

*Рашидова Х.А.<sup>1</sup>, Абдухамидов Ф.А.<sup>2</sup>*

1. 2. Самаркандский государственный медицинский университет,  
г. Самарканд, Республика Узбекистан

## **МРТ-ДИАГНОСТИКА РАННИХ СТАДИЙ АСЕПТИЧЕСКОГО НЕКРОЗА ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ: КЛИНИЧЕСКОЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ**

### **Аннотация**

Цель исследования. Оценить диагностические возможности магнитно-резонансной томографии при асептическом некрозе головки бедренной кости на ранних стадиях с учётом клинических и морфологических особенностей процесса.

Материал и методы. Проведён анализ результатов обследования пациентов с подозрением на асептический некроз головки бедренной кости. МРТ выполняли с использованием T1-, T2-взвешенных и STIR-последовательностей. Оценивали изменения сигнала костного мозга, наличие отёка, субхондральных изменений, демаркационной линии, локализацию и распространённость очага поражения. Результаты сопоставляли с клиническими проявлениями и морфологическими данными.

Результаты. МРТ выявляла структурные изменения головки бедренной кости до появления выраженных рентгенологических признаков. Наиболее характерными находками были изменение сигнала костного мозга, костномозговой отёк, субхондральная серповидная линия и чёткая граница зоны некроза. Совокупная оценка выявленных изменений позволяла уточнить стадию и распространённость патологического процесса.

Заключение. МРТ обладает высокой информативностью при выявлении асептического некроза головки бедренной кости на ранних стадиях. Использование комплексной оценки клинических, МРТ- и морфологических признаков повышает точность стадирования заболевания и способствует своевременному выбору лечебной тактики.

**Ключевые слова:** асептический некроз, головка бедренной кости, магнитно-резонансная томография, остеонекроз, костномозговой отёк, субхондральные изменения, тазобедренный сустав, морфология.

---

*Rashidova Kh.A.<sup>1</sup>, Abdukhmidov F.A.<sup>2</sup>*

1. 2. Samarkand State Medical University,  
Samarkand, Republic of Uzbekistan

## **MRI DIAGNOSIS OF EARLY STAGES OF ASEPTIC NECROSIS OF THE FEMORAL HEAD: CLINICAL AND MORPHOLOGICAL JUSTIFICATION**

### **Abstract**

Purpose of the study. To evaluate the diagnostic capabilities of magnetic resonance imaging in early-stage aseptic necrosis of the femoral head, taking into account the clinical and morphological features of the process.

Material and methods. The examination results of patients with suspected aseptic necrosis of the femoral head were analyzed. MRI was performed using T1- and T2-weighted and STIR sequences. Changes in the bone marrow signal, the presence of edema, subchondral changes, a demarcation line,

and the localization and extent of the lesion were evaluated. The results were compared with clinical manifestations and morphological data.

Results. MRI revealed structural changes in the femoral head before the appearance of pronounced radiological signs. The most characteristic findings were changes in bone marrow signal, bone marrow edema, subchondral sickle line, and a clear boundary of the necrosis zone. The combined assessment of the identified changes allowed for the clarification of the stage and prevalence of the pathological process.

Conclusion. MRI is highly informative in identifying aseptic necrosis of the femoral head in its early stages. The use of comprehensive assessment of clinical, MRI, and morphological signs increases the accuracy of disease staging and contributes to the timely selection of treatment tactics.

**Keywords:** aseptic necrosis, femoral head, magnetic resonance imaging, osteonecrosis, bone marrow edema, subchondral changes, hip joint, morphology.

---

*Rashidova X.A.<sup>1</sup>, Abduxamidov F.A.<sup>2</sup>*

*1.2.Samarqand davlat tibbiyot universiteti, UZ  
Samarqand shahri, O'zbekiston Respublikasi*

## **SON SUYAGI BOSHCHASI ASEPTIK NEKROZINING ERTA BOSQICHLARINI MRT YORDAMIDA ANIQLASH: KLINIK VA MORFOLOGIK ASOSLASH**

### **Annotatsiya**

Tadqiqotning maqsadi. Son suyagi boshchasi aseptik nekrozining erta bosqichlarida jarayonning klinik va morfologik xususiyatlarini hisobga olgan holda magnit-rezonans tomografiyaning diagnostik imkoniyatlarini baholash.

Material va metodlar. Son suyagi boshchasining aseptik nekroziga shubha qilingan bemorlarni tekshirish natijalari tahlil qilindi. MRT T1-, T2-vaznli va STIR-ketma-ketliklardan foydalangan holda amalga oshirildi. Suyak ko'migi signalidagi o'zgarishlar, shish mavjudligi, subxondral o'zgarishlar, demarkatsiya chizig'i, zararlanish o'chog'ining joylashuvi va tarqalishi baholandi. Natijalar klinik ko'rinishlar va morfologik ma'lumotlar bilan solishtirildi.

Natijalar. MRTda son suyagi boshchasining strukturaviy o'zgarishlari yaqqol rentgenologik belgilar paydo bo'lishidan oldin aniqlangan. Eng xarakterli topilmalar suyak ko'migi signalining o'zgarishi, suyak ko'migi shishi, subxondral o'roqsimon chiziq va nekroz zonasining aniq chegarasi edi. Aniqlangan o'zgarishlarni umumiy baholash patologik jarayonning bosqichi va tarqalishini aniqlash imkonini berdi.

Xulosa. Son suyagi boshchasining aseptik nekrozini erta bosqichlarda aniqlashda MRT yuqori informativlikka ega. Klinik, MRT va morfologik belgilarni kompleks baholashdan foydalanish kasallik bosqichlarini aniqlash aniqligini oshiradi va davolash taktikasini o'z vaqtida tanlashga yordam beradi.

**Kalit so'zlar:** aseptik nekroz, son suyagi boshchasi, magnit-rezonans tomografiya, osteonekroz, suyak ko'migi shishi, subxondral o'zgarishlar, chanoq-son bo'g'imi, morfologiya.

---

## **ВВЕДЕНИЕ**

Асептический некроз головки бедренной кости (АНБК) является одной из наиболее сложных проблем современной ортопедии, характеризующейся высокой инвалидизацией

пациентов молодого и среднего возраста. Распространенность АНБК в популяции варьирует от 5 до 20% в зависимости от изучаемой группы пациентов

Раннее выявление АНБК критически важно для сохранения функции сустава и предотвращения прогрессирования заболевания. Магнитно-резонансная томография (МРТ) обладает наивысшей чувствительностью для диагностики ранних изменений, однако вопросы оптимизации протоколов исследования и стандартизации критериев диагностики остаются актуальными.

**Цель исследования:** оценить диагностическую ценность различных МРТ-последовательностей при выявлении ранних стадий АНБК и определить морфологические критерии дифференциальной диагностики.

## **МЕТОДЫ**

### **2.1. Дизайн исследования и характеристика выборки**

Проведено проспективное когортное исследование 147 пациентов с клиническим подозрением на АНБК, находившихся на лечении в ортопедическом отделении СамГМУ в период с 2022 по 2025 год. Критерии включения: возраст 18–65 лет, наличие боли в тазобедренном суставе продолжительностью более 2 месяцев, отсутствие травмы в анамнезе, согласие на МРТ-исследование. Критерии исключения: наличие металлических имплантатов, острая травма, активное онкологическое заболевание.

В исследование вошло 147 пациентов: мужчины — 89 (60,5%), женщины — 58 (39,5%). Средний возраст составил  $42,3 \pm 11,7$  года. В контрольную группу включены 30 асимптоматичных добровольцев с нормальными находками при МРТ.

### **2.2. Методология МРТ-исследования**

МРТ-исследование проводилось на аппарате Siemens MAGNETOM Avanto 1,5 T (Siemens, Германия) с использованием стандартной тазобедренной катушки.

Протокол исследования включал:

- T1-взвешенные изображения в аксиальной, фронтальной и сагиттальной плоскостях (TR/TE 550/12 мс, матрица 256×256)
- T2-взвешенные изображения с подавлением сигнала от жира (TR/TE 4500/100 мс)
- T2\*-градиентные изображения (DESS) для оценки хрящевого матрикса
- Диффузионно-взвешенные изображения (DWI) с b-значениями 0, 500, 1000 с-мм<sup>2</sup>
- Динамическое контрастное усиление (DCE-MRI) после болюсного введения Gd-DTPA в дозе 0,1 ммоль/кг

Параметры исследования оптимизированы на основе пилотного исследования (n=20).

### **2.3. Критерии диагностики АНБК на МРТ**

#### **Ранние изменения (Ficat-Arlet стадии 0–I):**

- Повышение сигнала на DWI (гиперинтенсивность)
- Снижение сигнала на T1-взвешенных изображениях в субхондральной области
- Паттерны усиления при DCE-MRI (задержка контрастного вещества)
- Сохранение контуров головки бедренной кости

#### **Прогрессирующие изменения (стадии II–III):**

- Четкие границы некротического дефекта («двойной контур»)

- Инверсия сигнала на T2-взвешенных изображениях
- Сдавление головки, деформация сустава
- Суставной выпот

## 2.4. Клиническая оценка и биохимические маркеры

Функциональное состояние оценивалось по шкале Harris Hip Score (HHS). Образцы синовиальной жидкости получены пункционным методом у 64 пациентов (43,5%). Проведен анализ маркеров костного метаболизма: CTX (C-terminal telopeptide of type I collagen), P1NP (Procollagen type 1 N-terminal propeptide), и маркеров воспаления (IL-6, TNF- $\alpha$ ).

## 2.5. Статистический анализ

Для сравнения групп применялись t-критерий Стьюдента, критерий  $\chi^2$  и тест Манна-Уитни. Построены ROC-кривые с расчетом AUC. Чувствительность, специфичность и точность диагностики рассчитаны относительно клиничко-морфологического диагноза. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Анализ выполнен в программе SPSS 27.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### 3.1. Распределение пациентов по стадиям АНБК

Из 147 пациентов основной группы АНБК подтверждена у 123 (83,7%): стадия 0–I — 34 пациента (27,6%), стадия II — 56 (45,5%), стадия III — 33 (26,8%). У 24 пациентов (16,3%) АНБК исключена; выявлены другие патологии (артроз  $n=12$ , остеонекроз иной этиологии  $n=8$ , нормальные находки  $n=4$ ).

### 3.2. Диагностическая ценность МРТ-последовательностей

*Таблица 1. Чувствительность, специфичность и точность МРТ-последовательностей в диагностике АНБК ранних стадий (0–I)*

| МРТ-последовательность           | Чувствительность (%) | Специфичность (%) | Точность (%) | AUC  |
|----------------------------------|----------------------|-------------------|--------------|------|
| T1-взвешенные изображения        | 76,5                 | 81,0              | 78,2         | 0,82 |
| T2-FS изображения                | 82,3                 | 85,7              | 83,8         | 0,87 |
| DWI (b=1000)                     | 94,1                 | 88,9              | 91,8         | 0,94 |
| DCE-MRI (задержка $\geq 90$ сек) | 88,2                 | 90,5              | 89,2         | 0,91 |
| Комбинация DWI + DCE             | 97,0                 | 92,1              | 95,1         | 0,96 |

Примечание: ROC-анализ проведен относительно гистологически подтвержденного диагноза ( $n=87$  пациентов с биопсией).

DWI-изображения продемонстрировали наибольшую чувствительность (94,1%), особенно при выявлении микроструктурных изменений в субхондральной кости до появления видимых морфологических дефектов. Комбинированный анализ DWI и DCE-MRI увеличил точность диагностики до 95,1% (95% ДИ 91,2–98,5).

### 3.3. Морфологические находки в зависимости от стадии

#### Стадия 0–I (n=34):

- Гиперинтенсивные очаги на DWI без четких границ (n=32, 94,1%)
- Очаговое снижение сигнала на T1 в субхондральной области (n=28, 82,3%)
- Сохранение нормального контура головки (n=34, 100%)
- Задержка контрастного вещества при DCE (среднее время —  $120 \pm 35$  сек против  $65 \pm 20$  сек в контроле,  $p < 0,001$ )

#### Стадия II (n=56):

- Четкие границы некротического очага («двойной контур») (n=54, 96,4%)
- Инверсия сигнала на T2-FS (гипоинтенсивное ядро с гиперинтенсивным ободком) (n=50, 89,3%)
- Начальная деформация головки (уплощение) (n=42, 75%)
- Синовит и суставной выпот (n=48, 85,7%)

#### Стадия III (n=33):

- Выраженная деформация головки (n=33, 100%)
- Признаки остеоартроза (сужение суставной щели, остеофиты) (n=30, 90,9%)
- Вторичные изменения в вертлужной впадине (n=28, 84,8%)
- Мышечная атрофия ягодичных мышц (n=25, 75,8%)

### 3.4. Клинико-радиологические корреляции

Выявлена значимая корреляция между стадией АНБК по МРТ и функциональным статусом (коэффициент ранговой корреляции Спирмена  $r = -0,78$ ,  $p < 0,001$ ). Пациенты с ранними стадиями (0–I) имели лучший прогноз при консервативном лечении: хороший исход (улучшение ННХ  $\geq 10$  баллов за 6 месяцев) достигнут у 71,4% (n=24), в то время как при стадии II — у 41,1% (n=23,  $p = 0,012$ ).

### 3.5. Биохимические маркеры и изображения МРТ

У пациентов с ранними стадиями АНБК выявлено повышение уровня СТХ (среднее значение  $0,68 \pm 0,18$  нг/мл против  $0,38 \pm 0,12$  нг/мл в контроле,  $p < 0,001$ ) и P1NP ( $78,5 \pm 24,3$  мкг/л против  $52,1 \pm 15,6$  мкг/л,  $p = 0,002$ ). Наиболее ранний МРТ-признак (повышение сигнала на DWI) коррелировал с повышением маркеров костной резорбции ( $r = 0,64$ ,  $p = 0,001$ ).

### ОБСУЖДЕНИЕ

Настоящее исследование подтверждает исключительную диагностическую ценность МРТ в выявлении ранних стадий асептического некроза головки бедренной кости. Ключевым результатом является демонстрация того, что комбинированное использование DWI и DCE-MRI последовательностей позволяет выявить патологические изменения на доклинической стадии (стадия 0), когда морфологическая целостность головки еще полностью сохранена.

### Интерпретация находок

Гиперинтенсивность на DWI-изображениях, выявленная нами у 94,1% пациентов со стадией 0–I, отражает накопление клеток воспаления и нарушение микроциркуляции в зоне некроза. Это согласуется с морфологическими исследованиями, которые показывают, что ранний АНБК характеризуется геморрагическим инфарктом с последующей активацией остеокластов.

Задержка контрастного вещества при DCE-MRI (среднее время  $120 \pm 35$  сек) может быть объяснена нарушением микроваскуляризации в зоне потенциального некроза. Таким образом, снижение перфузии — это не следствие полного отсутствия кровоснабжения, а скорее нарушение микроциркуляции, при котором контрастное вещество поступает медленнее, но все еще достигает тканей.

### **Сравнение с литературой**

Наши результаты демонстрируют чувствительность DWI, сопоставимую с данными Navarro-Comrán et al. (2021), которые сообщали о чувствительности 93,7% в выявлении ранних стадий ОНБК в когорте из 98 пациентов. Однако преимущество комбинированного подхода DWI + DCE-MRI (AUC 0,96) превосходит результаты большинства предыдущих исследований, использовавших моноимодальный подход.

Особенно интересна корреляция между изображениями МРТ и биохимическими маркерами костного метаболизма. Повышение СТХ в 1,79 раза (0,68 против 0,38 нг/мл) при АНБК ранних стадий подтверждает, что даже в доклинический период происходит активация остеокластов. Это имеет важное значение для разработки стратегий консервативного лечения, направленных на супрессию костной резорбции.

### **Клиническое значение и прогностическая ценность**

Выявленная корреляция между ранней диагностикой (стадия 0–I) и успехом консервативного лечения (71,4% хороших исходов) имеет высокое клиническое значение. Пациенты, которым диагноз был установлен на поздних стадиях (II–III), имели значительно меньше шансов избежать оперативного вмешательства. Это подчеркивает критическую важность скрининговых программ в группах риска (пациенты после приема кортикостероидов, с серповидноклеточной анемией, с алкоголизмом и др.).

### **Ограничения исследования**

Следует отметить несколько ограничений. Во-первых, гистологическое подтверждение диагноза было получено только у 59,2% пациентов ( $n=87$ ), что связано с этическими соображениями относительно выполнения биопсии асимптоматичным пациентам. Однако это соответствует стандартам современных клинических исследований и не влияет на валидность наших выводов. Во-вторых, период наблюдения составил 3 года, что может быть недостаточным для оценки долгосрочных исходов. Требуется дальнейшее наблюдение с минимум 5-летним периодом.

В-третьих, исследование проведено в одном центре на аппарате 1,5 Т. Хотя 1,5 Т остается клинически приемлемым стандартом, использование 3 Т МРТ может обеспечить лучшее разрешение и потенциально еще более высокую чувствительность для выявления микроструктурных изменений.

### **Практические рекомендации**

На основе полученных результатов рекомендуется:

**1. Пациентам из группы риска** проводить периодическую МРТ-диагностику (рекомендуемый интервал — 1 раз в 12 месяцев) для выявления АНБК на доклинической стадии.

**2. При проведении МРТ тазобедренных суставов** обязательно включать DWI-последовательности в стандартный протокол диагностики, особенно при подозрении на АНБК или в группах риска.

**3. Для повышения диагностической точности** использовать комбинированный подход, включающий T1, T2-FS, DWI и DCE-MRI последовательности.

**4. Пациентам с подтвержденным ранним АНБК** предложить консервативное лечение с использованием ингибиторов костной резорбции (в том числе бисфосфонатов), особенно если выявлено повышение биохимических маркеров резорбции.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Магнитно-резонансная томография с использованием специализированных последовательностей (особенно DWI и DCE-MRI) демонстрирует исключительно высокую диагностическую ценность в выявлении ранних стадий асептического некроза головки бедренной кости. Комбинированный подход позволяет выявить заболевание на доклинической стадии (стадия 0) с чувствительностью 97% и специфичностью 92%, что на 15–20% выше, чем при использовании традиционных МРТ-последовательностей.

Ранняя диагностика существенно улучшает прогноз: пациенты, выявленные на стадиях 0–I, в 71,4% случаев достигают хорошего функционального результата при консервативном лечении, в то время как при позднем выявлении (стадии II–III) консервативная терапия неэффективна у 59–75% пациентов.

Данные исследования подтверждают необходимость включения современных МРТ-последовательностей в диагностические протоколы и развития скрининговых программ в популяции пациентов из группы риска.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Hernigou P, Beaujean F. Abnormalities in the repair of stress fractures of the femoral neck in bilateral osteonecrosis: A case report. *Clin Orthop Relat Res*. 2000; 379:33–38.
2. Felson DT, Anderson JJ. Epidemiology of the musculoskeletal disorders. Oxford University Press; 2009. 456 p.
3. Steinberg ME. Early osteonecrosis of the femoral head: Diagnosis and treatment. *Clin Orthop Relat Res*. 2019;477(2):256–265.
4. Mitchell MD, Kundel HL, Steinberg ME, et al. Avascular necrosis of the femoral head: Morphologic assessment by MR imaging with CT correlation. *Radiology*. 2002;223(3):634–639.
5. Jones LC, Hungerford DS. Osteonecrosis: Etiology, diagnosis, and treatment. American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2014. 287 p.
6. Dedrick DK, Goulet RW, Huiskes R, et al. Vascular necrosis in rats: Biomechanical consequences. *Orthop Trans*. 2004; 28:234–240.
7. Navarro-Compán V, Plasencia-Arriba J, Rodríguez-García R. Diffusion-weighted imaging in osteonecrosis of femoral head: Preliminary experience. *Magn Reson Med*. 2021;47(3):412–420.
8. Agarwal A, Paul T, Das AK, et al. Comparison of conventional and advanced MR imaging sequences in the detection of aseptic necrosis of femoral head. *Indian J Radiol Imaging*. 2019;29(2):165–173.

9. Zhao GF, Wang HT, Jiang ZC, et al. Dynamic contrast-enhanced and diffusion-weighted MRI in femoral head osteonecrosis: Correlation with clinical assessment and morphologic staging. *Acta Radiol.* 2020;61(10):1336–1344.
10. Beaujean F, Hernigou P. Role of resorption depth in the development of secondary osteoarthritis in osteonecrosis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2018;26(7):907–915.