

УДК 616.61-072.7
ББК 53.642

Ю.Ю. ШКУРАТОВА, Т.Г. МОРОЗОВА

ОБОСНОВАНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ПОЧЕК ПАЦИЕНТАМ В КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЯХ

Ключевые слова: диффузионно-взвешенные изображения, ASL-перфузия, магнитно-резонансная томография, острое повреждение почек, острая почечная недостаточность.

Острое повреждение почек является серьезной проблемой интенсивной терапии и здравоохранения в целом.

Цель исследования – определить возможности и обосновать целесообразность выполнения диффузионно-взвешенных изображений и ASL-перфузии в оценке морфофункциональных нарушений почек у пациентов в критических состояниях.

Материал и методы. 101 пациенту с диагнозом «Острое повреждение почек» на базе ОГБУЗ «Городская клиническая больница № 1» (г. Смоленск) проведена магнитно-резонансная томография почек и органов забрюшинного пространства с применением диффузионно-взвешенных изображений и ASL-перфузии. Данные аутопсийного материала почек умерших пациентов ($n = 32$) сравнивались с прижизненными показателями диффузионно-взвешенных изображений и ASL-перфузии. Группу контроля составили 54 добровольца без патологии мочеполовой системы.

Результаты. Все пациенты по результатам магнитно-резонансной томографии были распределены на три группы. В 1-ю группу ($n = 48$) включены пациенты, у которых получены следующие результаты: качественно нет ограничения диффузии, измеряемый коэффициент диффузии = $1,89-2,1 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, ASL-перфузия $\leq 469 \text{ мл}/100\text{г}/\text{мин}$. Во 2-й группе ($n = 31$) получены результаты: качественно – нет ограничения диффузии, измеряемый коэффициент диффузии = $1,89-2,1 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$, ASL-перфузия $\geq 470 \text{ мл}/100\text{г}/\text{мин}$. В 3-й группе ($n = 22$) отмечалось наличие ограничения диффузии, измеряемый коэффициент диффузии $< 1,79 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$. Проведение ASL-перфузии в данной группе пациентов не требовалось, результаты были ложноположительными.

Выводы. Магнитно-резонансная томография почек с применением диффузионно-взвешенных изображений и ASL-перфузии позволяет определить морфофункциональные нарушения почек без применения инвазивных методик, а также прогнозировать исход в каждой группе пациентов.

Введение. Острое повреждение почек (ОПП) остается глобальной проблемой неотложной медицины, сопровождается высокой летальностью, особенно в группе пациентов, нуждающихся в заместительной почечной терапии, нередко приводит к развитию хронической болезни почек и неблагоприятным отдаленным результатам; лечение требует значительных финансовых затрат [6, 9]. По данным многонационального исследования АКІ-ЕРІ, в отделениях реанимации и интенсивной терапии ОПП развивается в 57,3% случаев, с госпитальной летальностью – 26,9%, с формированием хронической болезни почек (ХБП) – 47,7% [9, 10]. С каждым годом наблюдается тенденция к росту летальности ввиду ряда причин, таких как несвоевременная диагностика, поздно начатое лечение и трудности в дифференцировке причинного фактора формирования ОПП [4, 9]. Несвоевременная диагностика связана с некоторыми недостатками имеющегося диагностического минимума. Скорость клубочковой фильтрации (СКФ) является единственным общедоступным лабораторным маркером почечной дисфункции, но ее трудно измерить, и поэтому расчет производится по эндогенным маркерам фильтрации в сыворотке крови и чаще всего по креатинину [6]. При этом необходимо отметить, что оценка тяжести

почечной патологии исключительно по значению уровня креатинина в сыворотке недостаточна, так как концентрация этого метаболита зависит не только от СКФ, но и от других независимых факторов, в частности таких, как возраст, пол, раса, размер тела, диета и метод определения креатинина. Также общеизвестно, что креатинин в сыворотке крови начинает увеличиваться значительно позже уже имеющегося факта острого повреждения [3]. Инструментальные методы, например доплерографическое исследование почек, также имеют свои недостатки: ввиду физиологических особенностей, специфики укладки пациента в функциональной кровати (прон-позиция), могут быть трудности визуализации в условиях реанимации. Биопсия почки является золотым стандартом диагностики острого и хронического повреждения почек, но ввиду инвазивности метода и высокого риска осложнений при проведении манипуляции все больше пациентов либо их законных представителей отказываются от данной процедуры [1]. Поэтому необходимо найти такой альтернативный неинвазивный диагностический метод, который бы позволил оценить гистологическую картину органа, дал оценку функциональных характеристик с возможностью своевременной коррекции лечения.

Цель исследования – определить значимость диффузионно-взвешенных изображений и ASL-перфузии в оценке морфофункциональных нарушений почек у пациентов в критических состояниях.

Материалы и методы. На базе ОГБУЗ «Городская клиническая больница № 1» города Смоленска в отделениях реанимации и интенсивной терапии исследован 101 пациент с установленным диагнозом «Острое повреждение почек». Всем пациентам проводилась магнитно-резонансная томография (МРТ) на аппарате Toshiba, Vantage Titan, 1,5 Тл с 16-канальной абдоминальной катушкой, с последующим ее размещением на переднюю брюшную стенку, в месте проекции почек, при горизонтальном положении больного на спине. При диффузионно-взвешенных изображениях (ДВИ) оценивался b-фактор 1000, при ASL-перфузии поле обзора охватывало зону обеих почек с применением импульсных последовательностей: 3D-ASL T1 1800, 3D ASL T1 2600 с последующим постпроцессинговым изучением результатов. Всем пациентам проводилось ультразвуковое исследование мочеполовой системы, оценивалась скорость клубочковой фильтрации. Данные аутопсийного материала почек умерших пациентов ($n = 32$) сравнивались с прижизненными показателями ДВИ и ASL-перфузии в каждой исследуемой группе, если МРТ было проведено не позднее 48 ч до момента наступления смерти (на основании минимального времени нарастания уровня эндогенного креатинина по критериям KDIGO) [5]. Интервал более двух суток между проведением последнего исследования МРТ и гистологическими данными не применялся ввиду недостоверности сравниваемых критериев ($r = 0,218$). На основании полученных результатов МРТ все пациенты были распределены на три группы. С целью стандартизации изучаемых критериев исследовано 54 здоровых добровольца, включенных в группу контроля. Стандартное гистологическое исследование проводилось с помощью алгоритма для оценки нефробиоптата. Оценивались клубочковый аппарат и тубулоинтерстициальная зона. Материал фиксировали 10%-м нейтральным формалином, обезвоживали в ацетон-ксилоловой батарее и заливали в парафин. Депарафинизированные срезы толщиной 3–5 мкм окрашивали гематоксилин-эозином, пикрофуксиновой смесью. Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием пакета прикладных программ Jamovi 2.3.3 (официальный сайт разработчиков www.jamovi.org). Проверка соответствия

распределения количественных признаков нормальному распределению проводилась с помощью равенства генеральных совокупностей F-критерия Фишера. Для всех показателей в исследуемых группах также вычисляли медиану (Me), моду (Mo), минимум и максимум значений, межквартильный размах. Нулевую гипотезу отвергали в случае $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение. В группе здоровых добровольцев получены следующие результаты: по ДВИ качественно – нет ограничения диффузии, измеряемый коэффициент диффузии (ИКД) $> 1,89 \times 10^{-3}$ мм²/с, ASL-перфузия > 469 мл/100г/мин. В 1-й группе ($n = 48$): нет ограничения диффузии, ИКД – $1,89–2,1 \times 10^{-3}$ мм²/с, ASL-перфузия ≤ 469 мл/100г/мин. Во 2-й группе ($n = 31$): нет ограничения диффузии, ИКД – $1,89–2,1 \times 10^{-3}$ мм²/с, ASL-перфузия ≥ 470 мл/100г/мин. В 3-й группе ($n = 22$): есть ограничение диффузии, ИКД $< 1,79 \times 10^{-3}$ мм²/с, ASL-перфузия не проводилась (в данной группе пациентов были получены ложноположительные результаты). Был проанализирован макро- и микроморфологический материал почек умерших пациентов. На рис. 1 продемонстрированы результаты аутопсийного материала пациентов с ОПП.

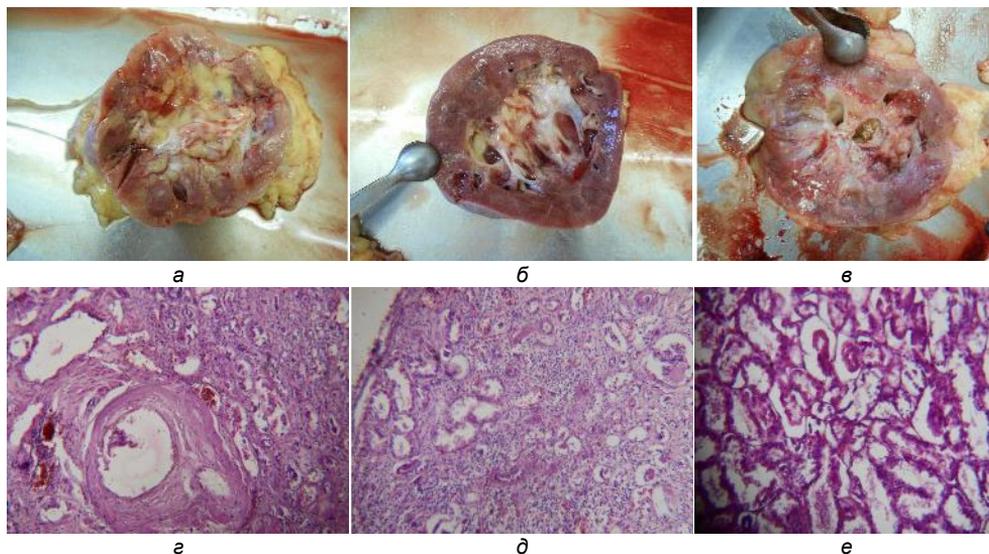


Рис. 1. Макро- и микроморфологический материал почек умерших пациентов:
 а, г – некротический нефроз, артериолосклероз; единичные сосудистые клубочки, гистологический материал, окраска гематоксилин-эозином, результирующее увеличение микроскопа: $\times 200$;
 б, д – четкая дифференциация коркового и мозгового слоя; лимфоидная инфильтрация, расширенные полнокровные сосуды, окраска гематоксилин-эозином, результирующее увеличение микроскопа: $\times 200$;
 в, е – некротические процессы в мозговом слое, микрокровоизлияния в корковом слое, признаки ишемизации, некроз эпителия канальцев почек, гистологический материал, окраска гематоксилин-эозином, результирующее увеличение микроскопа: $\times 200$

На рис. 2 представлены результаты МРТ и данных аутопсийного материала почек у пациента 3-й группы. Ввиду наличия истинного ограничения диффузии и низких показателей ИКД необходимости в проведении ASL-перфузии не было.

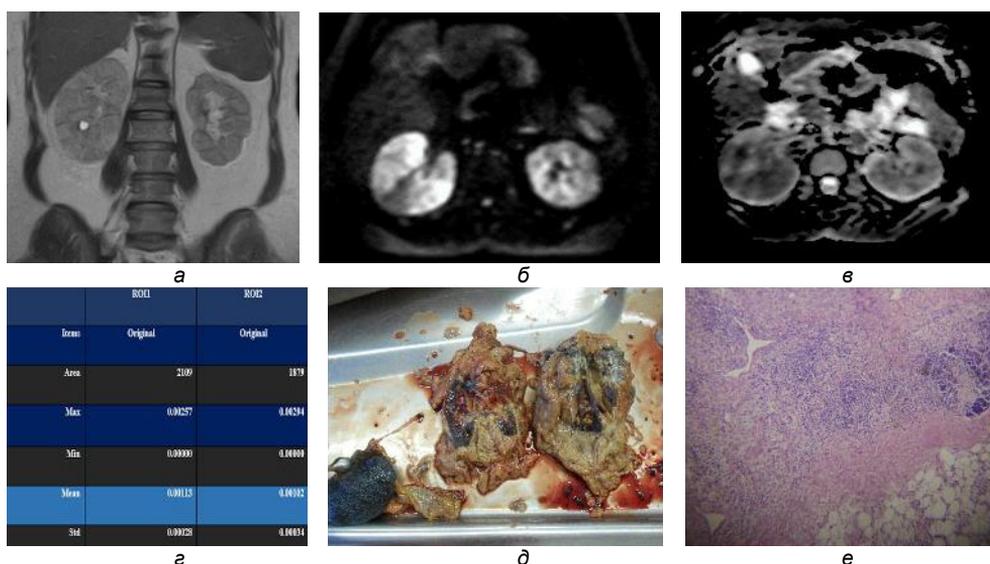


Рис. 2. Клинический пример. Пациент, 44 года, отравление наркотическими веществами:
 а – МРТ, корональный срез, T2 ВИ: правая почка: увеличена, ЧЛС деформирована, не расширена, контуры ровные, левая почка: увеличена, ЧЛС деформирована, расширена, контуры ровные;
 б, в – ДВИ, ИКД, качественная характеристика – признаки истинного ограничения диффузии;
 г – ИКД (mean), количественно – правая почка (ROI1): ИКД = $1,1 \times 10^{-3}$ мм²/с, левая почка (ROI2): ИКД = $1,2 \times 10^{-3}$ мм²/с;
 д – макроморфологический материал почек: некроз паренхимы, жировая инволюция;
 е – микроморфологический материал почек: некроз эпителия канальцев почек, перилюксаночное воспаление жировой клетчатки, гистологический материал, окраска гематоксилин-эозин, увеличение $\times 200$

На рис. 3 представлены показатели МРТ почек пациента, поступившего с диагнозом «Ишемический инсульт в вертебробазилярном бассейне, перифокальный отек, геморрагическая трансформация». Пациенту проводилась осмодиуретическая терапия, за время госпитализации показатели креатинина сыворотки крови, скорость клубочковой фильтрации были в пределах нормы. Смерть наступила от прогрессирования основной патологии.

В динамическом наблюдении за пациентами реанимационного отделения были установлены пороговые прогностические лучевые маркеры, которые позволили врачу-реаниматологу корректировать тактику ведения пациентов, устанавливать риск развития ОПП (таблица).

Характер полученных данных аутопсийного материала погибших пациентов говорит о том, что у выживших в исследуемых группах морфофункциональные процессы соответствовали результатам аутопсии ($r = 0,984$), что позволило своевременно корректировать проводимую терапию. Например, пациентам 3-й группы требовалось проведение гемодиализации, поскольку выраженное снижение клубочковой фильтрации, некроз канальцев резистентны к медикаментозной терапии, а объемная инфузия только усилит процесс некротизации за счет перегрузки объемом, активации ренин-ангиотензин-альдостероновой системы.

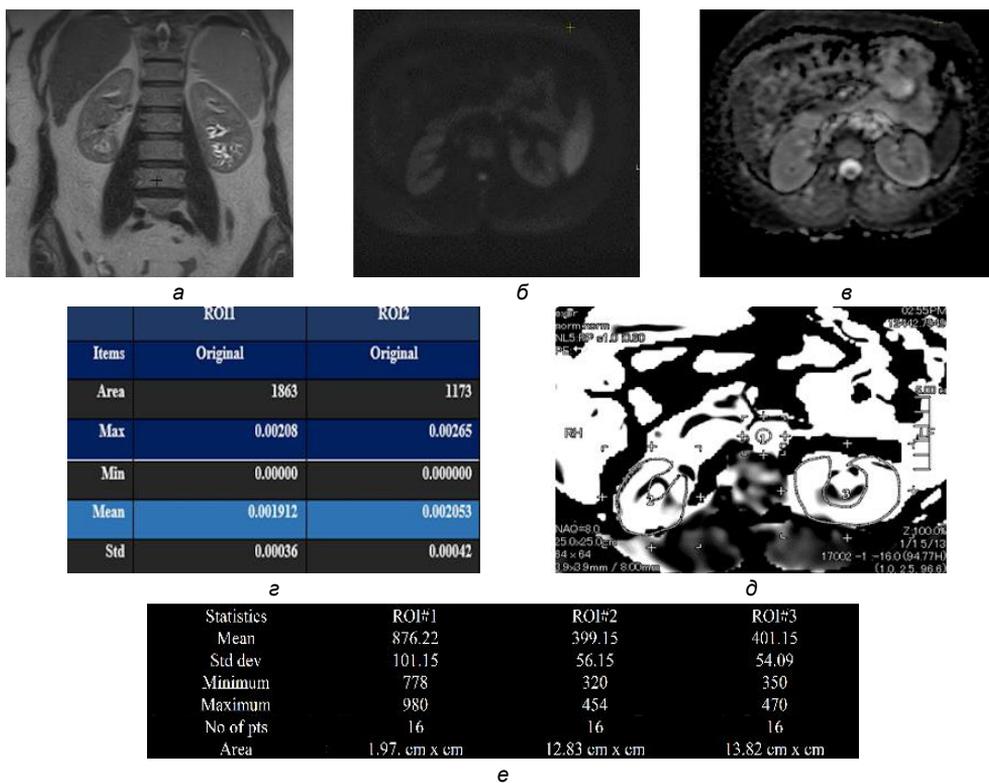


Рис. 3. Данные МРТ почек пациента 1960 г.р., основной диагноз – острое нарушение мозгового кровообращения в вертебробазиллярном бассейне:
 а – МРТ, корональный срез, T2 ВИ: правая почка: не увеличена, чашечно-лоханочная система деформирована, не расширена, контуры ровные, левая почка: не увеличена, ЧЛС деформирована, расширена, контуры ровные;
 б, в – ДВИ, ИКД, качественная характеристика – нет ограничения диффузии;
 г – ИКД, количественная характеристика: правая почка (ROI1): ИКД = $1,91 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$; левая почка (ROI2): ИКД = $2,1 \times 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{с}$; д – серошкала карта ASL-перфузии почек при МРТ (ROI1 – аорта, ROI2 – правая почка, ROI3 – левая почка);
 е – количественная карта ASL-перфузии, где правая почка – ROI2 = 399 мл/100г/мин, левая почка – ROI3 = 401мл/100г/мин

Прогностические лучевые маркеры риска развития ОПП у пациентов реанимационного отделения с возможной тактикой ведения и наблюдения

Группа пациентов	Лабораторные критерии	Исход	Мониторинг	Лечение
1-я	СКФ – норма. Креатинин сыворотки – норма	Будет ОПП	Каждые 12 ч	Улучшение кровоснабжения почек, улучшение сердечного выброса за счет восполнения объема циркулирующей крови
2-я	СКФ – норма или <60 мл/мин. Креатинин сыворотки – норма или повышен	Не будет ОПП	Каждые 24 ч	Поддержание баланса жидкости, электролитов
3-я	СКФ – норма или < 60 мл/мин. Креатинин сыворотки – норма или повышен	Будет ОПП, или есть ОПП, или летальный исход (в 3% случаев)	Каждые 6 ч	Консультация нефролога в первые часы пребывания в отделении реанимации/улучшение кровоснабжения почек, поддержание баланса жидкости и электролитов, адекватное питание, лечение инфекции/уремии

Спустя 6–12 месяцев в динамическом наблюдении у 33 (47,1%) пациентов 1-й и 3-й групп была установлена ХБП.

Применение МРТ почек позволяет диагностировать острое повреждение почек с оценкой морфофункциональных характеристик органа без проведения биопсии. В литературе имеется небольшое количество исследований морфологии, базирующихся на лучевых методах [8]. Работа об ультразвуковой оценке морфофункциональных характеристик почек у пациентов с геморрагической лихорадкой с почечным синдромом является более близкой к изучаемой нами проблеме. Но данное исследование применимо только для одной патологии [2]. Также имеются данные об изучении моделей прогнозирования, ориентированных на диагностику ОПП в послеоперационный период, при септических состояниях и в различных опытах [5, 7, 11, 12]. В данном случае необходим расширенный спектр лабораторных показателей, включающих как креатинин, мочевую кислоту, общий холестерин и триглицериды, так и уровень иммуноглобулинов, что для многих лечебных учреждений может быть недоступно. В нашем же исследовании статистический анализ показал универсальность применения МРТ для диагностики различных нозологий почечной патологии без необходимости применения дополнительных критериев.

Выводы. 1. Комплексная оценка ДВИ и ASL-перфузии позволяет оценить морфофункциональные нарушения почек без применения инвазивных методов исследования ($r = 0,988$). 2. Результаты ДВИ и ASL-перфузии почек определяют сроки динамического наблюдения и тактику лечения пациентов с ОПП в отделении реанимации. 3. Полученные результаты исследования МРТ почек способствуют прогнозированию развития, прогрессирования ОПП и формирования ХБП.

Литература

1. Арапова О.И., Родионов В.В., Шутков А.М. Проблема ранней диагностики острого повреждения почек у онкологических больных // Ульяновский медико-биологический журнал. 2014. № 1. С. 24–30.
2. Пат. 2231298 РФ, МПК А61В8/00. Неинвазивный способ прогнозирования разрывов почек при геморрагической лихорадке с почечным синдромом / Евсеев А.Н.; заявитель и патентообладатель. Дальневосточ. гос. мед. ун-т. № 2007139182/02; заявл. 09.04.2003; опубл. 27.06.2004, Бюл. № 18. 11 с.
3. Шанин В.Ю. Патофизиология критических состояний. 3-е изд. СПб.: ИП Маков М.Ю., 2021. 440 с.
4. Carol A., Shneider M., Friedli I. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging to assess diffuse renal pathology: a systematic review and statement paper. *Nephrol Dial Transplant*, 2018. vol. 33, pp. 29–40. DOI: 10.1093/ndt/gfy163.
5. Hueper K., Rong S., Gutberlet M. et al. T2 relaxation time and apparent diffusion coefficient for noninvasive assessment of renal pathology after acute kidney injury in mice: comparison with histopathology. *Invest Radiol.*, 2013, vol. 12, pp. 834–842. DOI: 10.1097/RLI.0b013e31829d0414.
6. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. *Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Acute Kidney Injury Work Group*, *Kidney inter*, 2012, 138 p.
7. Łagosz P., Biegus J., Urban S., Zymiński R. Renal Assessment in Acute Cardiorenal Syndrome. *Biomolecules*, 2023, vol. 2. DOI: 10.3390/biom13020239.
8. Mukherjee S, Bhaduri S, Harwood R, Murray P. et al. Multiparametric MRI based assessment of kidney injury in a mouse model of ischemia reperfusion injury. *Sci Rep.*, 2024. vol. 14, p. 19922. DOI: 10.1038/s41598-024-70401-x.
9. Srisavat N., Hoste E., Kellum J. Modern classification of acute kidney injury. *Blood purification*, 2010, vol. 29, pp. 300–307. DOI: 10.1159/000280099.
10. Susantitaphong P., Cruz DN., Cerda J. et al. Acute Kidney Injury Advisory Group of the American Society of Nephrology. World incidence of AKI: a meta-analysis. *Clin J Am Soc Nephrol.*, 2013, vol. 8, pp. 1482–1493. DOI: 10.2215/CJN.00710113.

11. Wilson FP., Shashaty M., Testani J. et al. Automated electronic alerts for acute kidney injury: a single-blind, parallel-group, randomized controlled trial. *Lancet*, 2015. vol. 385, pp. 1966–1974. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60266-5.

12. Zhiyan F., Jiamei J., Chen X. et al. Construction and validation of prognostic models in critically ill patients with sepsis-associated acute kidney injury: interpretable machine learning approach. *Journal of Translational Medicine*, 2023. vol. 21. DOI: 10.1186/s12967-023-04205-4.

ШКУРАТОВА ЮЛИЯ ЮРЬЕВНА – аспирантка кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом ДПО, Смоленский государственный медицинский университет, Россия, Смоленск (juliyamilosh@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0153-6040>).

МОРОЗОВА ТАТЬЯНА ГЕННАДЬЕВНА – доктор медицинских наук, заведующая кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии с курсом ДПО, Смоленский государственный медицинский университет, Россия, Смоленск, Россия (t.g.morozova@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4983-5300>).

Yuliya Yu. SHKURATOVA, Tatiana G. MOROZOVA

JUSTIFICATION OF PERFORMING MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF THE KIDNEYS IN PATIENTS IN CRITICAL CONDITIONS

Key words: diffusion-weighted images, ASL perfusion, magnetic resonance imaging, acute kidney injury, acute renal failure.

Acute kidney injury is a serious problem in intensive care and healthcare in general.

The aim of the study is to determine the opportunities and justify the expediency of performing diffusion-weighted images and ASL-perfusion in assessing morphofunctional renal disorders in patients in critical conditions.

Material and methods. 101 patients diagnosed with acute kidney injury on the basis of the RSFHF «City Clinical Hospital № 1» (the town of Smolensk) had magnetic resonance imaging of the kidneys and retroperitoneal organs performed using diffusion-weighted images and ASL-perfusion. The data obtained from the autopsy kidney material of deceased patients (n = 32) were compared with the lifetime indicators of diffusion-weighted images and ASL-perfusion. The control group consisted of 54 volunteers without pathology of the genitourinary system.

Results. According to the results of magnetic resonance imaging, all patients were divided into three groups. Group 1 (n = 48) included patients with the following results: there was no qualitative restriction of diffusion, the measured diffusion coefficient was $= 1.89-2.1 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, ASL-perfusion was $\leq 469 \text{ ml}/100\text{g}/\text{min}$. In the 2nd group (n = 31), the following results were obtained: qualitatively – there was no restriction of diffusion, the measured diffusion coefficient was $= 1.89-2.1 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, ASL-perfusion was $\geq 470 \text{ ml}/100\text{g}/\text{min}$. In the 3rd group (n = 22), the presence of diffusion restriction was noted, the measured diffusion coefficient was $< 1.79 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$. ASL-perfusion was not required in this group of patients, the results were false positive.

Conclusions. Magnetic resonance imaging of the kidneys using diffusion-weighted images and ASL-perfusion makes it possible to determine morphofunctional renal disorders without the use of invasive techniques, as well as to predict the outcome in each group of patients.

References

1. Arapova O.V., Rodionov V.V., Shutov A.M. *Problema rannei diagnostiki ostrogo povrejdeniya pochek u onkologicheskikh bolnyh* [The problem of early diagnosis of acute kidney injury in cancer patients]. *Ulyanovsky meditsynsky i biologichesky jurnal*, 2014, no. 1, pp. 24–30.

2. Evseev A.N. *Patent na izobretenie RU 2 231 298. Neinvazivnyi sposob prognozirovaniya razryvov pochek pri gemorragicheskoi lihoradke s pochechnym sindromom* [Non-invasive method for predicting renal ruptures in hemorrhagic fever with renal syndrome]. Patent RF, no. 2 231298, 2004.

3. Shanin V. Y. *Patofiziologiya kriticheskikh sostoyaniy* [The pathophysiology of critical illness]. 3rd ed. St. Petersburg, 2021, 440 p.

4. Carol A., Shneider M., Friedli I. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging to assess diffuse renal pathology: a systematic review and statement paper. *Nephrol Dial Transplant*, 2018. vol. 33, pp. 29–40. DOI: 10.1093/ndt/gfy163.

5. Hueper K., Rong S., Gutberlet M. et al. T2 relaxation time and apparent diffusion coefficient for noninvasive assessment of renal pathology after acute kidney injury in mice: comparison with histopathology. *Invest Radiol.*, 2013, vol. 12, pp. 834–842. DOI: 10.1097/RLI.0b013e31829d0414.

6. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Acute Kidney Injury Work Group, *Kidney inter*, 2012, 138 p.

7. Łagosz P., Biegus J., Urban S., Zymliński R. Renal Assessment in Acute Cardiorenal Syndrome. *Biomolecules*, 2023, vol. 2. DOI: 10.3390/biom13020239.

8. Mukherjee S., Bhaduri S., Harwood R., Murray P. et al. Multiparametric MRI based assessment of kidney injury in a mouse model of ischemia reperfusion injury. *Sci Rep.*, 2024. vol. 14, p. 19922. DOI: 10.1038/s41598-024-70401-x.

9. Srisavat N., Hoste E., Kellum J. Modern classification of acute kidney injury. *Blood purification*, 2010, vol. 29, pp. 300–307. DOI: 10.1159/000280099.

10. Susantitaphong P., Cruz DN., Cerda J. et al. Acute Kidney Injury Advisory Group of the American Society of Nephrology. World incidence of AKI: a meta-analysis. *Clin J Am Soc Nephrol.*, 2013, vol. 8, pp. 1482–1493. DOI: 10.2215/CJN.00710113.

11. Wilson FP., Shashaty M., Testani J. et al. Automated electronic alerts for acute kidney injury: a single-blind, parallel-group, randomized controlled trial. *Lancet*, 2015. vol. 385, pp. 1966–1974. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60266-5.

12. Zhiyan F., Jiamei J., Chen X. et al. Construction and validation of prognostic models in critically ill patients with sepsis-associated acute kidney injury: interpretable machine learning approach. *Journal of Translational Medicine*, 2023. vol. 21. DOI: 10.1186/s12967-023-04205-4.

YULIYA Yu. SHKURATOVA – Post-Graduate Student, Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy with a course of Additional Professional Education, Smolensk State Medical University, Russia, Smolensk (juliyamilosh@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0153-6040>).

TATIANA G. MOROZOVA – Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy with a course of Additional Professional Education, Smolensk State Medical University, Russia, Smolensk (t.g.morozova@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4983-5300>).

Формат цитирования: Шкуратова Ю.Ю., Морозова Т.Г. Обоснование выполнения магнитно-резонансной томографии почек пациентам в критических состояниях [Электронный ресурс] // *Acta medica Eurasica*. 2024. № 4. С. 14–21. URL: <http://acta-medica-eurasica.ru/single/2024/4/2>. DOI: 10.47026/2413-4864-2024-4-14-21.