ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

БАЛЛЬНАЯ СИСТЕМА ВИЗУАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ РАЗДЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ПОЧЕК ПРИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Громов А.И.[1,2], Каприн А.Д.[3,4,5]

1 – НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ РФ. г. Москва, Россия.
2 – ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» МЗ РФ. г. Москва, Россия.
3 – НМИЦ радиологии МЗ РФ. г. Москва, Россия.
4 – МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ РФ. г. Москва, Россия.
5 – ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Минобрнауки России. г. Москва, Россия.

В настоящее время для оценки общей функции почек в практической работе применяются предиктивные формулы расчета скорости клубочковой фильтрации, а для определения процентного вклада каждой почки – данные нефросцинтиграфии. Предлагаемые способы оценки раздельной функции почек по данным компьютерной томографии (КТ) с контрастированием требуют наличия специализированных программных средств и определенных временных затрат. В процессе описания результатов КТ с контрастным усилением врач-рентгенолог обычно пытается характеризовать экскреторную функцию почек, однако подход в значительной степени субъективный и основывается, практически только, на своевременности контрастирования мочевых путей. Общепринятых рекомендаций по визуальной оценке функции почек при КТ не существует.

Цель исследования. Разработка балльной системы определения степени нарушения экскреторной функции одной из почек на основании визуальной оценки характера накопления контрастного препарата анатомическими элементами почек при выполнении стандартной КТ в различные фазы контрастирования.

Материалы и методы. Проведено сопоставление визуальной картины почек 112 пациентов в различные фазы контрастирования с результатами расчета их раздельной функции, полученными при их автоматической трехмерной сегментации специализированной программой рабочей станции.

Результаты и обсуждение. Предложена балльная система оценки экскреторной функции почек на основании присвоения баллов (от одного до трех) при выявлении односторонних изменений в различные фазы контрастирования, в том числе: снижения интенсивности кортикального контрастирования, уменьшения толщины кортикального слоя, уменьшения объема паренхимы почки, задержки наступления нефрографической фазы, уменьшения объема контрастированной мочи. Определено, что при сумме баллов 0-1 у пациентов не наблюдалось снижения функции почки или оно было незначительное; при сумме 2-5 баллов имелось умеренное снижение, а при сумме 6 баллов и более – резкое снижение функции пораженной почки. Проведенный ROC-анализ позволил получить пороговые значения процентного вклада «пораженной» почки в общую экскреторную функцию для больных с суммами баллов 0-1/2-5 и 2-5/6 и более, они оказались соответственно 43.5% и 27%.

Заключение. Предложенный способ визуальной оценки раздельной функции почек, основанный на балльной системе, позволяет высказаться о степени ее нарушения при проведении стандартной компьютерной томографии без применения дополнительных диагностических методик и с минимальными временными затратами.

Ключевые слова: компьютерная томография, функция почек, раздельная функция почек, визуальная оценка.

Контактный автор: Громов А.И., e-mail: gai8@mail.ru

Для цитирования: Громов А.И., Каприн А.Д. Балльная система визуальной оценки раздельной функции почек при компьютерной томографии. REJR 2025; 15(4):127-135. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-4-127-135.

Статья получена: 15.03.25 Статья принята: 04.08.25

A SCORING SYSTEM FOR VISUAL ASSESSMENT OF SEPARATE KIDNEY FUNCTION IN COMPUTED TOMOGRAPHY

Gromov A.I.[1,2], Kaprin A.D.[3,4,5]

1 – N.A. Lopatkin Research Institute of Urology and Interventional, branch of the National Medical Research Center of Radiology.

2 – Russian University of Medicine.

3 – National Medical Research Center of Radiology.

4 – P.A. Herzen Moscow Oncology Research Institute, branch of the National Medical Research Center of Radiology.

5 – Peoples' Friendship University of Russia. Moscow, Russia.

Currently, predictive formulas for calculating glomerular filtration rate are used in clinical practice to assess overall renal function, while renal scintigraphy data is used to determine the percentage contribution of each kidney. Proposed methods for assessing individual renal function using contrast-enhanced computed tomography (CT) data require specialized software and are time-consuming. When interpreting contrast-enhanced CT results, a radiologist typically attempts to characterize renal excretory function. However, this approach is largely subjective and relies almost exclusively on the timing of urinary tract contrast. There are no generally accepted guidelines for visually assessing renal function using CT.

Purpose. To develop a scoring system for determining the degree of renal excretory dysfunction in one kidney based on a visual assessment of the nature of contrast agent accumulation by the anatomical elements of the kidneys during standard CT scanning at various contrast phases.

Materials and Methods. A comparison was made between the visual images of the kidneys of 112 patients in different phases of contrast enhancement and the results of calculating their separate function, obtained during their automatic three-dimensional segmentation using a specialized workstation program.

Results and discussion. A scoring system for assessing renal excretory function is proposed, assigning points (from one to three) based on the detection of unilateral changes during various contrast phases, including: decreased cortical enhancement intensity, decreased cortical thickness, decreased renal parenchyma volume, delayed onset of the nephrographic phase, and decreased contrast-enhanced urine volume. Patients with a score of 0-1 indicated little or no decline in renal function; a score of 2-5 indicated a moderate decline; a score of 6 or more indicated a significant decline in the function of the affected kidney. ROC analysis aloowed getting threshold values for the percentage contribution of the affected kidney to overall excretory function for patients with scores of 0-1/2-5 and 2-5/6 or more; these were 43.5% and 27%, respectively.

Conclusion. The proposed method for visually assessing renal function, based on a scoring system, allows establishing the degree of impairment using standard computed tomography (CT) without the use of additional diagnostic techniques and with minimal time expenditure.

Keywords: computed tomography, renal function, renal function, visual assessment.

Corresponding author: Gromov A.I., e-mail: gai8@mail.ru

For citation: Gromov A.I., Kaprin A.D. A scoring system for visual assessment of separate kidney function in computed tomography. REJR 2025; 15(4):127-135. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-4-127-135.

Received: 15.03.25 Accepted: 04.08.25

В настоящее время для оценки общей функции почек в практической работе обычно применяются предиктивные формулы расчета скорости клубочковой фильтрации, основанные на значениях сывороточного креатинина. Наиболее распространенной является формула CKD-EPI (Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration) [1]. Однако при планировании хирургических вмешательств и трансплантации почек появляется необходимость иметь данные о раздельной функции, то есть оценить процентный вклад каждой из них в общую экскреторную функцию.

В практической работе раздельная функция почек в большинстве случаев оценивается радиоизотопным методом – динамической нефросцинтиграфией. Метод основан на получении данных о накоплении радиофармпрепарата каждой почкой с последующим вычислением скорости клубочковой фильтрации, что позволяет получить их процентный вклад.

В настоящее время имеется ряд разработок, в которых принципы, используемые в нефросцинтиграфии, применены для количественной оценки данных компьютерной томографии (КТ), выполняемой с внутривенным контрастным усилением. Основанием для такого подхода является то, что рентгеноконтрастные препараты, также, как и радиоизотопный препарат 99mTc-пентатех, выделяются из организма посредством клубочковой фильтрации. Большинство таких методов основано на определении «массы» рентгеноконтрастного препарата в паренхиме каждой почки в нефрографическую фазу на основании данных об ее объеме и средних значениях рентгеновской плотности, с последующим расчетом процентного соотношения [2-6]. Интерес представляет разработка, в которой данные о скорости клубочковой фильтрации в каждой почке получают на основании вычислений интегралов плотности содержания контрастного вещества, распределенного в мозговом веществе в артериальную и нефрографическую фазу контрастирования при известном времени, прошедшем между этими фазами [7]. Однако все упомянутые методы требует наличия рабочей станции с функцией сегментации почек, что имеется далеко не во всех комплектациях компьютерных томографов, а последняя разработка основана на дорогостоящем специализированном программном продукте. Кроме того, эти способы подразумевают дополнительные действия врача-рентгенолога по сегментации почек, что приводит к определенным временным затратам.

В процессе описания результатов КТ с контрастным усилением врач-рентгенолог обычно пытается характеризовать экскреторную функцию почек, однако подход в значительной степени субъективный и основывается, практически только, на своевременности контрастирования мочевых путей. Однако КТ с четырьмя фазами контрастирования представляет большой спектр визуальной информации о порядке прохождения рентгеноконтрастного препарата через почки. Анализируя такие данные, можно оценить контрастирование коркового вещества, наполнение контрастным препаратом медуллярного вещества, вымывание его из указанных анатомических структур, время появления контрастного препарата в моче и ее объем. Все эти данные, в конечном итоге, и характеризуют экскреторную функцию почек и позволяют увидеть асимметричные нарушения этих процессов. Однако в настоящее время нет каких-либо однозначных рекомендаций, как использовать визуальную информацию для определения нарушения функции почек, в том числе раздельной функции, а также для определения степени ее нарушения.

В настоящее время имеется опыт успешного применения специально разработанных систем, которые позволяют, на основании визуальной оценки отдельных параметров, получать совокупный балл, значения которого могут свидетельствовать о степени каких-то нарушений или степени вероятности возникновения тех или иных событий (PI-RADS; VI-RADS; O-RADS; LI-RADS и другие). Одной из таких систем является система R.E.N.A.L. [8], которая основана на присвоении одного из трех баллов при визуальной оценке размеров опухоли почки и ее местоположения. Сумма баллов каждой из четырех характеристик позволяет представить прогноз о низкой, промежуточной или высокой степени сложности предстоящей резекции почки. Другим примером является система унифицированного подхода к интерпретации магнитно-резонансной томографии при диагностике патологического прикрепления плаценты «mapi-rads», где на основании суммы баллов, присваиваемых при выявлении определенных изменений, определяется степень риска наличия приращения плаценты [9]. Такой балльный подход позволяет стандартизировать заключения врача-рентгенолога и служит повышению степени взаимопонимания между ним и хирургом.

Цель исследования.

Разработка балльной системы опреде-

ления степени нарушения экскреторной функции одной из почек на основании визуальной оценки характера накопления контрастного препарата анатомическими элементами почек при выполнении стандартной КТ в различные фазы контрастирования.

Материалы и методы.

Ретроспективно проанализированы данные 112 пациентов, которым в НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» МЗ РФ (93 больных), и в других лечебных учреждениях (19 больных), было выполнено КТ-исследование органов брюшной полости и забрюшинного пространства с контрастированием в период с января 2023 г. по декабрь 2024 г. Среди обследованных были 64 мужчины и 48 женщин в возрасте от 3 до 83 лет.

Критериями включения являлось наличие у пациента двух почек, данных компьютерной томографии почек с наличием артериальной/кортикомедуллярной, нефрографической и выделительной фаз контрастирования. Критериями невключения являлись: отсутствие необходимых фаз контрастирования при КТ-исследовании, отсутствие одной из почек, наличие подковообразной почки.

По данным КТ, УЗИ и клинико-лабораторного обследования у больных были диагностированы: опухоль почки – 57 случаев, гидронефроз – 22 случая, кисты почки – 17 случаев, конкременты почки – 8 случаев, опухоль мочеточника – 2 случая, опухоль мочевого пузыря – 2 случая, дистопия почки – 2 случая, врожденная гипоплазия почки – 2 случая.

Была проанализирована и систематизирована визуальная картина КТ почек в различные фазы контрастирования.

В качестве референтного метода была взята методика определения процентного вклада каждой почки в экскреторную функцию, разработанная нами ранее [6]. Данная методика основана на определении «массы» контрастного препарата в паренхиме каждой почки в нефрографическую фазу контрастирования на основе автоматической 3D- сегментации в рабочей станции КТ в программе Vitrea Advanced Visualization, с получением данных об объеме паренхимы каждой почки и средних значениях ее плотности в единицах Хаунсфилда (HU). Методика показала очень высокую корреляцию с данными о раздельной функции почек, полученными при нефросцинтиграфии (коэффициент корреляции составил 0,99 ($p<0.001$), коэффициент ковариации – 0,95 ($p<0.001$). Таким образом, были получены данные о процентном вкладе почек в общую экскреторную функцию у всех 112 пациентов.

Результаты.

Визуальный анализ результатов КТ позволил определить наиболее часто встречающихся изменения в одной из почек в различные фазы контрастирования при нарушении ее экскреторной функции. Ими оказались:

в кортико-медуллярную фазу:

- снижение интенсивности кортикального контрастирования,
- уменьшение толщины кортикального слоя,
- уменьшение объема паренхимы почки;

в нефрографическую фазу:

- удлинение кортикомедуллярной фазы (задержка наступления нефрографической фазы);

в выделительную фазу:

- уменьшение объема контрастированной мочи.

В дальнейшем было проведено ранжирование отмеченных изменений по степени их выраженности с присвоением определенного количества баллов – от одного до трех, а именно:

- при наличии снижения интенсивности контрастирования кортикального слоя почки в любом случае присваивается 1 балл;
- при уменьшении толщины кортикального слоя почки, в зависимости от степени (до ½ или более½) присваивается 1 или 2 балла;
- при уменьшении объема паренхимы почки, в зависимости от степени (до 1/3; до 2/3; более 2/3) присваивается 1, 2 или 3 балла. При этом если имеется уменьшение контралатеральной («здоровой») почки присваивается минус 1 балл;
- при наличии задержки наступления нефрографической фазы присваивается 1 балл;
- при наличии уменьшения объема контрастированной мочи в мочевых путях по сравнению с контралатеральной почкой, в зависимости от степени (уменьшение до ½; более½; отсутствие контрастного препарата или его следы) присваивается 1, 2 или 3 балла.

Схематически, предлагаемая балльная система представлена в таблице №1.

В зависимости от суммы баллов больные распределись следующим образом (табл. №2).

Таблица №1. Бальная система визуальной оценки раздельной функции почек при компьютерной томографии.

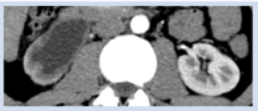
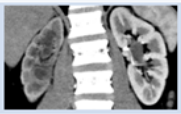
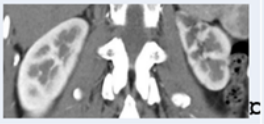
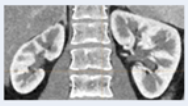
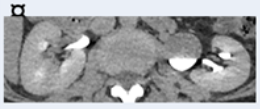
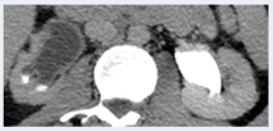
Фаза	Признак	Степень выраженности		
		1	2	3
Кортико-медуллярная	Снижение интенсивности кортикального контрастирования			
	Уменьшение толщины кортикального слоя (до ½/более½)			
	Объем паренхимы почки (уменьшение до 1/3; до 2/3; более 2/3)			
Нефрографическая	Удлинение кортикомедуллярной фазы (задержка нефрографической фазы)			
Выделительная	Визуальный объем контрастированной мочи (уменьшение до ½; более½; отсутствие или следы)			

Таблица №2. Распределение больных в зависимости от суммы баллов.

Суммарный балл	Количество больных
-1	2
0	58
1	21
2	5
3	4
4	3
5	5
6	5
7	2
8	2
9	2
10	2
11	1

Предлагаемый способ подразумевает, что сумма полученных баллов должна определять степень снижения функции почки.

В дальнейшем на основании сравнения полученной суммы баллов с процентным вкладом в экскреторную функцию «пораженной» почки у каждого пациента, экспертным образом, было определено соответствие суммы баллов степени нарушения функции почки:

- при сумме 0-1 баллов – функциональные нарушения отсутствовали или имелось незначительное одностороннее снижение функции почки;
- при сумме 2-5 баллов – имелось умеренное снижение функции почки;
- при сумме 6 баллов и более – отмечалось резкое снижение функции почки.

Проведенный ROC-анализ показал, что деление пациентов в соответствии с разработанной балльной оценкой взаимосвязано с данными о процентном вкладе пораженной почки, полученном при их автоматической сегментации при КТ в нефрографическую фазу. При разделении пациентов с суммой баллов 0-1 и 2-5 площадь под кривой (AUC) составила 0,952.

Таблица №3. Соотношение чувствительности и специфичности для различных вариантов процентного вклада «пораженной» почки в общую экскреторную функцию по данным нефросцинтиграфии для групп больных с суммами баллов 0-1 и 2-5.

Positive if Less Than or Equal To[a]	Sensitivity	1 - Specificity
22,75	,355	,000
23,75	,387	,000
24,50	,419	,000
25,50	,516	,000
27,00	,548	,000
28,50	,581	,000
30,00	,613	,000
31,50	,645	,000
33,00	,677	,000
34,50	,742	,000
36,00	,774	,000
37,50	,806	,000
38,25	,839	,000
39,75	,871	,000
41,50	,871	,012
42,50	,871	,049
43,50	,903	,049
44,25	,903	,099
44,75	,903	,111
45,50	,903	,160

Кроме того, на основании ROC-анализа удалось получить пороговые значения процентного вклада «пораженной» почки в общую экскреторную функцию для групп больных с суммами баллов 0-1 и 2-5. Наилучшим соотношением чувствительности и специфичности оказалось значение процентного вклада «пораженной» почки – 43.5% (табл. №3).

Таким же образом проведен ROC-анализ для разграничения пациентов с суммой баллов 2-5 и 6 баллов и более. Площадь под кривой (AUC) составила 0,988.

Пороговым значением процентного вклада «пораженной» почки в общую экскреторную функцию для групп больных с суммами баллов 2-5 и 6 баллов и более оказалось 27,0% (табл. №4).

Таким образом, предлагаемая балльная система оценки раздельной функции почек имеет вид, представленный в таблице №5.

Обсуждение.

В процессе практической работы каждый рентгенолог сталкивается с ситуациями одностороннего нарушения функции почек. В таких случаях в протоколе исследования отмечается мнение, что функция одной из почек снижена, в большинстве случаев основанное на выявлении отставания контрастирования мочевых путей. Гораздо реже отмечаются другие признаки функциональных нарушений, такие как уменьшение толщины кортикального слоя, задержка наступления нефрограммы и другие. Редко уменьшение объема паренхимы почек связывают с уменьшением функциональных возможностей почек. В настоящее время каких-либо рекомендаций по визуальной оценке функционального состояния почек не существует. В то же время необходимость стандартизировать подходы к оценке этих почечных нарушений назрели.

Мы разработали и предлагаем к практическому использованию новую балльную систему, которая позволяет определить степень одностороннего нарушения экскреторной функции почек. Суммируя баллы, которые присваиваются при выявлении определенных изменений в почке в различные фазы контрастирования, мы получаем возможность высказаться о степени снижения экскреторной функции одной из почек.

В то же время необходимо отметить наличие некоторых ограничений на использование данной методики в настоящее время.

1. Данную методику нецелесообразно использовать при двухстороннем поражении почек. В обследованном контингенте таких

Таблица №4. Соотношение чувствительности и специфичности для различных вариантов процентного вклада «пораженной» почки в общую экскреторную функцию по данным нефросцинтиграфии для групп больных с суммами баллов 2-5 и 6 баллов и более для значений процентного вклада почки по данным нефросцинтиграфии.

Positive if Less Than or Equal To[a]	Sensitivity	1 - Specificity
12,00	,133	,000
13,75	,267	,010
16,25	,400	,010
18,50	,467	,010
19,50	,533	,010
21,00	,600	,010
22,75	,600	,021
23,75	,667	,021
24,50	,733	,021
25,50	,933	,021
27,00	1,000	,021
28,50	1,000	,031
30,00	1,000	,041
31,50	1,000	,052
33,00	1,000	,062
34,50	1,000	,082
36,00	1,000	,093
37,50	1,000	,103
38,25	1,000	,113

больных не было. В дальнейшем, при наборе клинического материала, разработанные подходы, вероятно, можно будет использовать для определения степени нарушения каждой из почек.

2. Данная методика может давать ошибочные результаты при выраженном гидронефрозе и увеличении почки из-за трудностей оценки объема сохраненной паренхимы почки.

В качестве демонстрации использования предлагаемой балльной системы приводим клинический пример.

Больная К., 1955 г.р. Диагноз: Опухоль правой почки. Опухолевый тромбоз правой почечной вены.

При КТ в правой почке имеется опухоль размерами до 8,6*8,1*7,4 см, неравномерно и активно накапливающая контрастное вещество во время исследования. Опухоль замещает часть паренхимы. Чашечно-лоханочная система (ЧЛС) деформирована с участками дефектов наполнения. Мочеточник не расширен, прослеживается на всем протяжении, дефектов наполнения не выявлено. Отток из почки осуществляется по одной вене с признаками тромбоза, распространяющегося в нижнюю полую вену до уровня впадения печеночных вен. Левая почка без особенностей.

Для оценки экскреторной функции левой почки проведена визуальная балльная оценка функции почек.

В соответствии с предложенной методикой оценены изменения правой почки. В кортикомедуллярную фазу интенсивность контрастирования коркового вещества симметричная – 0 баллов; толщина кортикального слоя одинаковая – 0 баллов. Объем паренхимы правой почки уменьшен за счет замещения ее опухолевой тканью – 1 балл (рис. 1 а). В нефрографическую фазу отмечается задержка ее наступления, пирамиды гиподенсивны, в то время как слева пирамиды стали гиперденсивны – 1 балл (рис. 1 б). В выделительную фазу в ЧЛС правой почки определяется контрастированная моча, однако ее объем меньше, чем в мочевых путях контралатеральной почки более чем, в два раза – 2 балла (рис. 1 в). В итоге общий балл – 4, что соответствует умеренному снижению

Таблица №5. Соответствие суммы баллов степени нарушения экскреторной функции почки.

Сумма баллов	Степень нарушения экскреторной функции одной почки	Процент вклада пораженной почки в общую экскреторную функцию
0-1	Отсутствие функциональных изменений или незначительное одностороннее снижение	>43,5
2-5	Умеренно снижена	27 – 43
6 и более	Резко снижена	<27

Рис. 1 а (Fig. 1 a)

Рис. 1 б (Fig. 1 b)

Рис. 1 в (Fig. 1 c)

Рис. 1. КТ с внутривенным контрастированием. Визуальная оценка раздельной функции почек.

а – корональная плоскость; опухоль правой почки замещает часть ее паренхимы.

б – аксиальная плоскость; отставание нефрографической фазы справа. Пирамиды почки остаются гиподенсными.

в – корональная плоскость; значительная разница в объеме контрастированной мочи в почках.

Fig. 1. CT with intravenous contrast. Visual assessment of separate renal function.

a – coronal plane; the tumor in the right kidney replaces part of its parenchyma.

b – axial plane; delay of the nephrographic phase on the right. The renal pyramids remain hypodense.

c – coronal plane; significant difference in the volume of contrast-enhanced urine in kidneys.

экскреторной функции правой почки – ее вклад в общую экскреторную функцию составляет от 27 до 43%. Проведенная динамическая нефросцинтиграфия показала следующий процентный вклад почек в общую экскреторную функцию: левой – 62%, правой – 38%, что также соответствует умеренному снижению экскреторной функции правой почки.

Заключение.

Предложен способ визуальной оценки раздельной функции почек, основанный на балльной системе, позволяющий определить степень ее нарушения при проведении стандартной компьютерной томографии без применения дополнительных диагностических методик, при отсутствии специализированных рабочих станций и с минимальными временными затратами.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Levey A.S., Stevens L.A., Schmid C.H. New Equation to Estimate Glomerular Filtration Rate. Ann Intern Med. 2009. 5;150(9):604–612. doi: 10.7326/0003-4819-150-9-200905050-00006

2. Antony MB, Anari PY, Gopal N, Chaurasia A, Firouzabadi FD, Homayounieh F, Kozel Z, Gautam R, Gurram S, Linehan WM, Turkbey EB, Malayeri AA, Ball MW. Preoperative Renal Parenchyma Volume as a Predictor of Kidney Function Following Nephrectomy of Complex Renal Masses. Eur Urol Open Sci. 2023 Sep 29;57:66-73.

3. Rathi N, Attawettayanon W, Yasuda Y, Lewis K, Roversi G, Shah S, Wood A, Munoz-Lopez C, Palacios DA, Li J, Abdallah N, Schober JP, Strother M, Kutikov A, Uzzo R, Weight CJ, Eltemamy M, Krishnamurthi V, Abouassaly R, Campbell SC. Point of care parenchymal volume analyses to estimate split renal function and predict functional outcomes after radical nephrectomy. Sci Rep. 2023 Apr 17;13(1):6225.

4. Shi W., Liang X., Wu N., Zhang H. at all. Assessment of Split Renal Function Using a Combination of Contrast-Enhanced CT and Serum Creatinine Values for Glomerular Filtration Rate Estimation. AJR Am J Roentgenol 2020 Jul;215(1):142-147. https://doi.org/10.2214/ajr.19.22125).

5. Громов А.И., Доморовская Я.С., Сивков А.В., Просянников 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

6. 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. №28-2023. Патент на изобретение №2804579.

7. Аляев Ю.Г, Н.К. Дзеранов, С.Б. Хохлачев, В.В. Борисов, Д.Н. Фиев, Ю.Л. Демидко, А.В. Проскура, М.В. Юрова. Новый метод оценки раздельной функции почек на основании данных мультиспиральной компьютерной томографии с контрастированием. Урология. 2018.2.26-33. https://doi.org/10.18565/urology.2018.2.26-33.

8. Kutikov A., Uzzo R.G. The R.E.N.A.L. nephrometry score: a comprehensive standardized system for quantitating renal tumor size, location and depth. J Urol. 2009. Sep; 182(3): 844-53. doi: 10.1016/j.juro.2009.05.035.

9. Учеваткина П.В., Быченко В.Г., Кулабухова Е.А., Лужина И.А., Шмаков Р.Г. Система унифицированного подхода к интерпретации магнитнорезонансной томографии при диагностике патологического прикрепления плаценты "MAPI-RADS" (morbidly adherent placenta imaging reporting and data system). REJR. 2021; 11(1):174-190. DOI: 10.21569/2222-7415-2021-11-1-174-190.

References:

1. Levey A.S., Stevens L.A., Schmid C.H. New Equation to Estimate Glomerular Filtration Rate. Ann Intern Med. 2009. 5;150(9):604–612. doi: 10.7326/0003-4819-150-9-200905050-00006

2. Antony MB, Anari PY, Gopal N, Chaurasia A, Firouzabadi FD, Homayounieh F, Kozel Z, Gautam R, Gurram S, Linehan WM, Turkbey EB, Malayeri AA, Ball MW. Preoperative Renal Parenchyma Volume as a Predictor of Kidney Function Following Nephrectomy of Complex Renal Masses. Eur Urol Open Sci. 2023 Sep 29;57:66-73.

3. Rathi N, Attawettayanon W, Yasuda Y, Lewis K, Roversi G, Shah S, Wood A, Munoz-Lopez C, Palacios DA, Li J, Abdallah N, Schober JP, Strother M, Kutikov A, Uzzo R, Weight CJ, Eltemamy M, Krishnamurthi V, Abouassaly R, Campbell SC. Point of care parenchymal volume analyzes to estimate split renal function and predict functional outcomes after radical nephrectomy. Sci Rep. 2023 Apr 17;13(1):6225.

4. Shi W., Liang X., Wu N., Zhang H. at all. Assessment of Split Renal Function Using a Combination of Contrast-Enhanced CT and Serum Creatinine Values for Glomerular Filtration Rate Estimation. AJR Am J Roentgenol 2020 Jul;215(1):142-147. https://doi.org/10.2214/ajr.19.22125).

5. Gromov AI, Domorovskaya Ya.S., Sivkov AV, Prosyannikov MY, Voytko DA, Kaprin AD, Alekseev BY, Apolikhin OI. Possibility of determining the percentage of the kidneys' contribution to excretory function. Preliminary results. Medical Visualization. 2025;29(1):71-79. https://doi.org/10.24835/1607-0763-1507 (in Russian).

6. Kaprin A.D., Alekseev B. Ya., Apolikhin O.I., Sivkov A.V., Gromov A.I., Prosyannikov M.Yu., Voitko D.A., Domorovskaya Ya.S. Method for determining the percentage of the kidneys' contribution to the excretory function. Inventions and utility models. Official Bulletin of the Federal Service for Intellectual Property. No. 28-2023. Patent for invention No. 2804579 (in Russian).

7. Alyaev Yu.G., N.K. Dzeranov, S.B. Khokhlachev, V.V. Borisov, D.N. Fiev, Yu.L. Demidko, A.V. Proskura, M.V. Yurova. A new method for assessing individual renal function based on contrast-enhanced multislice computed tomography data. Urology. 2018.2.26-33. https://doi.org/10.18565/urology.2018.2.26-33 (in Russian).

8. Kutikov A., Uzzo R.G. The R.E.N.A.L. nephrometry score: a comprehensive standardized system for quantitating renal tumor size, location, and depth. J Urol. 2009. Sep; 182(3): 844-53. doi: 10.1016/j.juro.2009.05.035.

9. Uchevatkina P.V., Bychenko V.G., Kulabukhova E.A., Luzhina I.A., Shmakov R.G. A unified approach to the interpretation of magnetic resonance imaging in the diagnosis of pathological placenta attachment "MAPI-RADS" (morbidly adherent placenta imaging reporting and data system). REJR. 2021; 11(1):174-190. DOI: 10.21569/2222-7415-2021-11-1-174-190 (in Russian).