

## ДИАГНОСТИКА ОСТЕОНЕКРОЗА ГОЛОВКИ БЕДРА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛУЧЕВЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ: ВОЗМОЖНОСТИ И НЕДОСТАТКИ

ГУ РНПЦ травматологии и ортопедии МЗ РБ

---

*Диагностика аваскулярного некроза головки бедра на ранних преколлаптических стадиях крайне важна для определения тактики лечения и установления прогноза заболевания. В большинстве случаев диагноз устанавливается на стадии, когда единственным методом лечения является эндопротезирование тазобедренного сустава. В настоящей работе изложены современные подходы ранней диагностики некроза головки бедра у взрослых с помощью рентгенографии, магнитно-резонансной томографии, рентгеновской компьютерной томографии. В соответствии с классификацией остеонекроза ARCO проиллюстрированы основные стадии заболевания, описаны преимущества и недостатки методов лучевой диагностики, описан протокол магнитно-резонансной томографии у данной категории пациентов. На основании анализа данных инструментальных исследований 98 пациентов описан рентгенологический «симптом бильярдного шара», который позволяет верифицировать начало коллаптической стадии остеонекроза лишь по данным рентгенографии. Предложенные в статье рекомендации могут быть использованы в практической работе для диагностики остеонекроза головки бедра на ранних стадиях с целью начала своевременного лечения.*

**Ключевые слова:** аваскулярный некроз головки бедра, диагностика, рентгенография, магнитно-резонансная томография, компьютерная томография.

*A. E. Murzich, A. V. Beletsky, V. P. Marchuk*

## **THE DIAGNOSIS OF OSTEONECROSIS OF THE FEMORAL HEAD USING THE RADIOLOGICAL METHODS: POSSIBILITIES AND LIMITATIONS**

*The diagnosis of avascular necrosis of the femoral head at early precollaptic stages is extremely important for determining the tactics of treatment and establishing the disease prognosis. In most cases the diagnosis is carried out at a late stage, when hip replacement remains the method of choice. In this work we present modern approaches to early diagnosis of adult femoral head necrosis using X-ray, magnetic resonance imaging and computed tomography. In accordance with the ARCO classification the main stages of the disease have been illustrated. The advantages and disadvantages of the methods of radiation diagnosis, the protocol of magnetic resonance imaging has been described. Based on the analysis of data from instrumental studies of 98 patients, an x-ray «billiard balloon symptom» is described which makes it possible to verify the onset of the collaptic stage of osteonecrosis only according to X-ray. The recommendations suggested in this article can be used in practical work to find the osteonecrosis of the femoral head at early stages for the initiation of early treatment.*

**Key words:** *Avascular necrosis of the femoral head, diagnosis, radiography, magnetic resonance imaging, computed tomography.*

**А**васкулярный некроз головки бедренной кости (АНГБК) является тяжелой формой патологии тазобедренного сустава с неблагоприятным течением, поскольку затрагивает лиц молодого возраста 25–55 лет, характеризуется быстрым прогрессирующим течением с последующей инвалидизацией; в большинстве случаев характерна двухсторонняя локализация процесса [2, 12, 13]. Начавшийся остеонекроз приводит в конечном итоге к коллапсу нагрузочной части головки бедра, разрушению ее хряща, вторичному поражению вертлужной впадины и развитию коксартроза.

Выбор метода лечения при АНГБК в первую очередь зависит от стадии заболевания, распространенности остеонекроза и клинических проявлений на момент постановки диагноза [1, 5]. Поэтому ранняя диагностика заболевания является залогом успеха любого метода лечения – консервативного или хирургического.

Оказывая консультативную помощь пациентам в нашем Центре и оценивая структуру заболеваний тазобедренных суставов при выполнении эндопротезирования в последние 5–7 лет, мы наблюдаем омоложение и рост заболеваемости данной патологией среди лиц молодого возраста 30–45 лет. Анализируя особенности постановки диагноза при первичном обращении пациентов на уровне оказания амбулаторной помощи можно утверждать, что на сегодняшний день проблема ранней диагностики некроза головки бедра на начальных стадиях заболевания является неразрешенной задачей. При обращении пациентов на амбулаторном уровне часто допускаются диагностические ошибки, заболевание принимается за проявление остеохондроза поясничного отдела позвоночника, расценивается как ушиб, дисторсия связочного аппарата, недооценивается серьезность предъявляемых пациентом жалоб. Такие пациенты лечатся в ревматологических, терапевтических, неврологических отделениях клиник со слабовыраженным эффектом или не получают должного лечения вовсе. В течение нескольких лет безуспешной консервативной терапии заболевание прогрессирует и обнаруживается уже на стадии, когда един-

ственным методом лечения остается эндопротезирование сустава.

Цель работы – охарактеризовать диагностические критерии лучевых методов исследования тазобедренного сустава при остеонекрозе головки бедра на различных стадиях заболевания.

**Материалы и методы.** Нами проанализированы данные инструментального обследования 98 пациентов с аваскулярным некрозом головки бедра, находившихся на стационарном лечении в ГУ «РНПЦ травматологии и ортопедии» г. Минска за период с 2014 г. по 2016 г. Возраст пациентов составил от 18 до 57 лет ( $40 \pm 10$  лет), соотношение мужчин и женщин 4:1.

В своей работе мы использовали классификацию некроза головки бедра ARCO (Association Research Circulation Osseous) [6]. В 75% случаях заболевание носило двухсторонний характер. У 35% пациентов с двухсторонним некрозом стадия заболевания на одной из сторон была I–II, на другой III–IV. В остальных случаях отмечалось двухстороннее поражение III–IV стадии.

Среди инструментальных методов диагностики АНГБК нами использовалась рентгенография обоих тазобедренных суставов в прямой проекции и по Lauenstein, магнитно-резонансная томография (МРТ), рентгеновская компьютерная томография (РКТ).

МРТ исследование выполнялось для определения локализации и величины очага некроза головки бедра, определения целостности хряща, выраженности синовита, состояния околосуставных мягких тканей. Аппаратурное обеспечение включало томограф «Avanto» Siemens с напряженностью магнитного поля 1,5 Тесла и сканер «Intera» Philips 1,0 Тесла.

Протокол магнитно-резонансной томографии у пациентов с аваскулярным некрозом головки бедра включал T1 взвешенные изображения (T1 SE); изображения, взвешенные по протонной плотности с жироподавлением (FS PD FSE); T2 взвешенные изображения (T2 SE или FSE STIR (short tau inversion recovery)). При необходимости оценки степени репарации протокол дополнялся последовательностью T1WI с внутривенным контрастным

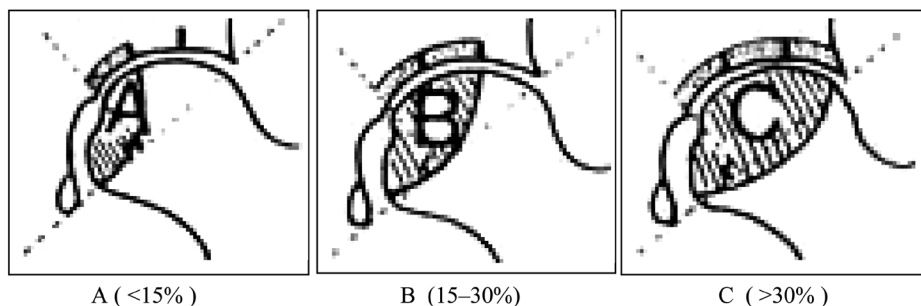


Рисунок 1. Типы деструкции головки бедра в зависимости от размеров поражения

усилением и подавлением жира. Сканирование проводилось в трех плоскостях – аксиальной (ax), коронарной (cor), сагиттальной (sag) с добавлением косо-аксиальных срезов по длинной оси шейки бедренной кости.

РКТ выполнялась на рентгеновском томограф «Somatom Emotion» Siemens с толщиной среза 1–3 мм и последующей мультипланарной реконструкцией. Постпроцессинговая обработка выполнялась на платформе интегрированных программ. Процессы измерения, выбора необходимых срезов и обработка их выполнялись с помощью программ E-FILM, ROGAN, RadiAnt DICOM Viewer.

**Результаты и обсуждение.** В диагностике АНГБК МРТ обладает 100% специфичностью и 88,8% чувствительностью [9]. Этот метод позволяет дифференцировать процесс конверсии костного мозга от внутрикостного отека [14].

С целью систематизации полученных при МРТ данных визуальные характеристики тазобедренного сустава оценивались нами согласно стадиям остеонекроза. Используемая в работе классификация ARCO, включает в себя 5 стадий заболевания. I и II стадии подразделяются на 3 типа: А (поражение < 15% головки бедра), В (15–30%) и С (> 30%) (рисунок 1). Стадия III, характеризующаяся наличием коллапса головки, подразделяется на типы в зависимости от степени импрессии суставной поверхности верхнего полюса: А (< 2 мм), В (2–4 мм), С (> 4 мм) (рисунок 2).

Стадия 0 (доклиническая, дорентгенологическая). Характеризуется асимптоматическим течением, отсутствием изменений на рентгенограмме, МРТ, РКТ, могут быть признаки некроза контралатерального бедра. В теории диагноз можно установить только гистологически [7], поэтому если у пациента имеется односторонний процесс, целесообразно выполнять МРТ обоих тазобедренных суставов в динамике (рисунок 3).

Стадия I – (рентгеннегативная). Характеризуется наличием клинических проявлений (боли в тазобедренном

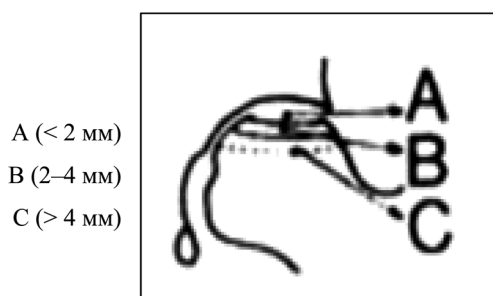


Рисунок 2. Типы деструкции головки бедра в зависимости от величины импрессии головки

суставе при осевой нагрузке, в покое, при ротационных движениях бедра, иррадиация боли в коленный сустав), имеющих различную степень выраженности. На рентгенограмме и РКТ патологических изменений не определяется. Наиболее специфичным методом диагностики остеонекроза на этой стадии является МРТ, позволяющая визуализировать патологические изменения в головке бедра, характеризующие зону отека костного мозга (ОКМ) (в иностранной литературе обозначается как «Bone marrow edema (BME)») [16]. Зона ОКМ может локализоваться субхондрально, занимать часть головки или всю головку с распространением на шейку и межвертельную область бедра. МРТ визуализирует эти изменения в виде сигнала с пониженной интенсивностью в режиме T1 и в виде сигнала с повышенной интенсивностью в режиме T2 и STIR (рисунок 4).

Стадия I является наиболее сложной для трактовки, так как ОКМ может сопровождать различные патологические состояния тазобедренного сустава, тактика лечения которых может существенно отличаться.

Стадия II – рентгенпозитивная. Характеризуется наличием вышеуказанных клинических проявлений. При рентгенографии могут определяться изменения, характерные для остеосклероза, остеолиты или локального остеопороза. Особенностью данной стадии остеонекроза является сохранение сферичности головки бедра (рисунок 5, А, Б).

Высокая чувствительность и специфичность МРТ при остеонекрозе обусловлена различной интенсивностью сигналов, проходящих через структуры костного мозга с разной плотностью ткани (насыщенностью водородом), изменяющей их магнитные свойства [15]. Причиной изменения интенсивности сигналов в головке бедра являются гистологические зоны головки при остеонекрозе, описанные Sweet и Madewell [3, 17]. Нами были проведены микроскопические исследования 85 удаленных головок бедер при эндопротезировании тазобедренного сустава в результате чего были выявлены их гистологические особенности [4]. Мы различали несколько гистологических зон: зону суставного хряща, субхондральной костной пластинки, периферической (субкортикальной) кости, зону некроза, центральной губчатой кости, зону здоровой кости.

Патогномичным для АНГБК являлся МРТ признак «двойной линии», описанный Mitchell и определяемый на границе между некротизированной и здоровой костью [8]. Внешняя полоса двойной линии на T2 или STIR проекциях представлена пониженным сигналом (демаркационная зона). Внутренняя полоса (грануляционная ткань) отражает зону ишемии и представлена сигналом высокой интенсивности (зона репарации, рисунок 6).



Рисунок 3. Рентгенограммы и МР- томограммы тазобедренного сустава пациентки Ч., 21 год. Отсутствие патологических изменений: А, Б – р-гр в прямой проекции и по Lauenstein, В – STIR cor, Г – STIR ax, Д – T2 cor, Е – T2 ax

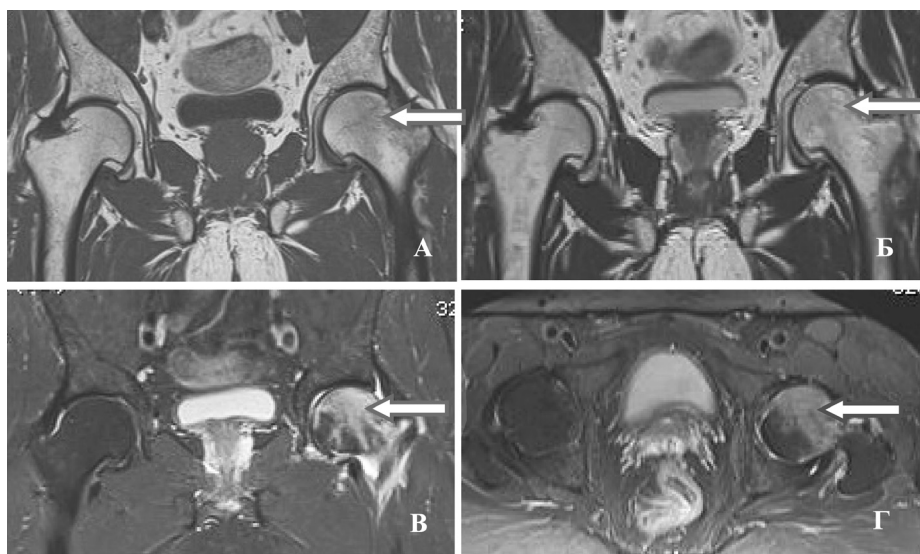


Рисунок 4. МР-томограммы тазобедренных суставов пациента Г., 52 г. с остеонекрозом головки левого бедра: А – T1 cor, Б – T2 cor, В – STIR cor, Г – STIR ax; зона отека костного мозга отмечена стрелками)

По данным МРТ нами оценивалась величина поражения головки бедра. Оценку производили согласно системы, предложенной Kerboul (1974), и модифицированной после начала применения МРТ на практике Коо [11, 18]. Для расчета величины поражения измеряли переднезадний угол (на срединном коронарном скане) и латеральный угол поражения (на срединном сагитальном скане). Рассчитываемые углы были образованы линиями, идущими из центра головки бедра к точкам, где зона некроза пересекала субхондральную кость. Общая величина дуги поражения количественно определялась арифметической суммой двух углов (рисунок 7).

Считается, что при величине дуги очага некроза менее  $190^\circ$  прогноз более благоприятный, чем при суммарном значении этого показателя более  $240^\circ$ .

Стадия III – стадия коллапса. Характеризуется возникновением импрессионного перелома головки бедра в наружной части зоны некроза. Клинически данная стадия характеризовалась как усилением болевого синдрома у наблюдаемых пациентов, так и наоборот, его стиханием и возникновением субъективного ощущения «похрустывания» при движениях в суставе. На рентгенограмме характерным ранним проявлением являлся «признак полумесяца» (линия просветления в суб-



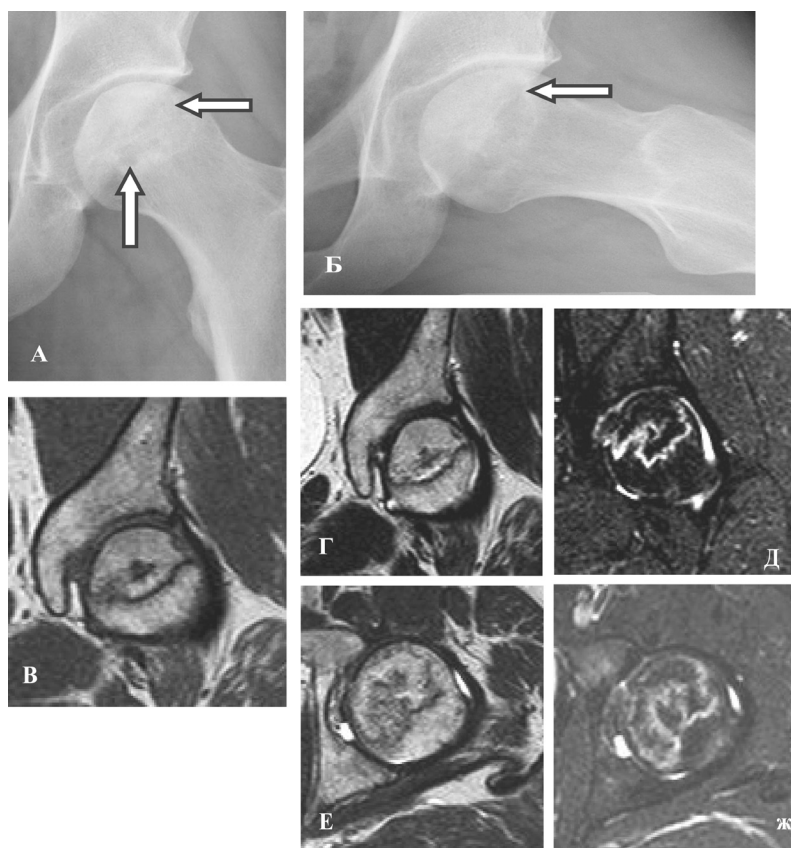


Рисунок 5. Р-гр и МРТ пациента О., 31 год с остеонекрозом головки бедра 2 ст.: А, Б – р-гр в прямой проекции и по Lauenstein: сохранена сферичность головки, зоны остеосклероза и остеолиза центральной части указаны стрелкой, В – T1cor, Г – T2 cor, Д – STIR cor: отграничение зоны некроза и здоровой кости, Е – T2 ax, Ж- STIR ax: отек костного мозга, хрящ и субхондральная кость не повреждены

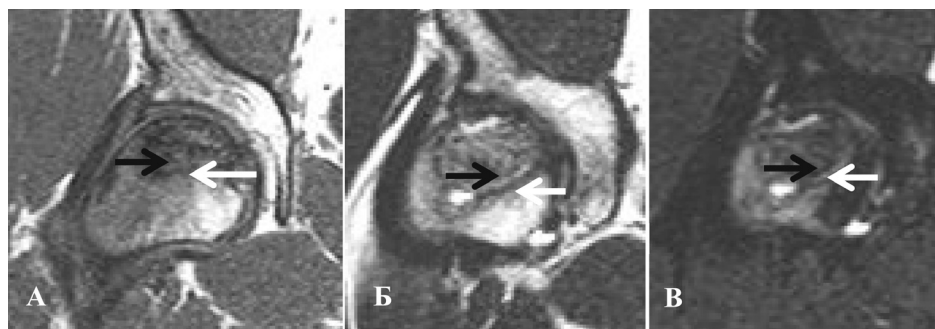


Рисунок 6. МРТ пациента М., 28 лет, с остеонекрозом головки бедра 2 ст., признак «двойной линии»: А – T1cor, Б – T2 cor, В – Stir-cor: черная стрелка – зона репарации, белая стрелка – демаркационная зона

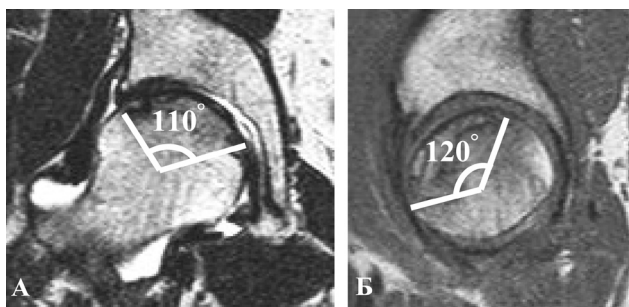


Рисунок 7. МР-томограммы тазобедренного сустава пациента Я., 45 лет, общая дуга поражения головки бедра 230°: А – T2 cor, переднезадний угол 110°, Б – T2 sag, латеральный угол 120°

кортикальной зоне головки бедра в виде полумесяца, субхондральный коллапс) (рисунок 8). Вертлужная впадина интактна, иногда определялось сужение суставной щели.

Потеря концентричности контура головки бедра является характерным отличительным признаком III стадии остеонекроза на рентгенограмме. Наиболее информативной является рентгенограмма в проекции по Lauenstein обоих тазобедренных суставов для сравнения. Головка бедра, не потерявшая свою концентричность на рентгенограмме в обеих проекциях выглядит как сфера или бильярдный шар (положительный «симптом бильярдного шара»). В случае, если имеет место импрессия нагрузочной части головки, контур ее уплощается и линия, описывающая сферу с центром в середине головки бедра

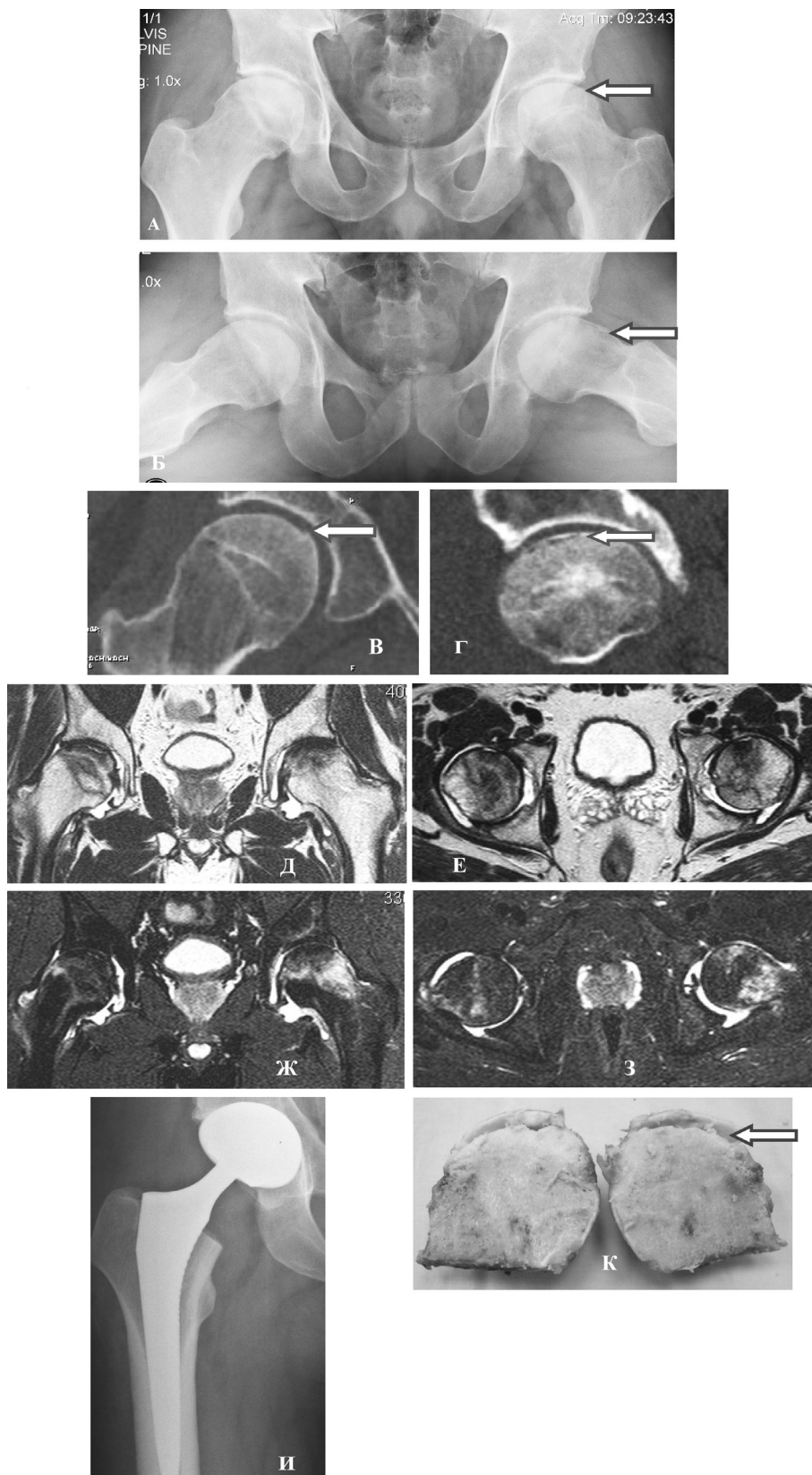


Рисунок 8. Пациент Б., 34 г. Билатеральный АНГБК III ст.: А, Б – на р-гр зоны остеосклероза и остеолита центральной части, нарушена сферичность головок в боковых проекциях, «признак полумесяца» (указано стрелкой); В – на РКТ справа перелом субхондральной кости; Г – на РКТ справа «признак полумесяца» (указано стрелкой); Д – T2 cor, Е – T2 ax: деформация хряща и субхондральной кости, симптом двойной линии; Ж – STIR cor, З – STIR ax: отек костного мозга, синовит; К – на р-гр ТЭТС справа; И – распил головки бедра в коронарной плоскости: стрелкой обозначена отслойка субхондральной кости от зоны некроза – проявление «признака полумесяца»



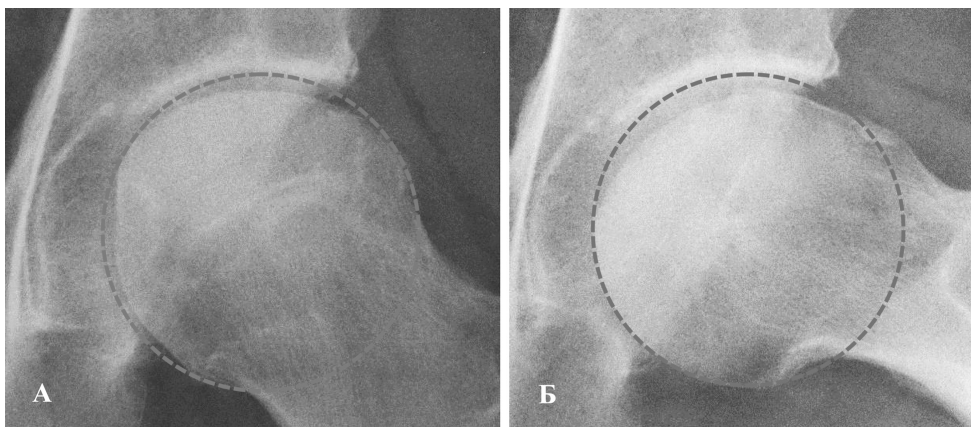


Рисунок 9. Р-гр пациента Б., 34 г. АНГБК III ст.: нарушение сферичности головки бедра в прямой (А) и боковой проекциях (Б)



Рисунок 10. Р-гр и МР-томограммы тазобедренных суставов пациента К., 41 год с остеонекрозом головок обоих бедер: справа 2 ст., слева 3 ст.: А, Б – на р-гр справа без видимой патологии, слева некроз 3 ст.; В – T2 cog, Г – T2 ax: локальный отек костного мозга; Д – T1 cog, Е – STIR cog: признаки коллапса головки бедра слева, синовита (указано стрелкой), диффузный ОКМ, справа – локальный ОКМ, признак «двойной линии»

следует проксимальней хрящевой поверхности головки, не совпадая с ней (отрицательный «симптом бильярдного шара»). Тщательное сравнительное изучение сферичности контура головки может помочь в диагностике АНГБК даже в тех ситуациях, когда качество рентгенограммы не позволяет выявить «признак полумесяца» и нет возможности выполнить МРТ или РКТ (рисунок 9, 10).

Избыточное количество внутрисуставной жидкости (синовит) как правило сопровождало АНГБК, а степень его выраженности зависела от стадии остеонекроза, наличия импрессионного перелома, отека костного мозга

головки. Внутрисуставной выпот диагностировался на T1 и T2 взвешенных изображениях, STIR режиме. У ряда наблюдаемых нами пациентов синовит был единственным проявлением внутрисуставной патологии (рисунок 12), а большинстве случаев сопровождал остеонекроз (рисунок 11).

Стадия IV – стадия остеоартрита. Характеризовалась наличием симптоматики, соответствующей коксартрозу с болевым синдромом, контрактурой, хромотой, укорочением конечности и мышечной атрофией. Диагноз устанавливался с помощью рентгенографии, на которой



Рисунок 11. Пациент Е., 40 лет: А – на р-гр зона остеосклероза центральной части (белая стрелка) и остеолиза верхнего полюса (черная стрелка); Б – Stir cor: синовит (стрелка), ОКМ головки, В – синовит, зона некроза головки (стрелка), Г – T2 ax: синовит, скопление синовиальной жидкости в подвздошно-поясничной сумке (указано стрелкой)

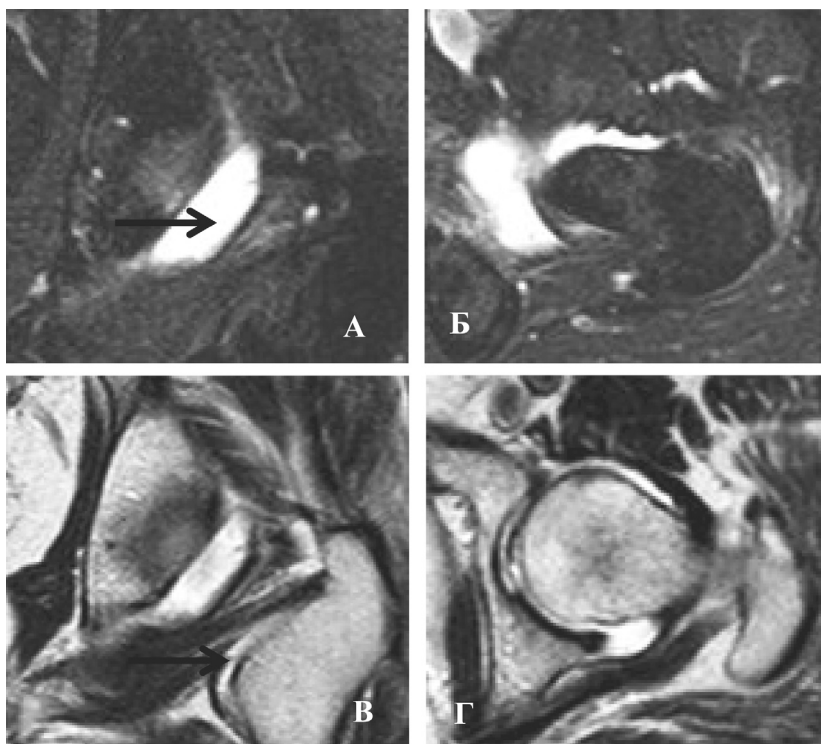


Рисунок 12. МРТ пациентки Т. Синовит тазобедренного сустава АНГБК II ст., синовит, подвздошно-поясничной бурсит:  
А – Stir cor, Б – Stir ax, В – T2 cor, Г – T2 ax: синовит (указано стрелкой), головка бедра не изменена



## ■ Оригинальные научные публикации

выявлялись признаки коллапса и тотальной деструкции верхнего полюса головки бедра, сужение суставной щели, остеофиты, поражение вертлужной впадины. МРТ и РКТ при этой стадии заболевания не являлись обязательным исследованием, поскольку их данные не влияли на тактику лечения пациента.

Таким образом, МРТ исследование является «золотым стандартом» неинвазивных методов исследования при АНГБК. С его помощью можно диагностировать заболевание на самых ранних стадиях, определить локализацию и величину очага некроза головки бедра, целостность хряща, выраженность синовита, состояние околосуставных мягких тканей. С помощью МРТ можно установить бессимптомно протекающие формы заболевания (остеонекроз, как «диагностическая находка»), проследить динамику болезни в процессе лечения.

Рентгенография при АНГБК информативна, начиная со II стадии заболевания и лишь при условии выполнения рентгенограмм обоих тазобедренных суставов в прямой проекции и по Lauenstein, что позволяет сравнить concentricity головки и установить предварительный диагноз. Использование рентгенологического «симптома бильярдного шара» позволяет верифицировать начало коллаптической стадии остеонекроза. В случае установления диагноза АНГБК только с одной стороны, показано выполнение МРТ в обязательном порядке для исключения билатерального остеонекроза.

Сагиттальные изображения STIR, по нашим данным, дают более полную информацию о ранних изменениях, связанных с конверсией костного мозга, скоплением жидкости, некротических тканей. Отмечено, что последовательности, основанные на градиентном эхо (GE) не обладают высокой чувствительностью в оценке некроза, скопления субхондральной жидкости и изменений суставного хряща.

РКТ при остеонекрозе головки бедра имеет диагностическую ценность для дифференциальной диагностики между аваскулярным некрозом II и III стадии по ARCO, когда остается открытым вопрос о наличии субхондрального перелома.

### Литература

1. Ахтямов, И. Ф. Современные методы визуализации в диагностике остеонекроза головки бедренной кости / И. Ф. Ахтямов, Р. Х. Закиров, В. В. Лобашов // Вестник современной клинической медицины. – 2014. – № 7 (2). – С. 29–39.
2. Брюханов, А. В. Магнитно-резонансная томография в диагностике асептического остеонекроза головки бедренной кости

(лекция) / А. В. Брюханов // Радиология: практика. – 2014. – № 1. – С. 38–47.

3. Остеонекроз. Часть 2. Клиника и диагностика аваскулярного некроза / В. Г. Барскова [и др.] // Современная ревматология. – 2013. – № 2. – С. 32–36.

4. Патоморфология головки бедренной кости при асептическом некрозе / М. Т. Мохаммади, Л. А. Пашкевич, О. Л. Эйсмонт, А. Э. Мурзич // Международный научно-практический журнал «Хирургия восточная Европа». Приложение. – 2017. – С. 148–156.

5. Саутина, О. П. МРТ-диагностика ранних стадий асептического некроза головок бедренных костей / О. П. Саутина, П. Д. Хазов // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. – 2008. – № 1. – С. 50–56.

6. ARCO (Association Research Circulation Osseous): committee on terminology and classification / ARCO News. – 1992. – № 4. – P. 41–46.

7. Avascular necrosis of the femoral head: MR imaging with radiological and histological correlation / Z. Wu [et al.] // Chin. Med. J. (Engl.). – 1998. – Vol. 111(7). – P. 599–602.

8. Femoral head avascular necrosis: correlation of MR imaging, radiographic staging, radionuclide imaging and clinical findings / D. G. Mitchell [et al.] // Radiology. – 1987. – Vol. 162(3). – P. 709–715.

9. Femoral head avascular necrosis: MR imaging with clinical – pathologic and radionuclide correlation / J. Beltran [et al.] // Radiology. – 1988. – Vol. 166. – P. 215–220.

10. Karantanas, A. N. The role of MR imaging in avascular necrosis of the femoral head / A. N. Karantanas, E. E. Drakonaki // Semin. Musculoskelet. Radiol. – 2011. – Vol. 15(3). – P. 281–300.

11. Koo, K. H. Quantifying the extent of osteonecrosis of the femoral head. A new method using MRI / K. H. Koo, R. Kim // J. Bone Joint Surg. Br. – 1995. – Vol. 77, № 6. – P. 875–880.

12. Macroscopic and microscopic findings in avascular necrosis of the femoral head / D. Kamal [et al.] // Rom. J. Morphol. Embryol. – 2012. – Vol. 53. – P. 557–561.

13. Mont, M. A. Nontraumatic osteonecrosis of the femoral head: Ten years later / M. A. Mont, L. C. Jones, D. S. Hungerford // J. Bone Joint Surg. Am. – 2006. – Vol. 88. – P. 1117–32.

14. MRI-Essentials. com. An illustrated Atlas of orthopedic MRI / W. Fischer [et al.]. – mr-verlag, 2014. – 640 p.

15. MRI from Picture to Proton // Donald W. McRobbie [et al.]. – New York, 2006. – 393 p.

16. MR imaging of bone marrow edema and joint effusion in patients with osteonecrosis of the femoral head: relationship to pain / G. S. Huang [et al.] // Am. J. Roentgenol. – 2003. – Vol. 181(2). – P. 545–549.

17. Sweet, D. E., Madewell J. E. Osteonecrosis pathogenesis. In: Resnick D. K., editor. Diagnosis of bone and joint disorders. 3rd edition. – Philadelphia: WB Saunders, 1994.

18. The conservative surgical treatment of idiopathic aseptic necrosis of the femoral head / Kerboul M. [et al.] // J. Bone Joint Surg. Br. – 1974. – Vol. 56, № 2. – P. 291–296.