

© П.В. Трусов, А.А. Гусев, 2019
УДК 616.613-003.7-08
DOI 10.21886/2308-6424-2019-7-2-93-111
ISSN 2308-6424

Лечение камней почек: стандарты и инновации

П.В. Трусов¹, А.А. Гусев²

¹ГАУ РО «Областной консультативно-диагностический центр»; Ростов-на-Дону, Россия

²ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет» МЗ РФ; Ростов-на-Дону, Россия

Мочекаменная болезнь остаётся одним из самых распространённых заболеваний в урологии, а камни почек составляют самую распространённую и актуальную часть этой проблемы. Актуальность темы нефролитиаза и его лечения определяет рост заболеваемости, отмеченный во всем мире, многообразие вариантов лечения с продолжением разработки новой техники. На сегодняшний день определены не все стандарты лечения камней почек различных размеров и локализаций. При этом новые тенденции в лечении могут изменить уже существующие стандарты. В данном литературном обзоре рассмотрены существующие стандарты лечения камней почек. Более подробно анализирована перкутанная нефролитотрипсия с её осложнениями, связанными с инструментами и энергиями, используемыми для разрушения и удаления конкрементов почек. Нами проведён анализ инновационных миниперкутанных техники и тенденций развития чрескожной хирургии нефролитиаза с целью определения их значимости в лечении камней почек.

Ключевые слова: мочекаменная болезнь; перкутанная нефролитотрипсия; осложнения; миниперкутанные техники

Раскрытие информации: Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию: 12.03.2019. **Принята к публикации:** 13.05.2019.

Автор для связи: Гусев Андрей Анатольевич; тел.: +7 (928) 227-38-72; e-mail: gusev_rost@mail.ru

Для цитирования: Трусов П.В., Гусев А.А. Лечение камней почек: стандарты и инновации. *Вестник урологии*. 2019;7(2):93-111. DOI: 10.21886/2308-6424-2019-7-2-93-111

Treatment of kidney stones: standards and innovations

P.V. Trusov¹, A.A. Gusev²

¹Regional Consultative and Diagnostic Center; Rostov-on-Don, Russian Federation

²Rostov State Medical University; Rostov-on-Don, Russian Federation

Urolithiasis remains one of the most common diseases in urology. At the same time, kidney stones are the most common and relevant part of this problem. Topical areas of diagnosis and treatment of kidney stones is determined by the increase in the incidence noted throughout the world, as well as the variety of treatment options and the development of new techniques. Currently, not all standards for the treatment of kidney stones of various sizes and localizations are defined. At the same time, new trends in treatment may change existing standards. This literature review considers existing standards for the treatment of kidney stones. Percutaneous nephrolithotripsy with its complications associated with the tools and energies used to destroy and remove kidney stones is analyzed in more detail. We have analyzed innovative mini-percutaneous techniques (mini-PCNL) and trends in the development of percutaneous nephrolithiasis surgery to determine their importance in the treatment of kidney stones.

Keywords: kidney stone disease; percutaneous nephrolithotripsy; complications; mini-PCNL

Disclosure: The study did not have sponsorship. The authors have declared no conflicts of interest.

Received: 12.03.2019. **Accepted:** 13.05.2019.

For correspondence: Andrey A. Gusev; tel.: +7 (928) 227-38-72; e-mail: gusev_rost@mail.ru

For citation: Trusov P.V., Gusev A.A. Treatment of kidney stones: standards and innovations. *Urology Herald*. 2019;7(2):93-111. (In Russ.). DOI: 10.21886/2308-6424-2019-7-2-93-111

Введение

Распространённость почечнокаменной болезни в течение жизни оценивается в 1-15% в зависимости от возраста, пола, расы и географического положения. Данные из набора данных Национального обследования здоровья и питания (NHANES) продемонстрировали линейное увеличение распространённости камней в почках среди взрослого населения США за последние несколько десятилетий [1], с последней оценкой распространённости в 8,8% за период 2007-2010 годы [2, 3].

В Германии уже в конце прошлого века заболеваемость мочекаменной болезнью выросла до 9% [4].

Рост распространённости почечнокаменной болезни является глобальным явлением. Данные из пяти европейских стран, Японии и США показали, что заболеваемость камнями почек и их распространённость со временем увеличивается во всем мире [5]. В уникальном наборе данных, полученном в результате серии общенациональных опросов, проведённых Japanese Society on Urolithiasis Research, было показано увеличение ежегодной частоты случаев впервые обнаруженных камней мочевых путей с поправкой на возраст с 54,2 на 100000 в 1965 году до 114,3 на 100000 в 2005 году. Хотя заболеваемость увеличилась во всех возрастных группах, а также среди мужчин и женщин, возраст пиковой заболеваемости сместился у мужчин с 20-49 лет в 1965 году до 30-69 лет в 2005 году и у женщин с 20-29 лет в 1965 году до 50-79 лет в 2005 году, т.е. в более старшие возрастные группы [6]. По данным О.И. Аполихина с соавт., абсолютное число зарегистрированных больных мочекаменной болезнью в РФ в период с 2002 по 2009 годы увеличилось на 17,3%. Рост этого показателя в 2009 году по сравнению с 2008 годом составил 3,5% (с 502,5 до 520,2 на 100000 человек населения) [7].

Было высказано предположение, что рост заболеваемости и распространённости мочекаменной болезни, наблюдаемый в Соединённых Штатах и во всем мире, можно отчасти объяснить увеличением обнаружения бессимптомных камней за счёт более широкого использования рентгенографических исследований, особенно компьютерной томографии [8, 9]. В Исландии с 1985 по 2008 годы (5945 случаев первично диагностированных камней почек) исследователи обнаружили, что ежегодная заболеваемость мочекаменной болезнью значительно увеличилась со 108 на 100000 в первые 5 лет исследования до 138 на 100000 в оставшийся временной интервал исследования ($p < 0,001$). Тем не менее, было определено, что ежегодное количество симптома-

тических камней не увеличивалось значительно в сравнении со значительным увеличением частоты обнаружения бессимптомных камней у обоих полов (от 7 до 24 на 100000 у мужчин, $p < 0,001$ и от 7 до 21 на 100000 у женщин, $p < 0,001$) [8].

Лечение обычно рекомендуется для симптоматических камней, включая те, которые связаны с болью, инфекцией, обструкцией, активным ростом камней и значительной гематурией. Однако имеющиеся данные менее ясны в том, как подходить к минимально симптоматическим или бессимптомным почечным камням.

Burgher A et al. (2004) ретроспективно обследовали 300 пациентов мужского пола с бессимптомными почечными камнями со средним периодом наблюдения 3,26 года. Прогрессирование заболевания, определяемое как необходимость вмешательства, рост камней или развитие боли, связанной с камнями, наблюдалось у 77% пациентов, причём 26% пациентов нуждались в операции. Больший размер камня и расположение его в почечной лоханке были связаны с прогрессированием заболевания. Все камни в почечной лоханке и камни размером более 15 мм были связаны с прогрессированием заболевания. Экстраполированный риск вмешательства через 7 лет составил 50% [10]. В аналогичном исследовании проведённом Boyce CJ et al. (2010), у 20,5% пациентов с изначально бессимптомными почечными камнями в течение 10-летнего периода появились симптомы [8]. Koh LT et al. (2012) обнаружили 20% случаев самопроизвольного отхождения, 46% случаев прогрессирования камней и 7,1% случаев оперативного вмешательства [11]. Inci K et al. (2007) показали, что примерно одна треть конкрементов нижних полюсов увеличивается, 21% отходят самопроизвольно, а 11% в конечном итоге требуют вмешательства. Средний размер камней был 8,8 мм, а средний период наблюдения составил 52 месяца. Никакого вмешательства не требовалось ни у одного пациента в течение первых 2 лет наблюдения [12]. В аналогичном проспективном рандомизированном исследовании Yuruk E et al. (2010) продемонстрировали 18,7% вмешательств при бессимптомных почечных камнях нижнего полюса с медианой времени до вмешательства 22,5 месяца [13]. Kang HW et al. (2013) сообщили о 29% частоте самопроизвольных отхождений, 24,5% вмешательств и 53,6% появления симптомов, обусловленных конкрементами у 347 пациентов со средним периодом наблюдения 31 месяц [14].

Эти исследования позволяют сделать ряд выводов о бессимптомных почечных камнях. Во-первых, общее прогрессирование заболевания, определяемое развитием связанных с камнями симптомов или ростом камней, происходит в

50-80% случаев в течение 5 лет. Во-вторых, самопроизвольное прохождение камней происходит примерно в 15% случаев и более вероятно для камней размером 5 мм или меньше. В-третьих, более крупные камни и те, которые находятся в почечной лоханке, с большей вероятностью станут симптоматическими. Наконец, риск возможного хирургического вмешательства при изначально бессимптомных почечных камнях составляет примерно 10-20% через 3-4 года после того, как камни были обнаружены впервые.

Наиболее сложной проблемой мочекаменной болезни является проблема лечения коралловидных камней почек (Staghorn stones) – это крупные почечные камни, которые занимают большую часть или всю полостную систему почки. Камни часто заполняют почечную лоханку и разветвляются на окружающие чашечки. Не существует стандартизированных определений для полных и частичных коралловидных камней, хотя большинство считает, что полные коралловидные камни занимают всю полостную систему почки, тогда как частичные коралловидные камни занимают меньший объем. Струвиты составляют большинство коралловидных камней, хотя эта конфигурация может включать в себя любой тип камня [15].

Современный консенсус заключается в том, что коралловидные камни следует лечить с целью полного их удаления [16]. Не оперированные коралловидные камни связаны с рецидивирующими инфекциями мочевых путей, уросепсисом, снижением функции почек и высокой вероятностью смерти [15, 17-18]. Без лечения полная потеря почечной функции у 50% поражённых почек может произойти через 2 года.

На сегодняшний день нет общепризнанного стандарта лечения камней почек. Общее количество камней в почках, или общий объем камня (камней), нуждающихся в лечении, возможно, является наиболее важным фактором, влияющим на принятие решения о варианте лечения.

Большинство (от 50 до 60%) одиночных камней в почках имеют размер 1 см или менее, и многие из них протекают бессимптомно. Почти все почечные камни 1 см или меньше можно лечить с помощью дистанционной литотрипсии (ДЛТ), уретерореноскопии (УРС) или перкутанной нефролитотомии (ПKNЛ). Лапароскопическое или открытое удаление камней необходимо в чрезвычайно редких случаях, чаще всего, когда имеется аномальная анатомия.

Дистанционная литотрипсия

ДЛТ считается первой линией лечения камней почек не более 1 см, как наименее инвазив-

ный метод, при котором достигается достаточно высокий уровень полной элиминации конкрементов и не требующий сложных технических навыков. В последнее время увеличилось использование гибких уретерореноскопов, и в опытных руках гибкая УРС теперь может рассматриваться, как альтернативная первичная хирургия камней почек размером 1 см или менее. Камни с высокой плотностью по данным КТ (≥ 900 HU) и камни, расположенные в нижних полюсных чашечках, представляют собой особые ситуации, в которых эффективность ДЛТ низкая. В этих случаях УРС или ПKNЛ могут быть предпочтительными вариантами лечения первой линии или становятся необходимыми в случае неэффективности ДЛТ.

Европейская ассоциация урологов (European Association of Urology, EAU) в своих рекомендациях по мочекаменной болезни рекомендует ДЛТ в качестве первой линии лечения всех камней в почках 10 мм и менее, с УРС в качестве альтернативы для отдельных случаев и ПKNЛ, для случаев, когда ДЛТ и УРС были не эффективны [19]. Американская урологическая ассоциация (American Urological Association, AUA) не опубликовала руководящие принципы для почечных камней размером не более 10 мм.

Противопоказаниями к ДЛТ является: 1. беременность; 2. некорректируемая коагулопатия; 3. не леченная инфекция мочевыводящих путей; 4. артериальная аневризма около камня (аневризма почечной артерии или брюшного отдела аорты); 5. обструкция мочевых путей дистальнее камня; 6. невозможность нацелить ударно-волновое воздействие на камень (порок развития скелета). Факторами, негативно влияющими на эффективность ДЛТ, являются: 1. состав камня (цистин, брусит, моногидрат оксалата кальция, матрица); 2. плотность камня ≥ 1000 HU; 3. расстояние от кожи до камня > 10 см (морбидное ожирение); 4. анатомические аномалии почек (подковообразная почка, диветрикул чашечки); 5. неблагоприятная анатомия нижнего полюса (узкая, искривлённая или удлинённая шейка чашечки нижнего полюса).

Многоцентровое исследование уретерореноскопии, которое включало 11885 пациентов, показало 85,6% случаев полной элиминации камней, хотя это исследование включало как мочеточниковые, так и почечные камни. Высокая эффективность УРС достигается за счёт традиционно более высокого, в сравнении с ДЛТ, уровня осложнений. Хотя современные уретероскопические исследования показали значительно меньшую частоту осложнений, чем в предыдущие годы. В глобальном исследовании уретероскопии общий уровень осложнений составил 3,5%,

при этом сепсис (0,3%), стриктура мочеточника (0,3%) и смерть (0,02%) встречались редко [20].

ПКНЛ остаётся в резерве при неэффективности ДЛТ и УРС, а также для пациентов с анатомическими особенностями, такими, как камни чашечек нижнего полюса с острым чашечно-лоханочным углом или камни дивертикулов чашечек, при которых ПКЛТ является более эффективной операцией. В рандомизированном исследовании лечения 70 пациентов с почечными камнями размером менее 1,5 см с использованием микро-ПКНЛ или УРС обнаружено, что состояние «без камней» достигнуто в 94% при УРС и в 97% при микро-ПКНЛ [21].

При камнях почки размером от 1 см до 2 см эффективность ДЛТ уменьшается, в то время как потребность во вспомогательных манипуляциях и повторном лечении возрастает. И это происходит с увеличением размеров камней [22, 23].

Для камней от 1 см до 2 см, которые не расположены в нижнем полюсе, ДЛТ традиционно рекомендована в качестве первой линии в руководствах по лечению мочекаменной болезни от EAU [24].

Исследования показывают, что после одного сеанса ДЛТ, частота полной элиминации камня составляет 56,8% при размерах от 11 до 15 мм и 35,1% при размерах от 16 до 20 мм одиночных камней чашечек, а для камней аналогичных размеров в почечной лоханке - 64,4% и 42,7% соответственно [23, 25].

УРС также может быть использована при неудачной ДЛТ, позволяя 58% этих пациентов освободиться от камней после одной манипуляции и до 76% пациентов после двух УРС [23]. В отличие от ДЛТ, которая становится менее эффективным вмешательством с увеличением расстояния от кожи до камня, результаты УРС не ухудшались у пациентов с избыточной массой тела (ИМТ) [26].

ПКНЛ имеет более высокие показатели «без камней» и требует меньше дополнительных процедур, чем ДЛТ или УРС в лечении камней почек размерами от 1 см до 2 см. Большая инвазивность и более высокая частота значимых осложнений ПКНЛ ограничивают её широкое применение в лечении всех почечных камней размером более 1 см. В нескольких исследованиях проведены сравнения результатов лечения УРС и ПКНЛ камней почек размерами от 1 до 2 см. Показатели успешности были самыми высокими для ПКНЛ (от 91% до 98%), несколько ниже для УРС (от 87% до 91%) и значительно ниже для ДЛТ (от 66% до 86%). Как и ожидалось, в группе ПКНЛ отмечены более серьёзные осложнения, но была самая низкая потребность в дополнительных процедурах [27, 28]. Разница в эффективности

лечения становится ещё более очевидной при прямом сравнении ДЛТ (37%) с ПКНЛ (95%) для камней нижних полюсов, что продемонстрировано в проспективном рандомизированном исследовании [29].

Использование меньших по диаметру оболочек доступа в почку при ПКНЛ привело к появлению терминов «мини-перк», «микро-перк» и т. д. В целом, «мини-перк» показал эквивалентный стандартному ПКНЛ клиренс камня (96% против 100%) с меньшим снижением уровня гемоглобина, более коротким пребыванием в стационаре и снижением потребности в анальгетиках [21, 30, 31].

При почечных конкрементах 2 см и более ПКНЛ рассматривается, как лечение первой линии. Хорошие показатели полной элиминации конкрементов являются компромиссом для более частых и более серьёзных осложнений после ПКНЛ в сравнении с УРС или ДЛТ. Общая частота осложнений составляет от 20% до 30%, при этом, переливание крови потребовалось в 5-10% случаев, тяжёлый сепсис развился в ≤1%, а кровотечение, потребовавшее ангиоэмболизации, в ≤1% [32, 33]. Результаты могут быть улучшены, а кровопотеря уменьшена, если используется гибкая нефроскопия при стандартной ПКНЛ [34].

В лечении частичных и полных коралловидных камней почек ПКНЛ является методом выбора. Нефрэктомия показана при выраженном снижении функции почки и при поражении её ксантогранулематозным пиелонефритом. Как в руководстве AUA, так и в руководстве EAU по мочекаменной болезни, ПКНЛ рекомендуется в качестве первой линии лечения коралловидных камней у большинства пациентов [15, 20]. Частота «без камней» выше при ПКНЛ (78%), чем при ДЛТ (от 22% до 54%) или при открытой операции (71%) [15, 35, 18].

Комбинированная терапия с использованием нескольких эндоурологических методов была использована в качестве альтернативы монотерапии ПКНЛ. Тем не менее, результаты комбинированного лечения были сопоставимы с теми результатами, которые были получены при использовании ПКНЛ в монорежиме или при открытой нефролитотомии [36]. Поскольку ПКНЛ позволяет быстро и эффективно лечить большие камни при эффективном клиренсе камня и восстановлении пассажа, комбинированные подходы должны основываться на ПКНЛ в качестве основной процедуры. Использование гибкой нефроскопии во время ПКНЛ может улучшить клиренс камня, а также уменьшить количество путей доступа к чашкам, недоступным для жестких инструментов [37]. Ретроградная гибкая УРС может иметь аналогичное применение [38].

Открытая нефролитотомия, которая когда-то была предпочтительным подходом к лечению коралловидных камней, теперь зарезервирована для редких случаев, когда осложняющие факторы делают ПКНЛ невозможной или маловероятной для достижения достаточного клиренса камня в пределах приемлемого количества/комбинации процедур [39]. Кроме того, длительность пребывания в стационаре, риск переливания крови и потери функции почек, а также послеоперационная боль и время восстановления – все это лучше при ПКНЛ в сравнении с открытой нефролитотомией.

Таким образом, роль ПКНЛ в лечении почечных камней в настоящее время велика и прогрессивно увеличивается от «метода выбора» до «первой линии лечения» по мере увеличения размеров конкремента. В то же время, как метод инвазивного лечения, ПКНЛ связана с большим количеством серьёзных осложнений, в сравнении с ДЛТ и УРС.

При выполнении ПКНЛ большинство камней размером более 5-8 мм требуют фрагментации с последующим извлечением полученных фрагментов. В настоящее время существует несколько технологий внутрикорпоральной литотрипсии: электрогидравлические, ультразвуковые, баллистические или пневматические, а также различные лазерные системы. Требования, предъявляемые к идеальному литотриптеру, таковы: возможность использовать в различных инструментах и при разных условиях, многофункциональность, регулируемая выходная мощность, эффективность для всех композиций камня, возможность многоразового применения, безопасность и низкая стоимость [40].

Электрогидравлическая литотрипсия (ЭГЛ), впервые описанная в 1950-х годах, была первой интракорпоральной литотрипсией, доступной для клинического использования [41]. Сегодня, это наименее дорогая доступная альтернатива, которая несмотря на высокую эффективность дробления, является, наименее востребованной, в основном из-за самого низкого профиля безопасности.

По сути, механизм фрагментации заключается в воздействии на камень электрического разряда, возникающего в жидкой среде. Этот электрический разряд испаряет воду, окружающую зонд, создавая пузырьки кавитации, который быстро расширяется и разрушается. В результате этого явления происходит генерация ударной волны, которая воздействует на камень, вызывая его фрагментацию [42].

Из внутрикорпоральных устройств, только ЭГЛ и лазерные системы являются альтернатива-

ми для лечения внутривидных камней с помощью гибких инструментов.

Исследования показали, что ЭГЛ обладает более низкой эффективностью в сравнении с другими механическими литотрипторами, такими как, ультразвуковой и пневматический. Тем не менее, ЭГЛ может играть важную роль в фрагментации и удалении камней, расположенных в труднодоступных местах, с помощью гибких эндоскопов во время ПКНЛ [43]. Поскольку ЭГЛ обладает самым узким пределом безопасности среди всех методов интракорпоральной литотрипсии, необходимо внимательно следить за техникой, чтобы снизить потенциальный риск осложнений и повреждения инструментов.

Ультразвуковая литотрипсия, как и ЭГЛ, постепенно заменяется пневматической или лазерной литотрипсией. Тем не менее, эта технология поддерживает уникальные характеристики мелкой фрагментации и одновременной аспирации каменных частиц, что делает это устройство все ещё интересным вариантом для обработки камней, особенно в почках. Кроме того, эта технология потенциально может сочетаться с пневматической литотрипсией, увеличивая спектр показаний.

Ультразвуковые литотриптеры используют пьезоэлектрические волны для генерации энергии. Ток, передаваемый от педали к пьезо-керамическому кристаллу внутри наконечника, приводит к вибрационной энергии, которая передаётся по сплошному или полному зонду, создавая эффект сверления на кончике зонда, что приводит к фрагментации камня [42, 41].

Ультразвуковая литотрипсия чаще всего используется для лечения больших камней во время ПКНЛ. Преимущества этого метода, особенно для обработки больших камней, включают доказанную безопасность, минимальное воздействие на ткани и возможность аспирации каменного материала через полые зонды во время фрагментации. О преимуществах этого устройства при ПКНЛ сообщалось с момента его раннего внедрения в 1970-х годах [44].

Баллистическая / пневматическая литотрипсия. Lithoclast® использует твердотельный зонд прямого контакта, использующий принцип, подобный пневматическому отбойному молотку. В этой системе воздух под давлением действует как источник энергии для приведения в движение сердечника, содержащегося в рукоятке, который передаёт кинетическую энергию на металлический стержень, контактирующий с камнем, при давлении 3 атм и частоте 12 Гц. Повторные удары наконечника зонда о камень приводят к механическому разрушению камня. В устройстве

используются твердые зонды, размеры которых варьируются от 0,8 до 3,0 мм; они не допускают одновременной эвакуации каменных частиц; их можно использовать только через жёсткий эндоскоп [42, 41].

Исследования влияния Lithoclast® на ткани у животных продемонстрировали безопасность устройства. После пробного зондирования были видны очаговые области кровоизлияния, но перфораций мочевого пузыря, травм мочеточника или слизистой оболочки не наблюдалось, как и других отсроченных повреждений, связанных с использованием устройства [45, 46]. Lithoclast® универсально эффективен при камнях в почках, мочеточниках и мочевом пузыре, включая очень твёрдые камни. При лечении крупных камней в почках или мочевом пузыре в большинстве серий сообщается о степени фрагментации, превышающей 95% [47, 48].

Сочетание эффективности фрагментации пневматической литотрипсии с аспирационной и очищающей способностью ультразвуковой энергии вносит важный вклад в интракорпоральную литотрипсию. Это, вероятно, самое эффективное устройство, для ПКНЛ. Исследования *in vitro* продемонстрировали значительно более короткое время фрагментации фантомных камней с помощью комбинированного пневматического/ультразвукового блока (7,41 мин) по сравнению с ультразвуком (12,87 мин) или пневматическим литотриптером (23,76 мин) при моноиспользовании [49]. Клинические исследования этого устройства доказали эффективность фрагментации и очистки при ПКНЛ с частотой «без камней» от 76% до 89,7% [50, 51]. Более быстрая фрагментация и очистка от осколков камня отмечена в клиническом исследовании сравнения комбинированного режима с только пневматическим режимом [52]. В другом клиническом исследовании обнаружено значительное улучшение фрагментации с использованием режима комбинирования при твёрдых камнях и отсутствие значимой разницы между комбинацией режимов и только ультразвуковой энергией при мягких камнях [53].

Электрокинетическая литотрипсия (ЭКЛ) использует такой же принцип «отбойного молотка», как и Lithoclast®; единственное отличие состоит в том, что в ЭКЛ используется магнитный сердечник, который ускоряется электромагнитным полем. Электромагнитное поле, создаваемое внутри рукоятки, допускает вибрацию сердечника с частотой 15–30 Гц; эти колебательные движения передаются на дистальный конец зонда и производят эффект отбойного молотка на камнях.

В рандомизированном исследовании, сравнивавшем ЭКЛ и пневматическую литотрипсию,

они продемонстрировали аналогичную эффективность с показателями «без камней» 94,7% и 89,4%, соответственно, и отличным запасом прочности [54].

Лазерная литотрипсия. Обычным лазерным кристаллом является иттрий-алюминиевый гранат (yttrium aluminum garnet (YAG)). Лазеры с использованием YAG, легированного неодимом, гольмием, эрбием и тулием, были изготовлены и изучены для применения в урологии. Из них длинноимпульсный (длительность импульса 250–350 мс) гольмиевый YAG-лазер (Ho: YAG) стал доминирующим лазером, используемым в настоящее время для литотрипсии, благодаря своей универсальности и профилю безопасности. Другим твердотельным лазерным литотриптером является лазер FREDDY (удвоенный по частоте двойной импульс Nd:YAG). Этот лазер использует кристалл KTP в резонаторе Nd:YAG-лазера, чтобы производить и излучать лазерный луч на длине волны 1064 нм и длине волны 532 нм одновременно.

Доступны несколько типов лазера для обработки камня. Лазерные системы различаются по длине волны, совместимому диаметру волокна и длительности импульса, что приводит к различным механизмам фрагментации камня. Представленные лазерные системы можно разделить на фотоакустические лазеры и фототермические лазеры.

В фотоакустических лазерах энергия доставляется в воде или камне и создаёт пузырьки пара [55]. При коллапсе пузырька пара возникает эффект давления на поверхность камня, что приводит к его фрагментации. Для достижения максимальной эффективности фрагментации волокно должно располагаться на небольшом расстоянии от поверхности камня, чтобы обеспечить лучшее образование и расширение пузырьков.

Из-за распространения фотоакустического эффекта по окружности волокно можно использовать сбоку от камня с достижением аналогичного эффекта фрагментации. К этой группе относятся лазеры в сине-зелёной части спектра, такие как лазер FREDDY (удвоенный по частоте двойной лазер Nd:YAG, 532 нм) или импульсный лазер на красителе (504 нм). Эти лазерные устройства излучают лазерную энергию на длине волны, которая поглощается камнями определенного цвета и гемоглобином.

Из-за поглощения гемоглобина эти лазеры имеют высокий уровень безопасности [56, 57], поскольку энергия, которая случайно попадает на слизистую оболочку, поглощается и уносится кровотоком. Гемоглобин действует как «теплоотвод» для энергии лазера [58].

Тем не менее, фотоакустические лазеры имеют недостатки в фрагментации цистиновых, а также оксалатно-кальциевых конкрементов [59, 60].

Импульсный лазер на красителе был одной из первых лазерных систем, использованных для лечения мочевых камней. Он имеет длину волны излучения 504 нм. Короткая длительность импульса, составляющая приблизительно 1 мс, обеспечивает эффективную фрагментацию камня. Так как энергия не поглощается водой, риск термического повреждения уротелия во время обработки камня уменьшается и, следовательно, уменьшается потребность в оптимальной визуализации [61]. Камни, состоящие из моногидрата оксалата кальция и цистина, а также брушитные камни не могут быть эффективно обработаны этим лазером, поскольку поглощение энергии лазера уменьшается в камнях этого типа [55], что значительно ограничило использование этого лазера в эндоурологической практике [62].

Лазер FREDDY® создаёт импульсы с двумя длинами волн 1064 и 532 нм. В отличие от импульсного лазера на красителе, этот лазер генерирует не пар, а плазменный пузырь на камне из-за поглощения лазерного импульса с длиной волны 532 нм. Плазма на поверхности камня поглощает лазерное излучение с длиной волны 1064 нм и дополнительно нагревает плазменный пузырь. Это приводит к его быстрому расширению, а затем вызывает коллапс. С этой точки зрения механизм действия сопоставим с таковым у импульсного лазера на красителе. Коллапс плазменного пузыря генерирует механическую ударную волну, которая вызывает фрагментацию. Обычная длительность импульса составляет от 0,3 до 1,5 мс [63]. По сравнению с лазером Ho:YAG, риск повреждения окружающих тканей во время лазерной литотрипсии ниже с использованием лазера FREDDY®.

Положительны и клинические результаты использования лазера FREDDY®. При дроблении камней мочеточника сообщается о частоте «без камней» до 95%, в другом исследовании аналогичная эффективность составила 87% для конкрементов всех локализаций [64]. Однако, сравнимый с импульсным лазером на красителе, FREDDY® лазер не может разбить камни цистина, так как его длина волны не поглощается цистином [65, 66].

Фототермический лазер Ho:YAG работает в среднем инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра. На этой длине волны энергия лазера поглощается водой. Лазеры такого типа, вызывающие фототермические эффекты, имеют относительно большую длительность импульса, приблизительно 300 мс. Следовательно, выделе-

ние энергии в воде происходит медленно [67], а пузырьки пара имеют грушевидную форму. Это приводит к уменьшению кавитации с незначительными волнами акустического давления [68].

В отличие от фотоакустических лазеров, волокна в этих типах лазеров должны располагаться в непосредственном контакте с поверхностью камня [69]. По сравнению с фотоакустическими лазерами при фрагментации камня фототермическим лазером получаемые фрагменты имеют меньший размер [70]. В отличие от фотоакустических лазеров, фототермические лазеры имеют более низкий уровень безопасности и могут перфорировать или коагулировать мочеточник. Однако все виды камней могут быть фрагментированы с помощью этих типов лазеров [71].

Ho:YAG лазер генерирует энергию с длиной волны 2,1 мкм и длительностью импульса 150–1000 мс. Из-за длины волны энергия гольмиевого лазера эффективно поглощается водой, что приводит к высокому профилю безопасности в системе тканей в водной среде, такой как мочевые пути [72].

Когда лазерное излучение попадает на мочевые камни, часть энергии проникает в камень и поглощается водой внутри камня. Это вызывает фрагментацию путем создания давления внутри камня [73]. Кроме того, коллапс пузырька пара вызывает ударную волну, которая передаётся на наружную часть камня и вызывает дополнительную фрагментацию. Уменьшение длительности лазерного импульса при заданной энергии приведёт к более эффективной фрагментации камня, поскольку пиковая мощность импульса увеличивается. Это излучение используется при фрагментации камней через гибкие кремниевые волокна [74]. Ho:YAG лазер способен фрагментировать камни любого состава. В отличие от фотоакустических лазеров, Ho:YAG лазер может эффективно фрагментировать и цистиновые камни. Это привело к увеличению количества камней, обработанных уретерореноскопически, при снижении потребности в чрескожных процедурах у этой группы пациентов [75].

Эффективность обработки камней с помощью Ho:YAG лазера была показана в самых разных клинических исследованиях. При лечении всех мочевых камней показатель «без камней» достигает 95% [76, 77].

Потенциальными ограничениями являются риск повреждения окружающих мягких тканей, что делает хорошую визуализацию обязательной, и длительные операции, особенно при больших почечных камнях [78, 79].

В сочетании с уретерореноскопами небольшого калибра, полужёсткого и гибкого типа,

практически каждая точка в собирательной системе почки может быть достигнута и обработана эндоскопически.

Лазерные системы стали первым выбором среди устройств фрагментации камня во многих урологических центрах. Тем не менее, в нынешнюю эпоху стоимость лечения представляет собой важную проблему и во многом определяет какой вариант литотрипсии использовать.

Гибкая и жёсткая уретерореноскопия (УРС)

Первоначально УРС разработана для использования в мочеточнике. Появление полностью отклоняющихся уретерореноскопов вместе с использованием гольмиевого лазера расширило показания для УРС при лечении почечных камней, включая камни нижних полюсов. Относительные противопоказания для УРС включают затруднённый доступ к мочеточнику и аномалии анатомии мочеточника, такие как стриктуры мочеточника и извитой мочеточник. Так как наличие жировой ткани не сильно влияет на уретероскопический подход к собирательной системе почки, УРС может быть предпочтительным вариантом лечения для пациентов с патологическим ожирением при небольших размерах конкремента [80]. УРС также является предпочтительным методом лечения у пациентов, получающих антикоагулянтную терапию, особенно для тех, у кого данная терапия не может быть временно прекращена. Лечение таких пациентов не увеличивало количество осложнений, связанных с кровотечением [81].

Основным недостатком уретерореноскопии по сравнению с другими методами является очевидная частая потребность в послеоперационном стентировании. Наличие мочеточникового стента связано с ухудшением качества жизни и симптомами нижних мочевых путей [82]. Это привело к более критическому подходу принятия решения о стентировании после уретероскопии у каждого отдельного пациента, однако избежать стентирования удается не часто [83].

Согласно базе данных Клинического исследовательского бюро Эндоурологического общества (Clinical Research Office Of The Endourological Society, CROES) при ПКНЛ чаще всего используется пневматическая литотрипсия (41,6%), затем ультразвук (24%) и комбинированная пневматическая / ультразвуковая литотрипсия (18,3%) с лазерной и электрогидравлической литотрипсией, которые в монорежиме используются только в 7,0% и 1,0% случаев соответственно [33]. Риск послеоперационной инфекции, по-видимому, не связан с устройством для разрушения камня,

используемым во время ПКНЛ, согласно той же базе данных [84].

С появлением на рынке мощных лазеров и устройств, позволяющих одновременно проводить лазерную литотрипсию и отсасывание, эта методика может завоевывать популярность в ближайшем будущем.

Перкутанная нефролитотомия (ПКНЛ)

ПКНЛ выполняемая традиционным способом, включает в себя пункцию соответствующей почечной чашечки, её последующую дилатацию, для введения рабочей оболочки инструмента 28-30 Fr или такой, как оболочка Amplatz™, в почку. Это позволяет фрагментировать и удалять более крупные камни с помощью инструментов, используемых через нефроскоп. После операции устанавливается нефростома для тампонирования кровоточащей паренхимы почки, а также для отведения мочи в случае обтурации мочевых путей небольшими фрагментами камня или сгустками крови. Самым большим риском при первоначальной пункции является повреждение крупного почечного сосуда, кишки или плевры.

При стандартной ПКНЛ после установки мочеточникового катетера осуществляется первичный ультразвуковой или флюороскопический доступ с последующим размещением направляющей струны в полостной системе почки, удаление первичной пункционной иглы, последовательное расширение пункционного канала и размещение рабочей оболочки инструмента или оболочки ампац, удаление расширителей канала.

Распространёнными и значительными осложнениями, связанными с ПКНЛ, являются: системный синдром воспалительного ответа (SIRS), кровотечение, перфорация полостной системы почки и повреждение соседних органов. Другие осложнения включают: перегрузку жидкостью, переохлаждение, внутреннюю миграцию рабочей оболочки, стриктуру собирательной системы почки, мочевой кожный свищ и смертность.

SIRS после ПКНЛ является распространённым осложнением и, по сообщениям, достигает 23,4%, хотя прогрессирование до полного сепсиса является редким (0,3-4,7%) [85]. Факторы риска для SIRS включают: количество доступов в почку, сопутствующее переливание крови, размер камня и наличие пиелокаликоектазии. В случае развития полномасштабного сепсиса успешность лечения зависит от своевременности и интенсивности. Результаты посевов мочи и камней, выполненные до операции, после операции и в течение лихорадочного периода, имеют большое значение для принятия решения изменения

антибиотикотерапии во время лечения [86-88]. Существуют доказательства того, что вероятность развития сепсиса, связанного с ПКНЛ, может быть снижена предоперационным введением ципрофлоксацина в течение одной недели [89].

Кровотечение может развиваться из почечной паренхимы в зоне пункционного канала или из области повреждения собирательной системы почки. Венозное кровотечение можно контролировать с помощью нефростомической трубки с широким отверстием. Эффект достигается за счёт прижатия нефростомической трубки к повреждённому сосуду и за счёт эффекта тампонады полостной системы почки при пережатии дренажа.

Артериальные повреждения могут проявляться поздно (через 3-4 недели после процедуры). Более распространёнными артериальными повреждениями являются: артерио-венозная фистула, псевдоаневризма и разрыв артерии. Вмешательства по борьбе с кровотечением требуются у 0,6–1,4% пациентов с ПКНЛ [90]. Зарегистрированные показатели переливания крови после ПКНЛ варьируют от 11,2% до 30,9% [32, 91].

Коралловидные камни, крупные камни, множественные доступы в почку и наличие диабета были связаны с увеличением риска почечного кровотечения во время ПКНЛ при многомерном анализе [92].

Во время ПКНЛ может произойти повреждение структур, прилегающих к почке (плевральная полость, лёгкое, толстая кишка, селезёнка, печень и двенадцатиперстная кишка). Травмы плевры и ободочной кишки были зарегистрированы у 0-3,1% и 0,2-0,8% пациентов соответственно, перенёсших ПКНЛ [99].

Абсорбция жидкости также может быть связана как с инфекционной, так и с неинфекционной гипертермией, что требует адекватного предоперационного контроля мочевого инфекции [93].

Основываясь на данных, предоставленных Британской ассоциацией урологических хирургов (British Association of Urological Surgeons, BAUS) [94] и CROES [33], риски, связанные с ПКНЛ, включают послеоперационный сепсис (2%), лихорадку (10-16%) и перфорацию соседних органов (0,4%). В частности, переливание крови (3-6%) и значительное кровотечение (8%) не являются редкими осложнениями с потенциально разрушительными последствиями после ПКНЛ. Было показано, что размер пункционного доступа является одним из важных факторов для увеличения кровопотери [94] и боли, связанной с процедурой [33]. Чтобы снизить риск кровотечений, было рекомендовано использование меньшего размера ПКНЛ-канала для уменьшения травмы почечной паренхимы.

Минимально инвазивная ПКНЛ, «Mini-Perc» (мини-ПКНЛ)

В 1998 году Jackman SV et al. [95] впервые разработали специальное минимально инвазивное устройство ПКНЛ (мини-ПКНЛ) для детей. Первоначальные исследования описывают использование для «мини-перк» короткого уретероскопа. В 2001 году миниатюрный нефроскоп для мини-ПКНЛ у взрослых был впервые разработан и представлен Lahme S et al. [96] в Германии. С тех пор техника «мини-PCNL» быстро развивалась и становилась все более популярной во всем мире. Основная цель ПКНЛ – достичь статуса «без камней», при этом сведя к минимуму заболеваемость и осложнения. Доказано, что размер тракта является одним из основных параметров, влияющих на частоту осложнений [97].

Манипуляция, по сути, такая же, как стандартная ПКНЛ, и обычно проводится под общей или эпидуральной анестезией. Однако Chen Y et al. [98] показали, что из 88 пациентов в их серии 82 пациента хорошо переносили местную анестезию, и вся процедура могла быть завершена с приемлемой по визуальной аналоговой шкале оценкой боли. Вполне возможно, что, поскольку доступ в почку не расширен до большого размера, пациенты могут хорошо переносить местную анестезию.

Положение пациента «лёжа на животе» или «лёжа на спине» остаётся выбором хирурга. Chen Y et al. [98] и Fu YM et al. [99] использовали положение на боку, чтобы выполнять мини-ПКНЛ даже для сложных почечных камней и не отметили влияния положения пациента на частоту успешного исхода.

После подтверждения правильного доступа, направляющая струна помещается в полостную систему почки. Для расширения канала можно использовать любой баллонный расширитель небольшого размера, либо одностадийный металлический или пластиковый расширитель. Специальный мини-ПКНЛ Karl Storz (KARL STORZ SE & Co, Tuttlingen, Германия) поставляется в комплекте с тремя размерами рабочих оболочек 15.5, 16.5 и 21.5 Fr. Каждая оболочка имеет специальный расширитель, на котором должна быть установлена, и общую эндоскопическую оптику 12 Fr. Система Richard Wolf (Richard Wolf Medical Instruments, Tuttlinghan, Германия) имеет расширители размером 12 и 15 Fr, оболочку 15 Fr и оптику 12 Fr. Вместо фирменной оболочки также может использоваться оболочка Amplatz (с её расширителем) любого размера. Большинство авторов используют 0,9% изотонический солевой раствор в качестве системы орошения, поступаю-

щий под действием силы тяжести. Li X et al. [100] использовали сильный ирригационный поток для удаления осколков камня в очень большой серии 4760 мини-ПКНЛ со средним временем работы всего 78 мин. Однако, Desai MR et al. [101] предостерегают от повышенного внутрипочечного давления, которое может вызвать интраваскулярную ирригационную жидкости и в результате развитие сепсиса.

Разрушение камня осуществляется с помощью лазерной, пневматической или ультразвуковой энергии. Chen S et al. [102] сравнили мощный (70 Вт) и маломощный (30 Вт) лазер и показали, что с помощью мощного лазера время работы может быть значительно сокращено без каких-либо дополнительных осложнений при сохранении того же профиля безопасности. Song L et al. [103] сравнили лазер высокой мощности вместе с запатентованной ирригационной системой с ультразвуковой литотрипсией EMS (Electro Medical Systems, Nyon, Швейцария) и обнаружили, что использование лазерной литотрипсии в первой группе приводит к сокращению времени операции и сокращению количества этапов.

Если клиренс фрагментов подтверждён при рентгеноскопии и процедура прошла успешно, без значительного кровотечения, нефростомический дренаж может не понадобиться. Многие авторы сейчас предпочитают делать бездренажные операции с введением гемостатического герметика с желатиновым матриксом в пункционный канал, при этом отмечают, что пациенты могут быть выписаны в более ранние строки. Другие авторы предпочитают не вводить какой-либо герметик, имея те же преимущества. Рутинное размещение антеградного двойного J-стента не рекомендуется, даже если планируется бездренажная процедура [30, 104].

Исследование, в котором участвовало 1368 пациентов, продемонстрировало, что мини-ПКНЛ смог достичь высокого показателя «без камней» – 82% при использовании инструмента 16 Fr [105]. В ретроспективном исследовании 5 761 простых почечных камней и 8 223 сложных почечных камней, которые были пролечены мини-ПКНЛ в период с 1992 по 2011 год показано, что состояние «без камней» было достигнуто при одноэтапных мини-ПКНЛ в 77,6% для простых камней и 66,4% для сложных камней [106].

Осложнения мини-ПКНЛ. Показано, что стандартный ПКНЛ при камнях от 1 до 2 см может привести к значительному снижению уровня гематокрита и периодической необходимости переливания крови [107]. Kukreja R et al. [97] показали, что размер канала является одним из

важных факторов кровопотери во время ПКНЛ.

Несколько авторов в проспективном исследовании сообщили о значительно меньшей кровопотере, когда они выполняли мини-ПКНЛ с использованием инструмента размером менее 20 F [30, 107, 108]. Вполне вероятно, что нефроскоп меньшего размера обеспечивает меньший крутящий момент в инфундибулах и шейке чашечки, тем самым уменьшая вероятность кровотечения во время внутрипочечных манипуляций. Показано, что при лечении крупных или коралловидных камней и выполнении нескольких доступов для мини-ПКНЛ такое осложнение, как кровотечение, встречалось редко [99, 100].

Такие послеоперационные осложнения, как артерио-венозные фистулы, аневризмы, имеют высокую клиническую значимость и могут привести к нефрэктомии. В исследовании сравнения мини-ПКНЛ в лечении сложных почечных камней одним и двумя доступами не было значительной разницы в переоперационной кровопотере. Однако у трёх пациентов развилось тяжёлое вторичное кровоизлияние, одному из них была выполнена нефрэктомия [100].

Как и в стандартной ПКНЛ, одним из факторов потери крови при мини-ПКНЛ может быть повреждение кровеносного сосуда во время первоначальной пункции. Lu MH et al. [109] сравнили ультразвуковое наведение в В-режиме (группа 1) и наведение с использованием цветного доплеровского картирования (группа 2) для почечного доступа во время мини-ПКНЛ. Из 187 пациентов в группе 1 пяти пациентам потребовалось переливание крови, из них четырёх пришлось выполнить селективную ангиоэмболизацию. Из 110 пациентов в группе 2 ни у кого не было кровотечения и не требовалось переливание крови. Таким образом, пункция под цветным доплеровским ультразвуковым контролем может уменьшить вероятность кровотечения.

Zeng G et al. показали, что общая частота осложнений при мини-ПКНЛ в лечении простых и сложных камней почек составила 17,9% и 19,0%, а частота переливания крови составила 2,2% и 3,2% соответственно [106].

В нескольких исследованиях сравнения мини-ПКНЛ и стандартной ПКНЛ не было выявлено существенной разницы в состоянии «без камней». В другом исследовании было показано, что мини-ПКНЛ может достичь лучшего показателя клиренса для некоторых камней чашечек (85,2% против 70,0%) [107]. Более высокий уровень состояния «без камней» был также достигнут при лечении коралловидных камней с помощью мини-ПКНЛ через множественные

доступы (89,7% против 68,0%) [110]. У пациентов с единственной почкой и камнем размером более 2 см мини-ПКНЛ оказался значительно более эффективной альтернативой выполнению УРС с сопоставимой частотой осложнений [111]. Было показано, что у пациентов с аномальными почками, такими как подковообразная почка, поликистозная почка и пересаженная почка, мини-ПКНЛ является безопасным и выполнимым [107, 110-112].

Мета-анализ, включающий 749 пациентов из 4 проспективных исследований и 1 ретроспективной когорты, не смог выявить превосходства мини-ПКНЛ в сравнении с обычными ПКНЛ в отношении показателя «без камней». Тем не менее, авторы смогли продемонстрировать, что у пациентов, получавших мини-ПКНЛ, более низкий риск послеоперационного переливания крови, более короткое пребывание в стационаре и меньшие послеоперационные боли [113].

В настоящее время размеры минимально инвазивных ПКНЛ варьируются от 4,8 до 22 Fr, включая мини-ПКНЛ (14-22 Fr), ультра-мини ПКНЛ (11-13 Fr) и микро-ПКНЛ (4,85-10 Fr) [114].

Другая номенклатура предложена Schilling D et al. [115]. Они предложили свою номенклатуру размеров канала доступа в почку по отношению к размеру внешней оболочки инструмента: XL > 25 Fr, L от 20 до <25 Fr, M от 15 до <20 Fr, S от 10 до <15 Fr, XS от 5 до <10 Fr и XXS <5 Fr.

Комбинированные, стандартные и мини-доступы могут быть рекомендованы для крупных, коралловидных и множественных камней полостной системы почки. В этих случаях дополнительные небольшие почечные каналы могут улучшить анатомическую доступность конкремента, уменьшая почечную травму и вероятность кровотечения и улучшая полную элиминацию конкремента [116, 117].

Осложнения ультра-мини ПКНЛ [95, 118-123]. Общая частота осложнений составила 6,2% [классификация Clavien I (57%), II (36%), III (7%)], без каких-либо осложнений Clavien IV или V в любом из этих исследований. В двух исследованиях Schoenthaler M et al. сообщили о частоте ос-

ложнений 7% [118] и Demirbas A et al. сообщили о частоте осложнений 23,4%, включая два (6,7%) осложнения Clavien I-II и пять (16,7%) осложнений Clavien III [121]. Среднее снижение уровня гемоглобина во всех исследованиях составило 10,5 г/л, ни одно из них не сообщало о переливании крови, и ни в одном из них не было зарегистрировано ни одного случая смерти. В целом только один случай (0,4%) был переведён в стандартную ПКНЛ.

Осложнения микро-ПКНЛ [21, 124, 125]. Общая частота осложнений составила 15,2% [классификация Clavien I (44%), II (28%), III (28%)], без осложнений Clavien IV или V. В то время как наиболее распространённым незначительным осложнением, была гематурия, которая разрешилась спонтанно (n=5), все осложнения Clavien III были разрешены после экстренного введения JJ стента. Среднее снижение уровня гемоглобина составило 10,2 г/л, общий коэффициент переливания составил 0,85%, и только в одном случае потребовался переход на мини-ПКНЛ.

Для тех, кто имеет опыт работы со стандартным ПКНЛ переход на использование инструментов меньшего размера является шагом в правильном направлении, особенно для камней от 1 до 2,5 см. Проведённые исследования показывают хороший хирургический комфорт во время операции с использованием методов мини-ПКНЛ [126].

Заключение

Существующие на сегодняшний день тенденции научных исследований в лечении камней почек связаны преимущественно с минимально инвазивными техниками ПКНЛ: расширением показаний в лечении крупных и коралловидных камней за счёт совершенствования оборудования для разрушения камня с одной стороны, с другой стороны расширением показаний в лечении небольших конкрементов прежде всего за счёт снижения травматического воздействия при минимизации размеров инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Stamatelou KK, Francis ME, Jones CA, Nyberg LM, Curhan GC. Time trends in reported prevalence of kidney stones in the United States: 1976-1994. *Kidney Int.* 2003;63:1817-1823. DOI: 10.1046/j.1523-1755.2003.00917.x
2. Scales CD Jr, Curtis LH, Norris RD, Springhart WP, Sur RL, Schulman KA, Preminger GM. Changing gender prevalence of stone disease. *J Urol.* 2007;177:979-982. DOI: 10.1016/j.juro.2006.10.069

REFERENCES

1. Stamatelou KK, Francis ME, Jones CA, Nyberg LM, Curhan GC. Time trends in reported prevalence of kidney stones in the United States: 1976-1994. *Kidney Int.* 2003;63:1817-1823. DOI: 10.1046/j.1523-1755.2003.00917.x
2. Scales CD Jr, Curtis LH, Norris RD, Springhart WP, Sur RL, Schulman KA, Preminger GM. Changing gender prevalence of stone disease. *J Urol.* 2007;177:979-982. DOI: 10.1016/j.juro.2006.10.069

3. Scales CD Jr, Smith AC, Hanley JM, Saigal CS; Urologic Diseases in America Project. Prevalence of kidney stones in the United States. *Eur Urol.* 2012;62(1):160-165. DOI: 10.1016/j.eururo.2012.03.052
4. Hesse A, Brandl E, Wilbert D, Kohrmann KU, Alken P. Study on the prevalence and incidence of urolithiasis in Germany comparing the years 1979 vs. 2000. *Eur Urol.* 2003;44(6):709-713. PMID: 14644124
5. Romero V, Akpınar H, Assimos DG. Kidney stones: a global picture of prevalence, incidence, and associated risk factors. *Rev Urol.* 2010;12:e86-96. PMID: 20811557
6. Yasui T, Iguchi M, Suzuki S, Kohri K. Prevalence and epidemiologic characteristics of urolithiasis in Japan: national trends between 1965 and 2005. *Urology.* 2008;71(2):209-213. DOI: 10.1016/j.urology.2007.09.034
7. Аполихин О.И., Сивков А.В., Бешлиев Д.А., Солнцева Т.В., Комарова В.А. Анализ уронефрологической заболеваемости в Российской Федерации по данным официальной статистики. *Экспериментальная и клиническая урология.* 2010;1:4-11. eLIBRARY ID: 20153354
8. Boyce CJ, Pickhardt PJ, Lawrence EM, Kim DH, Bruce RJ. Prevalence of urolithiasis in asymptomatic adults: objective determination using low dose noncontrast computerized tomography. *J Urol.* 2010;183(3):1017-21. DOI: 10.1016/j.juro.2009.11.047
9. Edvardsson VO, Indridason OS, Haraldsson G, Kjartansson O, Pálsson R. Temporal trends in the incidence of kidney stone disease. *Kidney Int.* 2013;83(1):146-152. DOI: 10.1038/ki.2012.320.
10. Burgher A, Beman M, Holtzman JL, Monga M. Progression of nephrolithiasis: long-term outcomes with observation of asymptomatic calculi. *J Endourol.* 2004;18(6):534-539. DOI: 10.1089/end.2004.18.534
11. Koh LT, Ng FC, Ng KK. Outcomes of long-term follow-up of patients with conservative management of asymptomatic renal calculi. *BJU Int* 2012; 109(4):622-625. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2011.10329.x
12. Inci K, Sahin A, Islamoglu E, Eren MT, Bakkaloglu M, Ozen H. Prospective long-term followup of patients with asymptomatic lower pole caliceal stones. *J Urol.* 2007;177: 2189-2192. DOI: 10.1016/j.juro.2007.01.154
13. Yuruk E, Binbay M, Sari E, Akman T, Altinyay E, Baykal M, Muslumanoglu AY, Tefekli A. A prospective, randomized trial of management for asymptomatic lower pole calculi. *J Urol.* 2010;183(4):1424-1428. DOI: 10.1016/j.juro.2009.12.022
14. Kang HW, Lee SK, Kim WT, Kim YJ, Yun SJ, Lee SC, Kim WJ. Natural history of asymptomatic renal stones and prediction of stone related events. *J Urol.* 2013;189(5):1740-1746. DOI: 10.1016/j.juro.2012.11.113
15. Segura JW, Preminger GM, Assimos DG, Dretler SP, Kahn RI, Lingeman JE, Macaluso JN Jr, McCullough DL. Nephrolithiasis Clinical Guidelines Panel summary report on the management of staghorn calculi. The American Urological Association Nephrolithiasis Clinical Guidelines Panel. *J Urol.* 1994;151(6):1648-1651. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)35330-2
16. Preminger GM, Assimos DG, Lingeman JE, Nakada SY, Pearle MS, Wolf JS Jr; AUA Nephrolithiasis Guideline Panel). AUA guideline on management of staghorn calculi: diagnosis and treatment recommendations. *J Urol.* 2005;173:1991-2000. DOI: 10.1097/01.ju.0000161171.67806.2a
17. Blandy J, Singh M. The case for a more aggressive approach to staghorn stones. *J Urol.* 1976;115(5):505-506. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)59258-7
18. Teichman JM, Long RD, Hulbert JC. Long-term renal fate and prognosis after staghorn calculus management. *J Urol.* 1995;153:1403-1407. PMID: 7714951
19. Turk C, Knoll T, Petrik A, et al. *EAU guidelines on urolithiasis 2014 Arnhem.* The Netherlands: European Association of Urology; 2014.
3. Scales CD Jr, Smith AC, Hanley JM, Saigal CS; Urologic Diseases in America Project. Prevalence of kidney stones in the United States. *Eur Urol.* 2012;62(1):160-165. DOI: 10.1016/j.eururo.2012.03.052
4. Hesse A, Brandl E, Wilbert D, Kohrmann KU, Alken P. Study on the prevalence and incidence of urolithiasis in Germany comparing the years 1979 vs. 2000. *Eur Urol.* 2003;44(6):709-713. PMID: 14644124
5. Romero V, Akpınar H, Assimos DG. Kidney stones: a global picture of prevalence, incidence, and associated risk factors. *Rev Urol.* 2010;12:e86-96. PMID: 20811557
6. Yasui T, Iguchi M, Suzuki S, Kohri K. Prevalence and epidemiologic characteristics of urolithiasis in Japan: national trends between 1965 and 2005. *Urology.* 2008;71(2):209-213. DOI: 10.1016/j.urology.2007.09.034
7. Apolihin OI, Sivkov AV, Moskaleva NG, Komarova VA. Analysis of urological and nephrological disease incidence in kids in Russian Federation due to official statistics (1999-2009). *Experimental and Clinical Urology.* 2010;1:4-11. (in Russ.). eLIBRARY ID: 20153354
8. Boyce CJ, Pickhardt PJ, Lawrence EM, Kim DH, Bruce RJ. Prevalence of urolithiasis in asymptomatic adults: objective determination using low dose noncontrast computerized tomography. *J Urol.* 2010;183(3):1017-21. DOI: 10.1016/j.juro.2009.11.047
9. Edvardsson VO, Indridason OS, Haraldsson G, Kjartansson O, Pálsson R. Temporal trends in the incidence of kidney stone disease. *Kidney Int.* 2013;83(1):146-152. DOI: 10.1038/ki.2012.320.
10. Burgher A, Beman M, Holtzman JL, Monga M. Progression of nephrolithiasis: long-term outcomes with observation of asymptomatic calculi. *J Endourol.* 2004;18(6):534-539. DOI: 10.1089/end.2004.18.534
11. Koh LT, Ng FC, Ng KK. Outcomes of long-term follow-up of patients with conservative management of asymptomatic renal calculi. *BJU Int* 2012; 109(4):622-625. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2011.10329.x
12. Inci K, Sahin A, Islamoglu E, Eren MT, Bakkaloglu M, Ozen H. Prospective long-term followup of patients with asymptomatic lower pole caliceal stones. *J Urol.* 2007;177: 2189-2192. DOI: 10.1016/j.juro.2007.01.154
13. Yuruk E, Binbay M, Sari E, Akman T, Altinyay E, Baykal M, Muslumanoglu AY, Tefekli A. A prospective, randomized trial of management for asymptomatic lower pole calculi. *J Urol.* 2010;183(4):1424-1428. DOI: 10.1016/j.juro.2009.12.022
14. Kang HW, Lee SK, Kim WT, Kim YJ, Yun SJ, Lee SC, Kim WJ. Natural history of asymptomatic renal stones and prediction of stone related events. *J Urol.* 2013;189(5):1740-1746. DOI: 10.1016/j.juro.2012.11.113
15. Segura JW, Preminger GM, Assimos DG, Dretler SP, Kahn RI, Lingeman JE, Macaluso JN Jr, McCullough DL. Nephrolithiasis Clinical Guidelines Panel summary report on the management of staghorn calculi. The American Urological Association Nephrolithiasis Clinical Guidelines Panel. *J Urol.* 1994;151(6):1648-1651. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)35330-2
16. Preminger GM, Assimos DG, Lingeman JE, Nakada SY, Pearle MS, Wolf JS Jr; AUA Nephrolithiasis Guideline Panel). AUA guideline on management of staghorn calculi: diagnosis and treatment recommendations. *J Urol.* 2005;173:1991-2000. DOI: 10.1097/01.ju.0000161171.67806.2a
17. Blandy J, Singh M. The case for a more aggressive approach to staghorn stones. *J Urol.* 1976;115(5):505-506. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)59258-7
18. Teichman JM, Long RD, Hulbert JC. Long-term renal fate and prognosis after staghorn calculus management. *J Urol.* 1995;153:1403-1407. PMID: 7714951
19. Turk C, Knoll T, Petrik A, et al. *EAU guidelines on urolithiasis 2014 Arnhem.* The Netherlands: European Association of Urology; 2014.

20. de la Rosette J, Denstedt J, Geavlete P, Keeley F, Matsuda T, Pearle M, Preminger G, Traxer O; CROES URS Study Group. The Clinical Research Office of the Endourological Society ureterorenoscopy global study: indications, complications, and outcomes in 11,885 patients. *J Endourol.* 2014; 28(2):131-139. DOI: 10.1089/end.2013.0436
21. Sabnis RB, Ganesamoni R, Doshi A, Ganpule AP, Jagtap J, Desai MR. Micropercutaneous nephrolithotomy (miniperc) vs. retrograde intrarenal surgery for the management of small renal calculi: a randomized controlled trial. *BJU Int.* 2013;112(3):355-361. DOI: 10.1111/bju.12164
22. El-Assmy A, El-Nahas AR, Madbouly K, Abdel-Khalek M, Abo-Elghar ME, Sheir KZ. Extracorporeal shock-wave lithotripsy monotherapy of partial staghorn calculi: prognostic factors and long-term results. *Scand J Urol Nephrol.* 2006;40:320-325. DOI: 10.1080/00365590600743990
23. Wiesenthal JD, Ghiculete D, Ray AA, Honey RJ, Pace KT. A clinical nomogram to predict the successful shock wave lithotripsy of renal and ureteral calculi. *J Urol.* 2011;186(2):556-562. DOI: 10.1016/j.juro.2011.03.109
24. Kanao K, Nakashima J, Nakagawa K, Asakura H, Miyajima A, Oya M, Ohigashi T, Murai M. Preoperative nomograms for predicting stone-free rate after extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol.* 2006;176(4 Pt. 1):1453-1457. DOI: 10.1016/j.juro.2006.06.089
25. Jung H, Norby B, Osther PJ. Retrograde intrarenal stone surgery for extracorporeal shock-wave lithotripsy-resistant kidney stones. *Scand J Urol Nephrol.* 2006;40(5):380-384. DOI: 10.1080/00365590600679269
26. Caskurlu T, Atis G, Arikian O, Pelit ES, Kilic M, Gurbuz C. The impact of body mass index on the outcomes of retrograde intrarenal stone surgery. *Urology.* 2013;81(3):517-521. DOI: 10.1016/j.urol.2012.12.008
27. Resorlu B, Unsal A, Ziyap T, Diri A, Atis G, Guven S, Sancaktutar AA, Tepeler A, Bozkurt OF, Oztuna D. Comparison of retrograde intrarenal surgery, shockwave lithotripsy, and percutaneous nephrolithotomy for treatment of medium-sized radiolucent renal stones. *World J Urol.* 2013;31(6):1581-1586. DOI: 10.1007/s00345-012-0991-1
28. Bas O, Bakirtas H, Sener NC, Ozturk U, Tuygun C, Goktug HN, Imamoglu MA. Comparison of shock wave lithotripsy, flexible ureterorenoscopy and percutaneous nephrolithotomy on moderate size renal pelvis stones. *Urolithiasis.* 2014;42(2):115-120. DOI: 10.1007/s00240-013-0615-2
29. Albala DM, Assimos DG, Clayman RV, Denstedt JD, Grasso M, Gutierrez-Aceves J, Kahn RI, Leveillee RJ, Lingeman JE, Macaluso JN Jr, Munch LC, Nakada SY, Newman RC, Pearle MS, Preminger GM, Teichman J, Woods JR. Lower pole I: a prospective randomized trial of extracorporeal shock wave lithotripsy and percutaneous nephrolithotomy for lower pole nephrolithiasis—initial results. *J Urol.* 2001;166(6):2072-2080. DOI: 10.1016/s0022-5347(05)65508-5
30. Mishra S, Sharma R, Garg C, Kurien A, Sabnis R, Desai M. Prospective comparative study of miniperc and standard PNL for treatment of 1 to 2 cm size renal stone. *BJU Int.* 2011;108(6):896-899. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2010.09936.x
31. Sabnis RB, Jagtap J, Mishra S, Desai M. Treating renal calculi 1–2 cm in diameter with minipercutaneous or retrograde intrarenal surgery: a prospective comparative study. *BJU Int.* 2012;110(8 Pt. B):E346-349. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2012.11089.x
32. Michel MS, Trojan L, Rassweiler JJ. Complications in percutaneous nephrolithotomy. *Eur Urol.* 2007; 51(4):899-906. DOI: 10.1016/j.eururo.2006.10.020
33. de la Rosette J, Assimos D, Desai M, Gutierrez J, Lingeman J, Scarpa R, Tefekli A; CROES PCNL Study Group. The Clinical Research Office of the Endourological Society percutaneous nephrolithotomy global study: indications, complications,
20. de la Rosette J, Denstedt J, Geavlete P, Keeley F, Matsuda T, Pearle M, Preminger G, Traxer O; CROES URS Study Group. The Clinical Research Office of the Endourological Society ureterorenoscopy global study: indications, complications, and outcomes in 11,885 patients. *J Endourol.* 2014; 28(2):131-139. DOI: 10.1089/end.2013.0436
21. Sabnis RB, Ganesamoni R, Doshi A, Ganpule AP, Jagtap J, Desai MR. Micropercutaneous nephrolithotomy (miniperc) vs. retrograde intrarenal surgery for the management of small renal calculi: a randomized controlled trial. *BJU Int.* 2013;112(3):355-361. DOI: 10.1111/bju.12164
22. El-Assmy A, El-Nahas AR, Madbouly K, Abdel-Khalek M, Abo-Elghar ME, Sheir KZ. Extracorporeal shock-wave lithotripsy monotherapy of partial staghorn calculi: prognostic factors and long-term results. *Scand J Urol Nephrol.* 2006;40:320-325. DOI: 10.1080/00365590600743990
23. Wiesenthal JD, Ghiculete D, Ray AA, Honey RJ, Pace KT. A clinical nomogram to predict the successful shock wave lithotripsy of renal and ureteral calculi. *J Urol.* 2011;186(2):556-562. DOI: 10.1016/j.juro.2011.03.109
24. Kanao K, Nakashima J, Nakagawa K, Asakura H, Miyajima A, Oya M, Ohigashi T, Murai M. Preoperative nomograms for predicting stone-free rate after extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol.* 2006;176(4 Pt. 1):1453-1457. DOI: 10.1016/j.juro.2006.06.089
25. Jung H, Norby B, Osther PJ. Retrograde intrarenal stone surgery for extracorporeal shock-wave lithotripsy-resistant kidney stones. *Scand J Urol Nephrol.* 2006;40(5):380-384. DOI: 10.1080/00365590600679269
26. Caskurlu T, Atis G, Arikian O, Pelit ES, Kilic M, Gurbuz C. The impact of body mass index on the outcomes of retrograde intrarenal stone surgery. *Urology.* 2013;81(3):517-521. DOI: 10.1016/j.urol.2012.12.008
27. Resorlu B, Unsal A, Ziyap T, Diri A, Atis G, Guven S, Sancaktutar AA, Tepeler A, Bozkurt OF, Oztuna D. Comparison of retrograde intrarenal surgery, shockwave lithotripsy, and percutaneous nephrolithotomy for treatment of medium-sized radiolucent renal stones. *World J Urol.* 2013;31(6):1581-1586. DOI: 10.1007/s00345-012-0991-1
28. Bas O, Bakirtas H, Sener NC, Ozturk U, Tuygun C, Goktug HN, Imamoglu MA. Comparison of shock wave lithotripsy, flexible ureterorenoscopy and percutaneous nephrolithotomy on moderate size renal pelvis stones. *Urolithiasis.* 2014;42(2):115-120. DOI: 10.1007/s00240-013-0615-2
29. Albala DM, Assimos DG, Clayman RV, Denstedt JD, Grasso M, Gutierrez-Aceves J, Kahn RI, Leveillee RJ, Lingeman JE, Macaluso JN Jr, Munch LC, Nakada SY, Newman RC, Pearle MS, Preminger GM, Teichman J, Woods JR. Lower pole I: a prospective randomized trial of extracorporeal shock wave lithotripsy and percutaneous nephrolithotomy for lower pole nephrolithiasis—initial results. *J Urol.* 2001;166(6):2072-2080. DOI: 10.1016/s0022-5347(05)65508-5
30. Mishra S, Sharma R, Garg C, Kurien A, Sabnis R, Desai M. Prospective comparative study of miniperc and standard PNL for treatment of 1 to 2 cm size renal stone. *BJU Int.* 2011;108(6):896-899. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2010.09936.x
31. Sabnis RB, Jagtap J, Mishra S, Desai M. Treating renal calculi 1–2 cm in diameter with minipercutaneous or retrograde intrarenal surgery: a prospective comparative study. *BJU Int.* 2012;110(8 Pt. B):E346-349. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2012.11089.x
32. Michel MS, Trojan L, Rassweiler JJ. Complications in percutaneous nephrolithotomy. *Eur Urol.* 2007; 51(4):899-906. DOI: 10.1016/j.eururo.2006.10.020
33. de la Rosette J, Assimos D, Desai M, Gutierrez J, Lingeman J, Scarpa R, Tefekli A; CROES PCNL Study Group. The Clinical Research Office of the Endourological Society percutaneous nephrolithotomy global study: indications, complications,

- and outcomes in 5803 patients. *J Endourol.* 2011;25(1):11-77. DOI: 10.1089/end.2010.0424
34. Gucuk A, Kemahli E, Uyeturk U, Tuygun C, Yildiz M, Metin A. Routine flexible nephroscopy for percutaneous nephrolithotomy for renal stones with low density: a prospective, randomized study. *J Urol.* 2013;190(1):144-148. DOI: 10.1016/j.juro.2013.01.009
 35. Koga S, Araki Y, Matsuoka MD, Ohya C. Staghorn calculi: long-term results of management. *Br J Urol.* 1991;68:122-124. PMID: 1884136
 36. Lam HS, Lingeman JE, Mosbaugh PG, Steele RE, Knapp PM, Scott JW, Newman DM. Evolution of the technique of combination therapy for staghorn calculi: a decreasing role for extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol.* 1992b;148(Pt. 2):1058-1062. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)36816-7
 37. Wong C, Leveillee RJ. Single upper-pole percutaneous access for treatment of > or = 5 cm complex branched staghorn calculi: is shockwave lithotripsy necessary? *J Endourol.* 2002;16(7):477-481. DOI: 10.1089/089277902760367430
 38. Marguet CG, Springhart WP, Tan YH, Patel A, Undre S, Albala DM, Preminger GM. Simultaneous combined use of flexible ureterorenoscopy and percutaneous nephrolithotomy to reduce the number of access tracts in the management of complex renal calculi. *BJU Int.* 2005;96(7):1097-1100. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2005.05808.x
 39. Al-Kohlany KM, Shokeir AA, Mosbah A, Mohsen T, Shoma AM, Eraky I, El-Kenawy M, El-Kappany HA. Treatment of complete staghorn stones: a prospective randomized comparison of open surgery versus percutaneous nephrolithotomy. *J Urol.* 2005;173:469-473. DOI: 10.1097/01.ju.0000150519.49495.88
 40. Buchholz N. Intracorporeal lithotripters: selecting the optimum machine. *BJU Int.* 2002;89:157-161. PMID: 11849185
 41. Zheg W, Denstedt J. Intracorporeal lithotripsy Update on technology. *Urol Clin N Am.* 2000;272:301-13. PMID: 10778472
 42. Knudsen B, Denstedt J. *Intracorporeal Lithotriptors*. In: Smith A, Badlani G, Bagley D, et al., eds. *Textbook of Endourology*. 2nd ed. Hamilton. London: BC Decker Inc; 2006:27-36.
 43. Clayman R. Techniques in percutaneous removal of renal calculi. Mechanical extraction and electrohydraulic lithotripsy. *Urology.* 1984;23:11-19. PMID: 6719673
 44. Kurth K, Hohenfellner R, Altwein J. Ultrasound litholapaxy of a staghorn calculus. *J Urol.* 1977;117:242. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)58414-1
 45. Piergiovanni M, Desgrandchamps F, Cochand-Priollet B, Janssen T, Colomer S, Teillac P, Le Duc A. Ureteral and bladder lesions after ballistic, ultrasonic, electrohydraulic, or laser lithotripsy. *J Endourol.* 1994;8:293. DOI: 10.1089/end.1994.8.293
 46. Denstedt J, Razvi H, Rowe E, Grignon DJ, Eberwein PM. Investigation of the tissue effects of a new device for intracorporeal lithotripsy—the Swiss Lithoclast. *J Urol.* 1995;153(2):535-7. DOI: 10.1097/00005392-199502000-00078
 47. Denstedt J. Use of Swiss Lithoclast for percutaneous nephrolithotripsy. *J Endourol.* 1993;7(6):477-480. DOI: 10.1089/end.1993.7.477
 48. Wollin TA, Singal RK, Whelan T, Dicecco R, Razvi HA, Denstedt JD. Percutaneous suprapubic cystolithotripsy for treatment of large bladder calculi. *J Endourol.* 1999; 13(10):739-744. DOI: 10.1089/end.1999.13.739
 49. Auge BK, Lallas CD, Pietrow PK, Zhong P, Preminger GM. In vitro comparison of standard ultrasound and pneumatic lithotrites with a new combination intracorporeal lithotripsy device. *Urology.* 2002;60(1):28-32. PMID: 12100916
 50. Hormann R, Webe J, Heidenreich A, Varga Z, Olbert P. Experimental studies and first clinical experience with a new and outcomes in 5803 patients. *J Endourol.* 2011;25(1):11-17. DOI: 10.1089/end.2010.0424
 34. Gucuk A, Kemahli E, Uyeturk U, Tuygun C, Yildiz M, Metin A. Routine flexible nephroscopy for percutaneous nephrolithotomy for renal stones with low density: a prospective, randomized study. *J Urol.* 2013;190(1):144-148. DOI: 10.1016/j.juro.2013.01.009
 35. Koga S, Araki Y, Matsuoka MD, Ohya C. Staghorn calculi: long-term results of management. *Br J Urol.* 1991;68:122-124. PMID: 1884136
 36. Lam HS, Lingeman JE, Mosbaugh PG, Steele RE, Knapp PM, Scott JW, Newman DM. Evolution of the technique of combination therapy for staghorn calculi: a decreasing role for extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol.* 1992b;148(Pt. 2):1058-1062. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)36816-7
 37. Wong C, Leveillee RJ. Single upper-pole percutaneous access for treatment of > or = 5 cm complex branched staghorn calculi: is shockwave lithotripsy necessary? *J Endourol.* 2002;16(7):477-481. DOI: 10.1089/089277902760367430
 38. Marguet CG, Springhart WP, Tan YH, Patel A, Undre S, Albala DM, Preminger GM. Simultaneous combined use of flexible ureterorenoscopy and percutaneous nephrolithotomy to reduce the number of access tracts in the management of complex renal calculi. *BJU Int.* 2005;96(7):1097-1100. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2005.05808.x
 39. Al-Kohlany KM, Shokeir AA, Mosbah A, Mohsen T, Shoma AM, Eraky I, El-Kenawy M, El-Kappany HA. Treatment of complete staghorn stones: a prospective randomized comparison of open surgery versus percutaneous nephrolithotomy. *J Urol.* 2005;173:469-473. DOI: 10.1097/01.ju.0000150519.49495.88
 40. Buchholz N. Intracorporeal lithotripters: selecting the optimum machine. *BJU Int.* 2002;89:157-161. PMID: 11849185
 41. Zheg W, Denstedt J. Intracorporeal lithotripsy Update on technology. *Urol Clin N Am.* 2000;272:301-13. PMID: 10778472
 42. Knudsen B, Denstedt J. *Intracorporeal Lithotriptors*. In: Smith A, Badlani G, Bagley D, et al., eds. *Textbook of Endourology*. 2nd ed. Hamilton. London: BC Decker Inc; 2006:27-36.
 43. Clayman R. Techniques in percutaneous removal of renal calculi. Mechanical extraction and electrohydraulic lithotripsy. *Urology.* 1984;23:11-19. PMID: 6719673
 44. Kurth K, Hohenfellner R, Altwein J. Ultrasound litholapaxy of a staghorn calculus. *J Urol.* 1977;117:242. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)58414-1
 45. Piergiovanni M, Desgrandchamps F, Cochand-Priollet B, Janssen T, Colomer S, Teillac P, Le Duc A. Ureteral and bladder lesions after ballistic, ultrasonic, electrohydraulic, or laser lithotripsy. *J Endourol.* 1994;8:293. DOI: 10.1089/end.1994.8.293
 46. Denstedt J, Razvi H, Rowe E, Grignon DJ, Eberwein PM. Investigation of the tissue effects of a new device for intracorporeal lithotripsy—the Swiss Lithoclast. *J Urol.* 1995;153(2):535-7. DOI: 10.1097/00005392-199502000-00078
 47. Denstedt J. Use of Swiss Lithoclast for percutaneous nephrolithotripsy. *J Endourol.* 1993;7(6):477-480. DOI: 10.1089/end.1993.7.477
 48. Wollin TA, Singal RK, Whelan T, Dicecco R, Razvi HA, Denstedt JD. Percutaneous suprapubic cystolithotripsy for treatment of large bladder calculi. *J Endourol.* 1999; 13(10):739-744. DOI: 10.1089/end.1999.13.739
 49. Auge BK, Lallas CD, Pietrow PK, Zhong P, Preminger GM. In vitro comparison of standard ultrasound and pneumatic lithotrites with a new combination intracorporeal lithotripsy device. *Urology.* 2002;60(1):28-32. PMID: 12100916
 50. Hormann R, Webe J, Heidenreich A, Varga Z, Olbert P. Experimental studies and first clinical experience with a new

- lithoclast and ultrasound combination for lithotripsy. *Eur Urol.* 2002;42(4):376-381. PMID: 12361904
51. Hormann R, Olbert P, Weber J, Wille S, Varga Z. Clinical experience with a new ultrasonic and LithoClast combination for percutaneous litholapaxy. *BJU Int.* 2002;90(1):16-19. PMID: 12081762
 52. Pietrow PK, Auge BK, Zhong P, Preminger GM. Clinical efficacy of a combination pneumatic and ultrasonic lithotrite. *J Urol.* 2003;169 (4):1247-1249. DOI: 10.1097/01.ju.0000049643.18775.65
 53. Lehman DS, Hruby GW, Phillips C, Venkatesh R, Best S, Monga M, Landman J. Prospective randomized comparison of a combined ultrasonic and pneumatic lithotrite with a standard ultrasonic lithotrite for percutaneous nephrolithotomy. *J Endourol.* 2008;22(2):285-289. DOI: 10.1089/end.2007.0009
 54. De Sio M, Autorino R, Damiano R, Oliva A, Perdonà S, D'Armiento M. Comparing Two Different Ballistic Intracorporeal Lithotripters in the Management of Ureteral Stones. *Urol Int.* 2004;72(suppl 1):52-54. DOI: 10.1159/000076594
 55. Rink K, Delacretaz G, Salanthe RP. Fragmentation process of current laser lithotripters. *Lasers Surg Med.* 1995;16:134-146. PMID: 7769958
 56. Nishioka NS, Kelsey PB, Kibbi A, Delmonico F, Parrish JA, Anderson RR. Laser lithotripsy: animal studies of safety and efficacy. *Lasers Surg Med.* 1988;8:357-362. PMID: 2902499
 57. Dretler SP. An evaluation of ureteral laser lithotripsy: 225 consecutive patients. *J Urol.* 1990;143:267-272. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)39929-9
 58. Teichman JM. *Lasers.* In: Smith AD, Badlani GH, Bagley DH, Clayman RV, Docimo SG, Jordan GH, Kavoussi LR, Lee BR, Lingemann JE, Premiinger GM, Segura JW, eds. *Smith's Textbook of Endourology.* 2nd ed. London: BC Decker Inc Hamilton; 2006:37-40.
 59. Bhatta KM, Prien EL Jr, Dretler SP. Cystine calculi – rough and smooth: a new clinical distinction. *J Urol.* 1989;142(4):937-940. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)38946-2
 60. Densted JD, Chun SS, Miller MD, Eberwein PM. Intracorporeal lithotripsy with the Alexandrite laser. *Laser Surg Med.* 1997;20(4):433-436. PMID: 9142683
 61. Zhong P, Tong HL, Cocks FH, Pearle MS, Preminger GM. Transient cavitation and acoustic emission produced by different laser lithotripters. *J Endourol.* 1998;12(4):371-378. DOI: 10.1089/end.1998.12.371
 62. Marks AJ, Teichman JM. Lasers in clinical urology: state of the art and new horizons. *World J Urol.* 2007;25(3):227-233. DOI: 10.1007/s00345-007-0163-x
 63. Helfmann J, Muller G. Laser lithotripsy: process overview. *Med Las Appl.* 2001;16:30-37. DOI: 10.1078/1615-1615-00006
 64. Schafhauser W, Radlmaier M, Schrott KM, Kuehn R. Erste klinische Erfahrungen mit neuem frequenzverdoppeltem Doppelpuls Neodymium:YAG Laser in der Therapie der Urolithiasis. *Urologe A Suppl.* 2000;39(1):39.
 65. Dubosq F, Pasqui F, Girard F, Beley S, Lesaux N, Gattegno B, Thibault P, Traxer O. Endoscopic lithotripsy and the FREDDY laser: initial experience. *J Endourol.* 2006;20(5):296-299. DOI: 10.1089/end.2006.20.296
 66. Stark L, Carl P. First clinical experiences of laser lithotripsy using the partially frequency-doubled double pulse neodymium: YAG laser (FREDDY). *J Urol.* 2001;165(suppl):362A.
 67. Jansen ED, Asshauer T, Frenz M, Motamedi M, Delacretaz G, Welch AJ. Effect of pulse duration on bubble formation and laser-induced pressure waves during holmium laser ablation. *Lasers Surg Med.* 1996;18(3):278-293. DOI: 10.1002/(SICI)1096-9101(1996)18:3<278::AID-LSM10>3.0.CO;2-2
 68. Chan KF, Lee H, Teichman JM, Kamerer A, McGuff HS, Vargas G, Welch AJ. Erbium: YAG lithotripsy mechanism. *J Urol.* 2002;168(2):436-441. DOI: 10.1016/s0022-5347(05)64653-8
 - lithoclast and ultrasound combination for lithotripsy. *Eur Urol.* 2002;42(4):376-381. PMID: 12361904
 51. Hormann R, Olbert P, Weber J, Wille S, Varga Z. Clinical experience with a new ultrasonic and LithoClast combination for percutaneous litholapaxy. *BJU Int.* 2002;90(1):16-19. PMID: 12081762
 52. Pietrow PK, Auge BK, Zhong P, Preminger GM. Clinical efficacy of a combination pneumatic and ultrasonic lithotrite. *J Urol.* 2003;169 (4):1247-1249. DOI: 10.1097/01.ju.0000049643.18775.65
 53. Lehman DS, Hruby GW, Phillips C, Venkatesh R, Best S, Monga M, Landman J. Prospective randomized comparison of a combined ultrasonic and pneumatic lithotrite with a standard ultrasonic lithotrite for percutaneous nephrolithotomy. *J Endourol.* 2008;22(2):285-289. DOI: 10.1089/end.2007.0009
 54. De Sio M, Autorino R, Damiano R, Oliva A, Perdonà S, D'Armiento M. Comparing Two Different Ballistic Intracorporeal Lithotripters in the Management of Ureteral Stones. *Urol Int.* 2004;72(suppl 1):52-54. DOI: 10.1159/000076594
 55. Rink K, Delacretaz G, Salanthe RP. Fragmentation process of current laser lithotripters. *Lasers Surg Med.* 1995;16:134-146. PMID: 7769958
 56. Nishioka NS, Kelsey PB, Kibbi A, Delmonico F, Parrish JA, Anderson RR. Laser lithotripsy: animal studies of safety and efficacy. *Lasers Surg Med.* 1988;8:357-362. PMID: 2902499
 57. Dretler SP. An evaluation of ureteral laser lithotripsy: 225 consecutive patients. *J Urol.* 1990;143:267-272. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)39929-9
 58. Teichman JM. *Lasers.* In: Smith AD, Badlani GH, Bagley DH, Clayman RV, Docimo SG, Jordan GH, Kavoussi LR, Lee BR, Lingemann JE, Premiinger GM, Segura JW, eds. *Smith's Textbook of Endourology.* 2nd ed. London: BC Decker Inc Hamilton; 2006:37-40.
 59. Bhatta KM, Prien EL Jr, Dretler SP. Cystine calculi – rough and smooth: a new clinical distinction. *J Urol.* 1989;142(4):937-940. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)38946-2
 60. Densted JD, Chun SS, Miller MD, Eberwein PM. Intracorporeal lithotripsy with the Alexandrite laser. *Laser Surg Med.* 1997;20(4):433-436. PMID: 9142683
 61. Zhong P, Tong HL, Cocks FH, Pearle MS, Preminger GM. Transient cavitation and acoustic emission produced by different laser lithotripters. *J Endourol.* 1998;12(4):371-378. DOI: 10.1089/end.1998.12.371
 62. Marks AJ, Teichman JM. Lasers in clinical urology: state of the art and new horizons. *World J Urol.* 2007;25(3):227-233. DOI: 10.1007/s00345-007-0163-x
 63. Helfmann J, Muller G. Laser lithotripsy: process overview. *Med Las Appl.* 2001;16:30-37. DOI: 10.1078/1615-1615-00006
 64. Schafhauser W, Radlmaier M, Schrott KM, Kuehn R. Erste klinische Erfahrungen mit neuem frequenzverdoppeltem Doppelpuls Neodymium:YAG Laser in der Therapie der Urolithiasis. *Urologe A Suppl.* 2000;39(1):39.
 65. Dubosq F, Pasqui F, Girard F, Beley S, Lesaux N, Gattegno B, Thibault P, Traxer O. Endoscopic lithotripsy and the FREDDY laser: initial experience. *J Endourol.* 2006;20(5):296-299. DOI: 10.1089/end.2006.20.296
 66. Stark L, Carl P. First clinical experiences of laser lithotripsy using the partially frequency-doubled double pulse neodymium: YAG laser (FREDDY). *J Urol.* 2001;165(suppl):362A.
 67. Jansen ED, Asshauer T, Frenz M, Motamedi M, Delacretaz G, Welch AJ. Effect of pulse duration on bubble formation and laser-induced pressure waves during holmium laser ablation. *Lasers Surg Med.* 1996;18(3):278-293. DOI: 10.1002/(SICI)1096-9101(1996)18:3<278::AID-LSM10>3.0.CO;2-2
 68. Chan KF, Lee H, Teichman JM, Kamerer A, McGuff HS, Vargas G, Welch AJ. Erbium: YAG lithotripsy mechanism. *J Urol.* 2002;168(2):436-441. DOI: 10.1016/s0022-5347(05)64653-8

69. Freiha GS, Glickmann RD, Teichman JM. Holmium: YAG laser induced damage to guidewires: an experimental study. *J Endourol.* 1997;11(5):331-336. DOI: 10.1089/end.1997.11.331
70. Teichman JM, Vassar GJ, Bishoff JT, Bellmann GC. Holmium: YAG laser-induced lithotripsy yields smaller fragments than lithoclast, pulsed-dye or electrohydraulic lithotripsy. *J Urol.* 1998;159(1):17-23. DOI: 10.1016/s0022-5347(01)63998-3
71. Sofer M, Watterson JD, Wollin TA, Nott L, Razvi H, Denstedt JD. Holmium: YAG laser lithotripsy for upper urinary tract calculi in 598 patients. *J Urol.* 2002;167(1):31-34. DOI: 10.1016/s0022-5347(05)65376-1
72. Teichmann HO, Herrmann TR, Bach T. Technical aspects of lasers in urology. *World J Urol.* 2007;25(3):221-225. DOI: 10.1007/s00345-007-0184-5
73. Jansen ED, van Leeuwen TG, Motamedi M, Borst C, Welch AJ. Temperature dependence of the absorption coefficient of water for midinfrared laser radiation. *Laser Surg Med.* 1994;14(3):258-268. PMID: 8208052
74. Teichman JM. Laser lithotripsy. *Curr Opin Urol.* 2002;12(4):302-309. PMID: 12072651
75. Kourambas J, Munver R, Preminger GM. Ureteroscopic management of recurrent renal cystine calculi. *J Endourol.* 2000;14(6):489-492. DOI: 10.1089/end.2000.14.489
76. Teichman JM, Rao RD, Rogenes VJ, Harris JM. Ureteroscopic management of ureteral calculi: electrohydraulic versus holmium: YAG lithotripsy. *J Urol.* 1997;158(4):1357-1361. DOI: 10.1016/s0022-5347(01)64214-9
77. Razvi HA, Denstedt JD, Chun SS, Sales JL. Intracorporeal lithotripsy with the holmium: YAG laser. *J Urol.* 1996;156(3):912-914. PMID: 8709362
78. Pearle MS, Lingemann JE, Leveillee R, Kuo R, Preminger GM, Nadler RB, Macaluso J, Monga M, Kumar U, Dushinski J, Albala DM, Wolf JS Jr, Assimos D, Fabrizio M, Munch LC, Nakada SY, Auge B, Honey J, Ogan K, Pattaras J, McDougall EM, Averch TD, Turk T, Pietrow P, Watkins S. Prospective randomized trial comparing shock wave lithotripsy and ureteroscopy for lower pole caliceal calculi 1 cm or less. *J Urol.* 2005;173(6):2005-2009. DOI: 10.1097/01.ju.0000158458.51706.56
79. Finley DS, Petersen J, Abdelshehid C, Ahlering M, Chou D, Borin J, Eichel L, McDougall E, Clayman RV. Effect of holmium: YAG laser pulse width on lithotripsy retropulsion in vitro. *J Endourol.* 2005;19(8):1041-1044. DOI: 10.1089/end.2005.19.1041
80. Nguyen TA, Belis JA. Endoscopic management of urolithiasis in the morbidly obese patient. *J Endourol.* 1998;12(1):33-35. DOI: 10.1089/end.1998.12.33
81. Grasso M, Chalik Y. Principles and applications of laser lithotripsy: experience with the holmium laser lithotrite. *J Clin Laser Med Surg.* 1998;16(1):3-7. DOI: 10.1089/clm.1998.16.3
82. Joshi HB, Newns N, Stainthorpe A, MacDonagh RP, Keeley FX Jr, Timoney AG. Ureteral stent symptom questionnaire: development and validation of a multidimensional quality of life measure. *J Urol.* 2003;169(3):1060-1064. DOI: 10.1097/01.ju.0000049198.53424.1d
83. Nabi G, Cook J, McClinton S. Outcomes of stenting after uncomplicated ureteroscopy: systematic review and meta-analysis. *BMJ.* 2007;334(7593):572. DOI: 10.1136/bmj.39119.595081.55
84. Chu DI, Lipkin ME, Wang AJ, Ferrandino MN, Preminger GM, Kijvikai K, Gupta NP, Melekos MD, de la Rosette JJ; CROES Global PCNL study group. Lithotrites and postoperative fever: does lithotrite type matter? Results from the clinical research office of the endourological society percutaneous nephrolithotomy global study. *Urol Int.* 2013;91(3):340-344. DOI: 10.1159/000351752
85. Chen L, Xu QQ, Li JX, Xiong LL, Wang XF, Huang XB. Systemic inflammatory response syndrome after percutaneous nephrolithotomy: an assessment of risk factors. *Int J Urol.* 2008;15(12):1025-1028. DOI: 10.1111/j.1442-2042.2008.02170.x
69. Freiha GS, Glickmann RD, Teichman JM. Holmium: YAG laser induced damage to guidewires: an experimental study. *J Endourol.* 1997;11(5):331-336. DOI: 10.1089/end.1997.11.331
70. Teichman JM, Vassar GJ, Bishoff JT, Bellmann GC. Holmium: YAG laser-induced lithotripsy yields smaller fragments than lithoclast, pulsed-dye or electrohydraulic lithotripsy. *J Urol.* 1998;159(1):17-23. DOI: 10.1016/s0022-5347(01)63998-3
71. Sofer M, Watterson JD, Wollin TA, Nott L, Razvi H, Denstedt JD. Holmium: YAG laser lithotripsy for upper urinary tract calculi in 598 patients. *J Urol.* 2002;167(1):31-34. DOI: 10.1016/s0022-5347(05)65376-1
72. Teichmann HO, Herrmann TR, Bach T. Technical aspects of lasers in urology. *World J Urol.* 2007;25(3):221-225. DOI: 10.1007/s00345-007-0184-5
73. Jansen ED, van Leeuwen TG, Motamedi M, Borst C, Welch AJ. Temperature dependence of the absorption coefficient of water for midinfrared laser radiation. *Laser Surg Med.* 1994;14(3):258-268. PMID: 8208052
74. Teichman JM. Laser lithotripsy. *Curr Opin Urol.* 2002;12(4):302-309. PMID: 12072651
75. Kourambas J, Munver R, Preminger GM. Ureteroscopic management of recurrent renal cystine calculi. *J Endourol.* 2000;14(6):489-492. DOI: 10.1089/end.2000.14.489
76. Teichman JM, Rao RD, Rogenes VJ, Harris JM. Ureteroscopic management of ureteral calculi: electrohydraulic versus holmium: YAG lithotripsy. *J Urol.* 1997;158(4):1357-1361. DOI: 10.1016/s0022-5347(01)64214-9
77. Razvi HA, Denstedt JD, Chun SS, Sales JL. Intracorporeal lithotripsy with the holmium: YAG laser. *J Urol.* 1996;156(3):912-914. PMID: 8709362
78. Pearle MS, Lingemann JE, Leveillee R, Kuo R, Preminger GM, Nadler RB, Macaluso J, Monga M, Kumar U, Dushinski J, Albala DM, Wolf JS Jr, Assimos D, Fabrizio M, Munch LC, Nakada SY, Auge B, Honey J, Ogan K, Pattaras J, McDougall EM, Averch TD, Turk T, Pietrow P, Watkins S. Prospective randomized trial comparing shock wave lithotripsy and ureteroscopy for lower pole caliceal calculi 1 cm or less. *J Urol.* 2005;173(6):2005-2009. DOI: 10.1097/01.ju.0000158458.51706.56
79. Finley DS, Petersen J, Abdelshehid C, Ahlering M, Chou D, Borin J, Eichel L, McDougall E, Clayman RV. Effect of holmium: YAG laser pulse width on lithotripsy retropulsion in vitro. *J Endourol.* 2005;19(8):1041-1044. DOI: 10.1089/end.2005.19.1041
80. Nguyen TA, Belis JA. Endoscopic management of urolithiasis in the morbidly obese patient. *J Endourol.* 1998;12(1):33-35. DOI: 10.1089/end.1998.12.33
81. Grasso M, Chalik Y. Principles and applications of laser lithotripsy: experience with the holmium laser lithotrite. *J Clin Laser Med Surg.* 1998;16(1):3-7. DOI: 10.1089/clm.1998.16.3
82. Joshi HB, Newns N, Stainthorpe A, MacDonagh RP, Keeley FX Jr, Timoney AG. Ureteral stent symptom questionnaire: development and validation of a multidimensional quality of life measure. *J Urol.* 2003;169(3):1060-1064. DOI: 10.1097/01.ju.0000049198.53424.1d
83. Nabi G, Cook J, McClinton S. Outcomes of stenting after uncomplicated ureteroscopy: systematic review and meta-analysis. *BMJ.* 2007;334(7593):572. DOI: 10.1136/bmj.39119.595081.55
84. Chu DI, Lipkin ME, Wang AJ, Ferrandino MN, Preminger GM, Kijvikai K, Gupta NP, Melekos MD, de la Rosette JJ; CROES Global PCNL study group. Lithotrites and postoperative fever: does lithotrite type matter? Results from the clinical research office of the endourological society percutaneous nephrolithotomy global study. *Urol Int.* 2013;91(3):340-344. DOI: 10.1159/000351752
85. Chen L, Xu QQ, Li JX, Xiong LL, Wang XF, Huang XB. Systemic inflammatory response syndrome after percutaneous nephrolithotomy: an assessment of risk factors. *Int J Urol.* 2008;15(12):1025-1028. DOI: 10.1111/j.1442-2042.2008.02170.x

86. Margel D, Ehrlich Y, Brown N, Lask D, Livne PM, Lifshitz DA. Clinical implication of routine stone culture in percutaneous nephrolithotomy – a prospective study. *Urology*. 2006;67(1):26-29. DOI: 10.1016/j.urology.2005.08.008
87. Dogan HS, Guliyev F, Cetinkaya YS, Sofikerim M, Ozden E, Sahin A. Importance of microbiological evaluation in management of infectious complications following percutaneous nephrolithotomy. *Int Urol Nephrol*. 2007;39(3):737-742. DOI: 10.1007/s11255-006-9147-9
88. Gonan M, Turan H, Ozturk B, Ozkardes H. Factors affecting fever following percutaneous nephrolithotomy: a prospective clinical study. *J Endourol*. 2008;22(9):2135-2138. DOI: 10.1089/end.2008.0139
89. Marriapan P, Smith G, Moussa SA, Tolley DA. One week of ciprofloxacin before percutaneous nephrolithotomy significantly reduces upper tract infection and urosepsis: a prospective controlled study. *BJU Int*. 2006;98(5):1075-1079. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2006.06450.x
90. Skolarikos A, de la Rosette J. Prevention and treatment of complications following percutaneous nephrolithotomy. *Curr Opin Urol*. 2008;18(2):229-234. DOI: 10.1097/MOU.0b013e3282f46afc
91. Singla M, Srivastava A, Kapoor R, Gupta N, Ansari MS, Dubey D, Kumar A. Aggressive approach to staghorn calculi-safety and efficacy of multiple tracts percutaneous nephrolithotomy. *Urology*. 2008;71(6):1039-1042. DOI: 10.1016/j.urology.2007.11.072
92. Turna B, Nazli O, Demiryoguran S, Mammadov R, Cal C. Percutaneous nephrolithotomy: variables that influence hemorrhage. *Urology*. 2007;69(4):603-607. DOI: 10.1016/j.urology.2006.12.021
93. Kukreja RA, Desai MR, Sabnis RB, Patel SH. Fluid absorption during percutaneous nephrolithotomy: does it matter? *J Endourol*. 2002;16(4):221-224. DOI: 10.1089/089277902753752160
94. Yamaguchi A, Skolarikos A, Buchholz NP, Chomón GB, Grasso M, Saba P, Nakada S, de la Rosette J; Clinical Research Office Of The Endourological Society Percutaneous Nephrolithotomy Study Group. Clinical Research Office of the Endourological Society Percutaneous Nephrolithotomy Study Group. Operating times and bleeding complications in percutaneous nephrolithotomy: a comparison of tract dilation methods in 5,537 patients in the Clinical Research Office of the Endourological Society Percutaneous Nephrolithotomy Global Study. *J Endourol*. 2011;25(6):933-939. DOI: 10.1089/end.2010.0606
95. Jackman SV, Hedican SP, Peters CA, Docimo SG. Percutaneous nephrolithotomy in infants and preschool age children: experience with a new technique. *Urology*. 1998;52(4):697e701. PMID: 9763096
96. Lahme S, Bichler KH, Strohmaier WL, Go"tz T. Minimally invasive PCNL in patients with renal pelvic and calyceal stones. *Eur Urol*. 2001;40(6):619-624. PMID: 11805407
97. Kukreja R, Desai M, Patel S, Bapat S, Desai M. Factors affecting blood loss during percutaneous nephrolithotomy: prospective study. *J Endourol*. 2004;18(8):715-722. DOI: 10.1089/end.2004.18.715
98. Chen Y, Zhou Z, Sun W, Zhao T, Wang H. Minimally invasive percutaneous nephrolithotomy under peritubal local infiltration anesthesia. *World J Urol*. 2011;29(6):773-777. DOI: 10.1007/s00345-011-0730-z
99. Fu YM, Chen QY, Zhao ZS, Ren MH, Ma L, Duan YS, Jiao ZX, Huang W, Ni SB. Ultrasound-guided minimally invasive percutaneous nephrolithotomy in flank position for management of complex renal calculi. *Urology*. 2011;77(1):40-44. DOI: 10.1016/j.urology.2010.04.054
100. Li X, He Z, Wu K, Li SK, Zeng G, Yuan J, He Y, Lei M. Chinese minimally invasive percutaneous nephrolithotomy: the guangzhou experience. *J Endourol*. 2009;23(10):1693-1697. DOI: 10.1089/end.2009.1537
86. Margel D, Ehrlich Y, Brown N, Lask D, Livne PM, Lifshitz DA. Clinical implication of routine stone culture in percutaneous nephrolithotomy – a prospective study. *Urology*. 2006;67(1):26-29. DOI: 10.1016/j.urology.2005.08.008
87. Dogan HS, Guliyev F, Cetinkaya YS, Sofikerim M, Ozden E, Sahin A. Importance of microbiological evaluation in management of infectious complications following percutaneous nephrolithotomy. *Int Urol Nephrol*. 2007;39(3):737-742. DOI: 10.1007/s11255-006-9147-9
88. Gonan M, Turan H, Ozturk B, Ozkardes H. Factors affecting fever following percutaneous nephrolithotomy: a prospective clinical study. *J Endourol*. 2008;22(9):2135-2138. DOI: 10.1089/end.2008.0139
89. Marriapan P, Smith G, Moussa SA, Tolley DA. One week of ciprofloxacin before percutaneous nephrolithotomy significantly reduces upper tract infection and urosepsis: a prospective controlled study. *BJU Int*. 2006;98(5):1075-1079. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2006.06450.x
90. Skolarikos A, de la Rosette J. Prevention and treatment of complications following percutaneous nephrolithotomy. *Curr Opin Urol*. 2008;18(2):229-234. DOI: 10.1097/MOU.0b013e3282f46afc
91. Singla M, Srivastava A, Kapoor R, Gupta N, Ansari MS, Dubey D, Kumar A. Aggressive approach to staghorn calculi-safety and efficacy of multiple tracts percutaneous nephrolithotomy. *Urology*. 2008;71(6):1039-1042. DOI: 10.1016/j.urology.2007.11.072
92. Turna B, Nazli O, Demiryoguran S, Mammadov R, Cal C. Percutaneous nephrolithotomy: variables that influence hemorrhage. *Urology*. 2007;69(4):603-607. DOI: 10.1016/j.urology.2006.12.021
93. Kukreja RA, Desai MR, Sabnis RB, Patel SH. Fluid absorption during percutaneous nephrolithotomy: does it matter? *J Endourol*. 2002;16(4):221-224. DOI: 10.1089/089277902753752160
94. Yamaguchi A, Skolarikos A, Buchholz NP, Chomón GB, Grasso M, Saba P, Nakada S, de la Rosette J; Clinical Research Office Of The Endourological Society Percutaneous Nephrolithotomy Study Group. Clinical Research Office of the Endourological Society Percutaneous Nephrolithotomy Study Group. Operating times and bleeding complications in percutaneous nephrolithotomy: a comparison of tract dilation methods in 5,537 patients in the Clinical Research Office of the Endourological Society Percutaneous Nephrolithotomy Global Study. *J Endourol*. 2011;25(6):933-939. DOI: 10.1089/end.2010.0606
95. Jackman SV, Hedican SP, Peters CA, Docimo SG. Percutaneous nephrolithotomy in infants and preschool age children: experience with a new technique. *Urology*. 1998;52(4):697e701. PMID: 9763096
96. Lahme S, Bichler KH, Strohmaier WL, Go"tz T. Minimally invasive PCNL in patients with renal pelvic and calyceal stones. *Eur Urol*. 2001;40(6):619-624. PMID: 11805407
97. Kukreja R, Desai M, Patel S, Bapat S, Desai M. Factors affecting blood loss during percutaneous nephrolithotomy: prospective study. *J Endourol*. 2004;18(8):715-722. DOI: 10.1089/end.2004.18.715
98. Chen Y, Zhou Z, Sun W, Zhao T, Wang H. Minimally invasive percutaneous nephrolithotomy under peritubal local infiltration anesthesia. *World J Urol*. 2011;29(6):773-777. DOI: 10.1007/s00345-011-0730-z
99. Fu YM, Chen QY, Zhao ZS, Ren MH, Ma L, Duan YS, Jiao ZX, Huang W, Ni SB. Ultrasound-guided minimally invasive percutaneous nephrolithotomy in flank position for management of complex renal calculi. *Urology*. 2011;77(1):40-44. DOI: 10.1016/j.urology.2010.04.054
100. Li X, He Z, Wu K, Li SK, Zeng G, Yuan J, He Y, Lei M. Chinese minimally invasive percutaneous nephrolithotomy: the guangzhou experience. *J Endourol*. 2009;23(10):1693-1697. DOI: 10.1089/end.2009.1537

101. Desai MR, Sharma R, Mishra S, Sabnis RB, Stief C, Bader M. Single-step percutaneous nephrolithotomy (microperc): the initial clinical report. *J Urol.* 2011;186(1):140-145. DOI: 10.1016/j.juro.2011.03.029
102. Chen S, Zhu L, Yang S, Wu W, Liao L, Tan J. High- vs low-power holmium laser lithotripsy: a prospective, randomized study in patients undergoing multitract minipercutaneous nephrolithotomy. *Urology.* 2012;79(2):293-297. DOI: 10.1016/j.urology.2011.08.036
103. Song L, Chen Z, Liu T, Zhong J, Qin W, Guo S, Peng Z, Hu M, Du C, Zhu L, Yao L, Yang Z, Huang J, Xie D. The application of a patented system to minimally invasive percutaneous nephrolithotomy. *J Endourol.* 2011;25(8):1281-1286. DOI: 10.1089/end.2011.0032.
104. Bilen CY, Gunay M, Ozden E, Inci K, Sarikaya S, Tekgul S. Tubeless mini percutaneous nephrolithotomy in infants and preschool children: a preliminary report. *J Urol.* 2010;184(6):2498-2502. DOI: 10.1016/j.juro.2010.08.039
105. Hu G, Guo Z, Liu H, Luo M, Liu M, Lai P, Zhang H, Yuan J, Yao X, Zheng J, Xu Y; *Joint first authors: Guanghui Hu and Zhui-feng Guo. A novel minimally invasive percutaneous nephrolithotomy technique: safety and efficacy report. *Scand J Urol.* 2015;49(2):174-180. DOI: 10.3109/21681805.2014.961545
106. Zeng G, Zhao Z, Wan S, Mai Z, Wu W, Zhong W, Yuan J. Minimally invasive percutaneous nephrolithotomy for simple and complex renal caliceal stones: a comparative analysis of more than 10,000 cases. *J Endourol.* 2013;27(10):1203-1208. DOI: 10.1089/end.2013.0061
107. Cheng F, Yu W, Zhang X, Yang S, Xia Y, Ruan Y. Minimally invasive tract in percutaneous nephrolithotomy for renal stones. *J Endourol.* 2010;24(10):1579-1582. DOI: 10.1089/end.2009.0581
108. Guven S, Istanbuloglu O, Ozturk A, Ozturk B, Piskin M, Cicek T, Kilinc M, Ozkardes H, Arslan M. Percutaneous nephrolithotomy is highly efficient and safe in infants and children under 3 years of age. *Urol Int.* 2010;85(4):455-460. DOI: 10.1159/000316077
109. Lu MH, Pu XY, Gao X, Zhou XF, Qiu JG, Si-Tu J. A comparative study of clinical value of single B-mode ultrasound guidance and B-mode combined with color doppler ultrasound guidance in mini-invasive percutaneous nephrolithotomy to decrease hemorrhagic complications. *Urology.* 2010;76(4):815-820. DOI: 10.1016/j.urology.2009.08.091
110. Zhong W, Zeng G, Wu W, Chen W, Wu K. Minimally invasive percutaneous nephrolithotomy with multiple mini tracts in a single session in treating staghorn calculi. *Urol Res.* 2011;39:117-122. DOI: 10.1007/s00240-010-0308-z
111. Zeng G, Zhu W, Li J, Zhao Z, Zeng T, Liu C, Liu Y, Yuan J, Wan SP. The comparison of minimally invasive percutaneous nephrolithotomy and retrograde intrarenal surgery for stones larger than 2 cm in patients with a solitary kidney: a matched-pair analysis. *World J Urol.* 2015;33:1159-1164. DOI: 10.1007/s00345-014-1420-4
112. Wu W, Zhao Z, Zhu H, Yang D, Ou L, Liang Y, Zhao Z, Zeng G. Safety and efficacy of minimally invasive percutaneous nephrolithotomy in treatment of calculi in horseshoe kidneys. *J Endourol.* 2014;28(8):926-929. DOI: 10.1089/end.2013.0760
113. Zhu W, Liu Y, Liu L, Lei M, Yuan J, Wan SP, Zeng G. Minimally invasive versus standard percutaneous nephrolithotomy: a meta-analysis. *Urolithiasis.* 2015;43(6):563-570. DOI: 10.1007/s00240-015-0808-y
114. Rassweiler J, Rassweiler MC, Klein J. New technology in ureteroscopy and percutaneous nephrolithotomy. *Curr. Opin. Urol.* 2016;26(1):95-106. DOI: 10.1097/MOU.0000000000000240
115. Schilling D, Hüsch T, Bader M, Herrmann TR, Nagele U, Training and Research in Urological Surgery and Technology (T.R.U.S.T.)-Group. Nomenclature in PCNL or the Tower of Babel: a proposal for a uniform terminology. *World J Urol.* 2015;33:1905-1907. DOI: 10.1007/s00345-015-1506-7
101. Desai MR, Sharma R, Mishra S, Sabnis RB, Stief C, Bader M. Single-step percutaneous nephrolithotomy (microperc): the initial clinical report. *J Urol.* 2011;186(1):140-145. DOI: 10.1016/j.juro.2011.03.029
102. Chen S, Zhu L, Yang S, Wu W, Liao L, Tan J. High- vs low-power holmium laser lithotripsy: a prospective, randomized study in patients undergoing multitract minipercutaneous nephrolithotomy. *Urology.* 2012;79(2):293-297. DOI: 10.1016/j.urology.2011.08.036
103. Song L, Chen Z, Liu T, Zhong J, Qin W, Guo S, Peng Z, Hu M, Du C, Zhu L, Yao L, Yang Z, Huang J, Xie D. The application of a patented system to minimally invasive percutaneous nephrolithotomy. *J Endourol.* 2011;25(8):1281-1286. DOI: 10.1089/end.2011.0032.
104. Bilen CY, Gunay M, Ozden E, Inci K, Sarikaya S, Tekgul S. Tubeless mini percutaneous nephrolithotomy in infants and preschool children: a preliminary report. *J Urol.* 2010;184(6):2498-2502. DOI: 10.1016/j.juro.2010.08.039
105. Hu G, Guo Z, Liu H, Luo M, Liu M, Lai P, Zhang H, Yuan J, Yao X, Zheng J, Xu Y; *Joint first authors: Guanghui Hu and Zhui-feng Guo. A novel minimally invasive percutaneous nephrolithotomy technique: safety and efficacy report. *Scand J Urol.* 2015;49(2):174-180. DOI: 10.3109/21681805.2014.961545
106. Zeng G, Zhao Z, Wan S, Mai Z, Wu W, Zhong W, Yuan J. Minimally invasive percutaneous nephrolithotomy for simple and complex renal caliceal stones: a comparative analysis of more than 10,000 cases. *J Endourol.* 2013;27(10):1203-1208. DOI: 10.1089/end.2013.0061
107. Cheng F, Yu W, Zhang X, Yang S, Xia Y, Ruan Y. Minimally invasive tract in percutaneous nephrolithotomy for renal stones. *J Endourol.* 2010;24(10):1579-1582. DOI: 10.1089/end.2009.0581
108. Guven S, Istanbuloglu O, Ozturk A, Ozturk B, Piskin M, Cicek T, Kilinc M, Ozkardes H, Arslan M. Percutaneous nephrolithotomy is highly efficient and safe in infants and children under 3 years of age. *Urol Int.* 2010;85(4):455-460. DOI: 10.1159/000316077
109. Lu MH, Pu XY, Gao X, Zhou XF, Qiu JG, Si-Tu J. A comparative study of clinical value of single B-mode ultrasound guidance and B-mode combined with color doppler ultrasound guidance in mini-invasive percutaneous nephrolithotomy to decrease hemorrhagic complications. *Urology.* 2010;76(4):815-820. DOI: 10.1016/j.urology.2009.08.091
110. Zhong W, Zeng G, Wu W, Chen W, Wu K. Minimally invasive percutaneous nephrolithotomy with multiple mini tracts in a single session in treating staghorn calculi. *Urol Res.* 2011;39:117-122. DOI: 10.1007/s00240-010-0308-z
111. Zeng G, Zhu W, Li J, Zhao Z, Zeng T, Liu C, Liu Y, Yuan J, Wan SP. The comparison of minimally invasive percutaneous nephrolithotomy and retrograde intrarenal surgery for stones larger than 2 cm in patients with a solitary kidney: a matched-pair analysis. *World J Urol.* 2015;33:1159-1164. DOI: 10.1007/s00345-014-1420-4
112. Wu W, Zhao Z, Zhu H, Yang D, Ou L, Liang Y, Zhao Z, Zeng G. Safety and efficacy of minimally invasive percutaneous nephrolithotomy in treatment of calculi in horseshoe kidneys. *J Endourol.* 2014;28(8):926-929. DOI: 10.1089/end.2013.0760
113. Zhu W, Liu Y, Liu L, Lei M, Yuan J, Wan SP, Zeng G. Minimally invasive versus standard percutaneous nephrolithotomy: a meta-analysis. *Urolithiasis.* 2015;43(6):563-570. DOI: 10.1007/s00240-015-0808-y
114. Rassweiler J, Rassweiler MC, Klein J. New technology in ureteroscopy and percutaneous nephrolithotomy. *Curr. Opin. Urol.* 2016;26(1):95-106. DOI: 10.1097/MOU.0000000000000240
115. Schilling D, Hüsch T, Bader M, Herrmann TR, Nagele U, Training and Research in Urological Surgery and Technology (T.R.U.S.T.)-Group. Nomenclature in PCNL or the Tower of Babel: a proposal for a uniform terminology. *World J Urol.* 2015;33:1905-1807. DOI: 10.1007/s00345-015-1506-7

116. Wang Y, Hou Y, Jiang F, Wang Y, Chen Q, Lu Z, Hu J, Wang X, Lu J, Wang C. Standard-tract combined with mini-tract in percutaneous nephrolithotomy for renal staghorn calculi. *Urol Int.* 2014;92(4):422-426. DOI: 10.1159/000354427.
117. Hennessey DB, Kinnear NK, Troy A, Angus D, Bolton DM, Webb DR. Mini PCNL for renal calculi: does size matter? *BJU Int.* 2017;119 Suppl 5:39-46. DOI: 10.1111/bju.13839.
118. Schoenthaler M, Wilhelm K, Hein S, Adams F, Schlager D, Wetterauer U, Hawizy A, Bourdouis A, Desai J, Miernik A. Ultra-mini PCNL versus flexible ureteroscopy: a matched analysis of treatment costs (endoscopes and disposables) in patients with renal stones 10–20mm. *World J Urol.* 2015;33(10):1601-1605. DOI: 10.1007/s00345-015-1489-4
119. Shah AK, XuK, Liu H, Huang H, Lin T, Bi L, Jinli H, Fan X, Shrestha R, Huang J. Implementation of ultramini percutaneous nephrolithotomy for treatment of 2–3 cm kidney stones: a preliminary report. *J Endourol.* 2015;29(11):1231-1236. DOI: 10.1089/end.2015.0171
120. Pullar B, Havranek E, Blacker TJ, Datta SN, Somani B, Sriprasad S, Ratan H, Scriven S, Choong S, Smith RD, Mackie S, Watson G, Wiseman OJ. Early multicentre experience of ultra-mini percutaneous nephrolithotomy in the UK. *J Clin Urol.* 2016;8:55-63. DOI: 10.1177/2051415816658416
121. Demirbas A, Resorlu B, Sunay MM, Karakan T, Karagöz MA, Doluoglu OG. Which should be preferred for moderate-size kidney stones? Ultramini percutaneous nephrolithotomy or retrograde intrarenal surgery? *J Endourol.* 2016;30(12):1285-1289. DOI: 10.1089/end.2016.0370
122. Datta SN, Solanki R, Desai J. Prospective outcomes of ultra mini percutaneous nephrolithotomy: a consecutive cohort study. *J Urol.* 2016;195(3):741–6. DOI: 10.1016/j.juro.2015.07.123
123. Karakan T, Kilinc MF, Doluoglu OG, Yildiz Y, Yuceturk CN, Bagcioglu M, Karagöz MA, Bas O, Resorlu B. The modified ultra-mini percutaneous nephrolithotomy technique and comparison with standard nephrolithotomy: a randomized prospective study. *Urolithiasis.* 2017;45(2):209-213. DOI: 10.1007/s00240-016-0890-9
124. Bagcioglu M, Demir A, Sulhan H, Karadag MA, Uslu M, Tekdogan UY. Comparison of flexible ureteroscopy and micropercutaneous nephrolithotomy in terms of cost-effectiveness: analysis of 111 procedures. *Urolithiasis.* 2016;44(4):339-344. DOI: 10.1007/s00240-015-0828-7
125. Ölcüçüoğlu E, Kasap Y, Ölcüçüoğlu E, Şirin ME, Gazel E, Taştürmür S, Odabas Ö. Micropercutaneous nephrolithotripsy: initial experience. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne.* 2015;10(3):368-372. DOI: 10.5114/wiitm.2015.54223
126. Sabnis RB, Ganesamoni R, Ganpule AP, Mishra S, Vyas J, Jagtap J, Desai M. Current role of microperc in the management of small renal calculi. *Indian J Urol.* 2013;29(3):214-218. DOI: 10.4103/0970-1591.117282
116. Wang Y, Hou Y, Jiang F, Wang Y, Chen Q, Lu Z, Hu J, Wang X, Lu J, Wang C. Standard-tract combined with mini-tract in percutaneous nephrolithotomy for renal staghorn calculi. *Urol Int.* 2014;92(4):422-426. DOI: 10.1159/000354427.
117. Hennessey DB, Kinnear NK, Troy A, Angus D, Bolton DM, Webb DR. Mini PCNL for renal calculi: does size matter? *BJU Int.* 2017;119 Suppl 5:39-46. DOI: 10.1111/bju.13839.
118. Schoenthaler M, Wilhelm K, Hein S, Adams F, Schlager D, Wetterauer U, Hawizy A, Bourdouis A, Desai J, Miernik A. Ultra-mini PCNL versus flexible ureteroscopy: a matched analysis of treatment costs (endoscopes and disposables) in patients with renal stones 10–20mm. *World J Urol.* 2015;33(10):1601-1605. DOI: 10.1007/s00345-015-1489-4
119. Shah AK, XuK, Liu H, Huang H, Lin T, Bi L, Jinli H, Fan X, Shrestha R, Huang J. Implementation of ultramini percutaneous nephrolithotomy for treatment of 2–3 cm kidney stones: a preliminary report. *J Endourol.* 2015;29(11):1231-1236. DOI: 10.1089/end.2015.0171
120. Pullar B, Havranek E, Blacker TJ, Datta SN, Somani B, Sriprasad S, Ratan H, Scriven S, Choong S, Smith RD, Mackie S, Watson G, Wiseman OJ. Early multicentre experience of ultra-mini percutaneous nephrolithotomy in the UK. *J Clin Urol.* 2016;8:55-63. DOI: 10.1177/2051415816658416
121. Demirbas A, Resorlu B, Sunay MM, Karakan T, Karagöz MA, Doluoglu OG. Which should be preferred for moderate-size kidney stones? Ultramini percutaneous nephrolithotomy or retrograde intrarenal surgery? *J Endourol.* 2016;30(12):1285-1289. DOI: 10.1089/end.2016.0370
122. Datta SN, Solanki R, Desai J. Prospective outcomes of ultra mini percutaneous nephrolithotomy: a consecutive cohort study. *J Urol.* 2016;195(3):741–6. DOI: 10.1016/j.juro.2015.07.123
123. Karakan T, Kilinc MF, Doluoglu OG, Yildiz Y, Yuceturk CN, Bagcioglu M, Karagöz MA, Bas O, Resorlu B. The modified ultra-mini percutaneous nephrolithotomy technique and comparison with standard nephrolithotomy: a randomized prospective study. *Urolithiasis.* 2017;45(2):209-213. DOI: 10.1007/s00240-016-0890-9
124. Bagcioglu M, Demir A, Sulhan H, Karadag MA, Uslu M, Tekdogan UY. Comparison of flexible ureteroscopy and micropercutaneous nephrolithotomy in terms of cost-effectiveness: analysis of 111 procedures. *Urolithiasis.* 2016;44(4):339-344. DOI: 10.1007/s00240-015-0828-7
125. Ölcüçüoğlu E, Kasap Y, Ölcüçüoğlu E, Şirin ME, Gazel E, Taştürmür S, Odabas Ö. Micropercutaneous nephrolithotripsy: initial experience. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne.* 2015;10(3):368-372. DOI: 10.5114/wiitm.2015.54223
126. Sabnis RB, Ganesamoni R, Ganpule AP, Mishra S, Vyas J, Jagtap J, Desai M. Current role of microperc in the management of small renal calculi. *Indian J Urol.* 2013;29(3):214-218. DOI: 10.4103/0970-1591.117282

Сведения об авторах

Трусов Пётр Владимирович – врач уролог, заведующий отделением РХМДиЛ ГАУ РО «Областной клинко-диагностический центр» г. Ростова-на-Дону
ORCID iD 0000-0002-9191-980X
e-mail: rosturology@rambler.ru

Гусев Андрей Анатольевич – к.м.н., доцент; доцент кафедры урологии и репродуктивного здоровья человека с курсом детской урологии-андрологии ФПК и ППС ФБГОУ ВО РостГМУ Минздрава России
ORCID iD 0000-0001-8221-2127
e-mail: gusev_rost@mail.ru

Information about the authors

Petr V. Trusov – M.D.; Urologist, Chief, X-ray Surgical Diagnostic and Treatment Methods Division, Regional Consultative and Diagnostic Center, Rostov-on-Don
ORCID iD 0000-0002-9191-980X
e-mail: rosturology@rambler.ru

Andrey A. Gusev – M.D., Ph.D. (M); Associate Professor, Department of Urology and Reproductive Human Health with Pediatric Urology and Andrology Courses, Advanced Training and Specialists Professional Retraining Faculty, Rostov State Medical University
ORCID iD 0000-0001-8221-2127
e-mail: gusev_rost@mail.ru