

Почки | Kidneys

ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-1507>

Возможность определения процентного отношения вклада почек в экскреторную функцию. Предварительные результаты

© Громов А.И.^{1,2}, Доморовская Я.С.^{1*}, Сивков А.В.¹, Просянных М.Ю.¹,
Войтко Д.А.¹, Каприн А.Д.^{3,4}, Алексеев Б.Я.^{3,5}, Аполихин О.И.¹

¹ НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России; 105425 Москва, 3-я Парковая ул., д. 51, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО “Российский университет медицины” Минздрава России; 127006 Москва, ул. Долгоруковская, д. 4, Российская Федерация

³ ФГБУ “Национальный медицинский исследовательский центр радиологии” Минздрава России; МНИОИ им. П. А. Герцена – филиал ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России; 125284 Москва, 2-й Боткинский проезд, д. 3, Российская Федерация

⁴ ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы” Минобрнауки России; 117198 Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, Российская Федерация

⁵ ФГБОУ ВО “Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)” 125080 Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, Российская Федерация

Цель исследования: определение возможности использования сегментации почек с получением данных об их объеме и плотностных характеристиках для оценки раздельной функции.

Материал и методы. Проанализированы данные 31 пациента, которым была выполнена нефросцинтиграфия и КТ-исследование почек с контрастированием. На рабочей станции с помощью программы Vitrea Advanced Visualization проведена сегментация обеих почек в нефрографическую фазу контрастирования. Полученные значения объема и коэффициента затухания рентгеновского излучения в единицах Хаунсфилда (ед.HU) для каждой почки перемножали, получая “массу” контрастного препарата. Поделив полученное значение каждой почки на их сумму и умножив на 100%, получали раздельный вклад каждой из почек в их общую экскреторную функцию в процентах. Для проверки необходимости введения в расчеты плотности паренхимы в нативную фазу исследования была измерена плотность паренхимы обеих почек на трех уровнях в нативную фазу, рассчитанное среднее арифметическое вычтено из средней плотности паренхимы почки в нефрографическую фазу. В дальнейшем производились те же расчеты для получения процентного вклада почек, что и до вычета нативной плотности. Нефросцинтиграфия выполнялась в различных лечебных учреждениях. Исследования проводились с соединениями технеция (^{99m}Tc). Для дальнейшего анализа брались данные о процентном вкладе почек в их общую экскреторную функцию.

Результаты. Полученные данные о процентном вкладе почек в их общую экскреторную функцию, полученные при нефросцинтиграфии, сопоставлялись с расчетными данными КТ. Проведенный анализ показал очень высокую корреляцию и ковариацию этих результатов (коэффициент корреляции равен 0,99 ($p < 0,001$), коэффициент ковариации равен 0,95 ($p < 0,001$)). При проведении корреляционного анализа результатов нефросцинтиграфии с данными КТ, где дополнительно вводилась поправка на нативную плотность паренхимы (она вычиталась из средней плотности паренхимы в нефрографическую фазу), результаты остались прежними: коэффициент корреляции составил 0,99 ($p < 0,001$); коэффициент ковариации равен 0,95 ($p < 0,001$).

Выводы. Разработан доступный и удобный в практической работе метод оценки раздельной функции почек. Метод не требует выполнения четко регламентированного временного протокола многофазной КТ. Оценке могут быть подвергнуты данные КТ, выполненной в любом лечебном учреждении. Метод не требует дополнительной оценки нативных денситометрических характеристик почек. Результаты, полученные при использовании метода, показали очень высокую корреляцию с данными динамической нефросцинтиграфии.

Ключевые слова: компьютерная томография; динамическая нефросцинтиграфия; функция почки; раздельная функция почек

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.



Для цитирования: Громов А.И., Доморовская Я.С., Сивков А.В., Просянных М.Ю., Войтко Д.А., Каприн А.Д., Алексеев Б.Я., Аполихин О.И. Возможность определения процентного отношения вклада почек в экскреторную функцию. Предварительные результаты. *Медицинская визуализация*. 2025; 29 (1): 71–79. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1507>

Поступила в редакцию: 11.10.2024.

Принята к печати: 12.11.2024.

Опубликована online: 23.01.2025.

The ability to determine the percentage of kidney contribution to excretory function. Preliminary results

© Alexander I. Gromov^{1, 2}, Yana S. Domorovskaya^{1*}, Andrey V. Sivkov¹, Mikhail Yu. Prosyannikov¹, Dmitry A. Voitko¹, Andrey D. Kaprin^{3, 4}, Boris Ya. Alekseev^{3, 5}, Oleg I. Apolikhin¹

¹ N. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of Russian Federation; 51, 3rd Parkovaya str., Moscow 105425, Russian Federation

² Russian University of Medicine of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 4, Dolgorukovskaya str., Moscow 127006, Russian Federation

³ P. Hertsen Moscow oncology research institute – Branch of National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; 3, 2nd Botkinsky proezd, Moscow 125284, Russian Federation

⁴ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba; 6, Miklukho-Maklay str., Moscow 117198, Russian Federation

⁵ Russian Biotechnological University; 11, Volokolamskoye shosse, Moscow 125080, Russian Federation

Purpose. Determination of the possibility of using kidney segmentation to obtain data on their volume and density characteristics to assess the split renal function.

Material and methods. The data of 31 patients who underwent nephroscintigraphy and CT examination of the kidneys with contrast were analyzed. Segmentation of both kidneys into the nephrographic phase of contrast was performed at the workstation using the Vitrea Advanced Visualization program. The obtained values of the volume were multiplied at the attenuation coefficient of X-ray radiation in Hounsfield units (HU) for each kidney to obtain the "mass" of the contrast preparation. Having divided the obtained value of each kidney by their sum value and multiplying by 100%, we obtained a split contribution of each kidney to their total excretory function in percentages. To verify the need to introduce parenchymal density into calculations in the native phase of the study, the density of the parenchyma of both kidneys was measured at three levels in the native phase, then, the calculated arithmetic mean was subtracted from the average density of the renal parenchyma in the nephrographic phase. Subsequently, the same calculations were performed to obtain the percentage contribution of the kidneys as before deducting the native density. Nephroscintigraphy was performed in various medical institutions. Studies were conducted with technetium compounds (^{99m}Tc). For further analysis, data on the percentage contribution of each kidney to their overall excretory function were taken.

Results. The obtained data on the percentage contribution of the kidneys to their total excretory function obtained by nephroscintigraphy were compared with the calculated CT data. The analysis showed a very high correlation and covariance of these results (the correlation coefficient is 0.99 ($p < 0.001$), the covariance coefficient is 0.95 ($p < 0.001$)). When conducting a correlation analysis of the results of nephroscintigraphy with CT data, where an additional correction was made for the native density of parenchyma (it was subtracted from the average density of parenchyma in the nephrographic phase), the results remained the same: the correlation coefficient was 0.99 ($p < 0.001$); the covariance coefficient was 0.95 ($p < 0.001$).

Conclusions. An accessible and practical method for evaluating split renal function has been developed. The method does not require the implementation of a clearly regulated time protocol for multiphase CT. CT data performed in any medical institution can be evaluated. The method does not require additional assessment of the native densitometric characteristics of the kidneys. The results obtained using the method showed a very high correlation with the data of dynamic nephroscintigraphy.

Keywords: computed tomography; dynamic nephroscintigraphy; renal function; split renal function

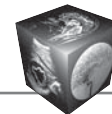
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

For citation: Gromov A.I., Domorovskaya Ya.S., Sivkov A.V., Prosyannikov M.Yu., Voitko D.A., Kaprin A.D., Alekseev B.Ya., Apolikhin O.I. The ability to determine the percentage of kidney contribution to excretory function. Preliminary results. *Medical Visualization*. 2025; 29 (1): 71–79. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1507>

Received: 11.10.2024.

Accepted for publication: 12.11.2024.

Published online: 23.01.2025.



Введение

В настоящее время в практической работе при необходимости оценки почечной функции применяются методы, основанные на лабораторном определении концентрации сывороточного креатинина с последующим использованием формул расчета скорости клубочковой фильтрации [1–3]. В подавляющем числе случаев такой подход полностью удовлетворяет практические потребности.

В то же время в некоторых клинических ситуациях, в частности при трансплантации почки, а также при планировании оперативных вмешательств, необходимо иметь данные о отдельной функции почек – процентном отношении вклада каждой из них в экскреторную функцию. Такую информацию можно получить на основании расчета клиренса эндо- или экзогенных маркеров при отдельном сборе мочи, в частности при наличии двух- или даже односторонней нефростомы. Но такие возможности существуют редко.

В настоящее время общепринятым методом оценки отдельной функции почек является динамическая нефросцинтиграфия. Она основана на регистрации транспорта через почки нефротропного фармпрепарата, меченного радионуклидом, после его внутривенного введения. Автоматический расчет скорости клубочковой фильтрации каждой почки, предлагаемый программными средствами гамма-камеры, позволяет определить их процентный вклад в общую экскреторную функцию. Однако нужно иметь в виду, что это отдельное диагностическое исследование, выполнение которого не всегда может быть легко организовано. Кроме того, исследование связано с дополнительной лучевой нагрузкой.

Тот факт, что рентгеноконтрастные препараты, так же как и основная масса нефротропных радиофармпрепаратов, выделяются из организма посредством клубочковой фильтрации, явился основанием для разработки методов оценки общей и отдельной функции почек при рентгеновском и тем более при КТ-исследовании. Понятно, что для определения показателей отдельной функции почек необходимо знать объем паренхимы каждой из почек, а также данные, характеризующие накопление ею контрастного препарата. Для этого нужно провести сегментацию паренхимы почек и определить денситометрические показатели.

Самые ранние работы по сегментации были трудоемки, связаны с расчетом площади паренхимы на каждом из КТ-срезов после ручного обведения [4, 5]. Конечно, такие способы не нашли своего применения в рутинной практике. Позже стали появляться различные программные средства (Voxar 3D Advanced, Leonardo Workstation, Advan-

tage Workstation Siemens, Vitrea Advanced Visualization, Amira 3D 5.4.5 и др.), способствующие упрощению измерений и подсчетов путем сначала ручной, потом полуавтоматической и автоматической сегментации паренхимы почки с получением данных об ее объеме и коэффициенте затухания рентгеновского излучения – КТ-плотности.

Возможность относительно легко сегментировать паренхиму почки позволила разработать несколько подходов к оценке отдельной функции почек. Однако каждый из них имел определенные ограничения для практического применения. В одних случаях показатели отдельной функции определялись после расчета скорости клубочковой фильтрации в каждой почке [6, 7], на основании вычислений интегралов плотности содержания контрастного вещества, распределенного в корковом, мозговом веществе и в мочевых путях почек [8–10]. В других случаях методика предполагала проведение КТ-исследования по жестко рекомендованному протоколу с четко определенными временными интервалами для сканирования [8, 11, 12]. В некоторых случаях расчеты усложнялись за счет необходимости определения денситометрических характеристик паренхимы почки при нативном сканировании [11–13]. Очень тщательно разработанный метод оценки общей и отдельной функции почек [8] требует иметь возможность использовать отдельное дорогостоящее коммерческое программное средство (Amira 3D). Указанное выше объясняет тот факт, что в настоящее время в практической работе при проведении КТ почек оценка их функционального состояния, в том числе отдельной их функции, не проводится. В подавляющем числе случаев оценивается лишь один качественный параметр – своевременность поступления контрастного препарата в верхние мочевые пути.

Поэтому, безусловно, остается интерес к разработке легкой в практическом использовании методики определения отдельной функции почек, которая не требовала бы обязательного строгого протокола сканирования и выполнялась бы программными средствами, имеющимися в комплекте компьютерного томографа.

Цель исследования: разработка рациональной, удобной в практическом применении методики оценки отдельной функции почек при проведении стандартной КТ почек с контрастированием.

Материал и методы

Ретроспективно проанализированы данные 31 пациента, которым была выполнена нефросцинтиграфия и КТ-исследование органов брюшной полости и забрюшинного пространства с кон-



трастированием в период с 2023 по 2024 г. Среди обследованных были 20 мужчин и 11 женщин в возрасте от 3 до 77 лет (медиана – 60 лет, среднее арифметическое – 55,84 года).

Критериями включения являлись наличие у пациента двух функционирующих почек, наличие данных инструментальных обследований: динамическая нефросцинтиграфия и КТ почек с контрастированием с получением нефрографической фазы.

Критериями не включения являлись: отсутствие нативной или нефрографической фазы КТ-исследования, отсутствие процентного соотношения вклада почек по данным сцинтиграфии, наличие анатомически или функционально единственной почки, наличие подковообразной почки.

В процессе работы также были исключены 7 пациентов, у 3 из них была обнаружена крупная киста по задней поверхности почки, у 2 – образование по задней поверхности почки, у 2 – выраженная гидронефротическая трансформация почки ввиду возможного влияния на достоверность результатов нефросцинтиграфии.

По данным КТ, УЗИ и клинико-лабораторного обследования у больных были диагностированы: опухоли почек – 15, кисты почек – 8, пиелокаликэкстазия – 2, дивертикул чашечки почки – 1, опухоль мочеточника – 1, опухоль мочевого пузыря – 1, стриктура мочеточника – 1, дистопия почки – 1.

КТ проводилась в НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России на томографах Aquilion Prime SP (CANON MEDICAL SYSTEMS) – 16 исследований и Canon Aquilion ONE (GENESIS Edition) – 10 исследований. Кроме того, в работу было включено 5 исследований, произведенных на КТ-томографах в иных лечебных учреждениях.

Протокол многофазных КТ-исследований, проведенных в НИИ урологии, состоял из нативной, артериальной, нефрографической и отсроченной фаз со следующими параметрами: напряжение на трубке 120 кВ_{пик}; скорость вращения 0,35 с; матрица, 512 × 512; максимальное количество срезов 160 (Aquilion Prime SP) и 640 (Canon Aquilion ONE); толщина среза 1 мм. Сначала была получена нативная серия изображений от верхней части диафрагмы до таза на вдохе. Затем контрастное вещество (350 мг Йоверскан или 370 мг Ультравист) вводили внутривенно со скоростью потока 4,0 мл/с в дозе 1,0 мл/кг. Сканирование артериальной фазы запускалось, когда плотность рентгеноконтрастного вещества в брюшной аорте достигала 100 HU. Нефрографическую фазу регистрировали через 50 с после регистрации артериальной фазы.

Цифровая обработка трехмерных изображений и измерения проведены на штатных рабочих станциях с помощью программы Vitrea Advanced Visualization. Измерения и последующие расчеты выполнены исследователем, не имевшим данных о результатах динамической нефросцинтиграфии.

Для анализа использовалась нефрографическая фаза контрастирования.

На аксиальном срезе регулировалось окно визуализации так, чтобы почечная паренхима была визуальным максимально контрастной относительно рядом расположенных органов. С помощью инструмента “Organ” щелчками по паренхиме почки, начиная с одного из полюсов, где почка максимально отделена от всех тканей, и продвигаясь к противоположному полюсу, выделялась (сегментировалась) вся почка. При захвате соседних тканей (органов или сосудов) использовался инструмент “Edit”, позволяющий посрезово убирать лишние области, не входящие в область паренхимы почки. После сегментации почек использовали функцию “Show Volume”, при этом программа самостоятельно подсчитывала и отображала объем (V) и среднюю плотность (HU) каждой почки (рис. 1).

В дальнейшем полученный объем и средние значения коэффициента затухания рентгеновского излучения – плотности в единицах Хаунсфилда (HU) для каждой почки перемножали, получая “массу” контрастного препарата. “Массу” обеих почек складывали и на полученную сумму делили “массу” правой почки, затем левой почки. Полученные результаты для правой и левой почки умножали на 100%, получая отдельный вклад каждой из почек в их общую экскреторную функцию в процентах.

Для проверки необходимости введения в расчеты данных о плотности паренхимы в нативную фазу исследования была измерена плотность паренхимы обеих почек на трех уровнях в нативную фазу (рис. 2), рассчитано среднее арифметическое и это число вычтено из средней плотности паренхимы почки в нефрографическую фазу. В дальнейшем производились те же расчеты для получения процентного вклада почек, что и до вычета нативной плотности.

Нефросцинтиграфия выполнялась в различных лечебных учреждениях. Исследования проводились с соединениями технеция (^{99m}Tc) (пентатех, ^{99m}Tc, пирфотех ^{99m}Tc), фильтрующимися исключительно клубочками почек. Полученные данные о процентном вкладе почек в их общую экскреторную функцию сопоставлялись с данными КТ.

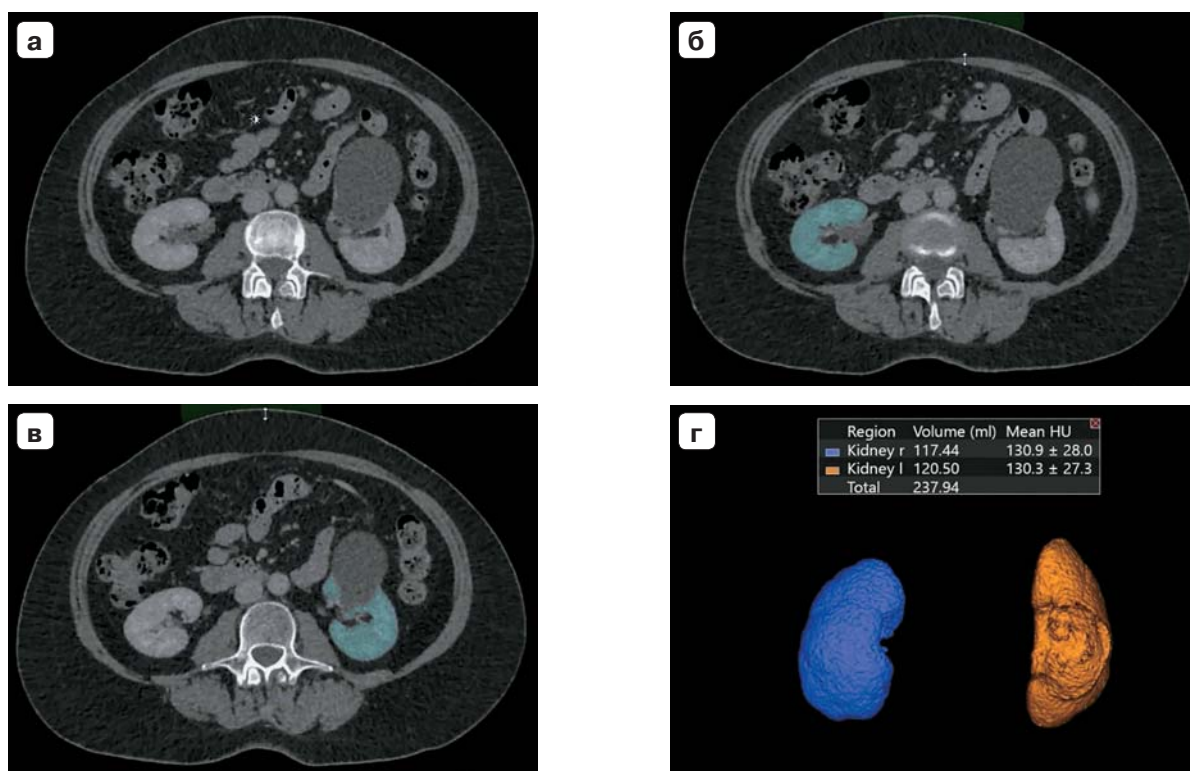
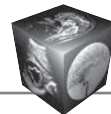


Рис. 1. Сегментация паренхимы почек пациента А. **а** – аксиальный срез в нативную фазу исследования; **б** – процесс сегментации правой почки в нефрографическую фазу контрастирования; **в** – процесс сегментации левой почки в нефрографическую фазу контрастирования; **г** – результат сегментации с помощью Vitrea Advanced Visualization с автоматическим расчетом объема и плотности паренхимы.

Fig. 1. Segmentation of the renal parenchyma of patient A. **a** – axial section in the native phase of the study; **б** – the process of segmentation of the right kidney into the nephrographic phase of contrast; **в** – the process of segmentation of the left kidney into the nephrographic phase of contrast; **г** – the result of segmentation using Vitrea Advanced Visualization with automatic calculation of the volume and density of the parenchyma.



Рис. 2. Измерение плотности паренхимы почки пациента А. **а** – процесс измерения плотности паренхимы правой почки в нативную фазу исследования на уровне верхнего полюса; **б** – процесс измерения плотности паренхимы правой почки в нативную фазу исследования на уровне ворот почки; **в** – процесс измерения плотности паренхимы правой почки в нативную фазу исследования на уровне нижнего полюса.

Fig. 2. Measurement of the density of the renal parenchyma of patient A. **a** – the process of measuring the density of the parenchyma of the right kidney in the native phase of the study at the level of the upper pole; **б** – the process of measuring the density of the parenchyma of the right kidney in the native phase of the study at the level of the kidney gate; **в** – the process of measuring the density of the parenchyma of the right kidney in the native phase of the study at the level of the lower pole.



Результаты исследования

Наше исследование проведено для подтверждения гипотезы, что процентное соотношение “массы” контрастного вещества в паренхиме почек может быть использовано для определения их отдельной функции. Для этого данные о процентном вкладе почек в общую экскреторную функцию, полученные по разработанной методике, сравнивали со значениями процентного отношения вклада почек, определенными при динамической нефросцинтиграфии. Был проведен корреляционный анализ (рис. 3). Были взяты данные о процентном вкладе левой почки, что достаточно для определения корреляционных связей. Ведь процентный вклад второй (правой) почки равен 100% минус процент вклада левой почки. Полученное значение коэффициента корреляции составило 0,99 ($p < 0,001$); коэффициента ковариации – 0,95 ($p < 0,001$).

При проведении корреляционного анализа результатов нефросцинтиграфии с данными КТ, где дополнительно вводилась поправка на нативную плотность паренхимы (она вычиталась из средней плотности паренхимы в нефрографическую фазу), результаты остались прежними: коэффициент корреляции составил 0,99 ($p < 0,001$); коэффициент ковариации равен 0,95 ($p < 0,001$) (рис. 4).

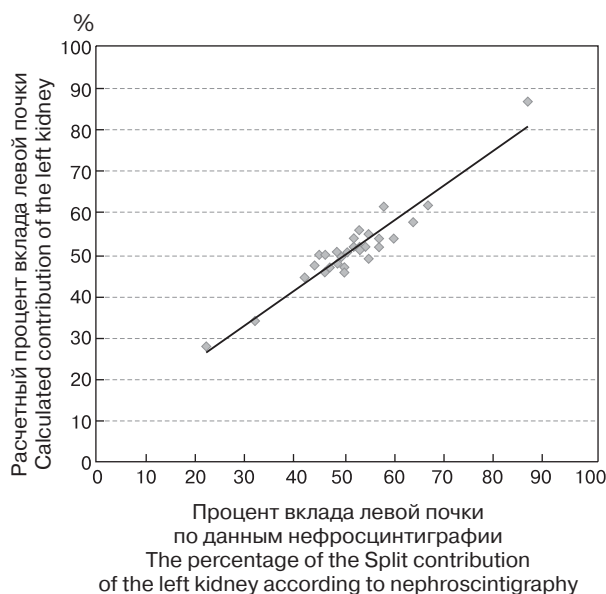


Рис. 3. Корреляция расчетного вклада левой почки по данным КТ и процентного вклада левой почки по данным нефросцинтиграфии.

Fig. 3. Correlation of the calculated contribution of the left kidney according to CT data and the percentage contribution of the left kidney according to nephrosцинтиграфии.

Обсуждение

Нами предложен легкий в исполнении, удобный метод оценки отдельной функции почек [14]. Преимуществом его является техническая простота выполнения с небольшим объемом действий, позволяющих внедрить его в рутинную работу врача-рентгенолога.

Данный метод предполагает использование стандартных инструментов сегментации органов, имеющихся в рабочих станциях, которыми оснащаются современные компьютерные томографы. Такие возможности есть в программном обеспечении большинства производителей. Время, которое тратится врачом для сегментации обеих почек, составляет в большинстве случаев 1–2 мин. При этом получают данные об объеме каждой почки и средних значениях плотности их паренхимы. Расчет процентного вклада каждой почки очень простой и не требует обязательного наличия даже калькулятора. Эти данные в совокупности с результатами оценки скорости клубочковой фильтрации на основании использования расчетных формул, учитывающих уровень сывороточного креатинина, позволяют в подавляющем числе случаев иметь удовлетворяющие клиническую практику сведения об общей и отдельной функции почек. Нужно обратить внимание на то, что

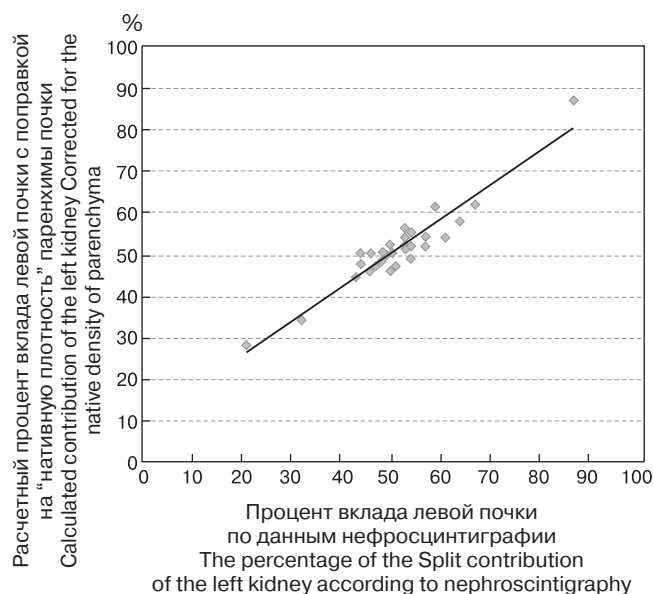
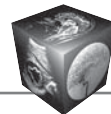


Рис. 4. Корреляция расчетного вклада левой почки с поправкой на нативную плотность паренхимы и процентного вклада левой почки по данным нефросцинтиграфии.

Fig. 4. Correlation of the calculated contribution of the left kidney corrected for the native density of parenchyma and the percentage contribution of the left kidney according to nephrosцинтиграфии.



в каждом многофазном КТ-исследовании имеются скрытые важные количественные функциональные данные, которые остаются неоцененными в подавляющем числе проведенных КТ. При этом нужно отметить, что метод не требует проведения исследования со строго ограниченными временными интервалами сканирования при многофазном протоколе. Более того, он позволяет оценить раздельную функцию почек на основании ретроспективной оценки результатов КТ, представленных на носителях, после проведения исследования в другом учреждении. Для этого нужно загрузить данные нефрографической фазы сканирования в рабочую станцию томографа.

Проведенные нами сопоставления полученных данных с результатами динамической нефросцинтиграфии у этих же больных показали очень высокую корреляцию и ковариацию (коэффициент корреляции равен 0,99 ($p < 0,001$), коэффициент ковариации равен 0,95 ($p < 0,001$)).

Когда мы начинали разработку данной методики, то, конечно, понимали, что для получения значений “массы” контрастного вещества в почке необходимо учитывать значения нативной плотности, которая должна вычитаться из плотности паренхимы в нефрографическую фазу. Для того чтобы понять, насколько учет нативной плотности влияет на точность оценки раздельной функции почек, мы провели дополнительный корреляционный анализ, где в учет бралась плотность паренхимы с поправкой на нативную плотность. Результаты такого анализа не показали повышения коэффициентов корреляции и ковариации. Таким образом в практической работе можно использовать только данные, полученные при сегментации в нефрографическую фазу КТ без потери точности расчета.

Разнообразие патологий в данной выборке пациентов позволило продемонстрировать ширину применения метода. И хотя, конечно, сегментация паренхимы почки при наличии в ней опухолей, при атрофических изменениях и в некоторых других случаях требует несколько большего времени, все равно это вполне выполнимо в обычной практической работе. Ограничением методики является гидронефротическая трансформация почки с выраженным истончением паренхимы. Однако стоит заметить, что и для оценки функции почки при нефросцинтиграфии у пациентов с данной патологией используют отдельные протоколы исследования.

Таким образом, предложенный метод оценки раздельной функции почек при КТ может с успехом использоваться в обычной практической работе.

Выводы

1. Разработан доступный и удобный в практической работе метод оценки раздельной функции почек (процентного вклада каждой из почек в их общую экскреторную функцию).

2. Метод не требует выполнения четко регламентированного временного протокола многофазной КТ. Оценке могут быть подвергнуты данные КТ, выполненной в стороннем лечебном учреждении, представленные на носителях.

3. Метод не требует дополнительной оценки нативных плотностных характеристик почек.

4. Результаты, полученные при использовании метода, показали очень высокую корреляцию с данными динамической нефросцинтиграфии – методом, который в настоящее время считается эталоном оценки раздельной функции почек.

5. Применение разработанного метода в практике позволит во многих случаях избежать необходимости дополнительного выполнения нефросцинтиграфии, что, в свою очередь, может помочь снизить финансовые затраты и лучевую нагрузку на пациента, уменьшить время на подготовку больного к лечению.

Участие авторов

Громов А.И. – концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация полученных данных, подготовка и редактирование текста, утверждение окончательного варианта статьи.

Доморовская Я.С. – проведение исследования, обзор публикаций по теме статьи, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста.

Сивков А.В. – участие в научном дизайне, концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи.

Просянкин М.Ю. – участие в научном дизайне, сбор и обработка данных, утверждение окончательного варианта статьи.

Войтко Д.А. – участие в научном дизайне, сбор и обработка данных.

Каприн А.Д. – участие в научном дизайне.

Алексеев Б.Я. – участие в научном дизайне.

Аполихин О.И. – участие в научном дизайне.

Authors' participation

Gromov A.I. – concept and design of the study, analysis and interpretation of the obtained data, text preparation and editing, approval of the final version of the article.

Domorovskaya Ya.S. – conducting research, review of publications, analysis and interpretation of the obtained data, writing text.

Sivkov A.V. – participation in scientific design, concept and design of the study, approval of the final version of the article.



Prosyannikov M.Yu. – participation in scientific design, collection and analysis of data, approval of the final version of the article.

Voitko D.A. – participation in scientific design, collection and analysis of data.

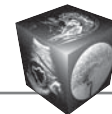
Kaprin A.D. – participation in scientific design.

Alekseev B.Ya. – participation in scientific design.

Apolikhin O.I. – participation in scientific design.

Список литературы [References]

1. Levey A.S., Stevens L.A., Schmid C.H. et al.; CKD-EPI (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration). A new equation to estimate glomerular filtration rate. *Ann. Intern. Med.* 2009; 150 (9): 604–612. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-150-9-200905050-00006>. Erratum in: *Ann Intern Med.* 2011; 155 (6): 408. PMID: 19414839; PMCID: PMC2763564
2. Национальные рекомендации. Хроническая болезнь почек: основные принципы скрининга, диагностики, профилактики и подходы к лечению. С.Пб.: Левша, 2012. 51 с.
National recommendations. Chronic kidney disease: basic principles of screening, diagnosis, prevention and treatment approaches. SPb: Levsha. 2012. 51 p. (In Russian)
3. Клинические рекомендации. Хроническая болезнь почек (ХБП). *Нефрология*. 2021; 25 (5): 10–82. <https://doi.org/10.36485/1561-6274-2021-25-5-10-82>
Clinical recommendations. Chronic kidney disease (CKD). *Nephrology*. 2021; 25 (5): 10–82. <https://doi.org/10.36485/1561-6274-2021-25-5-10-82> (In Russian)
4. Dawson P., Peters M. Dynamic contrast bolus computed tomography for the assessment of renal function. *Invest. Radiol.* 1993; 28 (11): 1039–1042. <https://doi.org/10.1097/00004424-199311000-00014>
5. Tsushima Y., Blomley M.J., Okabe K. et al. Determination of glomerular filtration rate per unit renal volume using computerized tomography: correlation with conventional measures of total and divided renal function. *J. Urology*. 2001; 165: 382–385. <https://doi.org/10.1097/00005392-200102000-00007>
6. Diez A., Powelson J., Sundaram C.P. et al. Correlation between CT-based measured renal volumes and nuclear-renalography-based split renal function in living kidney donors. Clinical diagnostic utility and practice patterns. *Clin. Transplant.* 2014; 28 (6): 675–682. <https://doi.org/10.1111/ctr.12365>
7. Wahba R., Franke M., Hellmich M. et al. Computed Tomography Volumetry in Preoperative Living Kidney Donor Assessment for Prediction of Split Renal Function. *Transplantation*. 2016; 100 (6): 1270–1277. <https://doi.org/10.1097/tp.0000000000000889>
8. Аляев Ю.Г., Дзеранов Н.К., Хохлачев С.Б., Борисов В.В., Фиев Д.Н., Демидко Ю.Л., Проскура А.В., Юрова М.В. Новый метод оценки раздельной функции почек на основании данных мультиспиральной компьютерной томографии с контрастированием. *Urology*. 2018; 2: 26–33. <https://doi.org/10.18565/urology.2018.2.26-33>
9. Аляев Ю.Г., Дзеранов Н.К., Хохлачев С.Б. et al. A new method for evaluating separate kidney function based on multispiral computed tomography with contrast. *Urology*. 2018; 2: 26–33. <https://doi.org/10.18565/urology.2018.2.26-33> (In Russian)
9. Аляев Ю.Г., Хохлачев С.Б., Фиев Д.Н. et al. A new approach for split renal function evaluation of glomerular filtration rate, perfusion and plasma flow by numerical analysis of 3D MSCT-based models. *REJR*. 2018; 8 (2): 105–109. [https://doi.org/10.1016/s1569-9056\(18\)31068-6](https://doi.org/10.1016/s1569-9056(18)31068-6)
10. Фиев Д.Н., Хохлачев С.Б., Борисов В.В., Саенко В.С., Демидко Ю.Л., Черненький М.М., Проскура А.В., Пузаков К.Б., Ларцова Е.В., Потолдыкова Н.В., Иноятов Ж.Ш., Аляев Ю.Г. Результаты анализа структурно-функционального состояния почек методом математической обработки данных МСКТ с контрастированием у пациентов с мочекаменной болезнью. *Урология*. 2019; 5: 72–78. <https://doi.org/10.18565/urology.2019.5.72-78>
Fiev D.N., Khokhlachev S.B., Borisov V.V. et al. The results of the analysis of the structural and functional state of the kidneys by the method mathematical processing of MSCT data with contrast in patients with urolithiasis. *Urology*. 2019; 5: 72–78. <https://doi.org/10.18565/urology.2019.5.72-78>
11. Shi W., Liang X., Wu N. et al. Assessment of Split Renal Function Using a Combination of Contrast-Enhanced CT and Serum Creatinine Values for Glomerular Filtration Rate Estimation. *Am. J. Roentgenol.* 2020; 215 (1): 142–147. <https://doi.org/10.2214/ajr.19.22125>
12. Fowler J.C., Beadsmoore C., Gaskarth M.T. et al. A simple processing method allowing comparison of renal enhancing volumes derived from standard portal venous phase contrast-enhanced multidetector CT images to derive a CT estimate of differential renal function with equivalent results to nuclear medicine quantification. *Br. J. Radiol.* 2006; 79 (948): 935–942. <https://doi.org/10.1259/bjr/53140218>
13. Summerlin A.L., Lockhart M.E., Strang A.M. et al. Determination of split renal function by 3D reconstruction of CT angiograms: a comparison with gamma camera renography. *Am. J. Roentgenol.* 2008; 191 (5): 1552–1558. <https://doi.org/10.2214/ajr.07.4023>
14. Каприн А.Д., Алексеев Б.Я., Аполихин О.И., Сивков А.В., Громов А.И., Просянников М.Ю., Войтко Д.А., Доморовская Я.С. Способ определения процентного отношения вклада почек в экскреторную функцию. Изобретения полезные модели. Официальный бюллетень федеральной службы по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ). №28-2023. Патент на изобретение №2804579.
Kaprin A.D., Alekseev B.Ya., Apolikhin O.I. et al. Method for determining the percentage of kidney contribution to excretory function. Inventions and utility models. The official bulletin of the Federal Service for Intellectual Property (ROSPATENT). №28-2023. Patent for invention No. 2804579 (In Russian)



Для корреспонденции*: Доморовская Яна Сергеевна – e-mail: yana.domorovskaya@mail.ru

Громов Александр Игоревич – доктор мед. наук, профессор, руководитель группы лучевых методов диагностики и лечения отдела онкоурологии НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиала ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России; профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО “Российский университет медицины” Минздрава России; Москва. <https://orcid.org/0000-0002-9014-9022>

Доморовская Яна Сергеевна – врач-рентгенолог НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиала ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0009-0001-7686-1718>

Сивков Андрей Владимирович – канд. мед. наук, заместитель директора по науке НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиала ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-8852-6485>

Просяников Михаил Юрьевич – канд. мед. наук, заведующий отделом мочекаменной болезни НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиала ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-3635-5244>

Войтко Дмитрий Алексеевич – канд. мед. наук, научный сотрудник отдела мочекаменной болезни НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиала ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-1292-1651>

Каприн Андрей Дмитриевич – академик РАН, доктор мед. наук, профессор, генеральный директор ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России; заведующий кафедрой урологии и оперативной нефрологии с курсом онкоурологии медицинского факультета медицинского института ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы” Минобрнауки России, Москва. <https://orcid.org/0000-0001-8784-8415>

Алексеев Борис Яковлевич – доктор мед. наук, профессор, заместитель генерального директора по научной работе ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0002-3398-4128>

Аполихин Олег Иванович – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, директор НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиала ФГБУ “НМИЦ радиологии” Минздрава России, Москва. <https://orcid.org/0000-0003-0206-043X>

Contact*: Yana S. Domorovskaya – e-mail: yana.domorovskaya@mail.ru

Alexander I. Gromov – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the radiation diagnosis and treatment methods, Oncourology Department, N.A. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of Russian Federation; Professor of Russian University of Medicine of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9014-9022>

Yana S. Domorovskaya – radiologist at the N.A. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0009-0001-7686-1718>

Andrey V. Sivkov – Cand. of Sci. (Med.), Deputy Director for Science of the N.A. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-8852-6485>

Mikhail Yu. Prosyannikov – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Department of Urolithiasis at the N.A. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-3635-5244>

Dmitry A. Voitko – Cand. of Sci. (Med.), Researcher at the Department of Urolithiasis of the N.A. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-1292-1651>

Andrey D. Kaprin – Full Member of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director of National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of Russian Federation; Head of Department of urology and surgical nephrology with a course of oncurology at the medical faculty of medical institute of the Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-8784-8415>

Boris Ya. Alekseev – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Deputy Director General for Scientific Work of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-3398-4128>

Oleg I. Apolikhin – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doct. of Sci. (Med.), Professor, Director of the N.A. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of Russian Federation, Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0206-043X>