

Анализ клинико-диагностических возможностей почечных биомаркеров визуализации по данным диффузионно-взвешенных изображений и ASL-перфузии

Ю. Ю. Шкуратова¹, Т. Г. Морозова^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Смоленск

²ОГБУЗ «Клиническая больница № 1» г. Смоленск

РЕЗЮМЕ

Острая почечная недостаточность – часто встречающееся у пациентов полиэтиологическое заболевание, которое требует быстрого терапевтического ответа во избежание прогрессирования состояния. Магнитно-резонансная томография почек (МРТ) улучшает понимание и оценку патологических процессов, дополняя информацию обязательного диагностического минимума при исследовании ренальной патологии.

Цель. Оценить клинико-диагностические возможности почечных биомаркеров визуализации по данным диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) и ASL – перфузии для пациентов реанимационного отделения.

Материалы и методы. На базе ОГБУЗ «Клиническая больница № 1», г. Смоленск обследовано 54 пациента, находящихся на стационарном лечении и отделении реанимации. Всем больным проведено УЗИ почек с оценкой кровотока по основным почечным сосудам, МРТ почек с включением в протокол исследования ДВИ и ASL – перфузии. МРТ проведено с оценкой b – фактора 800 при ДВИ и дальнейшим построением карты измеряемого коэффициента диффузии (ИКД), при проведении ASL – перфузии поле обзора охватывало зону паренхим обеих почек. Референтный метод – скорость клубочковой фильтрации (СКФ) для всех больных. Контрольная группа представлена здоровыми лицами (n=59). Согласие на участие в исследовании получено от пациентов или их законных представителей. Все стадии исследования соответствуют нормативной и регламентирующей документации Минздрава России.

Результаты. Отмечается достоверная разница по данным ИКД почек при прerenальных причинах развития ОПН, по данным ASL – перфузии – при ренальных причинах. У 9 (16,7%) больных ИКД почек составил $1,5 \pm 0,3$ мм²/сек, ASL – перфузия – ≤ 249 мл/100г/мин, в сравнении с контрольной группой. В данной группе в течении недели отмечена отрицательная динамика, имеющая прямую корреляционную связь с данными лучевых биомаркеров почек ($r=0,965$).

Заключение. Критерии ДВИ и ASL – перфузии почек позволяют заподозрить или подтвердить причину развития ОПН. Установлена высокая корреляционная связь с лабораторными критериями ($r=0,998$), с органическим повреждением почек ($r=0,901$). Данные биомаркеры позволяют прогнозировать период продолжающегося действия фактора, вызывающего ОПН, т.е. I стадию (AUROC 0,995, DI 0,867–0,999).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: магнитно-резонансная томография, диффузионно-взвешенные изображения (ДВИ) почечной паренхимы, ASL – перфузия почек, острая почечная недостаточность.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Analysis of the clinical diagnostic capabilities of kidney imaging biomarkers based on diffusion-weighted imaging and ASL-perfusion data

Yu. Yu. Shkuratova¹, T. G. Morozova^{1,2}

¹Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia

²Clinical Hospital № 1, Smolensk, Russia

SUMMARY

Acute kidney failure is a polyetiological disease that is often occurs in patients, which requires a rapid therapeutic response to avoid progression of the condition. Magnetic resonance imaging of the kidneys (MRI) improves the understanding and assessment of pathological processes, supplementing the mandatory diagnostic minimum information in the study of kidney pathology.

Objective. To evaluate the clinical diagnostic capabilities of kidney imaging biomarkers using diffusion-weighted imaging (DWI) and ASL-perfusion data for intensive care unit patients.

Materials and methods. At the first Clinical Hospital in Smolensk 54 patients were examined who were inpatient treatment and in the intensive care unit. All patients underwent ultrasound examination of the kidneys with assessment of blood flow in the main kidney vessels, MRI of the kidneys, with DWI of the kidney parenchyma and ASL-perfusion included in the study protocol. MRI was carried with assessed b-factor 800 and was drawn apparent diffusion coefficient (ADC) maps. When carried ASL perfusion, the field of view covered the area of the parenchyma of both kidneys. The reference method was glomerular filtration rate for all of the patients. The control group was represented by healthy people (n=59). Consent to participate in the study was obtained from patients or their legal representatives. All stages of the study comply with the normative and regulatory documentation of Ministry of Health of the Russian Federation.

Results. It was concluded that there is a significant difference in ADC for prerenal causes and in ASL for renal causes. In 9 (16.7%) patients, kidney ADC was 1.5 ± 0.3 mm²/sec, ASL – perfusion – ≤ 250 ml/100g/min, compared with the control group. In this group, negative dynamics were observed within a week, negative laboratory dynamics correlates with radiation-based kidney biomarkers ($r=0,965$).

Conclusion. The criteria of DWI and ASL-perfusion allow us to suspect or confirm the cause of acute kidney failure. A high correlation has been established between radiation biomarkers and laboratory criteria of functional damages ($r=0,998$), direct correlation between imaging biomarkers and organic kidney disease ($r=0,901$). These biomarkers make it possible to predict the first stage of acute kidney failure (AUROC 0,995, DI 0,867–0,999).

KEYWORDS: Magnetic Resonance Imaging, diffusion-weighted imaging (DWI) of the kidney parenchyma, ASL-perfusion, acute kidney failure.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Введение

Многие патологические изменения при заболеваниях почек, включающие функциональные и структурные нарушения, или факторы, способствующие изменениям, в почечных структурах могут быть оценены методами магнитно-резонансной томографии. Наиболее частыми непосредственными причинами острой почечной недостаточности (ОПН) являются: низкая объемная скорость кровотока по почечным артериям, острая деструкция клубочков, повреждение канальцев нефронов и интерстиция почек, механическое препятствие оттоку канальцевой жидкости и мочи на уровне мочевыводящих путей [1, 2]. С клинических позиций ОПН является чрезвычайно опасным состоянием, которое требует немедленных и радикальных лечебных мероприятий [1, 3]. При определенных ситуациях активируется достаточно сложная система патогенетических связей, которая приводит к повреждению собственно почечной ткани, а также других органов и систем. Вышесказанное является основой концептуальной модели ОПН, которая при наличии причин и факторов риска предусматривает переход от «нормы» до возможного летального исхода. Этот переход осуществляется через ряд этапов, многие из которых являются потенциально обратимыми [2]. Заболевания почек – сложный процесс, который включает в себя несколько стадий. Потерю физиологической регуляции и взаимодействия между поврежденными клетками и окружающими тканями [1, 4, 5]. На современном этапе активного внедрения лучевых высокотехнологичных методов в структуре неотложной медицины неинвазивные и количественные технологии визуализации, при дополнительном их гибридном использовании и анализе позволят ответить не только на вопросы анатомической составляющей, но и оценить максимальное количество функциональных критериев [4, 6]. Несомненно, что МРТ почек улучшает понимание и оценку патологических процессов, дополняя информацию, получаемую при обычных тестах, которые входят в обязательный диагностический минимум [7]. Интерес к возможностям комплексной оценки диффузионно-взвешенных изображений и ASL – перфузии почек вызван тем, что вазоконстрикция, вплоть до спазма приносящих артериол клубочков, является одним из звеньев патогенеза и последующим фактором преренальной почечной недостаточности, приводящим к гиповолемии [8, 9]. Следовательно, необходимо понять, какая из методик наиболее быстро ответит на вопрос об имеющихся изменениях.

Методика

На базе ОГБУЗ «Клиническая больница № 1», г. Смоленска обследовано 54 пациента, которые находились на стационарном лечении и отделении реанимации. Структура клинических форм представлена в *таблице 1*.

Всем больным проведено УЗИ почек с оценкой кровотока по основным почечным сосудам, данные за ишемию коркового слоя получены у 22 (40,1 %) больных. В стационаре 23 (42,6 %) больным проведена МРТ почек, с включением в протокол исследования ДВИ и ASL – перфузии. Перед поступлением в отделение реанимации оставшимся больным врачебным консилиумом принято решение о проведении ДВИ и ASL – перфузии почек. МРТ проведено на 1,5Тл аппарате (Toshiba, Vantage Titan), при использовании 16-канальной абдоминальной катушки. При проведении ДВИ почек оценивали b – фактор 800, при проведении ASL – перфузии поле обзора охватывало зону паренхим обеих почек. С последующей постпроцессинговой обработкой результатов. Референтным методом являлось оценка скорости клубочковой фильтрации для всех больных при поступлении в стационар, в условиях реанимационного отделения, затем на этапе стационарного наблюдения. Контрольная группа была представлена здоровыми лицами (n=59), с целью определения нормальными почечными критериями по данным ДВИ и ASL – перфузии. Статистическая обработка результатов осуществлялась с использованием пакета Statistica 8.0, оценивался независимый t – критерий; для оценки диагностической и прогностической значимости почечных биомаркеров визуализации проводился ROC – анализ.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе были проанализированы результаты ДВИ почек и ASL – перфузии у стационарных больных, до перевода в отделение реанимации (n=23). Установлено, что у 19 больных креатинин сыворотки скорости клубочковой фильтрации по клиренсу креатинина, объем мочи (мл/ч) были в пределах нормы, у 3 больных – незначительные изменения. При анализе результатов у 31 пациента в отделении реанимации в 15 случаях повышение уровня сывороточного креатинина в 1,5 раза от нормы, у 13 – в 2,4 раза выше исходного, у 3 больных – трехкратное повышение. Всем пациентам параллельно с лабораторными данными проведена МРТ почек (*табл. 2*).

Таблица 1
Структура клинических форм, в зависимости от причинных факторов ОПН (n=54)

Клинические причины ОПН	Пол		Всего (абс., %)	Возраст
	Муж., абс., %	Жен., абс., %		
Острое нарушение мозгового кровообращения	4 (11,4)	7 (36,8)	11 (20,3)	55±9,5
Кардиогенный шок	5 (14,3)	2 (10,4)	7 (12,9)	
Синдром быстро прогрессирующего гломерулонефрита	3 (8,6)	1 (5,6)	4 (7,4)	
Выраженная застойная сердечная недостаточность	9 (25,7)	6 (31,5)	15 (27,8)	
Ишемия почечной ткани	12 (34,3)	3 (15,7)	15 (27,8)	
Панкреатит	2 (5,7)	-	2 (3,8)	
Всего	35 (64,8)	19 (35,2)	54 (100)	

Таблица 2
Результаты ДВИ и ASL – перфузии почек в зависимости от причины ОПН (n=45)

Причина ОПН	ДВИ		ASL – перфузия, мл/100 г/мин
	Количественная оценка (ИКД)	Качественная оценка	
Преренальная причина	1,5±0,3 мм ² /с*	Ограничение диффузии	≥250 мл/100 г/мин
Ренальная причина	3,9±1,1 мм ² /с*	Нет ограничения диффузии	≤249 мл/100 г/мин *
Контрольная группа	4,8±0,1 мм ² /с	Нет ограничения диффузии	450±23,4 мл/100 г/мин

Примечание: * по сравнению с контрольной группой – p < 0,05.

Исходя из представленных результатов был сделан вывод о том, что отмечается достоверная разница по данным ИКД почек при преренальных причинах развития ОПН, по данным ASL – перфузии – при ренальных причинах. При проведении последующего корреляционного анализа было установлено, что отмечается высокая корреляционная связь вышеуказанных лучевых биомаркеров почек с лабораторными критериями функциональных нарушений ($r=0,998$). В течение недели, на фоне проводимой нефропротективной, дезинтоксикационной терапии, отмечена положительная клиничко-лабораторная и лучевая картина. У 9 (16,7%) больных ИКД почек составил $1,5\pm0,3$ мм²/сек, ASL – перфузия – ≤ 249 мл/100г/мин, $p < 0,05$ в сравнении с контрольной группой. В данной группе в течение недели отмечена отрицательная динамика, на фоне ежедневной коррекции терапии у 7 (77,8%) больных динамика положительная, через 3 недели у 2 (3,7%) больных зафиксирован летальный исход. Отрицательная лабораторная динамика в представленной группе имела прямую корреляционную связь с данными лучевых биомаркеров почек ($r=0,965$). На основании полученных результатов лабораторных методов исследования, данных аутопсийного материала, был сделан вывод о прямой взаимосвязи почечных биомаркеров визуализации с органическим повреждением почек ($r=0,901$). В динамическом наблюдении за больными, через 1,5 месяца, на фоне нормальных значений лабораторных критериев у 19 (36,5%) пациентов сохранялись изменения почечных биомаркеров визуализации, 15 (28,8%) больных были повторно госпитализированы через 2 месяца, с имеющимися изменениями СКФ. Таким образом, был сделан вывод о том, что почечные биомаркеры визуализации, которые включали ДВИ и ASL – перфузию позволяют прогнозировать период продолжающегося действия фактора, вызывающего ОПН, т.е. I стадию (AUROC 0,995, ДИ 0,867–0,999). У 5 (9,6%) больных через 3 месяца были зафиксированы изменения по данным ДВИ и ASL – перфузии почек, при СКФ в пределах нормы, это позволило своевременно провести нефропротективную терапию, назначить индивидуальный алгоритм ведения пациентов, избежать развития последующих осложнений. Как указывает Кишкун А. А. (2019), что скорость клубочковой фильтрации является общепризнанным показателем, который наиболее точно характеризует функциональное состояние почек у здоровых лиц и при различных заболеваниях [1]. Но также автор отмечает, что сложно измерить СКФ, оценивая её

по уровню эндогенных маркеров фильтрации в сыворотке крови. Автор указывает, что объем выделенной мочи является достаточно чувствительным показателем функций почек, биомаркером канальцевого повреждения, но взаимосвязь между объемом мочи, СКФ и канальцевым повреждением сложна: олигурия может быть более выраженной при сохраненной функции канальцев. В нашем исследовании представлены результаты ДВИ и ASL – перфузии почек, по данным которых у врача любой специальности есть возможность заподозрить изменения на максимально ранних сроках, до момента появления нарушения в лабораторных данных. В своей работе Wang F., Otsuka T. и соавт. (2022) акцентируют внимание на том, что функциональные, молекулярные и клеточные изменения предшествуют анатомическим нарушениям, это играет важную роль в понимании патогенеза течения заболевания почек [10]. В представленном исследовании указаны клиничко-диагностические возможности почечных биомаркеров визуализации в ранней диагностике функциональных нарушений, что позволяет в быстрые сроки провести коррекцию и индивидуальный мониторинг за больными.

Выводы

1. Критерии ДВИ и ASL – перфузии почек позволяют заподозрить или подтвердить причину развития ОПН.
2. Установлена высокая корреляционная связь лучевых биомаркеров почек с лабораторными критериями функциональных нарушений ($r=0,998$), прямая взаимосвязь почечных биомаркеров визуализации с органическим повреждением почек ($r=0,901$).
3. Почечные биомаркеры визуализации, которые включали ДВИ и ASL – перфузию позволяют прогнозировать период продолжающегося действия фактора, вызывающего ОПН, т.е. I стадию (AUROC 0,995, ДИ 0,867–0,999).

Список литературы / References

1. Кишкун А. А. Диагностика неотложных состояний: руководство для специалистов клиничко-диагностический лаборатории и врачей-клиницистов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 736 с.
2. Kishkun A. A. Diagnostika neotlozhnykh sostoyaniy: rukovodstvo dlya specialistov kliniko-diagnosticheskoy laboratoriy i vrachej-klinitsistov. Diagnosis of emergency conditions: a guide for specialists in clinical diagnostic laboratories and clinicians. – Moscow. GOETAR-Media, 2019. – 736 p. (in Russian)
3. Шилова Е. М. Нефрология. Клинические рекомендации / под ред. Е. М. Шилова. А. В. Смирнова, Н. А. Козловской. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 856 с.
4. Shilov E. M. Nephrologiya. Klinicheskie rekomendatsii / Pod red. E. M. Shilova. A. V. Smirnova, N. A. Kozlovskoy. – Moscow. GOETAR-Media, 2020. – 856 p. (in Russian)
5. Шанин В. Ю. Патопизиология критических состояний. – СПб.: ИП Макаров М. Ю., 2021. – 3-е изд. – 440 с.

- Shanin V. Y. Patofysiologiya kriticheskikh sostoyaniy. Pathophysiology of critical illness. – Saint Petersburg: IP Makov M. Y., 2021–2-e izd. – 440 p. (in Russian)
4. Салашный Г. И., Белошецкий В. А. Способ ранней диагностики острой почечной недостаточности различной этиологии / под ред. Г. И. Салашного // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2010. – № 3. – С. 697–700.
- Salashnyy G. I., Beloshevskiy V. A. Sposob ranneo diagnostiki ostroj pochechnoy nedostatochnosti razlichnoy etiologii / Pod red. G. I. Salashnogo // Systemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskih sistemah. Method for early diagnosis of acute kidney failure. – 2010. – N 3. – P. 697–700. (in Russian)
5. National Kidney Foundation. K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification // American Journal of Kidney Diseases. – 2002. – V. 39, N 2. P. 1–266.
6. Морозова Т. Г., Симакина Е. Н. ASL-перфузия печени при магнитно-резонансной томографии у пациентов с вирусными гепатитами // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. – 2020. – Т. 19, № 3. – С. 112–116.
- Morozova T. G., Simakina E. N. Vestnik Smolenskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii. Bulletin of the Smolensk State Medical Academy. – 2020. – V. 19, N 3. – P. 112–116. (in Russian)
7. Шкондин Л. А. Комплексная лучевая диагностика заболеваний почек: Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук. – ЛГМУ, 2005. – 175 с.
- Shkoldin L. A. Kompleksnaya lucheovaya diagnostika zabolevanij pochek (doctoral dis.). Complex radiodiagnosis of kidney diseases (Doctoral Thesis). – LSMU, 2014. – 175 p. (in Russian)
8. Zhao K., Seeliger E., Niendorf T., Liu Z. Noninvasive Assessment of Diabetic Kidney Disease with MRI: Hype or Hope? // 07.09.2023. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37675919/>
9. Wong E. C. An introduction to ASL labeling techniques // Journal of Magnetic Resonance Imaging. – 2014. – V. 40, N 1. – P. 1–10.
10. Wang F., Otsuka T., Adelnia F., Takahashi K., Takahashi T., etc. Multiparametric magnetic resonance imaging in diagnosis of long-term renal atrophy and fibrosis after ischemia reperfusion induced acute kidney injury in mice // NMR Biomed – 27.06.2022. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35704387/>
- Статья поступила / Received Получена 09.02.2024
после рецензирования / Revised 15.02.2024
Принята в печать / Accepted 01.03.2024

Сведения об авторах

Шкуратова Юлия Юрьевна, аспирант кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии¹. E-mail: juliyamilosh@yandex.ru

Морозова Татьяна Геннадьевна, д.м.н., зав. кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии¹, врач-рентгенолог². E-mail: t.g.morozova@yandex.ru

¹ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Смоленск

²ОГБУЗ «Клиническая больница № 1» г. Смоленск

Автор для переписки: Шкуратова Юлия Юрьевна. E-mail: juliyamilosh@yandex.ru

About authors

Shkuratova Yuliya Yu., postgraduate student at Dept of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy¹. E-mail: juliyamilosh@yandex.ru

Morozova Tatyana G., DM Sci (habil.), head of Dept of Radiation Diagnostics and Radiation Therapy¹, radiologist². E-mail: t.g.morozova@yandex.ru

¹Smolensk State Medical University, Smolensk, Russia

²Clinical Hospital № 1, Smolensk, Russia

Corresponding author: Shkuratova Yuliya Yu. E-mail: juliyamilosh@yandex.ru

Для цитирования: Шкуратова Ю. Ю., Морозова Т. Г. Анализ клинко-диагностических возможностей почечных биомаркеров визуализации по данным диффузионно-взвешенных изображений и ASL-перфузии. Медицинский алфавит. 2024; (5): 48–51. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-5-48-51>

For citation: Shkuratova Yu. Yu., Morozova T. G. Analysis of the clinical diagnostic capabilities of kidney imaging biomarkers based on diffusion-weighted imaging and ASL-perfusion data. Medical alphabet. 2024; (5): 48–51. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-5-48-51>

