

## ТУННЕЛИЗАЦИЯ С ВВЕДЕНИЕМ КОНЦЕНТРАТА КОСТНОГО МОЗГА В ПРОФИЛАКТИКЕ ПРОГРЕССИРОВАНИЯ АСЕПТИЧЕСКОГО НЕКРОЗА ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ



© А.Р. Байкова\*, А.Н. Торгашин, С.С. Родионова

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, Россия

**Обоснование.** Асептический некроз головки бедренной кости (АНГБК) — прогрессирующее заболевание, приводящее к нарушению функции тазобедренного сустава и инвалидности у молодых пациентов. Ранняя диагностика и лечение способствуют замедлению прогрессирования заболевания. Дополнение туннелизации ортобиологическими методиками, такими как введение концентрата костного мозга (ККМ) является одним из современных направлений терапии АНГБК.

**Цель.** Сравнительный анализ среднесрочной динамики морфологических изменений по результатам МРТ исследования асептического некроза головки бедренной кости при использовании у пациентов метода изолированной туннелизации и туннелизации с добавлением концентрата костного мозга.

**Материалы и методы.** Проведено одноцентровое интервенционное проспективное нерандомизированное сравнительное исследование для изучения эффективности туннелизации с добавлением концентрата костного мозга (ККМ) для лечения пациентов с асептическим некрозом головки бедренной кости (АНГБК). В исследование было включено 108 пациентов (183 тазобедренных сустава) с АНГБК II-IIIА стадии по классификации ARCO. Пациенты были распределены на основную группу (туннелизация+ККМ) и группу сравнения (туннелизация). Методом оценки динамики АНГБК была МРТ (1,5 Тесла) с анализом морфологической структуры обоих тазобедренных суставов. Период наблюдения 12 месяцев (до лечения, через 3, 6 и 12 месяцев после операции).

**Результаты.** В общей когорте на момент последнего контрольного визита были доступны 100 (92,6%) пациентов для анализа (168 тазобедренных суставов). Через 12 месяцев у пациентов со II стадией до операции в основной группе прогрессирование было в 2 случаях (10,3%), а в группе сравнения — в 18 (48,6%), ( $p < 0,001$ ).

**Заключение.** Туннелизация с ККМ является эффективным методом лечения АНГБК при II стадии ARCO (до коллапса) по сравнению с изолированной туннелизацией в среднесрочном периоде. Эта методика позволяет существенно уменьшить частоту прогрессирования заболевания и снизить необходимость в эндопротезировании тазобедренных суставов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: асептический некроз; остеонекроз головки бедренной кости; туннелизация; концентрат костного мозга.

## CORE DECOMPRESSION WITH THE INTRODUCTION OF BONE MARROW ASPIRATE CONCENTRATE IN PREVENTION OF FEMORAL OSTEONECROSIS PROGRESSION

© Alina R. Baikova\*, Aleksandr N. Torgashin, Svetlana S. Rodionova

Priorov National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, Moscow, Russia

**Background:** Osteonecrosis of the femoral head is a progressive disease that can lead to impaired hip function and disability in young patients. Early diagnosis and treatment can help slow the progression of this disease. One of the modern approaches to the treatment of osteonecrosis is core decompression with the introduction of orthobiological products such as bone marrow aspirate concentrate (BMAC).

**Aim:** Comparison of the results of magnetic resonance imaging of patients diagnosed with osteonecrosis of the femoral head after using two treatment methods: isolated tunneling and tunneling using bone marrow aspirate concentrate.

**Materials and methods:** A prospective cohort non-randomized comparative study was conducted to evaluate the effectiveness of core decompression with the addition of bone marrow aspirate concentrate for the treatment of osteonecrosis of the femoral head. The study involved 108 patients with stages II and IIIA according to the ARCO classification, who were divided into two groups: the main group, which received core decompression with bone marrow aspirate concentrate, and the comparison group, which received only core decompression. The outcome was assessed using MRI (1.5 Tl) to analyze the morphological structure of the hip joints before and after surgery, after 3, 6, and 12 months of follow-up.

**Results:** In the total sample, at the time of the last control visit, data on 100 (92.6%) patients were available, which made it possible to analyze 168 (91.8%) hip joints. 12 months after surgery, patients with the second stage of the disease in the main group had only two cases of progression (10.3%), while in the comparison group this figure was 18 cases (48.6%), which is significantly higher ( $p < 0.001$ ).

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.

**Conclusion:** Core decompression with the introduction of bone marrow aspirate concentrate is an effective method of treating osteonecrosis of the femoral head at the ARCO II stage (before collapse) compared with isolated core decompression in the medium term. This method significantly reduces the frequency of disease progression and the need for hip replacement.

**KEYWORDS:** aseptic necrosis; osteonecrosis of the femoral head; core decompression; bone marrow aspirate concentrate.

## ОБОСНОВАНИЕ

Асептический некроз головок бедренных костей (АНГБК) — хроническое заболевание, при котором происходит повреждение и гибель клеток костной ткани и элементов костного мозга вследствие нарушения микроциркуляции, венозного стока, а также метаболических изменений, включающих дисбаланс кальция-фосфорного обмена и повышенную резорбцию кости. Данная патология преимущественно поражает мужчин молодого возраста (по классификации ВОЗ), достигая максимальной частоты в возрастной группе 35–44 года [1].

Современный подход к лечению пациентов с АНГБК основан на двух ключевых принципах: ранней диагностике с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) и органосохраняющих хирургических вмешательствах, направленных на предотвращение коллапса головки бедренной кости. Среди них — туннелизация головки бедренной кости, выполняемая с целью улучшения кровоснабжения и снижения внутрикостного давления, применяется чаще всего [2]. Однако из-за неудовлетворенности результатами туннелизации продолжается поиск техник, направленных на повышение эффективности лечения пациентов с данной патологией. Дополнение туннелизации ортобиологическими методиками, такими как введение концентрата костного мозга (ККМ), является одним из современных направлений [3]. Работ, в которых оценивается морфологическая динамика АНГБК *in vivo* с применением МРТ при лечении пациентов методом туннелизации в сочетании с введением ККМ, крайне мало. Отсутствие убедительных данных о клинических и морфологических преимуществах добавления концентрата костного мозга на прогрессирование заболевания стало основанием для выполнения настоящего исследования.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнительный анализ среднесрочной динамики морфологических изменений по результатам МРТ исследования асептического некроза головки бедренной кости при использовании у пациентов метода изолированной туннелизации и туннелизации с добавлением концентрата костного мозга.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Место и время проведения исследования

*Место проведения.* Исследование проведено на базе федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия.

*Время исследования.* Набор клинического материала выполнен с мая 2020 по май 2024 гг. Изучаемые популяции (одна) пациенты с асептическим некрозом головки бедренной кости.

*Критерии включения:* асептический некроз головки бедренной кости II–IIIА стадии по ARCO; возраст: 18–59 лет; наличие болевого синдрома по ВАШ более 2; наличие подписанного информированного добровольного согласия.

*Критерии не включения:* асептический некроз головки бедренной кости IIIB или IV стадии по ARCO; возраст до 18 и старше 59 лет; общее тяжелое состояние пациента, обусловленное соматической патологией; наличие в анамнезе перелома проксимального отдела бедренной кости, опухоли области тазобедренных суставов; ранее проведенные органосохраняющие хирургические вмешательства на тазобедренных суставах.

**Способ формирования выборки из изучаемой популяции (или нескольких выборок из нескольких изучаемых популяций)**  
Сплошной.

### Дизайн исследования

Одноцентровое интервенционное проспективное нерандомизированное сравнительное исследование, выполненное согласно протоколу STROBE. Срок наблюдения — 12 месяцев, контрольные осмотры через 3, 6, 12 месяцев после хирургического вмешательства с целью оценки динамики АНГБК по данным МРТ (1,5 Тесла) с анализом морфологической структуры тазобедренных суставов.

### Описание медицинского вмешательства (для интервенционных исследований)

В основной группе пациентам выполнялась туннелизация с введением концентрата костного мозга по методике, описанной ранее в статье [5], в группе сравнения — изолированная туннелизация.

Первым этапом пациентам из основной группы выполнялась аспирация костного мозга с помощью иглы для трепанобиопсии, далее полученный костный мозг дважды центрифугировался для получения концентрата. Вторым этапом выполнялась веерообразная туннелизация головки и шейки бедренной кости сверлом диаметром 3,2 мм с введением приготовленного ККМ в очаг остеонекроза. Пациентам из группы сравнения выполнялась только туннелизация.

Всем пациентам до операции проводилось консервативное лечение, включающее разгрузку сустава (ходьба на костылях), применение антикоагулянтов (ривароксабан 10 мг), препаратов кальция (карбонат кальция до 1000 мг в сутки), активных метаболитов витамина Д (альфакальцидол 0,75–1,0 мкг в сутки), антирезорбтивных

препаратов (золедроновая кислота 5 мг внутривенно однократно). Хирургическое лечение выполнялось всем пациентам в период от 2 до 4 недель с момента начала консервативного лечения.

### Методы

Методом оценки динамики АНГБК была МРТ (1,5 Тесла) с анализом морфологической структуры обоих тазобедренных суставов в коронарной, аксиальной и сагиттальной плоскостях в T1, T2 взвешенных изображениях и с применением STIR режима. Период наблюдения: до лечения, через 3, 6 и 12 месяцев после операции.

Основной клинической характеристикой была стадия заболевания по классификации ARCO, дополнительно оценивались степень перифокального отека костной ткани и наличие синовита в суставе.

Согласно классификации ARCO [6] выделяли 4 стадии заболевания:

- I стадия характеризуется отеком костной ткани в субхондральной зоне;
- II стадия характеризуется наличием очага остеонекроза с линией склероза, ограничивающей поврежденный участок от здоровой кости. Импрессия суставной поверхности отсутствует;
- III стадия разделяется на IIIA — импрессия субхондральной кости  $\leq 2$  мм, без деформации суставного хряща и IIIB — коллапс суставной поверхности (импрессия  $> 2$  мм);
- IV стадия проявляется наличием остеоартрита смежного сустава, разрушением суставных поверхностей либо отсутствием хрящевого покрытия в зоне асептического некроза.

Отек костной ткани классифицировали по степени выраженности: 0 степень — отсутствие отека костного мозга, 1 степень — отек в пределах головки бедренной кости, 2 степень — распространение отека на шейку бедра, 3 степень — распространение отека в межвертельную область [7].

Синовит считался присутствующим, если выявлялось скопление жидкости вокруг шейки бедренной кости [8]. У всех пациентов также было выполнено КТ до операции с целью диагностики субхондрального перелома, так как на фоне отека костной ткани его не всегда можно точно определить по МРТ.

Скорость прогрессирования АНГБК оценивалась у пациентов с IIIA стадией. Все суставы были разделены на 4 группы по скорости прогрессирования:

- группа А — за 12 месяцев наблюдения без перехода с следующую стадию;
- группа В — за 12 месяцев наблюдения переход из IIIA в IIIB стадию;
- группа С — за 12 месяцев наблюдения переход из IIIA в IV стадию;
- группа D — за 6 месяцев наблюдения переход из IIIA в IV стадию.

### Статистический анализ

Использовано программное обеспечение SPSS 26. Статистически значимый эффект считался при  $p < 0,05$ . Для оценки связи между порядковыми клиническими показателями использовали таблицы сопряженности

с оценкой по критерию  $\chi^2$  Пирсона или, в случае малых групп (менее 5 пациентов), точному критерию Фишера. При простых парных сравнениях использовался критерий Манна-Уитни. В случае межгрупповых сравнений в динамике использовали непараметрический дисперсионный анализ с повторными наблюдениями (критерий Фридмана) с последующими парными сравнениями (критерий Данна), при множественных сравнениях применяли поправку Бонферрони.

### Этическая экспертиза

Процедура получения и применения концентрата костного мозга у пациентов с АНГБК была одобрена локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ ТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России (протокол №1 от 3 марта 2019). Письменное добровольное информированное согласие было получено от всех лиц, которые участвовали в этом исследовании, до операции.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследование было включено 108 пациентов (183 тазобедренных сустава). Основная группа состояла из 55 человек (98 тазобедренных суставов), группа сравнения из 53 человек (85 тазобедренных суставов). Закончили исследование 100 пациентов (168 тазобедренных суставов).

Средний возраст лиц, включенных в исследование, составил 36 [32; 42] лет, ИМТ — 27,9 [25,7; 30,6] кг/м<sup>2</sup>.

Преобладали лица мужского пола — 80 (74,1%), женщин оказалось значительно меньше — 28 (25,9%) человек.

В общей когорте идиопатический асептический некроз отмечен у 28 (25,9%), вторичный — у 80 (74,1%) пациентов. В анамнезе перенесли Covid-19 без применения глюкокортикостероидов (ГКС) 17 (15,7%), с применением ГКС — 61 (56,5%), еще 10 (9,3%) человек принимали ГКС более 3 месяцев в дозе, эквивалентной 5 мг преднизолона и более, в связи с лечением хронического заболевания.

Двустороннее поражение головок бедренных костей отмечалось у 75 (69,4%), одностороннее — у 33 человек (30,6%). Пациенты, включенные в исследование, имели по классификации ARCO II стадию (105 тазобедренных суставов) или IIIA (78 тазобедренных суставов).

Пациенты были разделены на две группы: основную и группу сравнения. В основной группе ( $n=55$ ) выполнялась туннелизация с введением ККМ, в группе сравнения ( $n=53$ ) — только туннелизация. При парных сравнениях групп, статистически значимых различий между ними по полу, возрасту, ИМТ, этиологии, стороне заболевания и стадии АНГБК не было ( $P > 0,05$ ), (табл. 1, 2).

В общей когорте на момент последнего контрольного визита были доступны для анализа 100 (92,6%) пациентов или 168 (91,8%) тазобедренных суставов. Выбыли из исследования по причине неявки на контрольный осмотр: из основной группы 1 пациент (2 тазобедренных сустава) через 6 месяцев и 3 пациента (5 тазобедренных суставов) через 12 месяцев; в группе сравнения — 2 пациента (4 тазобедренных сустава) через 3 месяца и 2 пациента (4 тазобедренных сустава) через 12 месяцев (табл. 3).

Таблица 1. Характеристики пациентов анализируемых групп

Характеристика	Основная группа (n=55)	Группа сравнения (n=53)	P-уровень
Возраст	34 [31; 39]	38 [34; 42]	0,068
<b>Пол:</b>			
мужской	45 (81,8%)	35 (66%)	0,063
женский	10 (18,2%)	18 (34%)	
ИМТ (кг/м <sup>2</sup> )	28,4 [26,6; 30,8]	27,7 [25,1; 30,5]	0,203
<b>Этиология:</b>			
• Идиопатический	15 (27,3%)	13 (24,5%)	0,748
• Covid-19 в легкой форме	5 (9,1%)	12 (22,6%)	0,056
• Covid-19 в тяжелой форме	34 (61,8%)	27 (50,9%)	0,259
• длительный прием глюкокортикостероидов в анамнезе в связи с лечением хронического заболевания	6 (10,9%)	4 (7,5%)	0,954

\* — различия достоверны (критерий Манна-Уитни или  $\chi^2$  Пирсона).

Таблица 2. Число включенных в исследование тазобедренных суставов в зависимости от стороны и стадии заболевания

Характеристика	Основная группа (n=98)	Группа сравнения (n=85)
<b>Сторона:</b>		
Левый тазобедренный сустав	48 (49%)	40 (47,1%)
Правый тазобедренный сустав	50 (51%)	45 (52,9%)
<b>Стадия:</b>		
II по ARCO	66 (67,3%)	39 (45,9%)
IIIA по ARCO	32 (32,7%)	46 (54,1%)

Таблица 3. Изменение стадии АНГБК по ARCO через 12 месяцев после лечения.

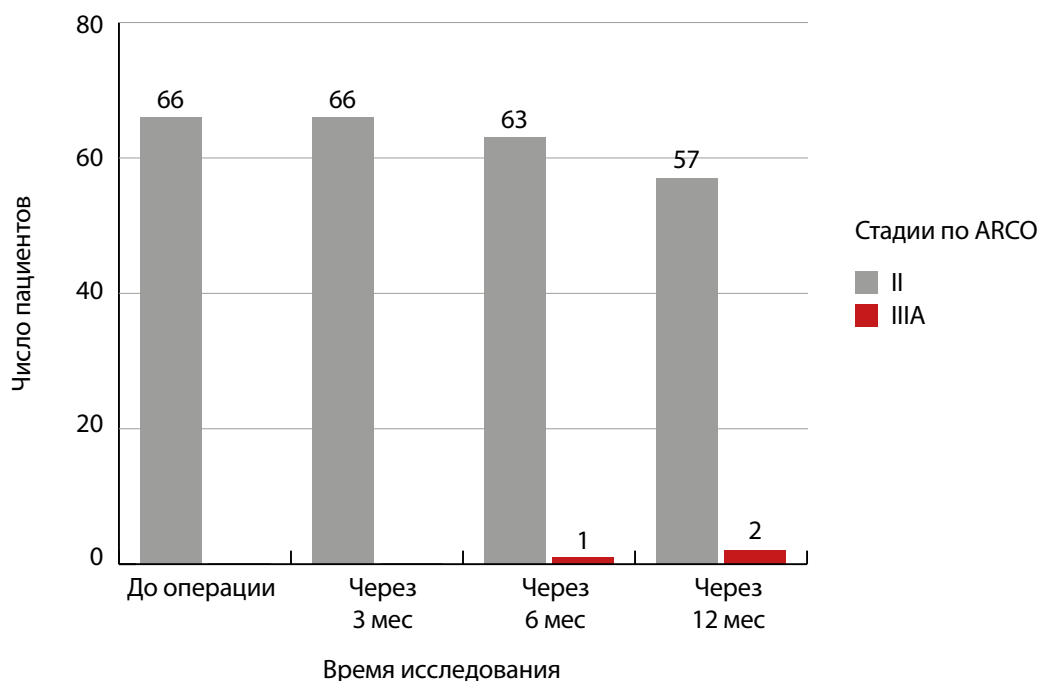
До лечения		12 месяцев после начала лечения (%)				
Стадия заболевания	Количество суставов (%)	II	IIIA	IIIB	IV	ЭП
<b>Основная группа (туннелизация + ККМ)</b>						
II	59 (100%)	57 (89,7%)	2 (8,6%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
IIIA	32 (100%)	0 (0,0%)	12 (37,5%)	8 (25,0%)	6 (18,8%)	6 (18,8%)
Всего	91 (100%)	57 (62,6%)	14 (15,4%)	8 (8,8%)	6 (6,6%)	6 (6,6%)
<b>Группа сравнения (туннелизация)</b>						
II	37 (100%)	19 (51,4%)	8 (21,6%)	2 (5,4%)	2 (5,4%)	6 (16,2%)
IIIA	40 (100%)	0 (0,0%)	9 (22,5%)	14 (35,0%)	7 (17,5%)	10 (25,0%)
Всего	77 (100%)	19 (24,7%)	17 (22,1%)	16 (20,8%)	9 (11,7%)	16 (20,8%)

Для группы сравнения достоверные различия ( $p < 0,001$ ), для основной группы достоверных различий нет ( $p = 0,75$ ). Критерий Фридмана с парными сравнениями (критерий Данна) и поправкой Бонферрони на множественные сравнения.

Через 12 месяцев среди пациентов со II стадией в основной группе (рис. 1а) прогрессирование наблюдалось в 2 тазобедренных суставах: в одном случае через 6 месяцев и в одном через 12 месяцев отмечен переход в IIIA стадию ( $p=0,75$ ). У пациентов группы сравнения (рис. 1b) прогрессирование в динамике к 12 месяцу отмечено в 18 тазобедренных суставах ( $p=0,013$ ), причем у части пациентов прогрессирование, отмеченное к 3-му месяцу, продолжа-

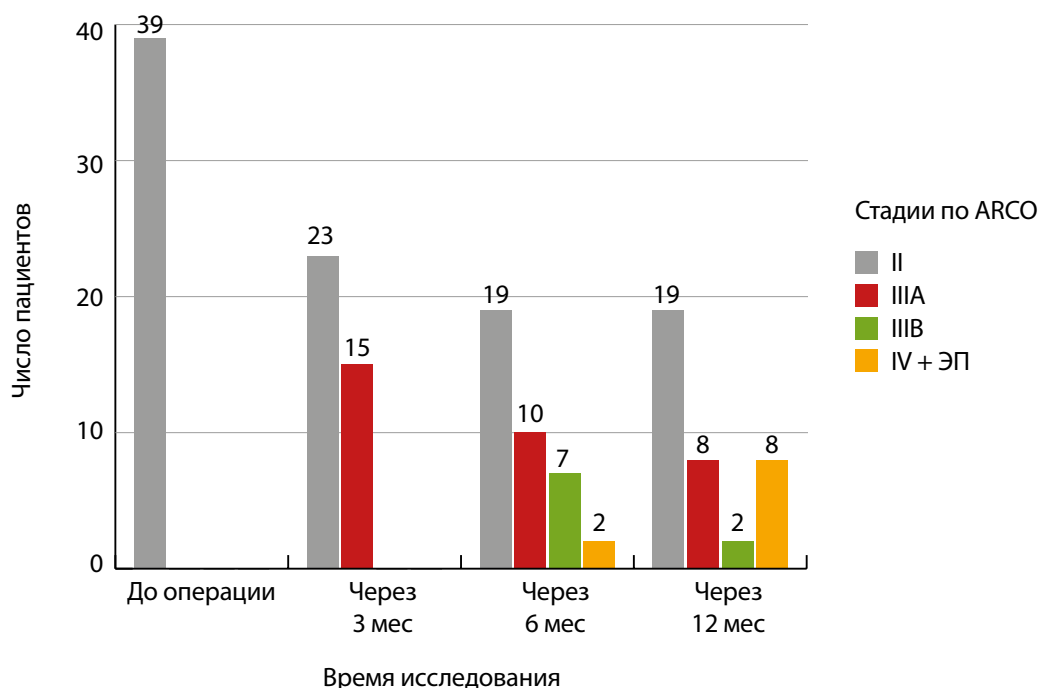
лось также к 6-му и 12-му месяцам. При парных сравнениях групп выявлено, что прогрессирование в группе сравнения относительно основной группы было достоверным на все временные промежутки ( $p<0,001$ ).

Что касается прогрессирования IIIA стадии в динамике, то в основной группе (рис. 2а) прогрессирование к 3-му месяцу произошло в 6 тазобедренных суставах ( $p=0,9$ ), к 6-му месяцу — в 13 тазобедренных суставах ( $p=0,7$ ),



**Рисунок 1а.** Динамика изменения стадии АНГБК по ARCO у пациентов основной группы со II стадии до начала лечения за 12 месяцев.

Достоверных различий нет ( $p=0,75$ ). Критерий Фридмана с парными сравнениями (критерий Данна) с поправкой Бонферрони на множественные сравнения.

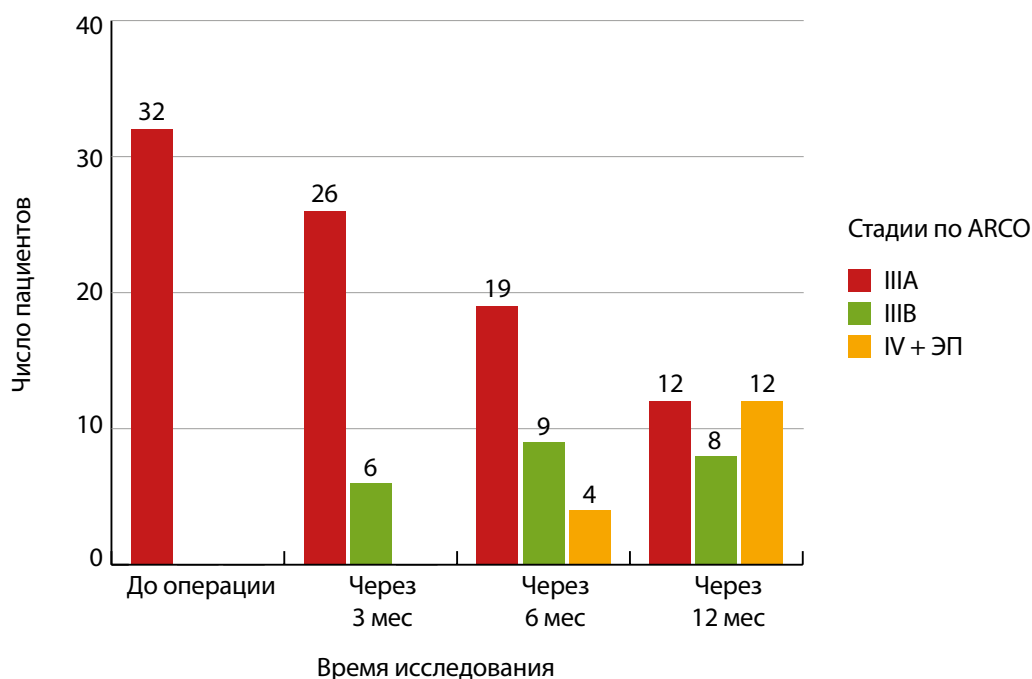


**Рисунок 1б.** Динамика изменения стадии АНГБК по ARCO у пациентов группы сравнения со II стадией до начала лечения за 12 месяцев.

Достоверные различия ( $p=0,013$ ). Критерий Фридмана с парными сравнениями (критерий Данна) с поправкой Бонферрони на множественные сравнения.

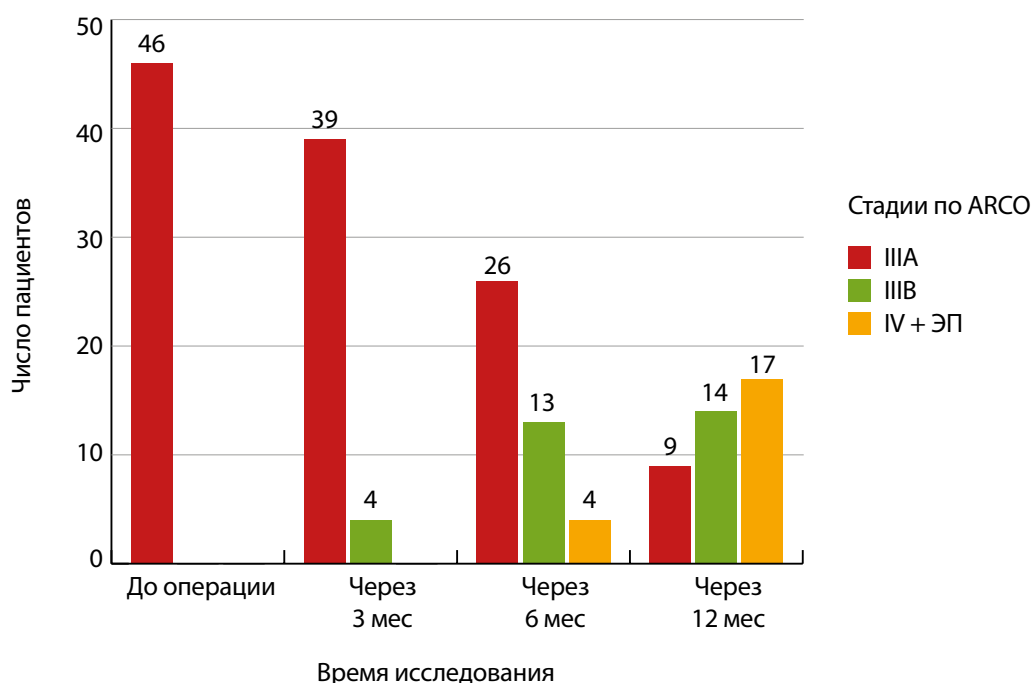
к 12-му месяцу — в 20 суставах, и к этому сроку различия стали достоверными ( $p < 0,001$ ). В группе сравнения (рис. 2b) прогрессирование к 3-му месяцу наблюдалось в 4 тазобедренных суставах ( $p = 0,72$ ), к 6-му месяцу — в 17 суставах ( $p = 0,072$ ), к 12-му месяцу — в 31 тазобедренном суставе ( $p < 0,001$ ). При парных сравнениях групп на каждый срок достоверных различий не выявлено (на 3 месяца  $p = 0,7$ , на 6 месяцев  $p = 0,8$ , 12 месяцев —  $p = 0,3$ ).

В общем виде число суставов (%), сохранивших исходную стадию на этапах наблюдения спустя 12 месяцев с момента операции в сравниваемых группах, отражено на диаграмме (рис. 3). Более выраженное прогрессирование в группе сравнения нашло свое отражение в количестве операций эндопротезирования в группах: в основной группе эндопротезирование тазобедренного сустава выполнено 6 пациентам с прогрессированием



**Рисунок 2a.** Динамика изменения стадии АНГБК по ARCO у пациентов основной группы с IIIA стадии до начала лечения за 12 месяцев.

К 12-му месяцу различия достоверны ( $p < 0,001$ ). Критерий Фридмана с парными сравнениями (критерий Данна) с поправкой Бонферрони на множественные сравнения.



**Рисунок 2b.** Динамика изменения стадии АНГБК по ARCO у пациентов группы сравнения с IIIA стадией до начала лечения за 12 месяцев.

К 12-му месяцу различия достоверны ( $p < 0,001$ ). Критерий Фридмана с парными сравнениями (критерий Данна) с поправкой Бонферрони на множественные сравнения.

заболевания из IIIA стадии (6 тазобедренных суставов; 6,6%), в группе сравнения — 13 пациентам (16 тазобедренных суставов; 21,6%) ( $p=0,007$ ).

К началу лечения у подавляющего большинства пациентов с АНГБК отмечался выраженный отек костной ткани (172 бедренных костей, 94%). Через 3 месяца с момента начала лечения и независимо от вида хирургического вмешательства в большинстве тазобедренных суставов отек сохранялся (84,4%), но с отчетливой тенденцией к снижению степени его выраженности. Это проявлялось переходом сильной степени выраженности отека в умеренную или минимальную. К 6-му месяцу отек полностью исчезал или сохранялся с минимальной его выраженностью в 89,8% ( $p<0,001$ ) случаев, к 12 месяцам этот показатель увеличивался до 98,8% наблюдений в обеих группах.

Еще одним часто встречаемым симптомом у пациентов с АНГБК является синовит, который исходно отмечен в основной группе в 40 (40,8%), в группе сравнения — в 57 (67,1%) тазобедренных суставах. Через 12 месяцев наблюдения в основной группе признаки синовита сохранялись в 31 (34,1%) тазобедренном суставе ( $p=0,55$ ), в группе сравнения — в 44 (57,1%), ( $p=0,55$ ).

Анализ зависимости скорости прогрессирования стадии от этиологии АНГБК показал, что у пациентов при отсутствии прогрессирования (группа А) или медленной его скорости (группа В) доминировала вторичная этиология, а быстрое прогрессирования (группа D) наблюдалось у пациентов с идиопатическим АНГБК (рис. 4). Достоверная связь  $p=0,012$ , точный критерий Фишера.

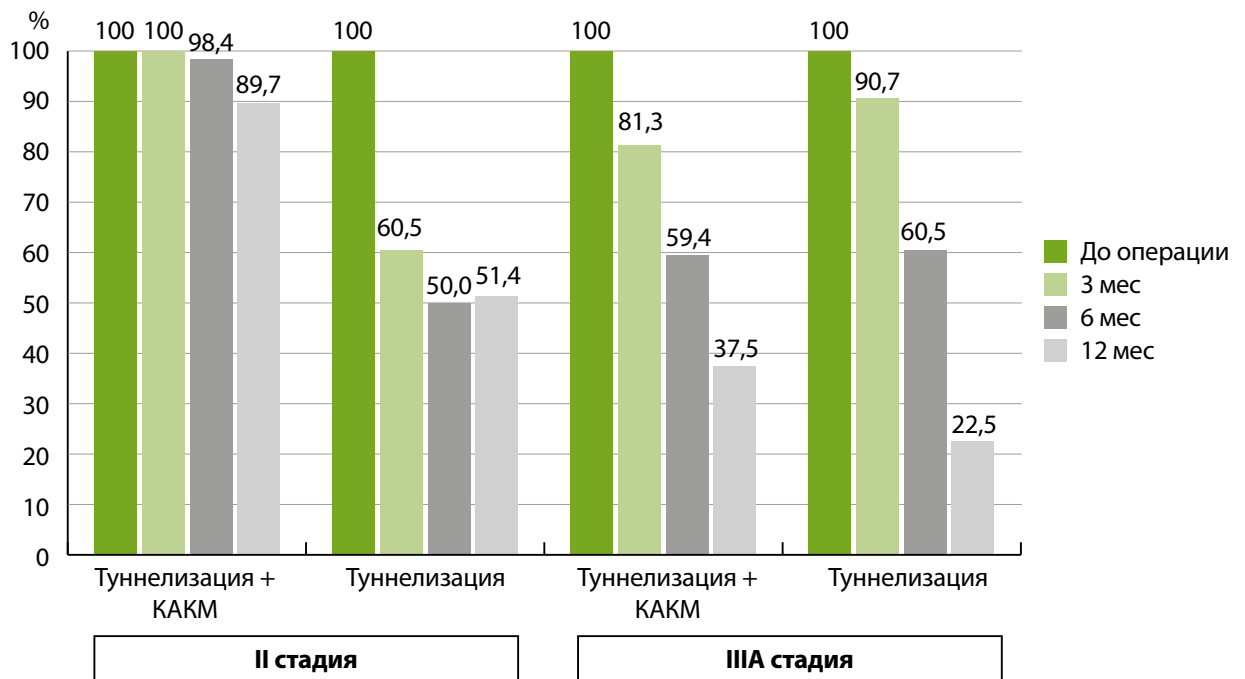


Рисунок 3. Число суставов в %, сохранивших исходную стадию на этапах наблюдения (через 3, 6, 12 месяцев с момента операции) в сравниваемых группах.

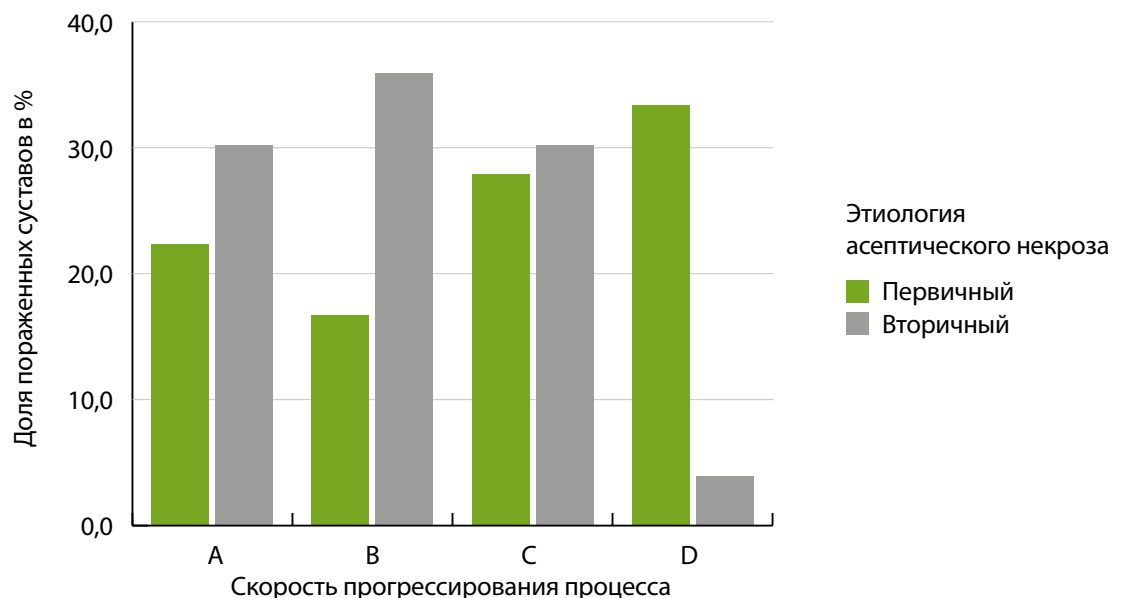
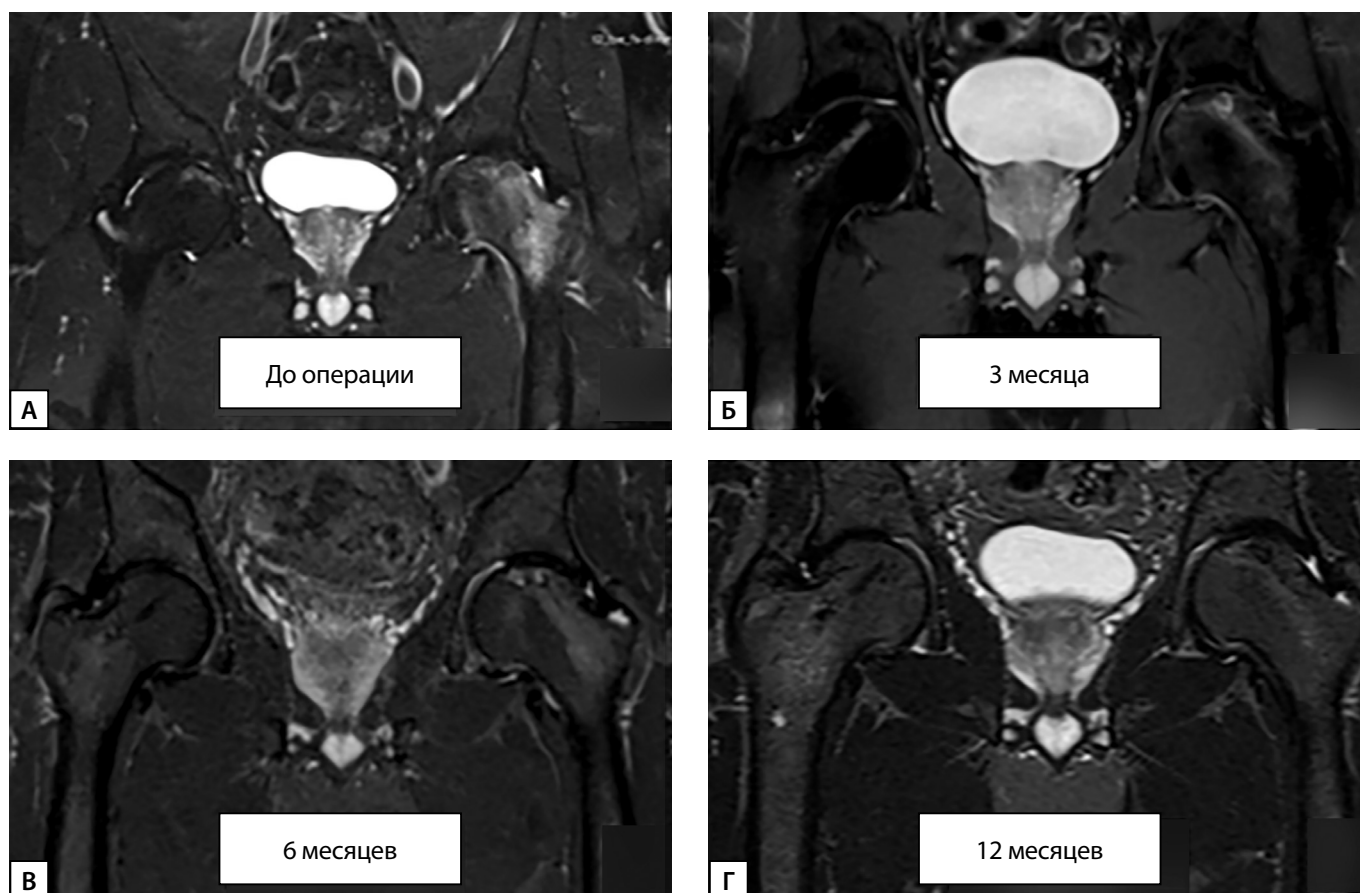


Рисунок 4. Скорость прогрессирования АНГБК в зависимости от этиологии заболевания.

Достоверная связь  $p=0,012$ , точный критерий Фишера.



**Рисунок 5.** Динамика изменений на МРТ у пациента с АНГБК после туннелизации с применением ККМ.

А — правое бедро: II стадия по ARCO, отек 0 степени, синовита нет, левое бедро: II стадия по ARCO, отек 3 степени, синовит есть;  
 Б — правое бедро: II стадия по ARCO, отек 0 степени, синовита нет, левое бедро: II стадия по ARCO, отек 2 степени, синовита нет;  
 В — правое бедро: II стадия по ARCO, отек 0 степени, синовита нет, левое бедро: II стадия по ARCO, отек 0 степени, синовита нет;  
 Г — правое бедро: II стадия по ARCO, отек 0 степени, синовита нет, левое бедро: II стадия по ARCO, отек 0 степени, синовита нет.

В качестве клинического примера (рис. 5) представляем следующее наблюдение: пациент П., 28 лет, обратился с жалобами на боль (ВАШ -8) и ограничение движений в тазобедренных суставах, больше слева. В анамнезе: полтора года назад перенес тяжелую новую коронавирусную инфекцию с цитокиновым штормом, лечился в стационаре с применением преднизолона в дозе 850 мг. Данные жалобы появились 4 месяца назад, после выполнения МРТ исследования поставлен диагноз: «Двусторонний асептический некроз головок бедренных костей 2 стадии по ARCO». Проводилось консервативное лечение, с применением остеотропной терапии (золендроновая кислота, препараты кальция, альфакальцидол), антикоагулянтов (ривароксабан) и НПВП (эторикоксиб), на фоне которого болевой синдром частично купировался (ВАШ — 5). Учитывая сохранение болевого синдрома, пациенту выполнено хирургическое лечение в объеме: туннелизация головки бедренной кости с введением концентрата костного мозга. В послеоперационном периоде рекомендована ходьба на костылях на срок не менее 6 недель. Через 3 месяца отмечено снижение болевого синдрома до 3 балла по ВАШ, на МРТ уменьшение внутрикостного отека. Через 6 месяцев болевой синдром 2 балла по ВАШ, по данным МРТ исследования сохраняется незначительный внутрикостный отек в области субхондральной кости головки бедра. Через 12 месяцев боли и ограничений движений нет. По данным

МРТ исследования, отмечено сохранение формы головки бедренной кости без прогрессирования процессов деструкции хряща и субхондральной кости. Пациенту рекомендовано наблюдение ортопеда с ежегодным контролем МРТ (рис. 5).

## ОБСУЖДЕНИЕ

### Репрезентативность выборок

Выборка репрезентативна так как набор участников исследования проводился с предварительным расчетом ее размера. В рамках дизайна группы превосходства размер выборки рассчитывался исходя из частоты клинического эффекта — отсутствие прогрессирования стадии АНГБК (>ARCO IIIA) через 12 месяцев после операции. Мощность обеих групп определялась с использованием результатов исследования Y. Ma et al. [4]. Необходимый размер выборки с частотой клинического эффекта 92% в основной группе, 66,7% в контрольной группе, с заданной статистической мощностью 90% и уровнем «ошибки первого рода» 5% составил 98 пациентов, по 49 в каждой группе. Учитывая потерю 10%, общий размер выборки составил 108 пациентов. Для расчета выборки был использован онлайн-калькулятор [www.sealedenvelope.com](http://www.sealedenvelope.com). Точное число пациентов может быть скорректировано на основе фактического показателя выбывания, достигнутого на момент промежуточного анализа.

### Сопоставление с другими публикациями

До настоящего времени нет общепризнанного метода лечения АНГБК, который при условии ранней диагностики заболевания, предотвращал бы его прогрессирование. Одной из наиболее часто применяемой методик хирургического лечения ранних стадий АНГБК является туннелизация, которая выполняется с целью снижения внутрикостного давления и увеличения кровоснабжения в очаге остеонекроза [9]. Однако до настоящего времени сохраняются разногласия относительно эффективности изолированной туннелизации [10]. Это обосновывается новыми сведениями о патогенезе АНГБК, в частности данных о ключевой роли угнетения мезенхимальных стволовых клеток [11] и возникающего дисбаланса костного ремоделирования с преобладанием резорбции костной ткани [12]. Эти данные легли в основу комбинированной терапии, направленной как на подавление остеокластической активности с помощью антирезорбтивных препаратов [13], так и стимуляцию локального остеогенеза за счет введения концентрата костного мозга [3]. Впервые предложивший эту методику Hernigou et al., отметил, что введение ККМ в зону остеонекроза после туннелизации сопровождается, с одной стороны, высокой клинической эффективностью, с другой, низкой частотой осложнений [14]. В последующем в нескольких сравнительных исследованиях показано, что комбинация туннелизации с введением аутологичного концентрата костного мозга обеспечивает более выраженные не только клинические, но и рентгенологические результаты по сравнению с изолированной туннелизацией [15–17].

По данным метаанализа Haiwei Tang et al., положительные исходы хирургического лечения в виде улучшения функции сустава и снижения потребности в эндопротезировании после применения туннелизации в сочетании с введением концентратом костного мозга на предколлапсных стадиях заболевания удается достигнуть в 70–90% случаев [3]. Результаты нашего исследования сопоставимы с этими данными. Прогрессирования заболевания в течение 12 месяцев не произошло в 75,8% случаев у пациентов в группе, где туннелизация сочеталась с введением ККМ и в 35,1% в группе, где выполнялась только туннелизация.

Важно отметить, что эффективность хирургического лечения имеет стадийную специфичность: у пациентов с начальными стадиями АНГБК (ARCO I–II) наблюдается достоверно более низкий уровень прогрессирования заболевания по сравнению с пациентами на поздних стадиях (ARCO III–IV) [15, 18–20].

В исследовании с участием 45 пациентов (53 тазобедренных сустава) Ma et al. сообщили, что после комбинированной терапии (туннелизации с введением концентрата костного мозга) ни в одном случае у пациентов с АНГБК I–II стадии не наблюдалось прогрессирования заболевания в течение 24 месяцев, тогда как 40% головок бедренной кости с АНГБК III стадии прогрессировали до коллапса [18].

В работе Kang et al. при лечении АНГБК на стадии ARCO I и II в 20% произошло прогрессирование в группе, где проводили комбинированное лечение. А при лечении АНГБК стадии ARCO III и IV лечение оказалось неэффективным, период наблюдения составлял в среднем 4,28 года [19].

А в другом сравнительном рандомизированном исследовании Hauzeur et al. пришли к выводу о неэффективности туннелизации с применением концентрата костного мозга у пациентов на III стадии АНГБК. В 65% случаях заболевание прогрессировало и пациентам было выполнено эндопротезирование тазобедренного сустава [21].

### Клиническая значимость результатов

В нашем исследовании добавление концентрата костного мозга было более эффективно у пациентов со II стадией по ARCO: в 89,7% случаев прогрессирования АНГБК не произошло. В то же время у пациентов, имевших до операции стадию IIIA добавление концентрата костного мозга, оказалось менее эффективным: в 62,5% прогрессирование произошло в течение 12 месяцев после хирургического вмешательства.

Результаты нашего исследования подтверждают данные [15, 18–20], что добавление ККМ у пациентов с АНГБК наиболее эффективно именно на предколлапсных стадиях, т.е. на стадии не больше II по ARCO.

В дополнение к определению стадии заболевания, МРТ позволяет количественно оценить выраженность и распространенность отека костной ткани, отражающей активность патологического процесса [22]. Согласно данным исследований, этот параметр обладает высокой клинической значимостью, поскольку, наличие и длительность сохранения отека связано с прогрессированием АНГБК до коллапса головки бедренной кости [23].

Однако в доступной литературе отсутствуют исследования, посвященные анализу динамики отека костной ткани после туннелизации, в том числе в сочетании с введением концентрата костного мозга. Имеющиеся работы в основном ограничиваются оценкой взаимосвязи между интенсивностью отека и выраженностью болевого синдрома. Так, в проспективном исследовании Koo et al. продемонстрировано, что уменьшение болевого синдрома коррелирует с регрессом отека костного мозга, наблюдаемым на МРТ через 3 месяца после выполнения туннелизации [24]. В работе Nori M et al. подчеркивается, что регресс отека сопровождается нормализацией МР-сигнала у всех пациентов через 6 мес после операции [25]. В нашем исследовании динамика выраженности костного отека оценивалась в течение 12 мес после хирургического вмешательства с применением и без применения ККМ. Анализ данных показал, что к 6-му месяцу наблюдения происходило достоверное уменьшение выраженности отека независимо от использования ККМ. Кроме того, не было выявлено статистически значимой связи между степенью выраженности костного отека и скоростью прогрессирования АНГБК. Регресс отека и отсутствие межгрупповых различий связываем с проводимым консервативным лечением — все пациенты получали пролонгированную антирезорбтивную терапию золендроновой кислотой 5 мг. Данные литературы подтверждают, что применение золендроновой кислоты способствует уменьшению выраженности отека кости [26].

Таким образом, в настоящем исследовании получено подтверждение, что остеотропная, сосудистая терапия и хирургическое лечение оказывают влияние на внутрикостные процессы при АНГБК при II стадии, но не на сопутствующий синовит, который является проявлением

хронического воспаления в суставе и способствует сохранению боли. В этой связи остается актуальным изучение целесообразности включения в проводимое комбинированное лечение АНГБК препараты для подавления хронического воспаления в суставе. Обоснованным представляется рассмотрение длительной противовоспалительной терапии у данной категории пациентов, в том числе и независимо от текущей интенсивности болевого синдрома.

### Ограничения исследования

Короткий период наблюдения — 12 мес. Отсутствие рандомизации. Отсутствие оценки размера и локализации очага остеонекроза, так как у большинства пациентов наблюдался вторичный АНГБК. При данной патологии в головке бедренной кости формируются множественные очаги остеонекроза, а их точная локализация и определение размеров затруднены из-за выраженного отека костной ткани.

### Направления дальнейших исследований

Сохранение признаков синовита почти у половины пациентов через год после вмешательства указывает на необходимость изучения целесообразности в дополнение к проводимой комбинированной терапии назначения противовоспалительных препаратов, так как синовит ускоряет прогрессирование АНГБК до вторичного остеоартроза. Оценить и сопоставить эффективность двух методов хирургического лечения асептического некроза головки бедренной кости — изолированной туннелизации и туннелизации с применением концентрата костного мозга — на основании комплексного анализа клинических исходов по шкалам ВАШ, NNS, WOMAC и SF-36.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Туннелизация с ККМ является эффективным методом лечения АНГБК при II стадии ARCO (до коллапса)

по сравнению с изолированной туннелизацией в среднесрочном периоде. Эта методика позволяет существенно уменьшить частоту прогрессирования заболевания и снизить необходимость в эндопротезировании тазобедренных суставов. Однако при IIIA стадии применение ККМ в комбинированной терапии не обеспечивает значимых преимуществ в сравнении с изолированной туннелизацией. Оба метода при IIIA стадии демонстрируют сопоставимую эффективность в отношении замедления прогрессирования заболевания, что свидетельствует об ограниченном влиянии биологической стимуляции остеогенеза при наличии сформировавшегося структурного повреждения костной ткани. Динамика регресса отека костной ткани не зависит от метода хирургического лечения и характеризуется постепенным уменьшением к 6-му месяцу с практически полным исчезновением к 12 месяцам наблюдения, что обусловлено влиянием консервативной терапии на нарушенный метаболизм костной ткани.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источники финансирования.** Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.

**Участие авторов.** Байкова А.Р. — сбор материала, написание статьи, анализ литературы и данных, подготовка статьи к печати; Торгашин А.Н. — разработка дизайна исследования, выполнение клинического этапа исследования, сбор и анализ материала, внесение правок в статью; Родионова С.С. — разработка концепции статьи, анализ данных и интерпретация результатов, внесение правок.

Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

- Liu F, Wang W, Yang L, Wang B, Wang J, Chai W, Zhao D. An epidemiological study of etiology and clinical characteristics in patients with nontraumatic osteonecrosis of the femoral head. *J Res Med Sci* 2017;22. doi: <https://doi.org/10.4103/1735-1995.200273>
- Marker DR, Seyler TM, McGrath MS, Delanois RE, Ulrich SD, Mont MA. Treatment of early stage osteonecrosis of the femoral head. *J Bone Jt Surg* 2008;90:175–87. doi: <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00671>
- Tang H, Ling T, Zhao E, You M, Chen X, Chen G, Zhou K, Zhou Z. The efficacy of core decompression combined with regenerative therapy in early femoral head necrosis: a systematic review and meta-analysis involving 954 subjects. *Front Pharmacol*. 2024;15. doi: <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1501590>
- Ma Y, Wang T, Liao J, Gu H, Lin X, Jiang Q, Bulsara MK, Zheng M, Zheng Q. Efficacy of autologous bone marrow buffy coat grafting combined with core decompression in patients with avascular necrosis of femoral head: A prospective, double-blinded, randomized, controlled study. *Stem Cell Res Ther* 2014;5 doi: <https://doi.org/10.1186/scrt505>
- Байкова А.Р., Торгашин А.Н., Родионов С.А., Родионова С.С. Применение аутологичного концентрата аспирата костного мозга в терапии ранних стадий асептического некроза головки бедренной кости. // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. — 2025. — Т.32. — №2 — С.425–38. [Baikova AR, Torgashin AN, Rodionov SA, Rodionova SS. Autologous bone marrow aspirate concentrate in the treatment of early-stage avascular necrosis of the femoral head. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2025;32(2):425–438. (In Russ.)] doi: <https://doi.org/10.17816/VTO646328-203225>
- Yoon BH, Mont MA, Koo KH, Chen CH, Cheng EY, Cui Q, Drescher W, et al. The 2019 Revised Version of Association Research Circulation Osseous Staging System of Osteonecrosis of the Femoral Head. *J Arthroplasty* 2020;35:933–40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.11.029>
- Wang CJ, Wang FS, Yang KD, Huang CC, Lee MSS, Chan YS, Wang JW, Ko JY. Treatment of osteonecrosis of the hip: Comparison of extracorporeal shockwave with shockwave and alendronate. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008;128:901–8. doi: <https://doi.org/10.1007/S00402-007-0530-5>
- Väänänen M, Tervonen O, Nevalainen MT. Magnetic resonance imaging of avascular necrosis of the femoral head: predictive findings of total hip arthroplasty. *Acta Radiol Open* 2021;10. doi: <https://doi.org/10.1177/20584601211008379>
- Lee MS, Hsieh PH, Chang YH, Chan YS, Agrawal S, Ueng SWN. Elevated intraosseous pressure in the intertrochanteric region is associated with poorer results in osteonecrosis of the femoral head treated by multiple drilling. *J Bone Jt Surg - Ser B* 2008;90:852–7. doi: <https://doi.org/10.1302/0301-620X.90B7.20125>

10. Andronic O, Weiss O, Shoman H, Kriechling P, Khanduja V. What are the outcomes of core decompression without augmentation in patients with nontraumatic osteonecrosis of the femoral head? *Int Orthop* 2021;45:605–13. doi: <https://doi.org/10.1007/S00264-020-04790-9>
11. Wang BL, Sun W, Shi ZC, Lou JN, Zhang NF, Shi SH, Guo WS, Cheng LM, Ye LY, Zhang WJ, Li ZR. Decreased proliferation of mesenchymal stem cells in corticosteroid-induced osteonecrosis of femoral head. *Orthopedics* 2008;31. doi: <https://doi.org/10.3928/01477447-20080501-33>
12. Wang C, Wang X, Xu XL, Yuan XL, Gou WL, Wang AY, Guo QY, Peng J, Lu SB. Bone microstructure and regional distribution of osteoblast and osteoclast activity in the osteonecrotic femoral head. *PLoS One* 2014;9. doi: <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0096361>
13. Agarwala S, Shah SB. Ten-Year Follow-Up of Avascular Necrosis of Femoral Head Treated With Alendronate for 3 Years. *J Arthroplasty* 2011;26:1128–34. doi: <https://doi.org/10.1016/J.ARTH.2010.11.010>
14. Hernigou P, Beaujean F. Treatment of osteonecrosis with autologous bone marrow grafting. *Clin Orthop Relat Res* 2002;405:14–23. doi: <https://doi.org/10.1097/00003086-200212000-00003>
15. Gangji V, De Maertelaer V, Hauzeur JP. Autologous bone marrow cell implantation in the treatment of non-traumatic osteonecrosis of the femoral head: Five year follow-up of a prospective controlled study. *Bone* 2011;49:1005–9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bone.2011.07.032>
16. Sen RK, Tripathy SK, Aggarwal S, Marwaha N, Sharma RR, Khandelwal N. Early Results of Core Decompression and Autologous Bone Marrow Mononuclear Cells Instillation in Femoral Head Osteonecrosis. A Randomized Control Study. *J Arthroplasty* 2012;27:679–86. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2011.08.008>
17. Tabatabaee RM, Saberi S, Parvizi J, Mortazavi SMJ, Farzan M. Combining Concentrated Autologous Bone Marrow Stem Cells Injection With Core Decompression Improves Outcome for Patients with Early-Stage Osteonecrosis of the Femoral Head: A Comparative Study. *J Arthroplasty* 2015;30:11–5. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2015.06.022>
18. Ma Y, Wang T, Liao J, Gu H, Lin X, Jiang Q, Bulsara MK, Zheng M, Zheng Q. Efficacy of autologous bone marrow buffy coat grafting combined with core decompression in patients with avascular necrosis of femoral head: A prospective, double-blinded, randomized, controlled study. *Stem Cell Res Ther* 2014;5. doi: <https://doi.org/10.1186/SCRT505>
19. Kang JS, Suh YJ, Moon KH, Park JS, Roh TH, Park MH, Ryu DJ. Clinical efficiency of bone marrow mesenchymal stem cell implantation for osteonecrosis of the femoral head: A matched pair control study with simple core decompression. *Stem Cell Res Ther* 2018;9. doi: <https://doi.org/10.1186/S13287-018-1030-Y>
20. Wang BL, Sun W, Shi ZC, Zhang NF, Yue DB, Guo WS, Xu SQ, Lou JN, Li ZR. Treatment of nontraumatic osteonecrosis of the femoral head with the implantation of core decompression and concentrated autologous bone marrow containing mononuclear cells. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010;130:859–65. doi: <https://doi.org/10.1007/S00402-009-0939-0>
21. Hauzeur JP, De Maertelaer V, Baudoux E, Malaise M, Beguin Y, Gangji V. Inefficacy of autologous bone marrow concentrate in stage three osteonecrosis: a randomized controlled double-blind trial. *Int Orthop* 2018;42:1429–35. doi: <https://doi.org/10.1007/S00264-017-3650-8>
22. Айрапетов Г.А., Воротников А.А., Васюков В.А. Отек костного мозга в рамках суставной патологии. // *Инновационная Медицина Кубани* — 2020. — №0. — С.58–64. [Airapetov GA, Vorotnikov AA, Vasyukov VA. Bone marrow edema in terms of joint pathology. *Innovative Medicine of Kuban*. 2020;(4):58-64. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.35401/2500-0268-2020-20-4-58-64>
23. Iida S, Harada Y, Shimizu K, Sakamoto M, Ikenoue S, Akita T, Kitahara H, Moriya H. Correlation between bone marrow edema and collapse of the femoral head in steroid-induced osteonecrosis. *Am J Roentgenol* 2000;174:735–43. doi: <https://doi.org/10.2214/AJR.174.3.1740735>
24. Koo KH, Ahn IO, Kim R, Song HR, Jeong ST, Na JB, Kim YS, Cho SH. Bone marrow edema and associated pain in early stage osteonecrosis of the femoral head: Prospective study with serial MR images. *Radiology* 1999;213:715–22. doi: <https://doi.org/10.1148/RADIOLOGY.213.3.R99DC06715>
25. Nori M, Marupaka SK, Alluri S, Naseeruddin MD, Irfan KA, Jampala V, Apsingi S, Eachempati KK. MRI evaluation of post core decompression changes in avascular necrosis of Hip. *J Clin Diagnostic Res* 2015;9:TC04–8. doi: <https://doi.org/10.7860/JCDR/2015/13995.6967>
26. Flores-Robles BJ, Sanz-Sanz J, Sanabria-Sanchinel AA, Huntley-Pascual D, Andréu Sánchez JL, et al. Zoledronic Acid Treatment in Primary Bone Marrow Edema Syndrome. *J Pain Palliat Care Pharmacother* 2017;31:52–6. doi: <https://doi.org/10.1080/15360288.2016.1276993>

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ [AUTHORS INFO]

\***Байкова Алина Рамилевна [Alina R. Baikova, MD]**; адрес: Москва, 127299, ул. Приорова, 10 [address: Moscow, Priorov st., 10, 127299]; ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8986-7272>; eLibrary SPIN: 3382-2346; e-mail: [alinazakirova30@mail.ru](mailto:alinazakirova30@mail.ru)

**Торгашин Александр Николаевич, к.м.н. [Alexander N. Torgashin, MD, Cand. Sci. (Medicine)]**; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2789-6172>; eLibrary SPIN: 8749-3890; e-mail: [alexander.torgashin@gmail.com](mailto:alexander.torgashin@gmail.com)

**Родионова Светлана Семеновна, д.м.н., профессор [Svetlana S. Rodionova, MD, PhD, professor]**; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2726-8758>; eLibrary SPIN: 3529-8052; e-mail: [rod06@inbox.ru](mailto:rod06@inbox.ru)

\*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author.

## ИНФОРМАЦИЯ

Рукопись получена: 08.09.2025. Одобрена к публикации: 27.11.2025.

## ЦИТИРОВАТЬ:

Байкова А.Р., Торгашин А.Н., Родионова С.С. Туннелизация с введением концентрата костного мозга в профилактике прогрессирования асептического некроза головки бедренной кости // *Остеопороз и остеопатии*. — 2025. — Т. 28. — №4. — С.4-14. doi: <https://doi.org/10.14341/osteo13214>

## TO CITE THIS ARTICLE:

Baikova AR, Torgashin AN, Rodionova SS. Core decompression with the introduction of bone marrow aspirate concentrate in prevention of femoral osteonecrosis progression. *Osteoporosis and bone diseases*. 2025;28(4):4-14. doi: <https://doi.org/10.14341/osteo13214>