзор, научное редактирование; А.В. Алхазидзе — анализ данных, написание текста рукописи; М.Л. Дадашов — статистическая обработка данных, анализ данных, написание текста рукописи.

✉ **Корреспондирующий автор:** Мурад Магомедович Сулейманов; doc.suleimanov@gmail.com

Поступила в редакцию: 08.02.2026. **Принята к публикации:** 14.07.2026. **Опубликована:** 28.08.2026.

Для цитирования: Сулейманов М.М., Сытник Д.А., Алхазидзе А.В., Дадашов М.Л. Сравнение прогностической роли объёма и размера конкремента в достижении статуса stone-free при перкутанной нефролитотрипсии. *Вестник урологии*. 2026;14(4):51-57. DOI: 10.21886/2308-6424-2026-14-4-51-57.

Stone volume versus stone size as predictors of stone-free status after percutaneous nephrolithotomy

© Murad M. Suleymanov ¹, Dmitry A. Sytnik ¹, Alexander V. Alkhazishvili ¹,
Murad L. Dadashov ²

¹ St. Luke Saint-Petersburg State Clinical Hospital [Saint-Petersburg, Russia]

² Mechnikov North-Western State Medical University [Saint-Petersburg, Russia]

Abstract

Introduction. At present, the principal parameter used to determine stone burden is the maximum linear diameter, as assessed by non-contrast computed tomography. From a conceptual standpoint, however, linear size reflects the calculus in only one plane and should be less accurate than stone volume in representing the true burden, because volume captures the three-dimensional structure of the stone.

Objective. To compare the prognostic value of stone volume and maximum stone diameter in predicting achievement of a stone-free status after percutaneous nephrolithotomy (PCNL).

Materials & method. This retrospective study included data from 388 patients with nephrolithiasis who underwent standard PCNL. Stone volume was calculated using automated lithometry based on CT data with Vitrea software v. 4.1.52, employing the segmented region volume measurement function. Stone size was determined by the maximum diameter. Postoperatively, stone-free rate (SFR) was assessed. Stone-free status was evaluated by non-contrast CT performed 3 days after surgery. SFR was defined as the absence of residual stone fragments larger than 3 mm on CT. To compare the predictive value of stone volume and stone size, ROC analysis was performed with calculation of the AUC, and statistical significance was confirmed using the DeLong test. Multivariable logistic regression was used to verify the independent predictive role of stone volume and size. In addition, the Mann-Whitney U test was applied for quantitative variables and the chi-square test for categorical variables. Differences were considered statistically significant at $p < 0.05$.

Results. Multivariable logistic regression demonstrated that, after adjustment for all relevant factors, both stone volume and stone diameter were independent statistically significant predictors of complete stone clearance. The AUC for the volume-based model was higher than that for the size-based model (0.80 vs 0.75). Subgroup analysis showed that volume had greater predictive ability for solitary non-staghorn stones, whereas no statistically significant difference was observed for multiple and staghorn calculi.

Conclusion. Preoperative measurement of renal stone volume in patients with a single large non-staghorn calculus more accurately reflects the true stone burden, since, unlike maximum linear diameter, it accounts for the three-dimensional configuration of the stone. For multiple and staghorn calculi, however, no statistically significant difference was found in the ability to predict the outcome of PCNL.

Keywords: urolithiasis; percutaneous nephrolithotripsy; stone-free rate; stone volume

Financing. The study had no sponsorship. **Conflict of interest.** The authors declared no conflict of interest. **Ethical approval & Informed consent.** No acceptable due to retrospective study nature. **Data availability.** The data supporting the findings of this study may be provided by the authors upon reasonable request.

Authors' contribution: M.M. Suleymanov — study concept, study design development, supervision, data acquisition, data analysis; D.A. Sytnik — data analysis, critical review, scientific editing; A.V. Alkhazishvili — data analysis, drafting the manuscript; M.L. Dadashov — data analysis, statistical data processing, drafting the manuscript.

✉ **Corresponding author:** Murad M. Suleymanov; doc.suleimanov@gmail.com

Received: 08.02.2026. **Accepted:** 07.07.2026. **Published:** 26.08.2026.

For citation: Suleimanov M.M., Sytnik D.A., Alkhazishvili A.V., Dadashov M.L. Stone volume versus stone size as predictors of stone-free status after percutaneous nephrolithotomy. *Urology Herald*. 2026;14(4):51-57. (In Russ.). DOI: 10.21886/2308-6424-2026-14-4-51-57.

Введение

Перкутанная нефролитотрипсия (ПНЛТ) — золотой стандарт лечения пациентов с нефролитиазом, характеризующимся крупными (> 2 см) или коралловидными камнями. В настоящее время главным показателем, определяющим каменную нагрузку, является его наибольший линейный размер, который определяется на основе

бесконтрастной компьютерной томографии (КТ) [1]. Кроме того, бесконтрастная КТ позволяет определить плотность камня и его расположение в чашечно-лоханочной системе. Перкутанная нефролитотрипсия обладает высокой степенью полной элиминации конкремента, однако в литературе это значение варьируется от 50 до 97,8% [2 – 4]. Объяснением этому может служить

различная методология исследований, опыт хирургов, используемые технологии и анамнестические данные пациента.

Однако отчасти это может быть связано с тем, что линейный размер камня (один из ключевых факторов выбора хирургической методики согласно клиническим рекомендациям) не всегда точно отражает характеристики конкремента. [5]. Например, при сравнении двух камней на бесконтрастной КТ размерами 22 × 8 × 7 мм и 18 × 15 × 16 мм можно сделать предположение о более сложном ходе оперативного вмешательства в первом случае. Однако исходя из логических соображений, линейный размер, отражая конфигурацию камня в одной плоскости, должен уступать объёму камня в точности представления каменной нагрузки, поскольку объём учитывает трёхмерную структуру конкремента. Так, объём первого камня, «большого», составил бы 646 мм³, а второго, «меньшего» — 2265 мм³. Объём, таким образом, даёт противоположный линейному размеру результат, что может говорить о несостоятельности линейного размера как показателя, определяющего характеристику конкремента. Несмотря на это в повсеместном использовании до сих пор остаётся линейный размер камня и, скорее всего, это связано с относительной недоступностью методик определения объёма конкремента, что должно решиться с течением времени.

Принципиально существует два способа определения объёма конкремента, точность которых сравнивается с методом вытеснения воды, дающим эталонные результаты, но выполнимым только в условиях *in vitro*. Метод вытеснения воды проводится в указанной последовательности: сначала измеряется с помощью весов масса камня ($m(KAM)$). В колбу объёмом 1000 мм³ наливается бидистиллят до краёв и измеряется масса колбы, заполненной водой ($m(KЗВ)$), масса воды ($m(B)$) и плотность воды ($p(B)$). Затем в воду аккуратно погружается камень и снова измеряется масса колбы, содержащей воду и камень ($m(KCBK)$). Разница между первым и вторым измерением составляет массу воды, которая вытесняется массой камня. Масса вытесненной воды равна произведению объёма камня на плотность воды, поэтому уравнение для нахождения истинного объёма конкремента будет выглядеть следующим образом:

$V(KAM) = m(KAM) + m(KЗВ) - m(KCBK) / p(B)$. При повторных измерениях массы колбы, заполненной бидистиллятом, стандартная ошибка составляет 6 мм³ [6].

Методики определения объёма конкремента:

1. Ручной способ с помощью математических формул на основе данных, полученных при бесконтрастной КТ. Формула нахождения объёма разностороннего ($a > b > c$) эллипсоида ($V = L \cdot W \cdot H \cdot \pi \cdot 0,167$, где L-длина; W-ширина; H-высота конкремента, измеренные в трёх плоскостях) является наиболее распространённой за счёт своей простоты в использовании. Однако сама методика определения объёма конкремента по формуле имеет два существенных недостатка. Во-первых, процесс определения объёма предполагает расчёты, требующие участия врача. Во-вторых, результат, полученный по формуле, не всегда совпадает с реальным объёмом конкремента ввиду его сложной и зачастую неправильной, далёкой от эллипсоидной, формы. Кроме того, точность формул уменьшается по мере увеличения конкремента [7]. Стоит также отметить, что точность формулы понижается, если камень имеет форму диска ($a = b > c$) или мяча для регби ($a = b < c$). Другие формулы для вычисления объёма конкремента представлены в таблице 1.

Таблица 1. Формулы для вычисления объёма конкремента

Table 1. Formulas for calculating stone volume

Название	Формула
Ackerman's volume	$0,6 \cdot \pi \cdot r^2$
Sphere	$4/3 \cdot \pi \cdot r^3$

2. Автоматизированный способ определения объёма с помощью опции «объём сегментированной области» на профессиональных рабочих станциях компьютерных томографов на основе данных бесконтрастной КТ. После предварительного выделения конкремента выполняется его посрезовая сегментация в аксиальной плоскости с применением пороговой фильтрации по плотности и, с учётом изовоксельной структуры срезов, последующим формированием трёхмерной маски, на основании которой программа автоматически рассчитывает объём выбранного объекта. Такой подход исключает необходимость ручных математических вычислений, сокращает

время анализа и позволяет учитывать реальную, сложную и часто неправильную форму конкремента, что повышает воспроизводимость результата и согласованность получаемых значений с истинным объёмом. В то же время точность метода зависит от качества исходных томографических данных, корректного выбора порогов сегментации и объёма ручной коррекции трёхмерной маски. При недостаточном опыте врача-рентгенолога, выполняющего сегментацию, возможны как неполная сегментация конкремента, так и включение прилежащих высокоплотных структур, что может привести к ошибкам измерения объёма. Таким образом, при использовании опции «объём сегментированной области» для выполнения сегментации конкремента следует визуально посрезово убедиться в корректности автоматически установленных границ сегментированной области и, при необходимости, провести ручную корректировку трёхмерной маски.

Работы, в которых сравнивалась точность этих двух методов, показывают, что автоматизированные способы определения объёма при помощи бесконтрастной КТ являются золотым стандартом измерения и могут применяться с высокой точностью определения объёма конкремента [8, 9]

Цель исследования — сравнить прогностическую ценность объёма и наибольшего диаметра конкремента в достижении состояния stone-free после ПНЛТ.

Материалы и методы

Проведён ретроспективный анализ данных 404 пациентов, которым была выполнена стандартная ПНЛТ с использованием нефроскопа 24 Fr. Из дальнейшего анализа были исключены 16 пациентов — критерием исключения служили аномалии развития мочевыводящих путей. Таким образом, в итоговое исследование включены данные 388 пациентов с нефролитиазом.

Всем пациентам в догоспитальном и послеоперационном периодах выполняли комплекс лабораторных и инструментальных исследований, включавший: клинический анализ крови; биохимический анализ крови (с определением уровней креатинина, мочевины, аланинаминотрансферазы, аспартатаминотрансферазы, глюкозы и общего билирубина); КТ мочевыводящих путей без контрастного усиления; культу-

ральное исследование мочи (выполнялось до госпитализации).

Для оценки объёма конкремента использовали метод автоматической литометрии по данным КТ с применением программного обеспечения Vitrea (ver. 4.1.52; “Vitrea Images, Inc.”, Minnetonka, MN, USA) и функции измерения объёма сегментированной области. Линейный размер конкремента определяли по наибольшему диаметру.

Литотрипсию осуществляли с применением гольмиевого лазера Lumenis Pulse 120 H (“Lumenis Ltd.”, Yokneam, Israel). Оперативные вмешательства выполняли врачи-урологи, имеющие опыт проведения более 500 процедур ПНЛТ.

В послеоперационном периоде оценивали показатель stone-free rate (SFR). Статус stone-free устанавливали на основании результатов бесконтрастной КТ, выполненной через 3 суток после операции. Критерием достижения SFR считали отсутствие резидуальных фрагментов конкремента размером более 3 мм.

Статистический анализ. Статистический анализ осуществляли с применением программного обеспечения R Studio (“Posit Software”, PBC, Boston, MA, USA). Нормальность распределения проверяли с помощью теста Shapiro-Wilk. В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей [Q1; Q3]. Для сравнения предикторной ценности объёма и размера конкремента был выполнен ROC-анализ с расчётом AUC и подтверждением статистической значимости по тесту DeLong. Была проведена многофакторная логистическая регрессия для подтверждения независимой предикторной роли объёма и размера конкремента. Кроме того, использовали Mann-Whitney U test для количественных переменных и критерий χ^2 Pearson для категориальных. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты

Данные пациентов в зависимости от статуса stone-free представлены в таблице 2.

Сравнительный анализ показывает, что в группах, где удалось и не удалось достигнуть статуса stone-free, не было статистически значимой разницы по возрасту, полу, но была в значениях объёма и размера камня. Также была выявлена статистически достоверная

Таблица 2. Сравнительные данные пациентов в зависимости от статуса stone-free
Table 2. Patient characteristics by stone-free status

Показатель <i>Parameter</i>	SFS — да <i>yes</i> (n = 235)	SFS нет <i>no</i> (n = 153)	P
	Me [Q25; Q75]		
Возраст, лет <i>Age</i>	57 [48; 65]	58 [44; 66]	0,59 ¹
Размер камня, мм <i>Stone size, mm</i>	30 [23; 34]	41 [30; 53]	< 0,001 ¹
Объём камня, мм ³ <i>Stone volume, mm³</i>	1270 [760; 2325]	4570 [2120; 7660]	< 0,0001 ¹
Плотность камня, HU <i>Stone density, HU</i>	1320 [1150; 1430]	1220 [1090; 1340]	< 0,001 ¹
Мужчины <i>Men</i>	50,4%	54,8%	0,5 ²
Женщины <i>Women</i>	49,6%	45,2%	
Одиночный камень <i>Single</i>	101	20	—
Множественные камни <i>Multiple</i>	116	74	—
Коралловидный камень <i>Staghorn</i>	18	59	—

Примечания. 1) SFS — бескаменный статус; 2) ¹ — U тест Mann-Whitney; ² — критерий хи-квадрат Pearson's
Notes. 1) SFS — stone-free status; 2) ¹ — Mann-Whitney U test; ² — Chi-square Pearson's test

Таблица 3. Результаты оценки путём много-
факторной логистической регрессии
Table 3. Results of multivariate logistic regression

Показатель Parameter	Единица измерения Unit	ОШ OR	95% ДИ 95% CI	P
Объём Volume	+ 100 мм ³	0,96	0,95 – 0,97	< 0,001
Размер Size	+ 1 мм	0,93	0,90 – 0,95	< 0,001

Таблица 4. Результаты ROC-анализа прогно-
стической ценности размера и объёма кон-
кремента
Table 4. ROC analysis for predictive value of stone
diameter and volume

Показатель Parameter	Объём камня Stone volume	Размер камня Stone size
AUC	0,80	0,75
DeLong test	p < 0,001	

Таблица 5. Результаты ROC-анализа прогностической ценности размера и объёма конкремента
в зависимости от количества и типа камней
Table 5. ROC analysis for prognostic value of stone size and volume according to stone number and type

Показатель Parameter	Одиночный конкремент Single stone		Множественный конкремент Multiple stones		Коралловидный конкремент Staghorn stone	
	Объём Volume	Размер Size	Объём Volume	Размер Size	Объём Volume	Размер Size
AUC	0,89	0,74	0,64	0,60	0,87	0,80
DeLong test	p < 0,001		p = 0,13		p = 0,4	

разница в показателе плотности камня.

При анализе путём многофакторной логистической регрессии оказалось, что с учётом других факторов (возраст, индекс массы тела, тип полостной системы почки, плотность камня, положение пациента во время операции) как объём, так и диаметр камня оказались независимыми статистически значимыми предикторами степени полной элиминации конкремента (табл. 3)

Для определения степени прогностической ценности был проведён ROC-анализ (табл. 4). Кроме того, был проведён субанализ в группах с одиночным, множественным и коралловидным конкрементом (табл. 5).

Примечательно, что в группах пациен-

тов с коралловидным и множественными конкрементами разница области под кривой (AUC) между моделями, основанными на объёме или размере камня, оказалась статистически незначима (p > 0,05). Это может свидетельствовать о наличии факторов, имеющих большее влияние на SFR, чем метрические характеристики камня, такие как размер или объём. В качестве таких факторов могут служить локализация конкрементов в случае множественных камней, количество занимаемых чашек в случае коралловидного конкремента, хирургическая стратегия в форме количества пункций в чашечно-лоханочную систему почки. Для пациентов с одиночным нефролитиазом объём камня по сравнению с его

наибольшим линейным размером продемонстрировал значительно превосходящую способность прогнозировать исход оперативного вмешательства.

Обсуждение

Ключевым аспектом нашего исследования является подтверждение высшей предикторной ценности объёма конкремента по сравнению с его наибольшим размером в достижении статуса stone-free при перкутанной нефролитотрипсии. Действительно, объём конкремента, учитывая трёхмерную геометрию камня, обладает большей способностью к прогнозированию SFR, однако, как показал наш анализ, это справедливо главным образом лишь в отношении одиночных некоралловидных конкрементов.

Опубликовано несколько работ, посвящённых этой теме [10, 11]. Одна из них с названием "Stone Burden Measurement by 3D Reconstruction on Noncontrast Computed Tomography Is Not a More Accurate Predictor of Stone-Free Rate After Percutaneous Nephrolithotomy Than 2D Stone Burden Measurements" (Измерение каменной нагрузки с помощью 3D-реконструкции на бесконтрастной компьютерной томографии не является более точным показателем избавления от камней после перкутанной нефролитотомии, чем 2D-измерение). Авторы действительно не выявили значимой разницы в предикторной способности между одномерными, двумерными и трёхмерными показателями масштаба конкремента. Возможным объяснением данного несоответствия является иной клинический материал с включением большего количества пациентов с множественными и коралловидными камнями [11]. Кроме того, в их исследовании не проводился субанализ в зависимости от множественности и типа конкремента. Похоже, что при сравнении размера и объёма коралловидных и множественных камней, масштаб конкремента перестаёт быть лимитирующим фактором, который определяет вероятность достижения статуса stone-free, уступая, например, таким показателям, как анатомия пациента, степень вовлечённости коралловидного конкремента в систему почки, количество доступов к ЧЛС. Данные других авторов подтверждают это наблюдение: коралловидная морфология является независимым фактором риска для резидуальных фраг-

ментов даже с учётом растущего объёма камня [12]. Метаанализ, включивший 24 работы, в которых сравнивали способность объёма и / или площади и линейного размера конкрементов предсказывать «успех» оперативного вмешательства при уролитолизе, продемонстрировал преимущество многомерных показателей над линейным размером при дистанционной ударно-волновой литотрипсии и уретероскопии, но не при перкутанной нефролитотрипсии. При этом сложно сделать далеко идущие выводы, поскольку всего 3 исследования с различающейся методологией были посвящены перкутанной нефролитотрипсии [13].

В исследовании, направленном на сравнение объёма и кумулятивного диаметра камня в прогнозировании достижения статуса stone-free при уретероскопии, была выявлена статистически значимая разница между этими показателями в пользу объёма камня при их размере более 20 мм или с 4 или более камнями. Для конкрементов меньше 20 мм не было выявлено статистически значимой разницы [14]. Похожие результаты были получены другими авторами при сравнении предсказательной силы формулы Askerman, формулы для вычисления объёма эллипсоида и кумулятивного диаметра камня в отношении достижения stone-free статуса. [15]. Должно быть, в случае с камнями малого размера масштаб конкремента утрачивает предсказательную ценность, поскольку исход операции в большей степени определяется другими факторами, в том числе анатомическими и интраоперационными.

Нельзя не упомянуть, что объём камня по сравнению с его наибольшим линейным размером также лучше коррелирует с длительностью ПНЛТ. Так, было выявлено, что объём камня является более достоверным предиктором длительности тулевой перкутанной нефролитотрипсии [16].

Измерение объёма конкремента методом автоматической литометрии обладает большой перспективой как для клинической деятельности, позволяя оптимизировать хирургические методики, так и для научной, поскольку наиболее точно отражает истинный масштаб камня, а значит, может применяться в сравнительных исследованиях, при разработке нефролитометрических шкал и калькуляторов каменной нагрузки.

Заключение

Дооперационное измерение объема конкремента почки у пациентов с одиночным крупным некоралловидным камнем наиболее точно отражает истинный масштаб конкремента, поскольку, в отличие от наибольшего

линейного размера, учитывает трёхмерную конфигурацию камня. При этом для множественных, а также коралловидных конкрементов не выявлено статистически значимой разницы в способности прогнозировать исход перкутанной нефролитотрипсии.

Список литературы | References

1. Skolarikos A., Geraghty R., Somani B., Tailly T., Jung H., Neisius A., Petřík A., Kamphuis G.M., Davis N., Bezuidenhout C., Lardas M., Gambaro G., Sayer J.A., Lombardo R., Tzelves L. European Association of Urology Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Urolithiasis. *Eur Urol.* 2025;88(1):64-75. DOI: 10.1016/j.eururo.2025.03.011
2. Zhao H., Li W., Li J., Li L., Wang H., Guo J. Predicting the Stone-Free Status of Percutaneous Nephrolithotomy With the Machine Learning System: Comparative Analysis With Guy's Stone Score and the S.T.O.N.E Score System. *Front Mol Biosci.* 2022;9:880291. DOI: 10.3389/fmolb.2022.880291
3. Wishahi M., El Feel A., Elkhoully A., Fahmy A., Roshdy M., Elbaz A.G., Kamel A.I., Badawy M., Elesaily K., Eldahshan S., Ali A., Meheina A., Abdelwahed M. Concerns about stone free rate and procedure events of percutaneous nephrolithotripsy (PCNL) for 2-4 cm kidney stones by standard-PCNL vs mini-PCNL- comparative randomised study. *BMC Urol.* 2023;23(1):96. DOI: 10.1186/s12894-023-01270-1
4. Joshi R. Complications and Success Rate of Percutaneous Nephrolithotomy in Renal Stone: A Descriptive Cross-sectional Study. *JNMA J Nepal Med Assoc.* 2019;57(220):444-448. DOI: 10.31729/jnma.4723
5. Клинические рекомендации: Мочекаменная болезнь. 2024. Доступно на 07.04.2025. Guidelines on Urolithiasis. 2024. (In Russian). Accessed on April 7, 2025. URL: https://oocrou.ru/upload/iblock/70d/xpsvs02f923kdb2qcp2l3d-c25r5qwtip/KR7_2-Mochekamennaya-bolezni-2024.pdf
6. Demehri S., Kalra M.K., Rybicki F.J., Steigner M.L., Lang M.J., Houseman E.A., Curhan G.C., Silverman S.G. Quantification of urinary stone volume: attenuation threshold-based CT method—a technical note. *Radiology.* 2011;258(3):915-922. DOI: 10.1148/radiol.10100333
7. Finch W., Johnston R., Shaida N., Winterbottom A., Wiseman O. Measuring stone volume - three-dimensional software reconstruction or an ellipsoid algebra formula? *BJU Int.* 2014;113(4):610-614. DOI: 10.1111/bju.12456
8. Pauchard F., Panthier F., Espinoza C., Vejar N., Ventimiglia E., Traxer O. Comparison of Measurement Methods for Stone Volume Estimation: An In Vitro Study. *J Endourol.* 2025;39(5):488-493. DOI: 10.1089/end.2024.0524
9. Jain R., Omar M., Chaparala H., Kahn A., Li J., Kahn L., Sivalingam S. How Accurate Are We in Estimating True Stone Volume? A Comparison of Water Displacement, Ellipsoid Formula, and a CT-Based Software Tool. *J Endourol.* 2018;32(6):572-576. DOI: 10.1089/end.2017.0937
10. Umemoto T., Hasegawa M., Kawakami M., Nakano M., Nitta M., Kawamura Y., Shoji S., Miyajima A. Impact of stone volume on treatment outcomes of percutaneous nephrolithotripsy. *Asian J Endosc Surg.* 2022;15(3):599-607. DOI: 10.1111/ases.13059
11. Tailly T., Nadeau B.R., Violette P.D., Bao Y., Amann J., Nott L., Denstedt J.D., Razvi H. Stone Burden Measurement by 3D Reconstruction on Noncontrast Computed Tomography Is Not a More Accurate Predictor of Stone-Free Rate After Percutaneous Nephrolithotomy Than 2D Stone Burden Measurements. *J Endourol.* 2020;34(5):550-557. DOI: 10.1089/end.2019.0718
12. Meagher M., Chiou T., Ferrero A., Sur R., Bechis S. MP06-12 pre-operative stone volume measurement program (qSAS) is best predictor of percutaneous nephrolithotomy (PCNL) operative time and stone free rate. *J Urol.* 2021;206(Suppl 3):e94. DOI: 10.1097/JU.0000000000001973.12
13. Geraghty R., Pietropaolo A., Tzelves L., Lombardo R., Jung H., Neisius A., Petrik A., Somani B.K., Davis N.F., Gambaro G., Boissier R., Skolarikos A., Tailly T. Which Measure of Stone Burden is the Best Predictor of Interventional Outcomes in Urolithiasis: A Systematic Review and Meta-analysis by the YAU Urolithiasis Working Group and EAU Urolithiasis Guidelines Panel. *Eur Urol Open Sci.* 2024;71:22-30. DOI: 10.1016/j.euro.2024.10.024
14. Ito H., Kawahara T., Terao H., Ogawa T., Yao M., Kubota Y., Matsuzaki J. Utility and limitation of cumulative stone diameter in predicting urinary stone burden at flexible ureteroscopy with holmium laser lithotripsy: a single-center experience. *PLoS One.* 2013;8(6):e65060. DOI: 10.1371/journal.pone.0065060
15. Merigot de Treigny O., Bou Nasr E., Almont T., Tack I., Rischmann P., Soulié M., Huyghe E. The Cumulated Stone Diameter: A Limited Tool for Stone Burden Estimation. *Urology.* 2015;86(3):477-481. DOI: 10.1016/j.urology.2015.06.018
16. Попов С.В., Орлов И.Н., Сулейманов М.М., Горелик М.Л., Перфильев М.А. Сравнительный анализ влияния размера и объема конкремента на длительность тулиевой перкутанной нефролитотрипсии. *Урология.* 2022;(4):27-31. Popov S.V., Orlov I.N., Suleymanov M.M., Gorelik M.L., Perfil'ev M.A. Comparative study of the influence of stone size and volume on the duration of thulium laser percutaneous nephrolithotripsy. *Urologia.* 2022;(4):27-31. (In Russian). DOI: 10.18565/urology.2022.4.27-31

Сведения об авторах | Information about the authors

Мурад Магомедович Сулейманов — канд. мед. наук | Murad M. Suleimanov — Cand.Sc.(Med)
<https://orcid.org/0000-0002-4617-9611>; doc.suleimanov@gmail.com

Дмитрий Анатольевич Сытник | Dmitry A. Sytnik
<https://orcid.org/0000-0001-6085-5594>; doc.dmitriysytnik@gmail.com

Александр Владимирович Алхазисвили — канд. мед. наук | Alexander V. Alkhazishvili — Cand.Sc.(Med)
<https://orcid.org/0000-0002-7250-6786>; alkhazishvilialex@gmail.com

Мурад Логман оглы Дадашов | Murad L. Dadashov
<https://orcid.org/0009-0007-8608-0409>; doc.mdadashov@gmail.com