



ПРОДОЛЖЕННОЕ МЕДИЦИНСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Обзорная статья
УДК 616.61-073.75
<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-5-60-71>

Применение технологий искусственного интеллекта и программного обеспечения для измерения объема камней по данным компьютерной томографии у пациентов с мочекаменной болезнью (обзор литературы)

Д. А. Варюхина¹, М. Л. Чехонацкая², О. А. Кондратьева³,
Д. А. Бобылев⁴, И. А. Чехонацкий⁵

^{1–4} ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, Саратов, Россия

⁵ ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, Москва, Россия

¹ das4118@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2617-0089>

² fax-1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4507-9456>

³ okondr7@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2477-0790>

⁴ dreik2006@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1350-2566>

⁵ ilyae.devp@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6855-9121>

Автор, ответственный за переписку: Дарья Антоновна Варюхина, das4118@yandex.ru

Аннотация

Цель исследования. Выбор метода хирургического лечения и прогноз его эффективности при мочекаменной болезни зависит от МСКТ-характеристик камня: локализации, размера, плотности. В литературе в качестве перспективного предиктора успешности оперативного вмешательства предлагается доступный к оценке КТ-параметр конкремента – его объем. В настоящем исследовании рассматриваются подходы к волюметрии камней мочевыводящей системы с помощью программного обеспечения, искусственного интеллекта.

Материалы и методы. Изучены наиболее релевантные и цитируемые исследования, фундаментальные работы по автоматизированному определению объема конкремента, актуальные клинические рекомендации по диагностике и лечению МКБ, размещенные в научных базах данных в открытом доступе.

Результаты. Проанализированы современные подходы к автоматизированной волюметрии конкрементов почек, мочеточников, продемонстрирована практическая значимость результатов измерения литообъема программным обеспечением, алгоритмами искусственного интеллекта.

© Варюхина Д. А., Чехонацкая М. Л., Кондратьева О. А., Бобылев Д. А., Чехонацкий И. А., 2025

Заключение. Автоматизированные методы волуметрии камней мочевыделительной системы по данным компьютерной томографии превосходят по точности результаты калькуляции литообъема врачом-рентгенологом. Использование программного обеспечения, методов искусственного интеллекта позволяет повысить диагностическую точность и воспроизводимость измерений у пациентов с уrolитиазом, оптимизировать работу отделений лучевой диагностики.

Ключевые слова: уrolитиаз, объем, камень, компьютерная томография, искусственный интеллект

Для цитирования: Варюхина Д. А., Чехонацкая М. Л., Кондратьева О. А., Бобылев Д. А., Чехонацкий И. А. Применение технологий искусственного интеллекта и программного обеспечения для измерения объема камней по данным компьютерной томографии у пациентов с мочекаменной болезнью (обзор литературы) // Радиология — практика. 2025;5:60-71. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-5-60-71>

Источники финансирования

Исследование не финансировалось какими-либо источниками.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.

Соответствие принципам этики

Работа соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003.

THE CONTINUED MEDICAL EDUCATION

Review article

Application of Artificial Intelligence Technologies and Software for Measuring the Stones' Volume According to Computed Tomography in Patients with Urolithiasis (Literature Review)

**Dar'ja A. Varjuhina¹, Marina L. Chehonackaja², Ol'ga A. Kondrat'eva³,
Dmitrij A. Bobylev⁴, Il'ja A. Chehonackij⁵**

¹⁻⁴ Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky, Saratov, Russia

⁵ Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education «Russian Medical Academy of Continuous Professional Education» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia

¹ das4118@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2617-0089>

² fax-1@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4507-9456>

³ okondr7@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2477-0790>

⁴dreik2006@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1350-2566>

⁵ilyae.devp@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6855-9121>

Corresponding author: Dar'ja A. Varjuhina, das4118@yandex.ru

Abstract

Aim. The choice of surgical treatment method and the prognosis of its effectiveness in urolithiasis depends on the MSCT characteristics of the stone: localization, size, density. In the literature, a CT parameter of a concretion, its volume, is proposed as a promising predictor of the success of surgical intervention. This study examines approaches to volumetry of urinary stones using software and artificial intelligence.

Materials and Methods. The most relevant and cited studies, fundamental work on the automated determination of the volume of concretion, current clinical recommendations for the diagnosis and treatment of ICD, posted in scientific databases in the public domain, have been studied.

Results. Modern approaches to automated volumetry of kidney and ureter calculi are analyzed, and the practical significance of the results of measuring lithological volume by software and artificial intelligence algorithms is demonstrated.

Conclusion. Automated methods of volumetry of urinary stones according to computed tomography exceed the accuracy of the results of the calculation of the lithological volume by a radiologist. The use of software and artificial intelligence methods can improve the diagnostic accuracy and reproducibility of measurements in patients with urolithiasis, and optimize the work of radiation diagnostics departments.

Keywords: Urolithiasis, Volume, Stone, Computed tomography, Artificial Intelligence

For citation: Varjuhina D. A., Chehonackaja M. L., Kondrat'eva O. A., Bobylev D. A., Chehonackij I. A. Application of Artificial Intelligence Technologies and Software for Measuring the Stone's Volume According to Computed Tomography in Patients with Urolithiasis (Literature Review). *Radiology – Practice*. 2025;5:60-71. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2025-5-60-71>

Funding

The study was not funded by any sources.

Conflicts of Interest

The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Compliance with Ethical Standards

The work complies with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association «Ethical Principles of conducting scientific medical research with human participation» as amended in 2008 and the «Rules of Clinical Practice in the Russian Federation» approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 06/19/2003.

Введение

Мочекаменная болезнь (МКБ) — одна из наиболее часто встречаемых патологий урологического профиля,

остается актуальной проблемой современного здравоохранения: глобальное бремя уrolитиаза значительно увеличилось в период с 1991 по 2021 г. Пик за-

болеваемости среди мужчин и женщин приходится на трудоспособный возраст (30–69 лет) [17]. Характерной чертой уролитиаза является тенденция к рецидивированию: пожизненный риск повторного образования конкремента варьирует от 6 до 67 % [15]. Социально-экономические детерминанты заболеваемости и рецидивное течение МКБ определяют первостепенное значение своевременной диагностики и персонализированного подхода к лечению. Диагностические критерии, влияющие на эффективность оперативного вмешательства при уролитиазе, основаны на оценке результатов мультиспиральной компьютерной томографии органов брюшинного пространства (МСКТ ОЗП). Согласно клиническим рекомендациям по лечению мочекаменной болезни, выбор хирургической тактики напрямую зависит от локализации, плотности и размера камня [2, 14]. В то же время ряд авторов рассматривают объем конкремента в качестве независимого предиктора успешности предстоящей процедуры его элиминации [9]. Альтернативный КТ-литопараметр может быть рассчитан врачом по формуле трехосного эллипсоида, предложенной Европейской ассоциацией урологов: $\pi \times a \times b \times c \times 0,167$, где a , b , c — длина, ширина и высота камня [12]. Измерение трех размеров конкремента и калькуляция его объема сопряжены с увеличением временных затрат в работе рентгенолога. В последние годы в медицине наблюдается активная интеграция ИТ-технологий, позволяющих анализировать и интерпретировать большие массивы данных в короткий временной интервал [1]. Достижения в области цифровой обработки изображений и алгоритмов искусственного интеллекта повышают точность волюметрии камней почек и мочевыводящих путей посредством автоматизированного анализа компьютерно-томографических сканов.

Цель: анализ данных литературных источников, предлагающих различные подходы к автоматизированному измерению объема нефро- и уролитов, по данным компьютерной томографии у пациентов с мочекаменной болезнью.

Материалы и методы

Проанализировано 17 русско- и англоязычных источников в базах PubMed (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>), Научной электронной библиотеки eLibrary.ru (<https://elibrary.ru/>), Google Scholar (<https://scholar.google.com/>). Для поиска информации в вышеперечисленных базах данных были использованы следующие поисковые запросы и ключевые слова: nephrolithiasis (нефролитиаз), urolithiasis (уролитиаз), stone volume (объем камня), measurement of urinary stone volume (измерение объема камней мочевыводящей системы), urinary stones (камни в мочевыводящей системе), kidney stones (камни в почках), artificial intelligence in urinary stone disease (искусственный интеллект и мочекаменная болезнь), эндоурология камней мочевыводящей системы (endourology of urinary stones). Критерии включения: оригинальные статьи по мочекаменной болезни и искусственному интеллекту; полнотекстовые статьи и тезисы по диагностике камней мочевыводящей системы, способам их волюметрии, оценке прогностического потенциала измерения объема конкремента на дооперационном этапе. Критерии исключения: главы из книг, неоригинальные статьи, заметки и комментарии специалистов. Глубина поиска: с 2011 по 2025 г. Изучены научные работы, опубликованные ранее чем в последние 5 лет, так как основной массив исследований был проведен в период с 2011 по 2020 г.

Литоволюметрия с помощью программного обеспечения

В работе Patel S. R. и соавт. (2011) для расчета объема конкрементов была использована программа оценки индек-

са коронарного кальция. Исследователи проанализировали результаты низкодозной КТ-колонографии 50 пациентов с бессимптомным течением МКБ. Было установлено, что автоматизированная волюметрия точнее, чем мануальная: вариабельность расчета программой объема нефролитов в положении пациента на спине и на животе составляла 16,3 %, что вдвое меньше погрешности при измерении специалистом [13]. Ретроспективное исследование Bell J. R. и соавт. (2017) посвящено оценке диагностических возможностей программного обеспечения для автоматизированной идентификации и измерения литопараметров. Программой и специалистами были определены КТ-характеристики 85 конкрементов: плотность (НУ), максимальный размер (мм), объем (мм³). Различие между средними значениями результатов мануальной волюметрии по формуле трехосного эллипсоида и программными измерениями составляло 21 %. Авторы не выявили статистически значимой разницы ($p = 0,86$) между автоматическим определением объема камней и расчетом по формуле трехосного эллипсоида [4]. Wilhelm K. и соавт. в 2018 г. изучили диагностическую точность волюметрии камней почек ($n = 96$) различного состава (кальций-оксалат, брушит, цистин, мочева кислота) с помощью программного обеспечения AMULET (AutoMated UroLithiasis Evaluation Tool) [16]. Для компьютерно-томографического сканирования нефролитов авторами был создан фантом, имитирующий забрюшинное пространство. Эталонными были признаны объемы камней, определенные методом погружения конкрементов в воду. Формула объема сферы ($\frac{4}{3} \times \pi \times \text{radius}^3$) была выбрана исследователями для мануальной волюметрии. Средний объем нефролитов, определенный методом погружения камней в воду, автоматически и вычисленный по математическому выражению, составлял 1200, 1058 и

2252 мм³ соответственно. Результаты корреляционного анализа указали на достоверную и значимую связь ($0,99$, $p < 0,001$) между диагностической точностью волюметрии программным обеспечением по данным КТ-сканирования и эталонным способом. Достаточно сильное корреляционное взаимодействие, как и в случае автоматического измерения, было отмечено между мануальной литоволюметрией и определением объема методом погружения конкрементов в воду ($0,95$, $p < 0,001$) [16].

Возможности искусственного интеллекта в измерении объема камней

Применение искусственного интеллекта (ИИ) для определения стереоскопических литохарактеристик пациентов с МКБ позволяет повысить эффективность и точность расчетов. По результатам ретроспективного исследования, выполненного Babajide R. и соавт. (2022), значение объема конкремента было несколько ниже при измерении его методом машинного обучения по сравнению с экспертной оценкой, статистически значимого различия не установлено ($p = 0,5$). Алгоритмы искусственного интеллекта более точно определяли границы нефролитов, чем специалисты [3].

К похожим выводам пришли Kim J. и соавт. (2024), продемонстрировав эффективность алгоритмов глубокого обучения в определении объема и других параметров конкрементов у пациентов с почечной коликой. При обучении системы ИИ в выборку были включены 39 433 аксиальных нативных преоперационных КТ-изображения ОЗП больных, подвергнутых ретроградному интратеренальному хирургическому вмешательству или уретеролитотомии по поводу МКБ. В процессе валидационного анализа с использованием тестового датасета из 5736 КТ-изображений точность идентификации ИИ конкрементов составляла 95 %. Для достоверности

оценки результатов литоволюметрии в клинической практике с помощью алгоритмов глубокого обучения были проанализированы нативные КТ-сканы пациентов ($n = 87$), обратившихся в медицинское учреждение с симптомами почечной колики. Измерения, выполненные ИИ, были сопоставлены с интерпретацией результатов КТ-исследований тремя специалистами. Объем камней был рассчитан по формуле трехосного эллипсоида. Диагностическая точность алгоритмов глубокого обучения в реальных клинических условиях составляла 94 % при интерпретации результатов МСКТ больных с симптомами почечной колики [10].

Elton D. C. и соавт. (2022) сообщили об успешном применении метода глубокого обучения в волюметрии камней почечной локализации. Для проверки и обучения модели нейронной сети 3D U-Net были использованы результаты КТ-колонографии 91 пациента с нефролитами и 89 больных без камней почек. Для подтверждения достоверности литоволюметрии с помощью 3D U-Net были проанализированы КТ-сканы 6185 пациентов. Определенные нейронной сетью значения литообъемов коррелировали с результатами ручного измерения ($r^2 = 0,95$) [8].

Сумранас А. Д. и соавт. (2023) предприняли попытку обучения сверточной нейронной сети для автоматической сегментации области почек и волюметрии нефролитов на КТ-сканах. «Эталонный» объем камня был определен мануальной сегментацией. Статистический анализ показал надежную точность автоматической сегментации и литоволюметрии алгоритмами ИИ: показатели коэффициентов Dice и Пирсона составляли 0,967 и 0,999 соответственно [5].

Подобные наблюдения были отмечены в работе Morgan K. L. и соавт. (2022). Авторы указали на прямую корреляционную связь (коэффициент Пирсона — 0,82) между результатами

определения объема камней сверточной нейронной сетью и их сегментацией специалистом по данным низкодозной МСКТ ОЗП. При этом корреляционное взаимодействие между итогами калькуляции литообъема по формуле трехосного эллипсоида и мануальной сегментацией было ниже: коэффициент Пирсона составил 0,75 [12].

Сумранас А. Д. и соавт. (2024) опубликовали результаты исследования диагностической точности определения объема камней алгоритмом ИИ, разработанного Калифорнийским университетом. Авторы включили в анализ нативные КТ-сканы 322 пациентов с МКБ. Объем камня, определенный полуавтоматическим методом сегментации, был принят за эталон. Также исследователи рассчитывали стереоскопическую литохарактеристику «вручную», используя математические выражения объема трехосного эллипсоида, вытянутого и сплюснутого эллипсоидов вращения. Искусственный интеллект показал высокую корреляцию результатов волюметрии конкрементов с эталоном ($r = 0,98$). Объемы камней, определенные по формулам эллипсоида, были менее точными, чем измерения алгоритмами ИИ: диапазон значений r варьировал от 0,79 до 0,82 [6].

Обсуждение

В мировой литературе подобные исследования, оценивающие потенциальную роль автоматизированной оценки литообъема у пациентов с МКБ, мало представлены. В центре внимания большинства научных работ было определение прогностической значимости двумерных параметров камня при планировании хирургического лечения уролитиаза или определении риска самостоятельного отхождения конкрементов при почечной колике. Geraghty R. и соавт. (2024) после метаанализа 24 исследований пришли к выводу, что объем конкремента был более значимым

КТ-предиктором достижения состояния полного освобождения почки от камней (Stone Free Rate или SFR) после выполнения оперативного вмешательства, чем его размер или площадь. Объем нефролита (AUC = 0,71) обладал более высокой прогностической ценностью в эффективности предстоящей дистанционной ударно-волновой литотрипсии или ретроградной интратрениальной хирургии по сравнению с определением его максимального размера (AUC = 0,67) или площади (AUC = 0,69) [9].

Ряд авторов изучали диагностическую точность различных подходов, базируемых на калькуляции литообъема врачом по математическим формулам: объема трехосного эллипсоида, объема сферы ($\frac{4}{3} \times \pi \times \text{radius}^3$), Аккермана ($0,6 \times \pi \times \text{radius}^2$), кумуляции (суммы наибольших диаметров каждого конкремента) [11]. Для мануальной волюметрии камня необходимо определить его высоту, ширину и длину на предоперационных КТ-сканах. Эти измерения могут значительно варьироваться в зависимости от параметров реконструкции, толщины среза, окна визуализации [7]. Калькуляция объема по математическим выражениям лимитирована для крупных конкрементов неправильной геометрической формы. Ситрапанас А. D. и соавт. (2024) продемонстрировали увеличение погрешности мануальной волюмометрии с ростом значений объемов конкрементов по сравнению с полуавтоматическим методом сегментации: показатель переоценки результатов составлял 27–89 % [6].

Искусственный интеллект обладает возможностью полностью автоматизировать процесс сегментации и анализ результатов волюметрии камней у пациентов с МКБ. Kim J. и соавт. (2024) сообщили не только о диагностической точности, но и временном превосходстве алгоритмов глубокого обучения в оценке объема нефролитов. Авторами было отмечено, что система ИИ за 0,2 с

определяла все характеристики конкремента (три максимальных размера, объем, плотность, расстояние от кожи до камня под углами 0, 45 и 90°), в то время как для мануальной литоволюметрии специалисты затрачивали 77 с [10]. Аналогичные результаты продемонстрированы в работе Babajide R. и соавт. (2023). Авторы отметили, что искусственный интеллект значительно быстрее, чем люди, идентифицировал нефролиты на КТ-сканах и автоматически рассчитывал их морфометрические параметры. Независимо от количества камней у одного пациента на это уходило в среднем 12 с. Специалисты затрачивали 10 с на описание характеристик только одного конкремента. Также исследователи сообщили о вариабельности результатов мануального измерения литообъема между операторами: коэффициент Жаккара составлял 0,17 [3].

Результаты ряда научных исследований свидетельствуют о том, что волюметрия нефро- или уролитов с помощью программного обеспечения или методами искусственного интеллекта позволяет повысить диагностическую точность и воспроизводимость измерений. Автоматическое определение объема камня минимизирует операторозависимые риски, возникающие при его калькуляции специалистом. Алгоритмы ИИ позволяют оптимизировать процессы обработки информации, сократив количество времени, затрачиваемого на мануальную волюметрию конкрементов. При тестировании в клинической работе методы искусственного интеллекта демонстрируют правильность определения литообъема у пациентов с МКБ, сопоставимую с клиническим мышлением врача.

Заключение

Определение объема камней, как потенциального КТ-предиктора достижения SFR у пациентов с МКБ, посредством автоматизированного анализа

компьютерно-томографических сканов превосходит результаты мануальной волюметрии, обеспечивая более высокую точность и эффективность. Сегментация и литоволюметрия на основе программного обеспечения/алгоритмов ИИ может быть использована на этапе предоперационного анализа характеристик конкрементов, заменив калькуляцию его объема специалистом. Необходимы дальнейшие исследования, направленные на определение единого подхода к автоматизированному измерению литообъема. Перспективным направлением является материальное и техническое обеспечение широкого доступа к специализированному программному обеспечению для определения объема нефро- и уролитов в повседневной клинической практике.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пранович А. А., Исмаилов А. К., Карельская Н. А., Костин А. А., Кармазановский Г. Г., Грицкевич А. А. Искусственный интеллект в диагностике и лечении мочекаменной болезни // Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения. 2022. № 8 (1). С. 42–57. <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-1-42-57>
2. Клинические рекомендации. Мочекаменная болезнь: МКБ 10: N20: клинические рекомендации. Министерство здравоохранения Российской Федерации, Профессиональные ассоциации. Российское общество урологов, 2024. Текст: электронный // Рубрикатор клинических рекомендаций МЗ РФ [<https://cr.minzdrav.gov.ru>]. URL: https://cr.minzdrav.gov.ru/view-cr/7_2 (дата обращения: 02.06.2025).
3. Babajide R., Lembrikova K., Ziemba J., Ding J., Li Y., Fermin A. S., Fan Y., Tasian G. E. Automated Machine Learning Segmentation and Measurement of Urinary Stones on CT Scan. *Urology*. 2022;169:41-46. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2022.07.029>
4. Bell J. R., Posielski N. M., Penniston K. L., Lubner M. G., Nakada S. Y., Pickhardt P. J. Automated Computer Software Compared with Manual Measurements for CT-Based Urinary Stone Metrics: An Evaluation Study. *J. Endourol*. 2018; 32(5):455-461. <https://doi.org/10.1089/end.2017.0787>
5. Cumanas A. D., Morgan K. L., Chantaduly C., Bhatt R., Gorgen A. R. H., Rohani A., McCormac A., Tran C. M., Piedras P., Lavasani S. A., Peta A., Brevick A., Xie L., Karani R., Tano Z. E., Ali S. N., Jiang P., Patel R. M., Landman J., Chang P., Clayman R. V. MP09-11. The Application of Artificial Intelligence for Renal Stone Volume Determination: Ready for Prime Time? *Journal of Urology*. 2023;209(4):108. <https://doi.org/10.1097/JU.0000000000003224.11>
6. Cumanas A. D., Chantaduly C., Morgan K. L., Shao W., Gorgen A. R. H., Tran C. M., Wu Y. X., McCormac A., Tano Z. E., Patel R. M., Chang P., Landman J., Clayman R. V. Efficient and Accurate Computed Tomography-Based Stone Volume Determination: Development of an Automated Artificial Intelligence Algorithm. *J. Urol*. 2024;211(2):256-265. <https://doi.org/10.1097/ju.0000000000003766>
7. Duan X., Wang J., Qu M., Leng S., Liu Y., Krambeck A., McCollough C. Kidney stone volume estimation from computerized tomography images using a model based method of correcting for the point spread function. *J. Urol*. 2012 Sep;188(3):989-95. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2012.04.098>
8. Elton D. C., Turkbey E. B., Pickhardt P. J., Summers R. M. A Deep Learning System for Automated Kidney Stone Detection and Volumetric Segmentation on Noncontrast CT Scans. *Med Phys*. 2022; 49(4):2545-2554. <https://doi.org/10.1002/mp.15518>
9. Geraghty R., Pietropaolo A., Tzelvels 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 Nov 22;71:22-30. DOI: 10.1016/j.euro.2024.10.024
10. Kim J., Kwak C. W., Uhm S., Lee J., Yoo S., Cho M. C., Son H., Jeong H., Choo M. S. A Novel Deep Learning-based Artificial Intelligence System for Interpreting Urolithiasis in Computed Tomography. *Eur. Urol. Focus.* 2024;10(6):1049-1054. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2024.07.003>
 11. 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): 477-81. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2015.06.018>
 12. Morgan K. L., Bhatt R., Soltanzadeh Z., Zarrandi S., Vo K., Vu M. C., Piedras P., Peta A., Brevik A., Karani R., Xie L., Jiang P., Ali S., Patel R. M., Landman J., Clayman R. V. MP33-02. Automated stone volume determination: training an artificially intelligent algorithm to segment kidney stones on ct and calculate 3d volume. *J. of Urology.* 2022;207(Supplement 5):e569.
 13. Patel S. R., Stanton P., Zelinski N., Borman E. J., Pozniak M. A., Nakada S. Y., Pickhardt P. J. Automated Renal Stone Volume Measurement by Noncontrast Computerized Tomography is More Reproducible Than Manual Linear Size Measurement. *The J. of Urology.* 2011;186(6): 2275–2279. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2011.07.091>
 14. Skolarikos A., Jung H., Neisius A., Petřík A., Kamphius G. M., Davis N. F., Somani B., Tailly T., Lardas M., Gambaro G., Sayer J.A. EAU Guidelines. Edn. presented at the EAU Annual Congress Madrid 2025. Text: electronic. European Association of Urology [<https://uroweb.org>]. URL: <https://d56bochluxqnz.cloudfront.net/documents/full-guideline/EAU-Guidelines-on-Urolithiasis-2025.pdf> (дата обращения: 25.05.2025). ISBN 978-94-92671-29-5.
 15. Wang K., Ge J., Han W., Wang D., Zhao Y., Shen Y., Chen J., Chen D., Wu J., Shen N., Zhu S., Xue B., Xu X. Risk factors for kidney stone disease recurrence: a comprehensive meta-analysis. *BMC Urol.* 2022 Apr 19;22(1):62. <https://doi.org/10.1186/s12894-022-01017-4>
 16. Wilhelm K., Miernik A., Hein S., Schlager D., Adams F., Benndorf M., Fritz B., Langer M., Hesse A., Schoenthaler M., Neubauer J. Validating Automated Kidney Stone Volumetry in CT and Mathematical Correlation with Estimated Stone Volume Based on Diameter. *J. Endourol.* 2018; 32(7):659-66. <https://doi.org/10.1089/end.2018.0058>
 17. Zi H., Liu M. Y., Luo L. S., Huang Q., Luo P. C., Luan H. H., Huang J., Wang D. Q., Wang Y. B., Zhang Y. Y., Yu R. P., Li Y. T., Zheng H., Liu T. Z., Fan Y., Zeng X. T. Global burden of benign prostatic hyperplasia, urinary tract infections, urolithiasis, bladder cancer, kidney cancer, and prostate cancer from 1990 to 2021. *Mil Med Res.* 2024 Sep 18;11(1):64. <https://doi.org/10.1186/s40779-024-00569-w>
- ## References
1. Pranovich A. A., Ismailov A. K., Karelskaya N. A., Kostin A. A., Karmazanovsky G. G., Gritskevich A. A. Artificial intelligence in the diagnosis and treatment of kidney stone disease. *Russian Journal of Telemedicine and E-Health.* 2022;8(1)42-57. (In Russ). <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-1-42-57>
 2. Клинические рекомендации. Мочекаменная болезнь: МКБ 10: N20: клинические рекомендации. Министерство здравоохранения Российской Федерации, Профессиональные ассоциации. Российское общество урологов, 2024. Текст: электронный. Рубрикатор клинических рекомендаций МЗ РФ [<https://cr.minzdrav.gov.ru>]. URL: <https://cr.minzdrav.gov>.

- ru/view-cr/7_2 (date of application: 02.06.2025).
3. Babajide R., Lembrikova K., Ziemba J., Ding J., Li Y., Fermin A. S., Fan Y., Tasian G. E. Automated Machine Learning Segmentation and Measurement of Urinary Stones on CT Scan. *Urology*. 2022;169:41-46. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2022.07.029>
4. Bell J. R., Posielski N. M., Penniston K. L., Lubner M. G., Nakada S. Y., Pickhardt P. J. Automated Computer Software Compared with Manual Measurements for CT-Based Urinary Stone Metrics: An Evaluation Study. *J. Endourol*. 2018; 32(5):455-461. <https://doi.org/10.1089/end.2017.0787>
5. Cumanas A. D., Morgan K. L., Chantaduly C., Bhatt R., Gorgen A. R. H., Rojhani A., McCormac A., Tran C. M., Piedras P., Lavasani S. A., Peta A., Brevick A., Xie L., Karani R., Tano Z. E., Ali S. N., Jiang P., Patel R. M., Landman J., Chang P., Clayman R. V. MP09-11. The Application of Artificial Intelligence for Renal Stone Volume Determination: Ready for Prime Time? *Journal of Urology*. 2023;209(4):108. <https://doi.org/10.1097/JU.0000000000003224.11>
6. Cumanas A. D., Chantaduly C., Morgan K. L., Shao W., Gorgen A. R. H., Tran C. M., Wu Y. X., McCormac A., Tano Z. E., Patel R. M., Chang P., Landman J., Clayman R. V. Efficient and Accurate Computed Tomography-Based Stone Volume Determination: Development of an Automated Artificial Intelligence Algorithm. *J. Urol*. 2024;211(2):256-265. <https://doi.org/10.1097/ju.0000000000003766>
7. Duan X., Wang J., Qu M., Leng S., Liu Y., Krambeck A., McCollough C. Kidney stone volume estimation from computerized tomography images using a model based method of correcting for the point spread function. *J. Urol*. 2012 Sep;188(3):989-95. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2012.04.098>
8. Elton D. C., Turkbey E. B., Pickhardt P. J., Summers R. M. A Deep Learning System for Automated Kidney Stone Detection and Volumetric Segmentation on Noncontrast CT Scans. *Med Phys*. 2022;49(4):2545-2554. <https://doi.org/10.1002/mp.15518>
9. Geraghty R., Pietropaolo A., Tzelvels 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 Nov 22;71:22-30. DOI: 10.1016/j.euros.2024.10.024
10. Kim J., Kwak C. W., Uhm S., Lee J., Yoo S., Cho M. C., Son H., Jeong H., Choo M. S. A Novel Deep Learning-based Artificial Intelligence System for Interpreting Urolithiasis in Computed Tomography. *Eur. Urol. Focus*. 2024;10(6):1049-1054. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2024.07.003>
11. 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): 477-81. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2015.06.018>
12. Morgan K. L., Bhatt R., Soltanzadeh Zarrandi S., Vo K., Vu M. C., Piedras P., Peta A., Brevik A., Karani R., Xie L., Jiang P., Ali S., Patel R. M., Landman J., Clayman R. V. MP33-02. Automated stone volume determination: training an artificially intelligent algorithm to segment kidney stones on ct and calculate 3d volume. *J. of Urology*. 2022;207(Supplement 5):e569.
13. Patel S. R., Stanton P., Zelinski N., Borman E. J., Pozniak M. A., Nakada S. Y., Pickhardt P. J. Automated Renal Stone Volume Measurement by Noncontrast Computerized Tomography is More Reproducible Than Manual Linear Size Measurement. *The J. of Urology*. 2011;186(6): 2275-2279. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2011.07.091>

14. Skolarikos A., Jung H., Neisius A., Petřík A., Kamphius G. M., Davis N. F., Somani B., Tailly T., Lardas M., Gambaro G., Sayer J.A. EAU Guidelines. Edn. presented at the EAU Annual Congress Madrid 2025. Text: electronic. European Association of Urology [<https://uroweb.org>]. URL: <https://d56bochluxqnz.cloudfront.net/documents/full-guideline/EAU-Guidelines-on-Urolithiasis-2025.pdf> (дата обращения: 25.05.2025). ISBN 978-94-92671-29-5.
15. Wang K., Ge J., Han W., Wang D., Zhao Y., Shen Y., Chen J., Chen D., Wu J., Shen N., Zhu S., Xue B., Xu X. Risk factors for kidney stone disease recurrence: a comprehensive meta-analysis. *BMC Urol.* 2022 Apr 19;22(1):62. <https://doi.org/10.1186/s12894-022-01017-4>
16. Wilhelm K., Miernik A., Hein S., Schlager D., Adams F., Benndorf M., Fritz B., Langer M., Hesse A., Schoenthaler M., Neubauer J. Validating Automated Kidney Stone Volumetry in CT and Mathematical Correlation with Estimated Stone Volume Based on Diameter. *J. Endourol.* 2018; 32(7):659-66. <https://doi.org/10.1089/end.2018.0058>
17. Zi H., Liu M. Y., Luo L. S., Huang Q., Luo P. C., Luan H. H., Huang J., Wang D. Q., Wang Y. B., Zhang Y. Y., Yu R. P., Li Y. T., Zheng H., Liu T. Z., Fan Y., Zeng X. T. Global burden of benign prostatic hyperplasia, urinary tract infections, urolithiasis, bladder cancer, kidney cancer, and prostate cancer from 1990 to 2021. *Mil Med Res.* 2024 Sep 18;11(1):64. <https://doi.org/10.1186/s40779-024-00569-w>

Сведения об авторах / Information about the authors

Варюхина Дарья Антоновна, врач-рентгенолог, аспирант, ассистент кафедры лучевой диагностики им. проф. Н. Е. Штерна ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Саратов, Россия.

Вклад автора: концепция и дизайн исследования, анализ данных литературных источников и их интерпретация, написание текста статьи, автор-корреспондент.

Varjuhina Dar'ja Antonovna, radiologist, postgraduate student, assistant at the department of radiation diagnostics named after professor N. E. Stern of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saratov, Russia.

Author's contribution: the concept and design of the study, the analysis of data from literary sources and their interpretation, the writing of the text of the article, the corresponding author.

Чехонацкая Марина Леонидовна, доктор медицинских наук, профессор, врач ультразвуковой диагностики, заведующая кафедрой лучевой диагностики им. проф. Н. Е. Штерна ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Саратов, Россия.

Вклад автора: редактирование статьи, окончательное утверждение версии для направления статьи в редакционную коллегию журнала.

Chehonackaja Marina Leonidovna, D. Sc., ultrasound diagnostics doctor, professor, head of the department of radiation diagnostics named after prof. N. E. Stern Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky» Ministry of Health of the Russian Federation, Saratov, Russia.

Author's contribution: editing of the article, final approval of the version for sending the article to the editorial board of the journal.

Кондратьева Ольга Алексеевна, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, доцент кафедры лучевой диагностики им. проф. Н. Е. Штерна ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Саратов, Россия.

Вклад автора: редактирование статьи, окончательное утверждение версии для направления статьи в редакционную коллегию журнала.

Kondrat'eva Ol'ga Alekseevna, Ph.D. in Medicine, radiologist, associate professor of the department of radiation diagnostics named after prof. N.E. Stern Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky» Ministry of Health of the Russian Federation, Saratov, Russia.

Author's contribution: editing of the article, final approval of the version for sending the article to the editorial board of the journal.

Бобылев Дмитрий Александрович, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, доцент кафедры лучевой диагностики им. проф. Н. Е. Штерна ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Саратов, Россия.

Вклад автора: анализ данных литературных источников и их интерпретация.

Bobylev Dmitrij Aleksandrovich, Ph.D. in Medicine, radiologist, associate professor of the department of radiation diagnostics named after prof. N. E. Stern Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saratov State Medical University named after V. I. Razumovsky» Ministry of Health of the Russian Federation, Saratov, Russia.

Author's contribution: the analysis of literary sources and their interpretation.

Чехонацкий Илья Андреевич, кандидат медицинских наук, врач-уролог, ассистент кафедры урологии и хирургической андрологии ФГБОУ ВО ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия.

Вклад автора: анализ данных литературных источников и их интерпретация.

Chehonackij Il'ja Andreevich, Ph. D. in Medicine, urologist, assistant at the department of urology and surgical andrology Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education «Russian Medical Academy of Continuous Professional Education» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow, Russia.

Author's contribution: the analysis of literary sources and their interpretation.

Статья поступила в редакцию 04.06.2024;
одобрена после рецензирования 01.08.2025;
принята к публикации 01.08.2025.

The article was submitted 04.06.2024;
approved after reviewing 01.08.2025;
accepted for publication 01.08.2025.