

Мамурова Малика Мирхамзаевна<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4304-0155>

1. Самаркандский государственный медицинский университет

г. Самарканд, Узбекистан

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МРТ ПОЧЕК ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКЦИИ МОЧЕВЫХ ПУТЕЙ

### Аннотация

Хроническая обструкция мочевых путей является одной из ведущих причин прогрессирующего снижения функции почек и формирования хронической болезни почек. Длительное нарушение пассажа мочи приводит к каскаду патофизиологических изменений, включающих повышение внутрилоханочного давления, снижение почечного кровотока, тканевую гипоксию и развитие интерстициального фиброза. Традиционные методы лучевой диагностики, такие как ультразвуковое исследование и компьютерная томография, позволяют выявлять анатомические признаки обструкции, однако их возможности в оценке ранних функциональных нарушений ограничены.

Функциональная магнитно-резонансная томография почек представляет собой комплекс неинвазивных методик, направленных на количественную оценку перфузии, оксигенации и диффузионных свойств почечной паренхимы. Использование фМРТ позволяет выявлять функциональные изменения на доклиническом этапе, оценивать степень обратимости повреждений и прогнозировать исход заболевания. Целью настоящей работы является расширенный анализ диагностических возможностей функциональной МРТ почек при хронической обструкции мочевых путей и определение её роли в клиническом принятии решений.

**Ключевые слова:** функциональная МРТ почек; хроническая обструкция мочевых путей; почечная перфузия; BOLD-MPT; артериальная спин-метка (ASL); диффузионно-взвешенная МРТ; интерстициальный фиброз; почечная гипоксия; хроническая болезнь почек; лучевая диагностика.

---

*Mamurova Malika Mirxamzayevna<sup>1</sup>*

*1. Samarqand davlat tibbiyot universiteti*

*Samarqand sh., O'zbekiston*

## SURUNKALI SIYDIK YO'LLARI OBSTRUKSIYASIDA BUYRAKLARNING FUNKSIONAL MRT TASVIRI

### Annotatsiya

Siydik yo'llarining surunkali obstruksiyasi buyrak funksiyasining progressiv pasayishi va surunkali buyrak kasalligi shakllanishining yetakchi sabablaridan biridir. Uzoq vaqt davomida siydik passaji buzilishi natijasida qovuq ichi bosimining oshishi, buyrakda qon aylanishining pasayishi, to'qima gipoksiyasi, interstitsial fibroz rivojlanishi kabi patofiziologik o'zgarishlar kaskadi yuzaga keladi. Ultratovush tekshiruv va kompyuter tomografiyasi kabi an'anaviy nur diagnostikasi usullari obstruksiyaning anatomik belgilarini aniqlashga imkon beradi, ammo ularning erta funksional buzilishlarni baholash imkoniyatlari cheklangan.

Buyraklarning funksional magnit-rezonans tomografiyasi buyrak parenximasining perfuziyasi, oksigenatsiyasi va diffuzion xususiyatlarini miqdoriy baholashga qaratilgan noinvaziv usullar majmuasidir. FMRTdan foydalanish klinik oldi bosqichida funksional o'zgarishlarni aniqlash, shikastlanishning qaytarilish darajasini baholash va kasallik oqibatini bashorat qilish imkonini beradi. Tadqiqotning maqsadi surunkali siydik yo'llari obstruksiyasida buyraklar funksional MRT tekshiruvining diagnostik imkoniyatlarini kengaytirish va uning klinik qaror qabul qilishdagi rolini aniqlashdan iborat.

**Kalit so'zlar:** buyraklarning funksional MRTsi; siydik yo'llarining surunkali obstruksiyasi; buyrak perfuziyasi; BOLD-MRT; arterial spin-metka (ASL); diffuzion-tortilgan MRT; interstitsial fibroz; buyrak gipoksiyasi; surunkali buyrak kasalligi; nur tashxisi.

---

*Mamurova Malika Mirhamzaevna<sup>1</sup>*

*1. Samarkand State Medical University,  
Samarkand, Uzbekistan.*

## **FUNCTIONAL MRI OF THE KIDNEY IN CHRONIC URINARY OBSTRUCTION**

### **Abstract**

Chronic obstruction of the urinary tract is one of the leading causes of progressive decline in kidney function and the formation of chronic kidney disease. Prolonged disruption of urine passage leads to a cascade of pathophysiological changes, including increased intracalyceal pressure, decreased renal blood flow, tissue hypoxia, and the development of interstitial fibrosis. Traditional radiation diagnostic methods, such as ultrasound and computed tomography, allow for the detection of anatomical signs of obstruction, but their capabilities in assessing early functional disorders are limited.

Functional magnetic resonance imaging of the kidneys is a complex of non-invasive methods aimed at quantitative assessment of perfusion, oxygenation, and diffusion properties of the renal parenchyma. Using fMRI allows for the detection of functional changes at the preclinical stage, assessing the degree of reversibility of injuries, and predicting the outcome of the disease. The purpose of this study is to analyze the diagnostic capabilities of renal functional MRI in chronic urinary tract obstruction and to determine its role in clinical decision-making.

**Keywords:** functional MRI of the kidneys; chronic obstruction of the urinary tract; renal perfusion; BOLD-MRI; arterial spin label (ASL); diffusion-weighted MRI; interstitial fibrosis; renal hypoxia; chronic kidney disease; radiation diagnostics.

---

### **Введение**

Хроническая обструкция мочевых путей развивается при широком спектре урологических заболеваний, включая мочекаменную болезнь, врождённые и приобретённые стриктуры мочеточников, опухоли органов малого таза, а также послеоперационные изменения. Независимо от причины, длительное нарушение оттока мочи приводит к прогрессирующему повреждению почечной паренхимы и утрате нефронов. Клинически это проявляется снижением скорости клубочковой фильтрации и формированием хронической почечной недостаточности.

На ранних стадиях заболевания структурные изменения почек могут быть минимальными, в то время как функциональные нарушения микроциркуляции и тканевой

оксигенации уже выражены. В таких условиях методы, ориентированные преимущественно на морфологическую оценку, не позволяют в полной мере охарактеризовать тяжесть процесса и прогнозировать его течение. Это обуславливает необходимость внедрения функциональных методов визуализации, способных отражать динамические и метаболические изменения в почечной ткани.

Магнитно-резонансная томография благодаря высокой тканевой контрастности и отсутствию ионизирующего излучения рассматривается как оптимальная платформа для комплексной оценки состояния почек. Функциональные МР-последовательности позволяют получить количественные показатели, характеризующие кровоток, диффузию и оксигенацию, что делает фМРТ перспективным инструментом в диагностике хронической обструкции мочевых путей.

### Материалы и методы

Функциональная МРТ почек выполняется с использованием стандартного МР-томографа с напряжённостью магнитного поля 1,5–3,0 Тл. Протокол исследования включает анатомические последовательности для оценки размеров почек, толщины паренхимы и состояния чашечно-лоханочной системы, а также функциональные методики.

**Таблица 1.** Основные функциональные МР-методики при исследовании почек

Метод фМРТ	Оцениваемый параметр	Диагностическое значение
ASL-MPT	Почечная перфузия	Ранняя оценка снижения кровотока
BOLD-MPT	Тканевая оксигенация	Выявление почечной гипоксии
DWI-MPT	Коэффициент диффузии (ADC)	Маркер интерстициального фиброза
DCE-MPT	Фильтрация и экскреция	Функциональный резерв почки

Артериальная спин-метка (ASL) применяется для количественной оценки почечной перфузии без использования контрастных препаратов, что особенно важно у пациентов с нарушенной функцией почек. Диффузионно-взвешенная МРТ используется для расчёта коэффициента диффузии, отражающего степень интерстициального фиброза и клеточной инфильтрации.

Метод BOLD-MPT позволяет оценивать тканевую оксигенацию за счёт анализа соотношения оксигемоглобина и дезоксигемоглобина. При необходимости и отсутствии противопоказаний применяется динамическая контраст-усиленная МРТ для анализа фильтрационной и экскреторной функции почек.

Полученные функциональные показатели сопоставляются с клиническими данными, лабораторными маркерами и результатами других методов визуализации, что обеспечивает комплексный подход к оценке состояния пациента.

**Таблица 2.** Изменения показателей фМРТ при хронической обструкции мочевых путей

Параметр	Норма	Хроническая обструкция	Интерпретация
Корковая перфузия (ASL)	Высокая	Снижена	Вазоконстрикция, ишемия
ADC коркового слоя	$2,0-2,4 \times 10^{-3}$ мм <sup>2</sup> /с	$<1,8 \times 10^{-3}$ мм <sup>2</sup> /с	Фиброз
BOLD (R2*)	Низкий	Повышен	Тканевая гипоксия
Экскреторная функция (DCE)	Сохранена	Замедлена	Нарушение фильтрации

### Результаты

Результаты функциональной МРТ почек при хронической обструкции мочевых путей демонстрируют выраженные изменения перфузии и оксигенации почечной паренхимы. По данным ASL отмечается снижение кровотока, наиболее выраженное в корковом слое, что отражает нарушение ауторегуляции и вазоконстрикцию при повышении внутрилоханочного давления.

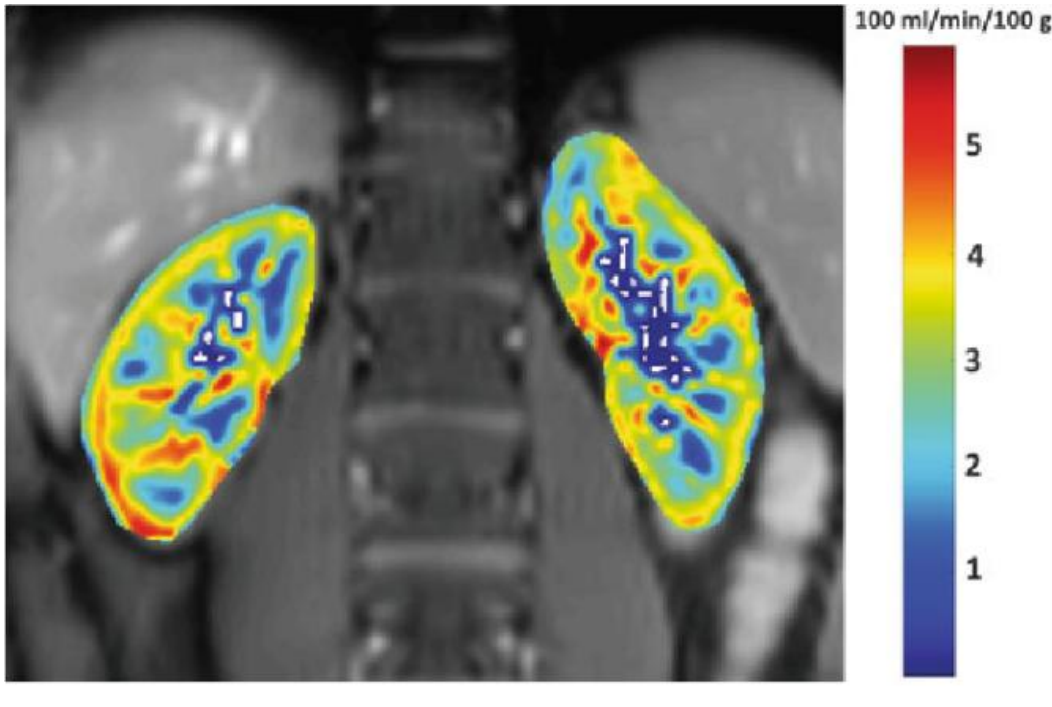
**Таблица 3.** Сравнение фМРТ с традиционными методами диагностики

Критерий	УЗИ	КТ	Функциональная МРТ
Анатомическая оценка	+	++	++
Функциональная оценка	-	±	+++
Лучевая нагрузка	-	+	-
Ранняя диагностика	±	±	+++

Диффузионно-взвешенная МРТ выявляет снижение коэффициента диффузии, коррелирующее с длительностью обструкции и степенью интерстициального фиброза. Эти изменения могут регистрироваться даже при сохранённых размерах почки и отсутствии выраженной атрофии, что подчёркивает высокую чувствительность метода.

BOLD-MPT позволяет выявлять зоны тканевой гипоксии, преимущественно в мозговом веществе почек, где нарушения венозного оттока и кислородного баланса наиболее выражены. Выявленные функциональные изменения нередко предшествуют клинически значимому снижению функции почек, что делает фМРТ ценным инструментом ранней диагностики.

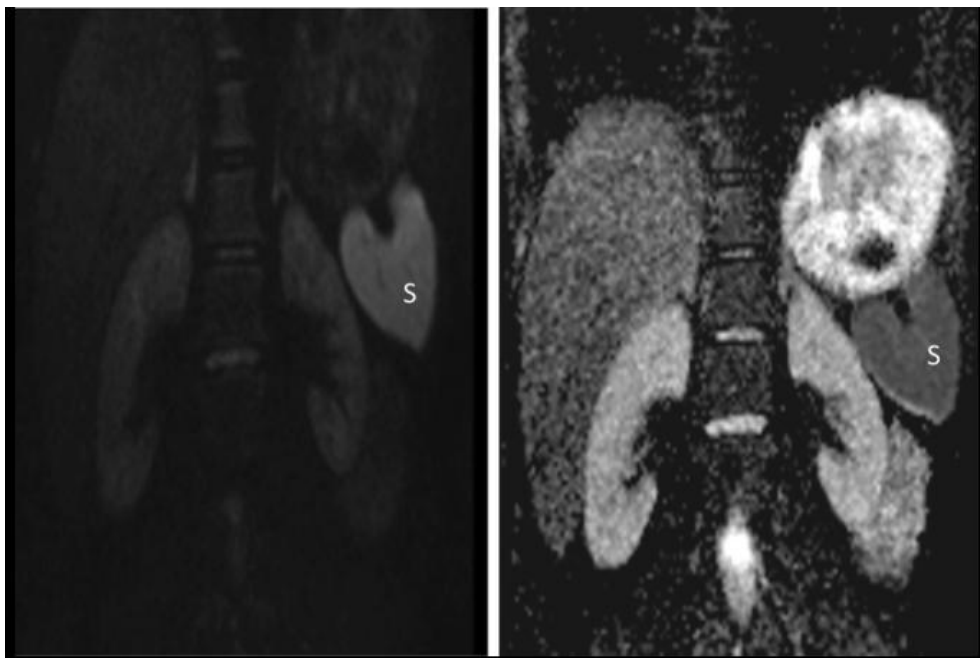
**Рисунок 1.** ASL-MPT: снижение почечной перфузии при хронической обструкции



### Обсуждение

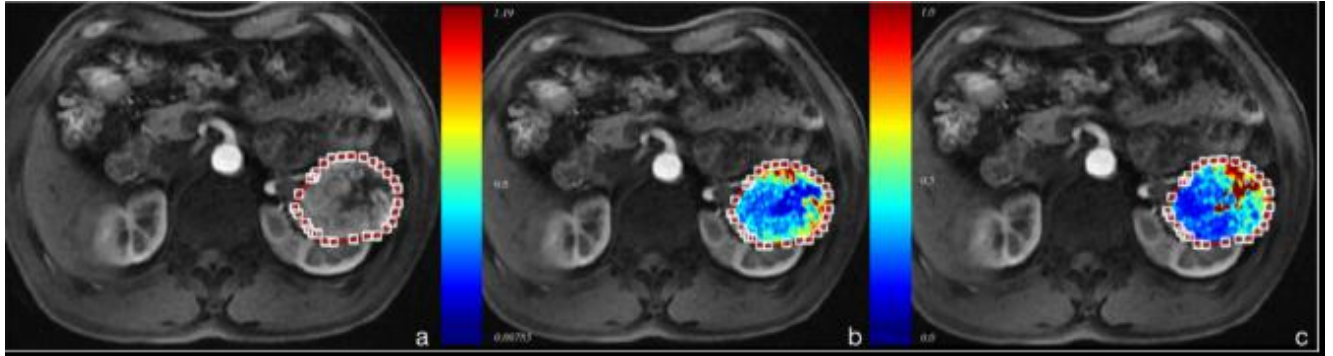
Полученные данные подтверждают, что функциональная МРТ почек обладает значительным потенциалом в оценке хронической обструкции мочевых путей. В отличие от традиционных методов, фМРТ предоставляет информацию не только о структуре, но и о функциональном состоянии паренхимы, что имеет принципиальное значение для прогнозирования исхода заболевания.

**Рисунок 2.** Диффузионно-взвешенная МРТ почек



Особую клиническую ценность представляет возможность дифференциации обратимых функциональных нарушений от необратимых фиброзных изменений. Это позволяет более обоснованно подходить к выбору лечебной тактики, включая реконструктивные операции, эндоурологические вмешательства или нефрэктомиию.

**Рисунок 3.** DCE-MPT: замедление экскреторной функции



Функциональная МРТ также может использоваться для динамического наблюдения и оценки эффективности лечения, что расширяет её роль в комплексном ведении пациентов с хронической обструкцией мочевых путей.

### **Заключение**

Функциональная МРТ почек является высокоинформативным, неинвазивным и перспективным методом оценки перфузии, оксигенации и диффузионных свойств почечной паренхимы при хронической обструкции мочевых путей. Применение фМРТ позволяет выявлять ранние функциональные нарушения, оценивать степень их обратимости и повышать точность клинических решений. Включение функциональных МР-методик в диагностические алгоритмы представляется обоснованным и перспективным направлением современной лучевой диагностики.

### **Список литературы**

1. Prasad PV. Functional MRI of the kidney: Tools for translational studies of pathophysiology of renal disease. *Am J Physiol Renal Physiol.* 2006;290(5):F958–74. doi:10.1152/ajprenal.00387.2005
2. Ebrahimi B, Textor SC, Lerman LO. Renal relevant radiology: Renal functional MRI. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2014;9(2):395–405. doi:10.2215/CJN.03180313
3. Michaely HJ, Herrmann KA, Dietrich O, et al. Functional renal imaging: Noninvasive assessment of renal perfusion and function by MRI. *Eur Radiol.* 2007;17(10):2701–10. doi:10.1007/s00330-007-0635-2
4. Pruijm M, Mendichovszky IA, Liss P, et al. Renal blood oxygenation level–dependent magnetic resonance imaging to measure renal tissue oxygenation: A statement paper. *Nephrol Dial Transplant.* 2018;33(Suppl 2):ii22–ii28. doi:10.1093/ndt/gfy029
5. Ljimini A, Sourbron S, Notohamiprodjo M, et al. Renal perfusion measurements in healthy subjects and patients with renal artery stenosis using arterial spin labeling MRI. *Invest Radiol.* 2016;51(10):655–62. doi:10.1097/RLI.0000000000000285
6. Thoeny HC, De Keyzer F. Diffusion-weighted MR imaging of native kidneys and renal transplants. *Radiology.* 2011;259(1):25–38. doi:10.1148/radiol.10100421

7. Hueper K, Gutberlet M, Bräsen JH, et al. Diffusion-weighted imaging and diffusion tensor imaging detect delayed graft function and correlate with allograft fibrosis in renal transplants. *Radiology*. 2016;280(3):873–84. doi:10.1148/radiol.2016151091
8. Grenier N, Basseau F, Ries M, et al. Functional MRI of the kidney. *Abdom Imaging*. 2003;28(2):164–75. doi:10.1007/s00261-002-0023-4
9. Negmatov I.S., Mansurov D.Sh. Tizza bo‘g‘imini to‘liq endoprotezlashda kompleks reabilitatsiya: hayot sifatini oshirish omili sifatida. *New Day in World Medicine*. 2024;3(6):45–50.
10. Турдуматов Ж.А., Мардиева Г.М. II типдаги қандли диабетда ўпканинг сурункали обструктив касаллиги рентгенологик семиотиikasi [Рентгенологическая семиотика хронической обструктивной болезни лёгких при сахарном диабете II типа]. Журнал гуманитарных и естественных наук. 2025;2(19):235–241. URL: <https://journals.tnmu.uz/index.php/gtfj/article/view/1295>
11. Жалилов Х. М. и др. Краткая история искусственного интеллекта и роботизированной хирургии в ортопедии и травматологии и ожидания на будущее //Central Asian Journal of Medical and Natural Science. – 2022. – Т. 3. – №. 6. – С. 223-232.
12. Гиясова Н. К., Негматов И. С. Молекулярный состав хряща при остеоартрите коленного сустава //Science and Education. – 2023. – Т. 4. – №. 5. – С. 483-495.
13. Негматов И. С. ЭТАПНАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА //Healthway. – 2025. – Т. 1. – №. 2. – С. 180-190.
14. Ходжанов И.Ю., Жалилов Х.М., Мансуров Д.Ш. Современные аспекты эпидемиологии и терапии венозных тромбоэмболических осложнений при травмах. *Российский хирургический журнал*. 2025;1(1):72-78.
15. Ткаченко А. Н. и др. 3 Республиканская больница имени ВА Баранова, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия 4 Военно-медицинская академия имени СМ Кирова, Санкт-Петербург, Россия.
16. Турдуматов Ж. А., Мардиева Г. М. II ТИПДАГИ ҚАНДЛИ ДИАБЕТДА ЎПКАНИНГ СУРУНКАЛИ ОБСТРУКТИВ КАСАЛЛИГИ РЕНТГЕНОЛОГИК СЕМИОТИКАСИ //Журнал гуманитарных и естественных наук. – 2025. – №. 19 [2]. – С. 235-241.
17. Негматов И. С. НЕМЕДИКАМЕНТОЗНАЯ ТЕРАПИЯ КОЛЕННОГО ОСТЕОАРТРИТА: КЛЮЧЕВЫЕ ПОДХОДЫ И ВЛИЯНИЕ ФИЗИОТЕРАПИИ //Healthway. – 2025. – Т. 1. – №. 1. – С. 262-272.

Muallif bilan bog‘lanish uchun e-mail	Author's contact email	Email для связи с автором
<a href="mailto:malikamamurova202@icloud.com">malikamamurova202@icloud.com</a>		