

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИЮ КОРАЛЛОВИДНОГО НЕФРОЛИТИАЗА (ОБЗОР)

**М. Л. Чехонацкая** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии им. профессора Н. Е. Штерна, профессор, доктор медицинских наук; **А. Н. Россоловский** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, доцент кафедры урологии, доктор медицинских наук; **И. А. Крючков** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, аспирант кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии им. профессора Н. Е. Штерна; **Д. А. Бобылев** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, аспирант кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии им. профессора Н. Е. Штерна.

## A COMPREHENSIVE APPROACH TO THE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF STRAGHORN NEPHROLITHIASIS (REVIEW)

**M. L. Chekhonatskaya** — Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Head of Department of Radial Diagnostics and Radial Therapy n.a. Professor N. E. Shtern, Professor, Doctor of Medical Sciences; **A. N. Rossolovsky** — Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Department of Urology, Assistant Professor, Candidate of Medical Sciences; **I. A. Kryuchkov** — Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Department of Radial Diagnostics and Radial Therapy n.a. Professor N. E. Shtern, Post-graduate; **D. A. Bobylev** — Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky, Department of Radial Diagnostics and Radial Therapy n.a. Professor N. E. Shtern, Post-graduate.

Дата поступления — 29.09.2017 г.

Дата принятия в печать — 20.02.2018 г.

**Чехонацкая М. Л., Россоловский А. Н., Крючков И. А., Бобылев Д. А.** Комплексный подход к диагностике и лечению коралловидного нефролитиаза (обзор). Саратовский научно-медицинский журнал 2018; 14 (1): 81–86.

Обзор литературы посвящен наиболее актуальным вопросам диагностики и лечения пациентов с мочекаменной болезнью. Показана роль и описаны последние достижения и преимущества малоинвазивных методов оперативного вмешательства. Широко освещены проблемы резидуальных конкрементов и состояния почечной паренхимы в периоперационном периоде. Затронута также тема выбора тактики ведения подобной категории больных. Рассмотрены актуальные диагностические методы и дифференцированный подход к выбору алгоритма обследования и лечения пациентов с коралловидным нефролитиазом. Представлен анализ научно-исследовательских сведений (реферативных документов), содержащих аналитический массив научных публикаций. Использованы информационные ресурсы библиографических электронных баз данных: eLibrary, PubMed, Clinical Key, Science Direct.

**Ключевые слова:** мочекаменная болезнь, резидуальные конкременты, мультиспиральная компьютерная томография, перкутанная нефролитотрипсия.

**Chekhonatskaya ML, Rossolovsky AN, Kryuchkov IA, Bobylev DA.** A comprehensive approach to the diagnosis and treatment of straghorn nephrolithiasis (review). Saratov Journal of Medical Scientific Research 2018; 14 (1): 81–86.

A review of the literature is devoted to the most topical diagnostic questions and treatment of patients with urolithiasis. The role and the latest advances and benefits of minimally invasive surgery were described. Particular attention was paid to the problems of residual calculi and the condition of the renal parenchyma in the perioperative period. The theme of choice of conducting such patients tactics was considered. The actual diagnostic methods and a differentiated approach to the algorithm choice of the examination and treatment of patients with staghorn nephrolithiasis were considered. The review provided a scientometric analysis of research information (documents reference), contained the analytical array of scientific publications. Electronic information resources of scientific electronic library bibliographic databases: eLibrary, PubMed, Clinical Key, Science Direct — were used.

**Key words:** kidney stones, residual stones, multislice computed tomography, percutaneous nephrolithotomy.

Мочекаменная болезнь (МКБ) в структуре урологической заболеваемости занимает одно из ведущих мест. Около 5–9% всего населения Европы, 13% жителей Северной Америки, 5–9% обитателей Азии

страдают МКБ. В индустриально развитых странах ежегодно выявляются 1500–2000 случаев первичного камнеобразования в мочевыводящих путях на 1 млн населения [1–3].

Внедрение малоинвазивных эндоурологических операций для лечения камней верхних мочевых путей закончило эпоху применения открытых опера-

ций, при которых полное удаление конкремента являлось обязательным условием успешного лечения. Этот переход к минимально инвазивным методам лечения привел к введению новой терминологии: бескаменное состояние почки и резидуальные фрагменты, наличие которых после оперативного лечения рассматривается в качестве приемлемого конечного результата [4].

Среди существующих на сегодняшний день методов лечения МКБ выделяют несколько наиболее часто используемых вариантов хирургического лечения: перкутанная нефролитотрипсия (ПНЛТ), дистанционная ударно-волновая литотрипсия (ДУВЛТ) и гибкая уретерореноскопия (УРС) [5].

Несмотря на широкий выбор методов лечения, МКБ характеризуется рецидивирующим течением. Многие авторы при анализе результатов лечения МКБ при помощи ДУВЛТ обращают внимание на тот факт, что изначально клинически незначимые остаточные фрагменты в результате могут стать очагами для рецидивного камнеобразования. Некоторые сообщения содержат сведения о том, что в течение одного года после ДУВЛТ скорость роста камня выше по сравнению с ПНЛТ, при этом рецидивирующий конкремент чаще всего локализуется в средних и нижних группах чашечек почки после лечения. Эта тенденция не наблюдается у больных после ПНЛТ [6].

Сопоставляя данные результатов лечения МКБ различными хирургическими методами, можно сделать вывод, что ПНЛТ и УРС — самые эффективные методы лечения конкрементов размерами >10 мм. Однако стоит признать ПНЛТ более эффективным методом, чем УРС, но имеющим большую частоту осложнений [7].

В исследованиях X. Palmero и соавт. (2016) и J. F. Donaldson и соавт. (2015) отмечается высокая эффективность ПНЛТ в дроблении камней, однако подчеркивается, что, несмотря на более низкую эффективность, УРС по сравнению с остальными методами приводит к гораздо лучшим результатам лечения, причем частота осложнений остается ниже, чем при ПНЛТ [7, 8].

В российских урологических клинических рекомендациях (2016) для удаления конкрементов почек размерами >20 мм рекомендуется применять ПНЛТ в качестве метода первой линии, особенно при коралловидном нефролитиазе [9]. Известно, что эффективность удаления конкрементов при использовании ПНЛТ-монотерапии составляет 74–83% [5, 10]. ДУВЛТ рекомендуется в качестве варианта лечения почечных камней <20 мм и для лечения остаточных конкрементов после ПНЛТ [9, 11].

Резидуальные камни или их фрагменты чаще всего отмечаются в нижней группе чашек и нередко появляются после сеанса ДУВЛТ, который может проводиться как в рамках монотерапии, так и в качестве комбинированной терапии при наличии резидуальных конкрементов после проведенной ПНЛТ. При этом каждому пятому пациенту требуется повторное лечение остаточных камней [12].

В исследовании A. A. Skolarikos и A. G. Papatsoris (2009) утверждается, что при отсутствии лечения больных с резидуальными камнями почти половина из этих пациентов будут испытывать осложнения, связанные с конкрементом, и около 50% этих пациентов будут нуждаться во вторичном вмешательстве [13].

Существуют многочисленные исследования о значении резидуальных фрагментов, в основном после

проведения ДУВЛТ, однако результаты других урологических вмешательств также могут приводить к формированию резидуальных камней. Так, при наличии остаточных фрагментов после проведения ПНЛТ возрастает вероятность увеличения длительности периода наблюдения, частоты осложнений и необходимости дополнительного вмешательства [6, 14].

Причинами образования резидуальных камней могут выступать различные факторы. M. Qiao и соавт. (2009) при одномерном анализе обратили внимание в некоторых случаях на зависимость образования резидуальных конкрементов от времени операции и объема кровопотери. Авторы объясняют это тем, что при затяжной операции и увеличенной кровопотере хирург стремится скорее закончить оперативное вмешательство и может «не заметить» некоторые остаточные конкременты. Однако при проведении многомерного анализа данные не были подтверждены.

Количество конкрементов оказывает влияние и на образование резидуальных конкрементов после ПНЛТ: чем больше исходное количество конкрементов или их суммарная масса, тем выше вероятность наличия резидуальных камней. M. Qiao и соавт. (2009) выяснили в ходе исследования, что у пациента повышается вероятность образования резидуальных конкрементов после проведения ПНЛТ при наличии до операции более четырех камней [15].

Кроме того, необходимо учитывать локализацию конкрементов: в 47% случаев резидуальные конкременты локализируются в нижней группе чашек, в 32% в средней, в 24% в верхней и в 18% в почечной лоханке и мочеточнике.

Вероятность необходимости второй операции коррелирует и с размером резидуального конкремента. Повторное хирургическое лечение требуется в основном при размере резидуального конкремента >2 мм [15].

Ряд исследователей, проведя многомерный анализ, выявили факторы, оказавшие дополнительное влияние на вероятность наличия резидуального конкремента после ПНЛТ, в их числе следующие: история предыдущих вмешательств, почечная недостаточность, метаболические нарушения, размер резидуального конкремента и опыт хирурга [16].

В зависимости от применяемого авторами метода визуализации различаются данные о частоте обнаружения резидуальных фрагментов. Впрочем, клиническая значимость выявления очень маленьких фрагментов конкрементов остается спорной [12].

В некоторых случаях остаточные камни в полости почки преднамеренно не удаляют, классифицируя как клинически незначимые, и описывают как бессимптомные камни размером ≤4 мм, которые могут возникнуть у 70% пациентов с крупными камнями после проведения ПНЛТ. При этом исследователи считают, что любые эндоскопические вмешательства следует рассматривать как чрезмерное лечение при таких конкрементах [12].

По мнению других авторов, повторные сеансы ПНЛТ нужно считать осложнениями и в соответствии с классификацией Clavien — Dindo относить к IIIa или IIIb степени [17]. Однако A. Tefekli и соавт. (2008) в качестве осложнений рассматривают только резидуальные камни мочеточника и мочевого пузыря, которые мигрировали в ходе выполненного вмешательства и потребовали дополнительных манипуляций в послеоперационном периоде [18].

Существует иной взгляд на этот вопрос, согласно которому при сложных камнях, особенно коралло-

видных, вмешательства часто оказываются многоэтапными и дополнительные операции следует рассматривать как один из этапов лечения, но не как осложнения [17].

В то же время все клинически значимые резидуальные конкременты, возникшие после операции по поводу простых камней, необходимо считать осложнением и систематизировать их, исходя из методов ликвидации [17].

Ф.А. Акилов и соавт. (2013) обращают внимание на то, что проведение ПНЛТ нередко сопровождается развитием осложнений, таких как гематурия, лихорадка, выпадение дренажа, обострение инфекционно-воспалительного процесса в мочевых путях, нарушение проходимости мочеточника, послеоперационная стриктура зоны лоханочно-мочеточникового сегмента, развитие почечной недостаточности, сепсиса и др. [17].

Частота осложнений после ПНЛТ, по различным данным, варьируется от 20 до 83%. D.M. Rudnick и соавт. (2011) отмечают, что истинную частоту осложнений ПНЛТ трудно определить и сравнить, потому что большинство современных обзоров результатов ПНЛТ затрагивают только показатели специфических осложнений процедуры [15, 19, 20]. T.S. Shin и другие авторы (2012) пытались стандартизировать осложнения ПНЛТ путем использования модифицированной системы классификации Clavien или путем присвоения баллов осложнениям, наиболее часто связанным с ПНЛТ в классификации Clavien [21, 22].

Оценка функционального состояния почки является одной из важнейших составляющих в комплексном лечении МКБ. Известно, что состояние функции почек после проведения ДУВЛ зависит от длительности воздействия, количества используемых импульсов, локализации конкрементов, возраста пациента. Доказано также, что при несвоевременном проведении повторных сеансов операции функция почки снижается [23–25].

Оценка поврежденной паренхимы почки после ПНЛТ является важным этапом для выбора тактики дальнейшего лечения МКБ. Большинство научных работ посвящены изучению изменения в функции почек после ПНЛТ в позднем послеоперационном периоде. Исследования, рассматривающие изменения в скорости клубочковой фильтрации в раннем послеоперационном периоде, встречаются редко.

В исследовании, проведенном L.S. Liou и S. B. Stroom (2001), ДУВЛ была применена к 53 больным и ПНЛТ к 18 пациентам. Кроме того, сразу оба метода проведены у 12 пациентов [5]. Установлено, что никаких значительных изменений в скорости клубочковой фильтрации (СКФ) или уровня креатинина в сыворотке крови в трех группах в течение двухлетнего наблюдения не произошло. В аналогичном исследовании, проведенном D. Canes и соавт. (2009), 81 пациент перенес ПНЛТ. Значение СКФ восстановилось к концу первого года, несмотря на 5%-ное снижение показателя в раннем послеоперационном периоде [26].

Влияние ПНЛТ на функцию почек в раннем послеоперационном периоде оценивается с помощью расчетных формул СКФ. При этом снижение значений СКФ обнаруживается до 48 часов после операции, через 72 часа наблюдается увеличение скорости клубочковой фильтрации, и никаких существенных различий с дооперационными значениями СКФ не наблюдалось. Некоторыми авторами отмечается, что восстановление уровня СКФ может происходить на

3–14-й день после ПНЛТ, а снижение СКФ до 48 часов после операции может быть связано с препаратами, используемыми во время и после операции, и контрастным веществом [27].

M. Marberger и соавт. (1985) оценивали результаты ПНЛТ с помощью компьютерной томографии (КТ) и скинтиграфии в послеоперационном периоде. По результатам КТ, имелись утолщение капсулы в почках, субкапсулярные гематомы, а утолщения в околопочечной клетчатке обнаружены в районе нефростомического тракта. Скинтиграфия оценивала функцию почек как нормальную. В аналогичном исследовании со скинтиграфией В. Moskovitz и соавт. (2006) нарушений функции почек не наблюдали [28].

Дилатация почки, выполняемая для доступа к чашечно-лоханочной системе во время хирургического вмешательства ПНЛТ, тоже может оказывать отрицательное влияние на функцию почек в связи с инвазивным характером процедуры. N.A. El-Tabey и соавт. (2014), так же как A.S. Fayad и соавт. (2014), обнаружили, что применение нескольких доступов является независимым фактором риска развития ухудшения почечной функции [29, 30]. С другой стороны, в исследовании R. K. Handa и соавт. (2009) при применении единичного и множественных доступов никаких существенных различий в функции почек между этими двумя группами не наблюдали [31].

Сроки повторного проведения ПНЛТ остаются спорными, принимая во внимание, что большинство из остаточных конкрементов будет спонтанно элиминироваться или рассасываться под воздействием медикаментозной терапии, не вызывая никаких симптомов в течение первого послеоперационного года. В связи с этим может быть достаточным ежегодное контрольное обследование с использованием компьютерной томографии [12].

Некоторые авторы сравнивали стоимость немедленного повторного эндоскопического вмешательства и наблюдения пациента с резидуальными конкрементами после ПНЛТ. Так, J. D. Ramon и соавт. (2010) пришли к выводу, что повторное эндоскопическое вмешательство является экономически выгодным у пациентов с остаточным конкрементом >4 мм, который обычно приводит к повторному камнеобразованию [32].

Известно, что оценка конкремента методами лучевой диагностики играет важную роль в выборе метода лечения для мочекаменной болезни. Традиционно обзорная рентгенография или ультразвуковое исследование использовались для определения статуса отхождения камней.

Использование только обзорной рентгенографии органов брюшной полости часто приводит к неопределенности в отношении наличия или отсутствия остаточных фрагментов, что связано с трудностью интерпретирования результатов исследования. Обзорная рентгенография может завышать размер камня на 20% из-за ошибки увеличения. Чувствительность и специфичность обзорной урографии составляют 44–77 и 80–87% соответственно [33]. Обзорную урографию не следует выполнять, если пациенту выполнялась мультиспиральная компьютерная томография, однако ее полезно проводить в случае необходимости дифференциальной диагностики между рентгеноконтрастными и рентгеноконтрастными камнями и для сравнения в течение периода наблюдения [34]. Линейная почечная томография превосходит рентгенографию в обнаружении нефролитиаза [35].

Ультразвуковое исследование (УЗИ) является приоритетным методом лучевой диагностики в случае необходимости экстренного получения диагностического изображения [9]. УЗИ — безопасный (отсутствует лучевая нагрузка), воспроизводимый и недорогой метод исследования, позволяющий выявить камни, расположенные в чашечках, лоханке и лоханочно-мочеточниковом и пузырно-мочеточниковом сегментах, а также у больных с дилатацией верхних мочевых путей. А.А. Ray и соавт. (2010) в своем исследовании выяснили, что УЗИ имеет чувствительность 45%, специфичность 94% для камней мочеточников и чувствительность 45%, специфичность 88% для почечных камней [36, 37].

УЗИ, как правило, считается недостаточно чувствительным диагностическим инструментом для выявления резидуальных конкрементов по сравнению с другими методами визуализации. Кроме того, УЗИ может переоценивать размер камней по сравнению с неконтрастной КТ, особенно камни размером менее 5 мм [36]. Чувствительность и специфичность этих исследований в области обнаружения небольших остаточных фрагментов являются низкими.

В настоящее время КТ является необходимым диагностическим инструментом при планировании проведения ПНЛТ. Однако вопрос о необходимости послеоперационного КТ-исследования остается дискуссионным [38]. Неконтрастная КТ в настоящее время рассматривается в качестве оптимального метода оценки резидуальных конкрементов после хирургических вмешательств.

Реконструкция с помощью КТ показывает более высокую чувствительность для обнаружения остаточных камней по сравнению с другими методами визуализации. Чувствительность бесконтрастной компьютерной томографии в диагностике МКБ составляет почти 100% по сравнению с 47,6% для обзорной рентгенографии органов брюшной полости, 89,2% для линейной томографии и 67,8% для УЗИ. Неконтрастная спиральная компьютерная томография является самым чувствительным инструментом для определения остаточных фрагментов после ПНЛТ [14, 39].

Однако, несмотря на наличие КТ как оптимального метода визуализации, сроки визуализации после ПНЛТ окончательно не определены. В.Н. Eisner и соавт. (2011) считают, что если визуализация выполняется в течение 1–2 недель после операции, то она не может отражать объективной картины в отношении резидуальных конкрементов, так как очень маленькие фрагменты могли бы пройти во время и после размещения стента в мочеточник. Кроме того, фрагменты, спонтанно проходящие вниз по мочеточнику, могут быть легко обнаружены как остаточные фрагменты с помощью КТ. Поэтому визуализация через 1 месяц после ПНЛТ кажется автору оптимальной [40]. Проведение исследования через месяц может иметь преимущество по сравнению с более ранней визуализацией, так как остаточные камни могут быть затенены стентом мочеточника или нефростомической трубкой [41].

КТ без контрастного усиления позволяет обнаружить конкременты мочевой кислоты и ксантина, которые рентгеноконтрастны при простом исследовании [42]. КТ без контрастного усиления может определить плотность камня, внутреннюю структуру камня, расстояние от кожи до камня и окружающих анатомических структур, которые влияют на выбор метода лечения [43–45]. Однако КТ без контрастного усиления

не дает информации о функции почек и мочевыводящих путей, а также чревата более высокими дозами облучения [9].

Радиационный риск может быть уменьшен путем использования низкодозной КТ [46]. У пациентов с индексом массы тела (ИМТ) <30 при использовании низкодозной КТ чувствительность составляет 86% для обнаружения камней мочеточников <3 мм и 100% конкрементов >3 мм [47]. Метаанализ проспективных исследований показал, что при использовании низкодозной КТ для установления диагноза мочекаменной болезни средней чувствительность составляет до 96,6% и специфичность 94,9% [48].

Y. Osman и соавт. (2008), сравнивая обзорную урографию и бесконтрастную КТ, не выявили существенной разницы для обнаружения резидуальных рентгеноконтрастных камней >5 мм. На основании этого результата они в своем исследовании пришли к выводу, что использование бесконтрастной КТ для рентгеноконтрастных камней не должно быть рутинным [14].

Бесконтрастная КТ является лучшим методом для обнаружения резидуальных конкрементов, но ее превосходство особенно заметно для небольших каменных фрагментов (<4–5 мм) [12–14, 16, 39, 49].

КТ помогает точно локализовать остаточные фрагменты и тем самым облегчает их удаление. Это важно, потому что вероятность рецидива выше у больных (50–80%) с резидуальными конкрементами по сравнению с теми, у кого изначально достигнуто полное удаление камней [12]. КТ имеет преимущества в идентификации камней, выявляемых при бесконтрастном исследовании. Однако дополнительное использование КТ в случаях выявления камней при обзорной рентгенографии органов брюшной полости или рентгеноскопии остается дискуссионным [14].

Определение оптимальных сроков для использования методов визуализации с целью выявления резидуальных конкрементов также остается предметом дискуссий. Во многих клиниках обследование осуществляется обычно в первый послеоперационный день. Столь раннее обследование приводит к увеличению ложноположительных результатов от каменной пыли после операции, а также резидуальных конкрементов, которые будут проходить спонтанно и бессимптомно в раннем послеоперационном периоде. Поэтому визуализация в конце первого месяца после операции считается оптимальным сроком выполнения [39, 41, 50].

**Авторский вклад:** написание статьи — И.А. Крючков, Д.А. Бобылев, А.Н. Россоловский; утверждение рукописи для публикации — М.Л. Чехонацкая.

## References (Литература)

1. Ramello A, Vitale C, Marangella M. Epidemiology of nephrolithiasis. *J Nephrol* 2000; 13 (3): 45–50.
2. Tiselius HG. Epidemiology and medical management of stone disease. *BJU Int* 2003; 91 (8): 758–67.
3. Cherepanova EV, Dzeranov NK. Metaphylactic urolithiasis in an outpatient setting. *Экспериментальная и клиническая урология* 2010; (3): 33–40. Russian (Черепанова Е.В., Дзеранов Н.К. Метафилактика мочекаменной болезни в амбулаторных условиях. *Экспериментальная и клиническая урология* 2010; (3): 33–40).
4. Sountoulides P, Metaxa L, Cindolo L. Is computed tomography mandatory for the detection of residual stone fragments after percutaneous nephrolithotomy? *J Endourol* 2013; 27 (11): 1341–8.

5. Abreu LA, Fiedler G, Corguinha GB, et al. Review on renal recovery after anatomic nephrolithotomy: Are we really healing our patients? *World J Nephrol* 2015; 4 (1): 105–10.
6. Daggett LM, Harbaugh BL, Collum LA. Post-ESWL, clinically insignificant residual stones: Reality or myth? *Urology* 2002; 59: 20–4.
7. Donaldson JF, Lardas M, Scrimgeour D, et al. Systematic review and meta-analysis of the clinical effectiveness of shock wave lithotripsy, retrograde intrarenal surgery, and percutaneous nephrolithotomy for lower-pole renal stones. *Eur Urol* 2015; 67 (4): 612–6.
8. Palmero X, Balssa L, Bernardini S, et al. Flexible ureterorenoscopy vs percutaneous nephrolithotomy for renal stone management: Retrospective study. *Prog Urol* 2016; 26 (9): 500–6.
9. Alyaeva YuG, Glybochko PV, Pushkaryu DYU, eds. *Urology: Russian clinical recommendations*. Moscow: GEOTAR-Media, 2016; 496 p. Russian (Урология: российские клинические рекомендации / под ред. Ю.Г. Аляева, П.В. Глыбочко, Д.Ю. Пушкаря. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016; 496 с.).
10. El-Nahas AR, Eraky I, Shokeir AA, et al. Factors affecting stone-free rate and complications of percutaneous nephrolithotomy for treatment of staghorn stone. *Urology* 2012; 79: 1236–41.
11. Zhong W, Gong T, Wang L, et al. Percutaneous nephrolithotomy for renal stones following failed extracorporeal shockwave lithotripsy: different performances and morbidities. *Urolithiasis* 2013; 41: 165–8.
12. Cenk A, Cag C. Impact of residual fragments following endourological treatments in renal stones. *Adv Urol* 2012; 2012: 813523.
13. Skolarikos A, Papatsoris AG. Diagnosis and management of postpercutaneous nephrolithotomy residual stone fragments. *J Endourol* 2009; 23: 1751–5.
14. Osman Y, El-Tabey N, Refai H, et al. Detection of residual stones after percutaneous nephrolithotomy: Role of nonenhanced spiral computerized tomography. *J Urol* 2008; 179: 198–200.
15. Raman JD, Bagrodia A, Gupta A, et al. Natural history of residual fragments following percutaneous nephrostolithotomy. *Journal of Urology* 2009; 181 (3): 1163–8.
16. Ganpule A, Desai M. Fate of residual stones after percutaneous nephrolithotomy: A critical analysis. *J Endourol* 2009; 23: 399–403.
17. Akilov FA, Giyasov SI, Mukhtarov ST, et al. Applicability of the Clavien-Dindo grading system for assessing the postoperative complications of endoscopic surgery for nephrolithiasis: a critical review. *Turk J Urol* 2013; 39 (3): 153–60.
18. Tefekli A, Ali Karadag M, Tepeler K, et al. Classification of percutaneous nephrolithotomy complications using the modified Clavien grading system: looking for a standard. *Eur Urol* 2008; 53 (1): 184–90.
19. Mousavi-Bahar SH, Mehrabi S, Moslemi MK. Percutaneous nephrolithotomy complications in 671 consecutive patients: a single-center experience. *Urol J* 2011; 8: 271–6.
20. Rosette J de la, Assimos D, Desai M, et al. The clinical research office of the endourological society percutaneous nephrolithotomy global study: indications, complications, and outcomes in 5803 patients. *J Endourol* 2011; 25: 11–7.
21. Shin TS, Cho HJ, Hong SH, et al. Complications of Percutaneous Nephrolithotomy Classified by the Modified Clavien Grading System: A Single Center's Experience over 16 Years. *Korean J Urol* 2011; 52: 769–75.
22. Rosette JJ de la, Opondo D, Daels FP, et al. Categorisation of complications and validation of the Clavien score for percutaneous nephrolithotomy. *Eur Urol* 2012; 62: 246–55.
23. Chekhonatskaya ML, Rossolovskiy AN, Bobylev DA, et al. The possibilities of computed tomography in predicting the results of extracorporeal shock wave lithotripsy. *Meditinskii vestnik Bashkortostana* 2015; 10 (3): 240–243. Russian (Чехонацкая М.Л., Россоловский А.Н., Бобылев Д.А. и др. Возможности компьютерной томографии в прогнозировании результатов дистанционной ударно-волновой литотрипсии. Медицинский вестник Башкортостана 2015; 10 (3): 240–3).
24. Rossolovskiy AN, Chekhonatskaya ML, Zakharova NB, et al. Dynamic assessment of the renal parenchyma in patients after extracorporeal shock wave lithotripsy of kidney stones. *Vestnik urologii* 2014; 2: 3–14. Russian (Россоловский А.Н., Чехонацкая М.Л., Захарова Н.Б. и др. Динамическая оценка состояния почечной паренхимы у больных после дистанционной ударно-волновой литотрипсии камней почек. Вестник урологии 2014; 2: 3–14).
25. Chekhonatskaya ML, Rossolovskiy AN, Emel'yanova NV, et al. Comprehensive assessment of the status of the renal parenchyma after extracorporeal shock wave lithotripsy in patients with nephrolithiasis. In: *Topical issues of urology: endocrinological and gynaecological aspects of urology health: Materials of the interregional scientific-practical conference*. Penza, 2017; p. 82–85. Russian (Чехонацкая М.Л., Россоловский А.Н., Емельянова Н.В. и др. Комплексная оценка состояния почечной паренхимы после дистанционной ударно-волновой литотрипсии у больных с нефролитиазом. В сб.: Актуальные вопросы урологии: эндокринологические и гинекологические аспекты урологического здоровья: Материалы межрегион. науч.-практ. конф. Пенза, 2017; с. 82–85).
26. Canes D, Hegarty NJ, Kamoi K, et al. Functional outcomes following percutaneous surgery in the solitary kidney. *J Urol* 2009; 181: 154–60.
27. Omer B, Ilker S, Sakip ME, et al. Analysis of changes in the glomerular filtration rate as measured by the Cockcroft-Gault formula in the early period after percutaneous nephrolithotomy. *Korean J Urol* 2012; 53 (8): 552–5.
28. Nouralizadeh A, Sichani MM, Kashi AH. Impacts of percutaneous nephrolithotomy on the estimated glomerular filtration rate during the first few days after surgery. *Urol Res* 2011; 39: 129–33.
29. El-Tabey NA, El-Nahas AR, Eraky I, et al. Long-term functional outcome of percutaneous nephrolithotomy in solitary kidney. *Urology* 2014; 83: 1011–5.
30. Fayad AS, Elsheitk MG, Mosharafa A, et al. Effect of multiple access tracts during percutaneous nephrolithotomy on renal function: evaluation of risk factors for renal function deterioration. *J Endourol* 2014; 28: 775–779.
31. Handa RK, Evan AP, Willis LR, et al. Renal functional effects of multiple-tract percutaneous access. *J Endourol* 2009; 23: 1951–6.
32. Raman JD, Bagrodia A, Bensalah K, et al. Residual fragments after percutaneous nephrolithotomy: cost comparison of immediate second look flexible nephroscopy versus expectant management. *Journal of Urology* 2010; 183 (1): 188–93.
33. Heidenreich A. Modern approach of diagnosis and management of acute flank pain: review of all imaging modalities. *Eur Urol* 2002; 41: 351.
34. Kennish SJ, et al. Is the KUB radiograph redundant for investigating acute ureteric colic in the non-contrast enhanced computed tomography era? *Clin Radiol* 2008; 63: 1131.
35. Dundee P, Bouchier-Hayes D, Haxhimolla H, et al. Renal tract calculi: comparison of stone size on plain radiography and noncontrast spiral CT scan. *J Endourol* 2006; 20: 1005–9.
36. Ray AA, Ghiculete PKT, Honey RJ. Limitations to ultrasound in the detection and measurement of urinary tract calculi. *Urology* 2010; 76: 295–300.
37. Smith-Bindman R, et al. Ultrasonography versus computed tomography for suspected nephrolithiasis. *N Engl J Med* 2014; 371: 1100.
38. Sountoulides P, Metaxa L, Cindolo L. Is computed tomography mandatory for the detection of residual stone fragments after percutaneous nephrolithotomy? *J Endourol* 2013; 27 (11): 1341–8.
39. Park J, Hong B, Park T, et al. Effectiveness of non-contrast computed tomography in evaluation of residual stones after percutaneous nephrolithotomy. *J Endourol* 2007; 21: 684–7.
40. Eisner BH, McQuaid JW, Hyams E, et al. Nephrolithiasis: what surgeons need to know. *AJR* 2011; 196: 1274–8.
41. Portis AJ, Laliberte MA, Holtz C, et al. Confident intraoperative decision making during percutaneous nephrolithotomy: Does this patient need a second look? *Urology* 2008; 71: 218–22.
42. Necmettin MM, Ozden E. Effect of urinary stone disease and its treatment on renal function. *World J Nephrol* 2015; 4 (2): 271–6.
43. Kim SC, et al. Cystine calculi: correlation of CT-visible structure, CT number, and stone morphology with fragmentation by shock wave lithotripsy. *Urol Res* 2007; 35: 319.
44. El-Nahas AR, et al. A prospective multivariate analysis of factors predicting stone disintegration by extracorporeal shock wave lithotripsy: the value of high-resolution noncontrast computed tomography. *Eur Urol* 2007; 51: 1688.

45. Patel T, et al. Skin to stone distance is an independent predictor of stone-free status following shockwave lithotripsy. *J Endourol* 2009; 23: 1383.
46. Jellison FC., et al. Effect of low dose radiation computerized tomography protocols on distal ureteral calculus detection. *J Urol* 2009; 182: 2762.
47. Poletti PA, et al. Low-dose versus standard-dose CT protocol in patients with clinically suspected renal colic. *AJR Am J Roentgenol* 2007; 188: 927.
48. Niemann T, et al. Diagnostic performance of low-dose CT for the detection of urolithiasis: a metaanalysis. *AJR Am J Roentgenol* 2008; 191: 396.
49. Altunrende F, Tefekli A, Stein RJ, et al. Clinically insignificant residual fragments after percutaneous nephrolithotomy: medium-term follow-up. *J Endourol* 2011; 25: 941–5.
50. Kaufmann OG, Sountoulides P, Kaplan A, et al. Skin treatment and tract closure for tubeless percutaneous nephrolithotomy: University of California, Irvine, technique. *J Endourol* 2009; 23: 1739–41.

