

<https://doi.org/10.29188/2222-8543-2022-15-4-70-77>

Использование биометрических параметров верхних мочевых путей для планирования оперативных методов лечения нефролитиаза

КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

В.В. Рогачиков, А.В. Кудряшов, Д.Н. Игнатъев, А.С. Сотников, К.М. Григорьева, Д.М. Попов

ЧУЗ Клиническая больница «РЖД-МЕДИЦИНА» им. Н.А. Семашко; д. 23/1, ул. Ставропольская, Москва, 109386, Россия

Контакт: Кудряшов Александр Владимирович, dr_kudryashov@mail.ru

Аннотация:

Введение. Распространенность мочекаменной болезни (МКБ) достигает 5-20% с ежегодным приростом. На сегодняшний день эндоскопические методы играют ведущую роль в хирургическом лечении МКБ, основной задачей которых является полное удаление камней полостной системы почки с минимальными осложнениями. Развитие технологического прогресса привело к разработке компьютерных программ предоперационной визуализации, которые с течением времени стали использоваться для оценки топографии, скелетотопии, анатомии полостной системы почек, особенностей строения и ангиоархитектоники.

Цель исследования. Улучшение эффективности и безопасности перкутанных вмешательств при использовании метода биометрического планирования.

Материалы и методы. Нами проведен анализ результатов лечения 120 пациентов, которым в период с 2019 по 2021 гг. выполнены перкутанные вмешательства по поводу нефролитиаза. Основным методом предоперационного обследования была мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) с 3D реконструкцией и биометрической оценкой анатомических параметров.

Результаты. Единичные камни почек выявлены у 45 пациентов, множественные – у 24, коралловидные – у 51 пациента. Рост микрофлоры в посевах мочи отмечен в 64 случаях. Время рентгенологического скрининга в среднем составило 20,5 мин (7-34 мин). Средняя продолжительность оперативного вмешательства – 110 мин (65-240 мин). Полное очищение чашечно-лоханочной системы от конкрементов достигнуто у 78% пациентов. Осложнения выявлены у 21 (17,5%) пациента, 52% из них имели – I-II степени по шкале Clavien-Dindo. Определены оптимальные параметры для осуществления перкутанной нефролитотрипсии в режиме монотерапии: нижнеполярная анатомия – длина шейки (ДШ) < 2 см, ширина > 0,5 см, нижний шеечно-лоханочный угол > 70°, нижний шеечно-фронтальный угол > 135°, верхнеполярная анатомия – одиночная чашечка, длина шейки чашечки < 2 см, ширина шейки чашечки > 1,0 см, верхний шеечно-шеечный угол > 135°, верхний шеечно-фронтальный угол > 135°; анатомия центрального сегмента – А1.

Заключение. Использование биометрических параметров перед выполнением перкутанных и эндоскопических интратренальных вмешательств на сегодняшний момент является наиболее эффективным методом виртуального планирования, позволяющим освободить мочевые пути от максимального объема камня и в кратчайшие сроки вернуть пациента к полноценной жизни.

Ключевые слова: мочекаменная болезнь; перкутанная нефролитотрипсия; морфометрическое моделирование.

Для цитирования: Рогачиков В.В., Кудряшов А.В., Игнатъев Д.Н., Сотников А.С., Григорьева К.М., Попов Д.М. Использование биометрических параметров верхних мочевых путей для планирования оперативных методов лечения нефролитиаза. Экспериментальная и клиническая урология 2022;15(4):70-77; <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2022-15-4-70-77>

<https://doi.org/10.29188/2222-8543-2022-15-4-70-77>

The use of biometric parameters of the upper urinary tract for planning the surgical methods of nephrolithiasis treatment

CLINICAL TRIAL

V.V. Rogachikov, A.V. Kudryashov, D.N. Ignatiev, A.S. Sotnikov, K.M. Grigorieva, D.M. Popov

Clinical Hospital «Russian Railways-MEDICINE» named after N.A. Semashko; 23/1, Stavropolskaya str., Moscow, 109386, Russia

Contacts: Alexandr V. Kudryashov, dr_kudryashov@mail.ru

Summary:

Introduction. The prevalence of urolithiasis (ICD) reaches 5-20% with an annual increase. Endoscopic methods play a leading role in the surgical treatment of urolithiasis. The aim of the surgery is the achievement of stone free status without complications. The technological progress has led to the development of computer programs for visualization before the surgery, which have been used to assess the topography, skeletotopy, anatomy of the renal cavity system, structural features and angioarchitectonics.

Aim of the study. Improving the effectiveness and safety of percutaneous interventions using the biometric planning method.

Materials and methods. We analyzed the treatment results of 120 patients who were underwent percutaneous interventions for nephrolithiasis in the period from 2019 to 2021. The main method of preoperative examination was multispiral computer tomography (MSCT) with 3D reconstruction and biometric assessment of anatomical parameters.

Results. Single kidney stones were detected in 45 patients, multiple – in 24, coral-shaped – in 51 patients. The growth of microflora in urine culture was noted in 64 cases. The average time of X-ray screening was 20.5 minutes (7-34 minutes). The average duration of surgery is 110 minutes (65-240 minutes). Complete purification of the calyx-pelvic system from concretions was achieved in 78% of patients. Complications were detected in 21 (17.5%) patients, 52%

of them – grade I-II on the Clavien-Dindo scale. The optimal parameters for percutaneous nephrolithotripsy in monotherapy mode were determined: lower polar anatomy – neck length < 2 cm, width > 0,5 cm, lower cervical-pelvic angle > 70°, lower cervical-frontal angle >135°; upper polar anatomy – single calyx, calyx neck length < 2 cm, width calyx necks > 1,0 cm, upper cervical-cervical angle > 135°, upper cervical-frontal angle >135°; anatomy of the central segment – A1.

Discussion. The creation of a morphometric model makes it possible to define the stages of surgery, reduce the risks of complications, increase the efficiency and safety of the procedure.

Conclusion. Currently the use of biometric parameters before percutaneous and endoscopic intrarenal interventions is the most effective method of virtual planning, which allows to free the urinary tract from the maximum volume of stone and return the patient to a full life in the shortest possible time.

Key words: urolithiasis; percutaneous nephrolithotripsy; morphometric modeling.

For citation: Rogachikov V.V., Kudryashov A.V., Ignatiev D.N., Sotnikov A.S., Grigorieva K.M., Popov D.M. The use of biometric parameters of the upper urinary tract for planning the surgical methods of nephrolithiasis treatment. *Experimental and Clinical Urology* 2022;15(4):70-77; <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2022-15-4-70-77>

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время выявление случаев мочекаменной болезни каждый год неуклонно увеличивается на 5-20%. Это связано с тем, что возможности диагностики постоянно расширяются. Тем самым на главное место выход вопрос метафилактики [1]. Как известно, в развитии нефролитиаза большое значение имеют эндокринные изменения в организме, приводящие к метаболическим расстройствам, что ведет к структурным и функциональным изменениям почек [2].

Помимо активного развития методов диагностики в последние несколько десятилетий большой прорыв произошел в методах лечения мочекаменной болезни. В хирургическом направлении заметен явный перевес в сторону применения видео-эндоскопических методов лечения. Данные технологии предполагают достижение условий минимальной инвазивности. К этим технологиям относятся перкутанная нефролитотрипсия (ПНЛ) и ретроградная интратренальная хирургия (РИРХ) [3]. В свою очередь данные методики приводят к низкому уровню осложнений, что особенно необходимо при лечении камней единственной почки. По всем данным ПНЛ является «золотым стандартом» лечения крупных и коралловидных камней почек с однозначно высоким уровнем эффективности. Цель ПНЛ – полное удаление камней полостной системы почки с минимальными осложнениями. В течение последних 20 лет технология чрескожных оперативных вмешательств активно развивалась в направлении миниатюризации инструментов и оптики, а также безопасности и эффективности методов дезинтеграции твердых тел. Все это в первую очередь привело к совершенствованию техники перкутанного доступа на основе разработок компьютерных программ предоперационной визуализации, что послужило основой для прогнозирования успешности операции и остается первостепенным интересом многих урологов до сих пор [4]. С течением времени доступность компьютерной визуализации обеспечила широкое внедрение технологии для детальной оценки топографии, скелетотопии, анатомии полостной си-

стемы почек, особенностей строения и ангиоархитектоники. Также было установлено, что такой параметр, как объем конкрементов является предиктором эффективности и связан с возможностью одномоментного их удаления при перкутанной нефролитотрипсии [5].

Несмотря на использование методов виртуальной реконструкции определение объема камня при крупных и коралловидных камнях имеет определенные трудности и требует применения специализированных программ [6]. На сегодняшний день существует ряд систем оценки морфометрии при калькулезном поражении почек перед планированием хирургического вмешательства. Данные методики используются для прогнозирования осложнений и успешности оперативного пособия. Наиболее известные среди них GSS, STONE и CROES, которые зарекомендовали себя простотой и результативностью [7].

Оценка биометрии собирательной системы почек и детальное исследование ее особенностей имеет огромное значение в планировании хирургической операции [8].

Цель исследования – улучшение эффективности и безопасности перкутанных вмешательств при использовании метода биометрического планирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В наше проспективное исследование включено 120 пациентов (48 мужчин и 72 женщины), которым в период с 2019 по 2021 гг. выполнены перкутанные вмешательства по поводу нефролитиаза.

Предоперационное обследование пациентов включало лабораторные, рентгенологические, функциональные методы исследования. В обязательном порядке также проводилась мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) с 3D реконструкцией и оценкой биометрических характеристик анатомических структур. Исследование проводилось в нативную фазу, а также после введения контрастного вещества. В нативной фазе изучалось расположение камней в полостной системе почек, а также размеры и

плотность камней. В артериальную и венозную фазу оценивали толщину коркового слоя, артериальное и венозное кровоснабжение почки, размеры и положение почек. В выделительную фазу определяли размеры чашечек и лоханки, морфотип нижней группы чашечек (Brodel или Hodson), размер задненижней чашечки и ее шейки, фенотип строения по Semprao FJB, шеечно-фронтальный и сагиттальный углы. Далее технология получения виртуальной 3D модели состояла из следующих этапов:

- 1) загрузка данных томографии в формат DICOM;
- 2) сегментация паренхиматозных органов, их вен и артерий;
- 3) получение объемной полигональной 3D модели.

В результате дальнейших ручных и автоматических манипуляций формировали модель органа, как интегральное отображение всех фаз исследования, что позволило нам в каждом случае произвести пробную виртуальную операцию. Манипулируя изображением, на основе объемной модели (рис. 1А, 1В, 1С, 1D, 2А, 2В), мы просчитали варианты доступа, манипуляции инструментов, необходимость формирования дополнительных каналов, что определило план операции и

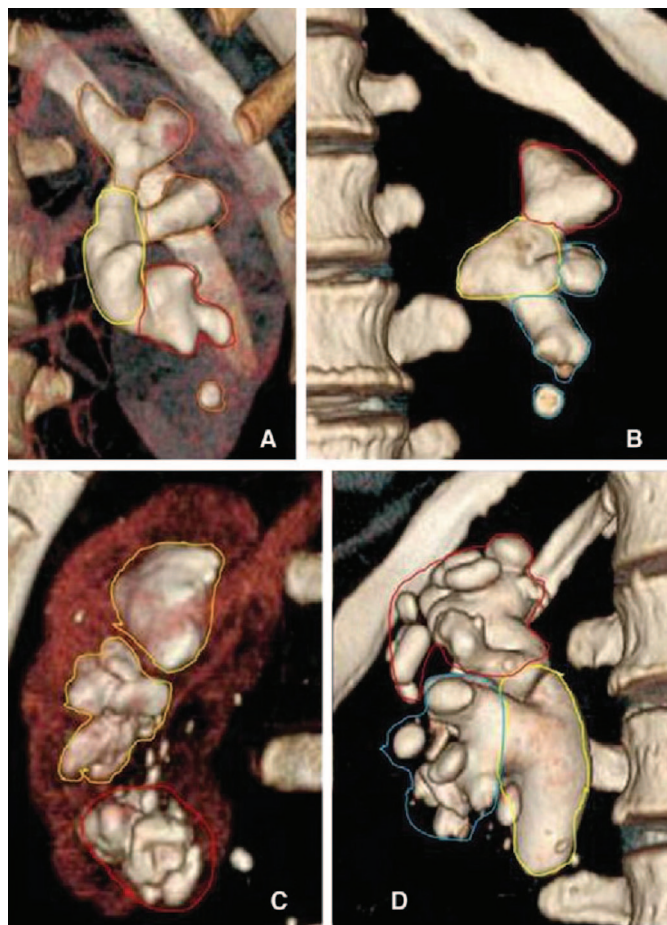


Рис. 1А-Д. Построение 3D моделей почки конкрементом и камня с помощью программы 3D-DOCTORTM (Able Software Corp., Lexington, MA)
Fig. 1A-D. 3D models of kidney with stone and stone using 3D-DOCTORTM (Able Software Corp., Lexington, MA)

интраоперационную тактику с учетом вероятных осложнений.

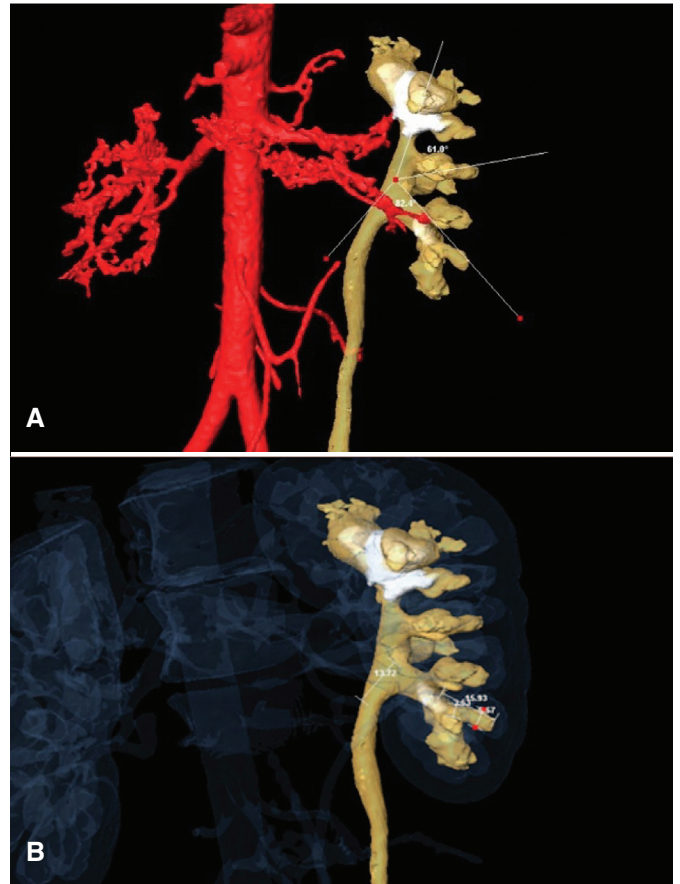


Рис. 2А-В. Изображения 3D модели камней и почки с помощью программ Amira 3D Analysis Software (Konrad-Zuse-Zentrum Berlin) и расчет морфометрических показателей
Fig. 2A-B. Images of 3D models of stones and kidneys using Amira 3D Analysis Software (Konrad-Zuse-Zentrum Berlin) and calculation of morphometric parameters

РЕЗУЛЬТАТЫ

Единые камни почек были определены у 45 пациентов, несколько камней в полостной системе почек выявлено у 24 пациентов, а коралловидные – у 51 больного. Положительный результат посева мочи был отмечен в 64 случаях. Время рентгенологического скрининга в среднем составило 20,5 мин (7-34 мин). Средняя продолжительность оперативного вмешательства составила 110 мин (65-240 мин).

Осложнения после операции были оценены с учетом классификации Clavien-Dindo. Больше было осложнений легкой 1-2 степени и единичные осложнения 4 степени (табл. 1). Индекс массы тела, а также перенесенные до этого операции не влияли на результативность и продолжительность операции.

Эффективность оперативного пособия с полным очищением от камней достигло уровня 78%.

В нашей работе мы использовали методику предоперационного планирования с целью улучшения результатов вмешательства. Благодаря проведенным морфометрическим исследованиям у нас появилась

возможность оценить все технические аспекты предстоящей операции, располагая детальными знаниями о строении собирательной системы, фенотипе чашечек, стереометрии, а также возможностями расчета длины пункционного хода, объема калькулезного поражения, углов отхождения чашечек.

Топографо-анатомические исследования определили количественное разнообразие чашечек почек, в среднем 8 (от 5 до 14). При этом, в отличие от других средних групп характерна тем, что в нее впадают только простые чашечки, чаще расположенные попарно [9].

Расположение, чаще одиночной, верхней чашечки имеет медиальное направление с незначительным отклонением по переднезадней оси. При этом пункционный ход через форникс верхней чашечки равен или превышает 135° относительно оси ее шейки [10]. Однако осуществление доступа к верхнему полюсу почки связано с риском торакальных осложнений. Так при супракопальном доступе выше 11 ребра повреждение легких составляет 29% справа и 14% – слева. А при проведении пункционного тракта выше 10 ребра риск травмы достигает 50% [11]. С целью нивелирования рисков нередко используется принудительная экспирация.

Известно, что чашечки средней и нижней группы располагаются в переднезаднем направлении с углом отклонения в 95° и 100° соответственно. Наиболее часто самая нижняя чашечка направлена кпереди, а следующая за ней – кзади [12].

Особое значение в предоперационном планировании имеет геометрия шейки чашечки, в частности ширина, длина и угловые величины. Определение шеечно-шеечного угла мы производили при компьютерной томографии, соединяя две линии, проходящие через середину доступной и интересующей чашечки. Выяснено, что при величине угла менее 75° , вероятность ригидной визуализации приближается к нулю. В случае превышения 95° появляется возможность достижения нужной чашечки у 95% пациентов. Пограничные угловые величины (75° - 95°) зачастую требуют гипертракции инструмента, что опасно повреждением паренхимы [13].

До сих пор не опровергнут факт, что ширина шейки чашечки определяет возможность проведения инструмента достаточного диаметра. Оптимальным размером шейки для выполнения стандартной нефролитолапаксии (26-30 Ch) является ее величина более 5-8 мм. При необходимости преодоления узкой шейки чашечки наиболее безопасным методом принята баллонная дилатация перкутанного канала.

Расщепленная полостная система почки часто сочетается с длинными шейками чашечек и вызывает определенные трудности при инструментальных манипуляциях во второй ее половине. Ожидание симметрии собирательной системы почек реализуется только в 37% случаев. Широкая лоханка дает больше возможностей для использования инструментов, однако, создает необходимость поддержания определенного давления в ней для оптимальной визуализации. ■

Таблица 1. Осложнения после ПНЛ
Table 1. Complications after PNL

Степень осложнений по классификации Clavien-Dindo Complications grade on the scale Clavien-Dindo	n (%)	Осложнения Complications
Степень I Grade I	5 (4,2%)	Макрогематурия, временная азотемия, дислокация нефростомической трубки Hematuria, temporary serum creatinine level increasing, nephrostomic tube displacement
Степень II Grade 2	6 (5%)	Инфекция мочевых путей, снижение гемоглобина Urinary tract infection, anemia
Степень IIIa Grade IIIa	4 (3,3%)	Миграция дренажей, пиелокаликэктазия на фоне камня мочеточника после операции, кровотечение из артериовенозной фистулы Drainages migration, pyelocalicoectasy due to the ureteral stone after the surgery, bleeding from the arteriovenal fistula
Степень IIIb Grade IIIb	3 (2,5%)	Кровотечение после удаления нефростомы, развитие пиелонефрита на фоне резидуального камня мочеточника Bleeding after the nephrostomic tube removal, pyelonephritis due to the ureter obstruction by stone
Степень IVa Grade IVa	2 (1,7%)	Сепсис, развитие острого почечного повреждения почек Sepsis, acute renal damage
Степень IVb Grade IVb	1 (0,8%)	Сепсис, полиорганная недостаточность Sepsis, multiple organ failure
ВСЕГО:	21 (17,5%)	–

По данным нашего исследования степень калькулезного вовлечения полостной системы почек, зоны инструментального доступа, а также процент успеха представлены в таблице 2 и на рисунке 3.

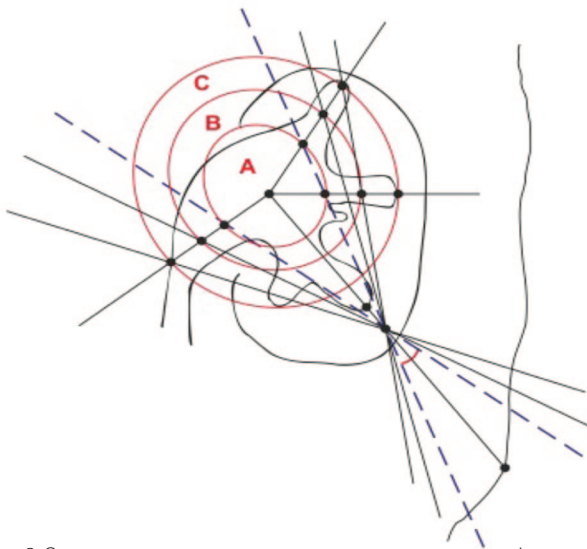


Рис. 3. Зоны визуального и инструментального доступа при нефроскопии [14]
Fig. 3. Areas of visual and instrumental access during nephroscopy [14]

Нами также выяснено, что при калькулезном поражении большого объема полостной системы почки вероятность полного очищения зависит не только от строения коллекторной системы, но также и от степени углового смещения инструмента во время нефроскопии. Так, при распространенности процесса в пределах объема К1 (по классификации кораллового нефролитиаза по Э.К. Яненко 1990 г.), безопасная тракция нефроскопа не превышает 45° , а при экстракции камней в случае К2-К4 – смещение инструмента в большинстве случаев превышает 90° [14].

Предоперационная виртуальная биометрия, а также сочетание флюороскопии и эндоскопии определяет статические показатели чашечно-лоханочной системы (ЧЛС) почек, а также изменения этих показателей при наполнении полостной системы почки, возможную гиперподвижность почки и инструментов при проведении операции для полного удаления камней (рис. 4).

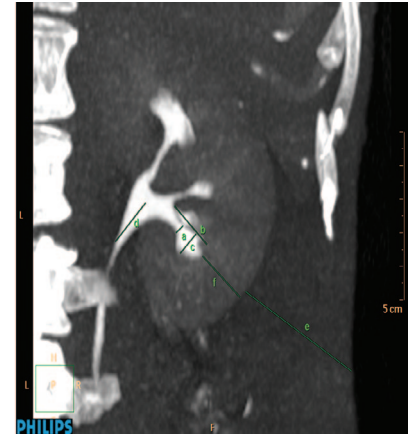
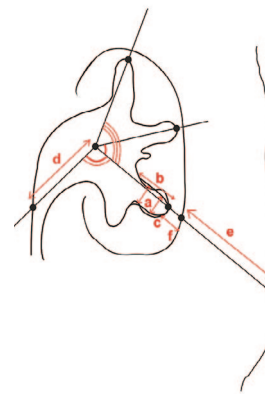


Рис. 4. Морфометрические данные по результатам МСКТ с 3D реконструкцией [14]:

a, c – ширина шейки нижней чашечки в наиболее узком и широком месте (ШШ), в – длина шейки нижней чашечки (ДШ), d – длина лоханки (ДЛ), e – длина кожно-почечного канала (ДКПК), f – толщина паренхимы в зоне пункции (ТП) – средний шейечно-шейечный угол (СШШУ) – нижний шейечно-лоханочный угол (НШЛУ) – верхний шейечно-шейечный угол (ВШШУ).

Fig. 4. Morphometric data based on the results of MSCT with 3D reconstruction [14]:

a, c – the width of the neck of the lower calyx in the narrowest and widest place, b – the length of the neck of the lower calyx, d – the length of the pelvis, e – the length of the cutaneous-renal canal, f – the thickness of the parenchyma in the puncture area – the average cervical-neck angle – lower neck-pelvis angle – upper neck-neck angle

ОБСУЖДЕНИЕ

В 1901 г. медицинский иллюстратор Max Brodel первым описал бессосудистую зону по заднебоковой поверхности (рис. 5), анатомически-обусловленную особенностями васкуляризации почки передней и задней ветвью основной почечной артерии [15]. Данное открытие навсегда обеспечило безопасный доступ в ЧЛС через заднюю группу чашечек. Дальнейшие

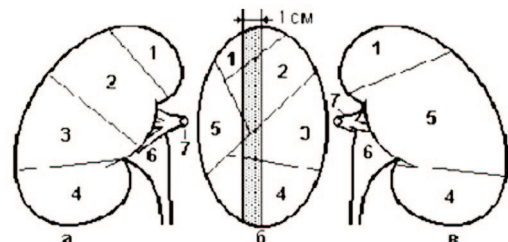


Рис. 5. Схематичное изображение аваскулярной зоны почки [2]
Fig. 5. Schem of the avascular zone of the kidney [2]

Таблица 2. Объем и распространенность калькулезного поражения, зоны визуального и инструментального доступа, процент полного удаления камня

Table 2. Volume and prevalence of calculous lesion, visual and instrumental access zones, percentage of complete stone removal

Калькулезное поражение Calculous lesion	Одиночные камни Single stones	Множественные камни Multiple stones	Коралловидные Staghorn stones				
			n	K1	K2	K3	K4
Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, %	37,5	20	42,5	21,6	13,1	13,7	21,6
Зона захвата Capture zone	A-B	A-C	–	A	A-B	B-C	C
Полное удаление камня, % Stone free rate, %	100	58	–	94	89	61	36
Оптимальные условия Optimal conditions	есть	нет	–	есть	есть	нет	нет

анатомические и радиологические исследования доказали вариабельность ширины аваскулярной зоны и локализации максимальной бессосудистой плоскости. Предоперационная идентификация безопасной зоны закономерно уменьшает риски геморрагических осложнений во время чрескожных процедур [16]. Изучение венозных коллекторов вокруг малых чашечек предопределило оптимальный и безопасный вход в чашечку через сосочек [17].

В 1988 году F. Sampaio, изучив строение множества почек, с целью оптимизации эндоренальных процедур, предложил анатомическую классификацию вариантов ЧЛС (рис. 6) [18]. При этом обнаружены две закономерности. Первая, однотипность характеристик верхней и нижней группы чашечек. В 98,6% чашечки верхней и в 42,1% чашечки нижней группы сливаются в единую. В 57,9% опорожнение нижнего сегмента осуществляется через переднюю и заднюю группы. Вторая. Разнообразие строения чашечек центрального сегмента. В случае типа А центральный сегмент опорожняется либо в нижнюю или верхнюю чашечку, либо в обе чашечки. Так при подтипе А1 (45%) – чашечки центрального сегмента дренируются в чашечки верхнего или нижнего полюса без пересечения, а при под-

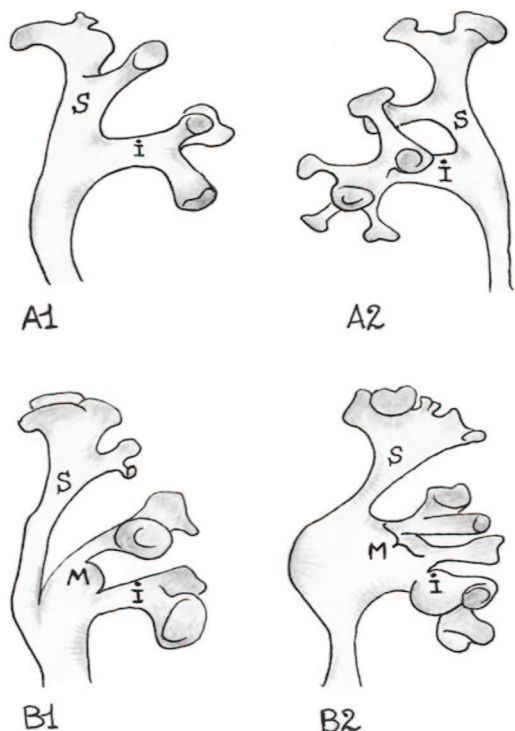


Рис. 6. Фенотипы строения ЧЛС почек по F. Sampaio [18]
Fig. 6. Phenotypes of kidneys' calyceal-pelvic system structure according to F. Sampaio

типе АП (17%) чашечки центрального сегмента имеют пересечение во фронтальной плоскости. При этом имеется закономерность: в 87,5% чашечка, впадающая в нижний полюс, является передней, а впадающая в верхний полюс – задней. Отличие подтипа В1 (21%) от В2 (16%), в том, что в первом случае центральный сегмент имеет отдельную среднюю чашечку, а во втором – средние чашечки открываются непосредственно в лоханку.

Выявлены отличия в строении передних и задних чашечек нижнего полюса почки. Определены два типа строения нижней группы чашечек: Brodel тип (69% правых почек) и Hodson тип (79% левых почек) (рис. 7). Разница заключается в том, что при Brodel типе чашечки задней группы ротированы по отношению к фронтальной плоскости почки на 20 градусов и имеют заднелатеральное направление. Hodson тип характерен тем, что чашечки задней группы располагаются под углом 70° к фронтальной оси почки и имеют больше заднее направление [12, 19].

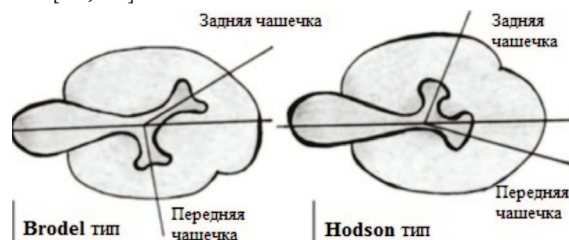


Рис. 7. Brodel тип и Hodson тип строения нижней чашечки [19]
Fig. 7. Brodel type and Hudson type of lower calyx structure [19]

Brodel тип строения является идеальным вариантом для корректного доступа через свод задней нижней чашечки при перкутанном вмешательстве. Hodson тип позволяет пунктировать переднюю чашечку из положения лежа на спине.

В результате нашего исследования определены оптимальные параметры для осуществления перкутанной нефролитотрипсии в режиме монотерапии: нижнеполярная анатомия – длина шейки (ДШ) < 2 см, ширина (ШШ) > 0,5 см, нижний шеечно-лоханочный угол (НШЛУ) > 70°, нижний шеечно-фронтальный угол (НШФУ) > 135°; верхнеполярная анатомия – одиночная чашечка, ДШ < 2 см, ШШ > 1,0 см, верхний шеечно-шеечный угол (ВШШУ) > 135°, верхний шеечно-фронтальный угол (ВШФУ) > 135°; анатомия центрального сегмента – А1 [11, 14].

Особенности полостной системы почек пациентов и условия для перкутанного доступа представлены в таблицах 3-5. 🇷🇺

Таблица 3. Строение ЧЛС нижнеполярной области почки и условия для чрескожных методов

Table 3. The structure of the pyelocaliceal system of the lower polar region of the kidney and the conditions for percutaneous methods

Параметры / Parameters	Brodel тип	Hodson тип	ШШ > 5 мм	ШШ < 5 мм	ДШ > 20 мм	ДШ < 20 мм
Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, %	52,5	47,5	57,5	42,5	17,5	82,5
Оптимальные условия Optimal conditions	есть	нет	есть	нет	нет	есть

ШШ – ширина шейки нижней чашечки в наиболее узком и широком месте,
The width of the neck of the lower calyx in the narrowest and widest place,

ДШ – длина шейки нижней чашечки,
The length of the neck of the lower calyx

При большом объеме калькулезного поражения, сложных вариантах строения собирательной системы, а также при отсутствии условий безопасного многопортового варианта перкутанного вмешательства методом выбора является эндоскопическая комбинированная интратенальная хирургия (ECIRS). В этом случае, помимо планирования чрескожных манипуляций необходима предоперационная оценка полостной системы почки для оптимального использования фиброволоконного инструментария.

Виртуальная компьютерная реконструкция и биометрический анализ параметров позволяют разработать оптимальный план операции, определить задачи антеградного и ретроградного доступов, распределить зоны хирургического интереса, оценить оптимальные методы дезинтеграции.

Биометрическое планирование ECIRS в большинстве случаев позволяет добиться полного калькулезного очищения за одно вмешательство. Как выяснилось, наибольшие сложности при использовании гибкого инструмента имеются у хирурга при манипуляциях в нижней группе чашечек, поэтому, в ряде случаев, успешность интратенальной хирургии зависит от анатомических характеристик нижней половины почки.

Технический прогресс обеспечил преодоление трудностей интралюминального доступа. Так появление гибкого эндоскопа с возможностью двойного отклонения уменьшило ограничения в доступности сложных нижнеполярных зон. А использование лазерного волокна и нитилоновых корзин малого диаметра (1,9 Ch и 200 мкм) обеспечило при этом меньшие потери скорости тока иригационной жидкости и угла отклонения эндоскопа. Однако даже при использовании сверхтонкого волокна, наличие нижнего шеечно-лоханочного угла <math><30^\circ</math> сопряжено с высокой вероятностью неполного калькулезного освобождения.

Также неблагоприятным фактором при использовании фибротехнологий является наличие узкой шейки чашечки, что предполагает контактную кровоточивость

и потерю прозрачности среды при продвижении инструмента, высокие риски повреждения стенки чашечки и низкую эффективность процедуры. Длина шейки чашечки более 3 см затрудняет продвижение до камня даже если используется двойной изгиб фибронефроскопа, особенно при расположении конкремента в передней нижней чашечке.

Предоперационное изучение статической анатомии в сочетании с биометрией почки, полученной с помощью компьютерной реконструкции необходима, но не всегда достаточна, для выбора стратегии оперативного вмешательства. При интраоперационном контрастировании и инструментальной дилатации, в ряде случаев, мы видим, что полостная система динамична. Изменения анатомических характеристик связаны с эластичностью и податливостью собирательной системы после введения иригационной жидкости. При этом изменяются не только линейные параметры, но и угловые характеристики, что требует дополнительных исследований.

ВЫВОДЫ

На основе проведенных исследований и полученного опыта был внедрен в практику алгоритм обследования и дооперационного планирования, что привело к снижению времени операции при высокой эффективности при низком уровне послеоперационных осложнений.

Создание морфометрической модели позволяет определить этапность оперативных мероприятий, снизить риски осложнений, повысить эффективность и безопасность процедуры. Использование биометрических параметров перед выполнением перкутанных и эндоскопических интратенальных вмешательств на сегодняшний момент является наиболее эффективным методом виртуального планирования, позволяющим освободить мочевые пути от максимального объема камня и в кратчайшие сроки вернуть пациента к полноценной жизни. ■

Таблица 4. Строение ЧЛС центрального сегмента почки и условия для чрескожных методов

Table 4. The structure of the pyelocaliceal system of the central segment of the kidney and the conditions for percutaneous methods

Параметры / Parameters	A1	A2	B1	B2
Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, %	5	12,5	37,5	45
Оптимальные условия Optimal conditions	есть	нет	есть	нет

Примечание: A1, A2, B1, B2 – Фенотипы строения ЧЛС почек по F. Sampaio

Note: A1, A2, B1, B2 – Phenotypes of kidneys' caliceal-pelvic system structure according to F. Sampaio

Таблица 5. Строение ЧЛС верхнеполярной области почки и условия для чрескожных методов

Table 5. The structure of the pyelocaliceal system of the upper polar region of the kidney and the conditions for percutaneous methods

Параметры / Parameters	Простая / simple	Сложная / complex	ШФУ > 135 град	ШФУ < 135 град
Частота встречаемости, % Frequency of occurrence, %	72,5	27,5	62,5	37,5
Оптимальные условия Optimal conditions	есть	нет	есть	нет

Примечание: ВШФУ – верхний шеечно-фронтальный угол

Note: Upper neck-frontal angle

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Yasui T, Ando R, Okada A, Tozawa K, Iguchi M, Kohri K. Epidemiology of urolithiasis for improving clinical practice. *Hinyokika Kiyo* 2012;58(12):697-701.
2. Рогачиков В.В., Нестеров С.Н., Ильченко Д.Н., Тевлин К.П., Кудряшов А.В. Перкутанная нефролитотрипсия: прошлое, настоящее, будущее. *Экспериментальная и клиническая урология* 2016;(2):58-66. [Rogachikov V.V., Nesterov S.N., Ilchenko D.N., Tevlin K.P., Kudryashov A.V. Percutaneous nephrolitholapaxy: past, present, future... *Ekspierimentalnaja i klinicheskaia urologiia = Experimental and Clinical Urology* 2016;(2):58-66. (In Russian)].
3. Серняк П.С., Сафронов В.Я., Фролов С.Г., Черников А.В., Сагалевич А.И., Деркач И.А., Фролов А.С. Эволюция лечения мочекаменной болезни при единственной почке. *Вестник неотложной и восстановительной медицины* 2012;13(3):396-398. [Sernyak P.S., Safronov V.Ya., Frolov S.G., Chernikov A.V., Sagalevich A.I., Derkach I.A., Frolov A.S. Evolution of treatment of urolithiasis with a single kidney. *Vestnik neotlozhnoi i vosstanovitelnoi meditsiny = Bulletin of Emergency and Restorative Medicine* 2012;13(3):396-398. (In Russian)].
4. Ganpule AP, Desai MR. What's new in percutaneous nephrolithotomy. *Arab J Urol* 2012;10(3):317-323. <https://doi.org/10.1016/j.aju.2012.07.005>.
5. Bandi G, Meiners RJ, Pickhardt PJ, Nakada SY. Stone measurement by volumetric three-dimensional computed tomography for predicting the outcome after extracorporeal shock wave lithotripsy. *BJU Int* 2009;103(4):524-8. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2008.08069.x>.
6. Demehri S, Kalra MK, Rybicki FJ, Steigner ML, Lang MJ, Houseman EA, et al. Quantification of urinary stone volume: attenuation threshold-based CT method a technical note. *Radiology* 2011;258(3):915-22. <https://doi.org/10.1148/radiol.10100333>.
7. Sfoungaristos S, Gofrit ON, Pode D, Landau EH, Duvdevani M. Percutaneous nephrolithotomy for staghorn stones: which nomogram can better predict postoperative outcomes? *World J Urol* 2016;34(8):1163-8. <https://doi.org/10.1007/s00345-015-1743-9>.
8. Simpatico FJB, Mandarim-de-Lacerda CA. 3-Dimensional and radiological pelvicalyceal anatomy for endourology. *J Urol* 1988;140(6):1352-5. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)42042-8](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)42042-8).
9. Sampaio FJB, Mandarim-de-Lacerda C. 3-dimensional and radiological pelvicalyceal anatomy for endourology. *J Urol* 1988;140(6):1352-5. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)42042-8](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)42042-8).
10. Miller J, Durack JC, Sorensen MD, Wang JH, Stoller ML. Renal calyceal anatomy characterization with 3-dimensional in vivo computerized tomography imaging. *J Urol* 2013;189(2):562-7. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2012.09.040>.
11. Lang E, Thomas R, Davis R, Colon I, Allaf M, Hanano A, et al. Risks, advantages, and complications of intercostal versus subcostal approach for percutaneous nephrolithotripsy. *Urology* 2009;74(4):751-5. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2009.04.087>.
12. Kaye KW, Reinke DB. Detailed calyceal anatomy for endourology. *J Urol* 1984;132(6):1085-7. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)50042-7](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)50042-7).
13. Guglielmetti GB, Danilovic A, Torricelli FC, Coelho RF, Mazzucchi E, Srougi M. Predicting calyceal access for percutaneous nephrolithotomy with computed tomography multiplanar reconstruction. *Clinics (Sao Paulo)* 2013;68(6):892-5. [https://doi.org/10.6061/clinics/2013\(06\)27](https://doi.org/10.6061/clinics/2013(06)27).
14. Нестеров С.Н., Рогачиков В.В., Тевлин К.П., Ильченко Д.Н., Ханалиев Б.В., Броннов О.Ю. Морфометрическое моделирование как фактор, улучшающий результаты перкутанной нефролитотрипсии. *Вопросы урологии и андрологии* 2016;(1):33-39. [Nesterov S.N., Rogachikov V.V., Tevlin K.P., Ilchenko D.N., Khanaliev B.V., Baranov O.Yu. Morphometric modeling as a factor improving the results of percutaneous nephrolitholapaxy. *Voprosy urologii i andrologii = Questions of urology and andrology* 2016;(1):33-39. (In Russian)].
15. Brödel M. The intrinsic blood-vessels of the kidney and their significance in nephrotomy. *Johns Hopkins Hospital Bulletin* 1901;118:10-3.
16. Macchi V, Picardi E, Inferriera A, Porzionato A, Crestani A, Novara G, et al. Anatomic and radiologic study of renal avascular plane (Brödel's Line) and its potential relevance on percutaneous and surgical approaches to the kidney. *J Endourol* 2018;32(2):154-9. <https://doi.org/10.1089/end.2017.0689>.
17. Sampaio FJB. Surgical anatomy of the kidney. In Smith's textbook of endourology. eds. Smith AD, Badlani GH, Bagley DH, Preminger GM, Kavoussi LR, Rastinehad AR, et al. Part II: percutaneous surgery, chapter 6. Quality Medical Publishing, St. Louis. 1996.
18. Sampaio F, Mandarim-de-Lacerda C. Anatomic Classification of the kidney collecting system for endourologic procedures. *J Endourol* 1988;(2):247-51.
19. Filho DB, Favorito LA, Costa WS, Sampaio FJB. Kidney lower pole pelvicalyceal anatomy: comparative analysis between intravenous urogram and three-dimensional helical computed tomography. *J Endourol* 2009;23(12):2035-40. <https://doi.org/10.1089/end.2009.0262>.

Сведения об авторах:

Рогачиков В.В. – к.м.н., заведующий урологическим отделением ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко»; Москва, Россия; РИНЦ Author ID 535395

Кудряшов А.В. – врач-уролог урологического отделения ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко»; Москва, Россия; аспирант кафедры урологии им. Е.В. Шахова ФГБОУ ВО ПИМУ Минздрава России; Нижний Новгород, Россия; РИНЦ Author ID 1071804

Игнатьев Д.Н. – врач-уролог урологического отделения ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко»; Москва, Россия; аспирант кафедры урологии им. Е.В. Шахова ФГБОУ ВО ПИМУ Минздрава России; Нижний Новгород, Россия; РИНЦ Author ID 1124757

Сотников А.С. – врач-уролог урологического отделения ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко»; Москва, Россия

Григорьева К.М. – врач-уролог урологического отделения ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко»; Москва, Россия

Попов Д.М. – врач-уролог урологического отделения ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко»; Москва, Россия

Вклад авторов:

Рогачиков В.В. – концепция и дизайн исследования, написание текста, 35%
 Кудряшов А.В. – статистическая обработка, написание текста, 25%
 Игнатьев Д.Н. – сбор и обработка материала, 10%
 Сотников А.С. – сбор и обработка материала, 10%
 Григорьева К.М. – сбор и обработка материала, 10%
 Попов Д.М. – сбор и обработка материала, 10%

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование проведено без финансовой поддержки.

Статья поступила: 05.12.21

Результаты рецензирования: 21.02.22

Исправления получены: 25.01.22, 04.04.22

Принята к публикации: 19.09.22

Information about authors:

Rogachikov V.V. – Ph.D.; Head of the Urology Department of the Clinical Hospital «Clinical Hospital of the Russian Railways-Medicine named Semashko»; Moscow, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-7674-5370>

Kudryashov A.V. – urologist of the Urology Department of the Clinical Hospital «Clinical Hospital of the Russian Railways-Medicine named Semashko»; Moscow, Russia; PhD student at the E.V. Shakhov Department of Urology, Privolzhsky Research Medical University; Nizhny Novgorod, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-9270-8385>

Ignatiev D.N. – urologist of the Urology Department of the Clinical Hospital «Clinical Hospital of the Russian Railways-Medicine named Semashko»; Moscow, Russia; PhD student at the E.V. Shakhov Department of Urology, Privolzhsky Research Medical University; Nizhny Novgorod, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-0013-2145>

Sotnikov A.S. – urologist of the Urology Department of the Clinical Hospital «Clinical Hospital of the Russian Railways-Medicine named Semashko»; Moscow, Russia

Grigorieva K.M. – urologist of the Urology Department of the Clinical Hospital «Clinical Hospital of the Russian Railways-Medicine named Semashko»; Moscow, Russia

Popov D.M. – urologist of the Urology Department of the Clinical Hospital «Clinical Hospital of the Russian Railways-Medicine named Semashko»; Moscow, Russia

Authors' contributions:

Rogachikov V.V. – concept and design of the article, writing of the text, 35%
 Kudryashov A.V. – statistical processing, text writing, 25%
 Ignatiev D.N. – collection and processing of material, 10%
 Sotnikov A.S. – collection and processing of material, 10%
 Grigorieva K.M. – collection and processing of material, 10%
 Popov D.M. – collection and processing of material, 10%

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The article was published without financial support.

Received: 05.12.21

Peer review: 21.02.22

Corrections received: 25.01.22, 04.04.22

Accepted for publication: 19.09.22