

УДК 616.61-072.7

DOI 10.21661/r-561169

*Шкуратова Ю.Ю.,**Научный руководитель Морозова Т.Г.*

## **ДИФФУЗИОННО-ВЗВЕШЕННЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ASL-ПЕРФУЗИЯ ПРИ ПАТОЛОГИИ ПОЧЕК: ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ**

*Аннотация:* заболевания мочеполовой системы занимают пятое место в структуре общей заболеваемости по данным ВОЗ. Общепринятый диагностический критерий выделительной функции почек – креатинин, не отражает всей полноты картины заболевания и выявляется у пациентов с повреждением почек с запозданием, иные способы диагностики либо имеют противопоказания у данного пациента, либо неприменимы ввиду особенностей оснащения лечебного учреждения. В литературе имеются данные о применении МР-исследования при различных почечных патологиях, например, при выявлении опухолевого процесса. Многие изменения, происходящие в почках, могут быть оценены с помощью МРТ без использования контрастных веществ, включая в последовательность диффузионно-взвешенные изображения и ASL-перфузию. В данной статье рассмотрены возможности применения диффузионно-взвешенных изображений и ASL-перфузии в исследовании острого почечного повреждения и хронической болезни почек.

*Ключевые слова:* диффузионно-взвешенные изображения, почечная паренхима, измеряемый коэффициент диффузии, ASL-перфузия почек, почки.

*Цель исследования.* Оценить возможности диффузионно-взвешенных изображений и ASL-перфузии, как диагностических критериев почечного повреждения для пациентов с различной патологией терапевтического профиля, находящихся на лечении в отделении реанимации. Сравнить референтные значения критериев почечных маркеров визуализации для различных сопутствующих патологий.

*Материалы и методы исследования.* На базе ОГБУЗ «Клиническая больница №1», г. Смоленск за период 2022–2023 года было обследовано 135

пациентов с почечным повреждением, которые находились на стационарном лечении в пульмонологическом, неврологическом, гастроэнтерологическом, токсикологическом отделении и отделении гемодиализа, первую группу составили пациенты с ХБП различных стадий – 73 человека, во второй группе исследовались пациенты с ОПП – 62 человека. Контрольная группа включала 55 здоровых добровольцев. Всем больным проведена МРТ почек, с включением в протокол исследования диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) и ASL (arterial spinal labeling) – перфузии. МРТ проведено на аппарате Toshiba, Vantage Titan, 1,5 Тл. При проведении ДВИ почек оценивался b – фактор 800 с последующим построением карт измеряемого коэффициента диффузии (ИКД), при проведении ASL – перфузии поле обзора охватывало зону обеих почек. Проводилась пост-процессинговая обработка результатов МР – последовательностей. Референтным методом являлась оценка скорости клубочковой фильтрации для всех больных. Группа сравнения была представлена здоровыми лицами (n=55, 24,13%).

*Результаты.* При исследовании здоровых добровольцев были выявлены следующие показатели: при ASL – перфузии в почечных артериях более или равно 233 мл/100г/мин, при ДВИ: нет ограничения диффузии, черный цвет по паренхиме почек, ИКД равно  $4,8 \pm 0,1$  мм<sup>2</sup>/сек. Сделан вывод, что данные показатели можно отнести к рамкам нормы. У пациентов с острым и хроническим почечным повреждением показатели вариабельны.

*Выводы.* Для пациентов с острой почечной недостаточностью характерно варьирование показателей в зависимости от этиологического фактора, приведшего к нарушению ренальной функции, качественный и количественный показатель ДВИ и ASL-перфузия соответствуют патофизиологическому механизму формирования почечного повреждения. Для пациентов с хронической болезнью почек не выявлено статистически значимой разницы в показателях ДВИ и ASL-перфузии в сопоставлении с первопричинной патологией.

*Введение.* По данным ВОЗ, распространенность различной почечной патологии занимает пятое место в структуре общей заболеваемости человека. Для болезней почек характерен высокий уровень заболеваемости, затяжной характер

течения, высокая летальность, относительно низкая эффективность лечения при высокой стоимости, ранняя инвалидизация. По данным Ассоциации нефрологов и Научного общества нефрологов России, термин «острая почечная недостаточность» не рекомендуется к использованию в настоящий момент, поскольку, характеризует состояние выраженной дисфункции всех нефронов (соответствует 3-ей стадии острого повреждения почек), рекомендуем термин – острое почечное повреждение для начальных этапов развития патологии [2, 5]. Если же патологическое состояние развилось как следствие острого почечного повреждения, длившегося более 90 дней, либо является результатом воздействия повреждающих факторов, следует говорить о хронической болезни почек. В настоящее время нет четких маркеров почечного повреждения, которые выявлялись бы одновременно с возникновением ренальной патологии [3, 5]. Общепринятые маркеры, такие как мочевины и креатинин являются лишь критериями выделительной функции почек и выявляются значительно позднее, нежели возникло повреждение [4]. С целью диагностики почечного повреждения используют лабораторные и инструментальные методы исследования, такие как ультразвуковая доплерография, мультиспиральная компьютерная томография, магнитно-резонансная томография с контрастированием [2, 3, 5]. Но их применение либо ограничено возможностями стационара, либо не в полной мере отражает сущность повреждения и его причину, а также часто влекут за собой осложнения (применение контрастных препаратов). Многие патологические изменения, происходящие в почках, могут быть оценены с помощью МРТ без использования контрастных веществ, включая в последовательность диффузионно-взвешенные изображения и ASL – перфузию. ДВИ особенно чувствительны к изменениям в интерстиции почек, например при фиброзе, клеточной (воспалительной или опухолевой) инфильтрации или отеке [6].

*Цель исследования.* Оценить возможности диффузионно-взвешенных изображений и ASL – перфузии, как диагностических критериев почечного повреждения для пациентов с различной патологией терапевтического профиля, находящихся на

лечения в отделении реанимации. Сравнить референтные значения критериев почечных маркеров визуализации для различных сопутствующих патологий.

*Методика.* На базе ОГБУЗ «Клиническая больница №1», г. Смоленск за период 2022–2023 года было обследовано 135 пациентов с почечным повреждением, которые находились на стационарном лечении в пульмонологическом, неврологическом, гастроэнтерологическом, токсикологическом отделении и отделении гемодиализа, первую группу составили пациенты с ХБП различных стадий – 73 человека, во второй группе исследовались пациенты с ОПП – 62 человека. Контрольная группа включала 55 здоровых добровольцев. Распределение по группам представлено в таблице 1.

Таблица 1

Группы исследуемых пациентов

Исследуемая группа	Пол		Всего абс., %	Возраст
	Муж., абс., %	Жен., абс., %		
ХБП	38 (52,1)	35 (47,9)	73 (48,68)	61±9,7
ОПП	43 (69,4)	19 (30,6)	62 (27,19)	
Здоровые добровольцы	32(58,2)	23 (41,8)	55 (24,13)	
Всего	113 (59,5)	77 (40,5)	190(100)	

Всем больным проведена МРТ почек, с включением в протокол исследования диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) и ASL (arterial spinal labeling) – перфузии. МРТ проведено на аппарате Toshiba, Vantage Titan, 1,5 Тл. При проведении ДВИ почек оценивался b – фактор 800 с последующим построением карт измеряемого коэффициента диффузии (ИКД), при проведении ASL – перфузии поле обзора охватывало зону обеих почек. Проводилась постпроцессинговая обработка результатов МР – последовательностей. Референтным методом являлась оценка скорости клубочковой фильтрации для всех больных. Группа сравнения была представлена здоровыми лицами (n=55, 24,13%).

При анализе историй болезни пациентов с хронической болезнью почек производилась группировка по основным нозологиям, приведшим к формированию патологии, стадийность течения заболевания варьировала от С1 до С4, пациентов с

терминальной почечной недостаточностью среди исследуемых не было. Распределение пациентов по заболеваниям, осложнившимся ХБП, представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение пациентов первой группы в зависимости  
от этиологии ХБП (n=73)

Этиологический фактор	Пол		Всего абс.,%	Возраст
	Муж., абс., %	Жен., абс., %		
Хроническая сердечная недостаточность	12 (34,3)	17 (44,7)	28 (39,7)	63,3±7,7
Сахарный диабет	7 (20)	12 (31,6)	19 (26,0)	54,8±4,9
Цирроз печени	6(17,1)	6(15,8)	12(16,4)	55,7±4,1
Хронический гломерулонефрит	3(8,6)	-	3(4,2)	47,7±3,6
Урологические заболевания	7(20)	3(7,9)	10(13,7)	57,6±3,1
Всего	35(47,9)	38 (52,1)	73(100)	61±9,7

Диагноз острого почечного повреждения выставлялся на основании анамнеза настоящего заболевания, данных историй болезни предыдущих госпитализаций, лабораторных и инструментальных методов (оценка скорости клубочковой фильтрации, ультразвуковая доплерография). Распределение пациентов второй группы (ОПП) представлены в таблице 3.

Таблица 3

Распределение пациентов второй группы  
в зависимости от этиологии ОПП (n=62)

Этиологический фактор	Пол		Всего абс.,%
	Муж., абс., %	Жен., абс., %	
Острое нарушение мозгового кровообращения	4 (11,8)	7 (25,0)	11(17,7)
Кардиогенный шок	5(14,7)	2 (7,1)	7(11,3)
Синдром быстро прогрессирующего гломерулонефрита	4(11,8)	5(17,9)	9(14,5)
Тромбгеморрагический синдром	6(17,6)	3(10,7)	9(14,5)
Ишемия почечной ткани	8(23,5)	6(21,5)	14(22,6)
Острый панкреатит	2(5,9)	2(7,1)	4(6,5)

Обструкция мочевого пузыря/непроходимость мочеточника	5(14,7)	3(10,7)	8(12,9)
Всего	34(54,8)	28 (45,2)	62(100)

*Результаты.* При исследовании здоровых добровольцев были выявлены следующие показатели: при ASL – перфузии в почечных артериях более или равно 233 мл/100г/мин, при ДВИ: нет ограничения диффузии, черный цвет по паренхиме почек, ИКД равно  $4,8 \pm 0,1$  мм<sup>2</sup>/сек. Сделан вывод, что данные показатели можно отнести к рамкам нормы. Полученные данные у пациентов с ОПП представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Почечные маркеры визуализации у пациентов с ОПП  
и значимой сопутствующей патологией**

ОПП			
Основное заболевание	ДВИ		ASL – перфузия, мл/100г/мин
	Количественная оценка (ИКД)	Качественная оценка	
Острое нарушение мозгового кровообращения	$1,3 \pm 0,3$ мм <sup>2</sup> /сек*	Нет ограничения диффузии	$105 \pm 9,5$ мл/100г/мин
Кардиогенный шок	$3,9 \pm 0,1$ мм <sup>2</sup> /сек*	Нет ограничения диффузии	$115 \pm 5,8$ мл/100г/мин**
Синдром быстро прогрессирующего гломерулонефрита	$2,4 \pm 0,2$ мм <sup>2</sup> /сек*	Нет ограничения диффузии	$112 \pm 4,2$ мл/100г/мин**
Тромбогеморрагический синдром	$1,9 \pm 1,2$ мм <sup>2</sup> /сек*	Есть ограничение диффузии	$102 \pm 7,2$ мл/100г/мин**
Ишемия почечной ткани	$2,0 \pm 1,2$ мм <sup>2</sup> /сек*	Есть ограничение диффузии	$100 \pm 7,2$ мл/100г/мин**
Острый панкреатит	$3,0 \pm 0,9$ мм <sup>2</sup> /сек*	Есть ограничение диффузии	$120 \pm 7,2$ мл/100г/мин**
Обструкция мочевого пузыря/непроходимость мочеточника	$4,0 \pm 1,2$ мм <sup>2</sup> /сек*	Нет ограничения диффузии	$160 \pm 7,2$ мл/100г/мин

При исследовании показателей маркеров почечного повреждения у пациентов с хронической болезнью почек статистически значимой разницы в показателях в сопоставлении с патологией не выявлено. В 43% всех исследуемых случаев при оценке качественного показателя ДВИ ограничения диффузии не отмечалось. Так же варьировали показатели ASL-перфузии и количественной оценки ДВИ. Полученные данные представлены в таблице 5.

Таблица 5

Почечные маркеры визуализации у пациентов с ХБП  
и значимой сопутствующей патологией

Основное заболевание	ХБП		ASL – перфузия, мл/100г/мин
	ДВИ		
	Количественная оценка (ИКД)	Качественная оценка	
Хроническая сердечная недостаточность	1,3±0,3 мм <sup>2</sup> /сек*	Нет ограничения диффузии (43%)/Есть ограничение диффузии(57%)	350±21мл/100г/мин
Сахарный диабет	3,9±0,1 мм <sup>2</sup> /сек*		370±35мл/100г/мин
Цирроз печени	2,4±0,2 мм <sup>2</sup> /сек*		356±24мл/100г/мин
Хронический гломерулонефрит	1,9±1,2 мм <sup>2</sup> /сек*		350±27мл/100г/мин
Урологические заболевания	2,0±1,2 мм <sup>2</sup> /сек*		387±17мл/100г/мин

Патофизиологический механизм острого почечного повреждения связан с избыточной вазоконстрикцией приносящих артериол и падением гидростатического давления в капиллярах клубочков, активацией ренин-ангиотензин-альдостероновой системы и развитием вторичного альдостеронизма, приводящего к избыточной реабсорбции натрия и азота мочевины в крови. Такой механизм характерен для преренального почечного повреждения. При ренальном типе ОПП формируется канальцевый некроз ввиду циркуляторной гипоксии, воздействия нефротоксичных веществ. Происходит гибель почечных эпителиоцитов и обтурация ими просвета канальцев, за счет этого происходит нарушение оттока жидкости и пропотевание ее в почечный интерстиций. Для постренальной почечной недостаточности

характерен рост давления в капсуле Боумена-Шумлянского за счет избыточной симпатической стимуляции, приводящей к миоспазму и нарушению оттока мочи, либо к непосредственному сдавлению структур мочевыделительной системы [3, 4]. Патогенез формирования острого повреждения почек у пациентов с хронической обструктивной болезнью почек связан с компенсаторной гипервентиляцией с целью нивелирования имеющейся гиперкапнии, декомпенсацией дыхательной мускулатуры, нарастанием гиперкапнии, дисрегуляцией дыхательного центра и формированием дыхательного ацидоза, переходящего в смешанный. Декомпенсация сахарного диабета второго типа приводила к формированию кетоацидоза и лактацидоза, поскольку эндотелиальные клетки являются инсулиннезависимыми, на фоне гипергликемии происходит проникновение глюкозы внутрь клетки с формированием неферментного гликозилирования белка, который в свою очередь влияет на формирование гиперфильтрации почек [4].

*Выводы.* Таким образом выявлено, что для пациентов с острой почечной недостаточностью характерно варьирование показателей в зависимости от этиологического фактора, приведшего к нарушению ренальной функции, качественный и количественный показатель ДВИ и ASL-перфузия соответствуют патофизиологическому механизму формирования почечного повреждения. Для пациентов с хронической болезнью почек не выявлено статистически значимой разницы в показателях ДВИ и ASL-перфузии в сопоставлении с первопричинной патологией.

### ***Список литературы***

1. Кишкун А.А. Диагностика неотложных состояний: руководство для специалистов клиничко-диагностический лаборатории и врачей – клиницистов / А.А. Кишкун. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 736 с.
2. Острая почечная недостаточность. Национальные клинические рекомендации. – 2021. – 142 с.
3. Хроническая болезнь почек. Национальные клинические рекомендации. – 2021. – 233 с.
4. Шанин В.Ю. Патофизиология критических состояний / В.Ю. Шанин. – 3-е изд. – СПб.: ИП Маков М.Ю., 2021. – 440 с.



5. Шилов Е.М. Нефрология. Клинические рекомендации / Е.М. Шилов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 856 с.

6. Carol A. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging to assess diffuse renal pathology: a systematic review and statement paper / A. Carol, M. Shneider, I. Friedli // Nephrol Dial Transplant. – 2018 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30137580/> (дата обращения: 24.11.2023).

---

**Шкуратова Юлия Юрьевна** – аспирант, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, Россия, Смоленск.

Научный руководитель

**Морозова Татьяна Геннадьевна** – д-р мед. наук, заведующая кафедрой, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России, врач-рентгенолог, ОГБУЗ «Клиническая больница №1», Россия, Смоленск.

---