

<https://doi.org/10.17238/2072-3180-2025-1-178-184>

УДК: 616.94-085

© Черных А.В., Плотников Д.С., Гейдарова С.И., Остроушко А.П., Лаптиёва А.Ю., 2025

Обзор/Review



КЛИНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТЕЛОВЫХ КЛЕТОК В ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С АВАСКУЛЯРНЫМ НЕКРОЗОМ ГОЛОВКИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

А.В. ЧЕРНЫХ², Д.С. ПЛОТНИКОВ¹, С.И. ГЕЙДАРОВА², А.П. ОСТРОУШКО², А.Ю. ЛАПТИЁВА^{2*}

¹Липецкая городская поликлиника № 2, 398046, Липецк, Россия

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, 394036, Воронеж, Россия

Резюме

Введение. Аvascularный некроз головки бедренной кости (АНГБК) встречается у 10–18 % пациентов травматологического профиля. Обширная исследовательская деятельность за последнее время изучила потенциал лечения АНГБК с использованием мезенхимальных стволовых клеток (МСК) и показала результаты, убеждающие в эффективности и безопасности метода.

Цель. Изучить клиническую эффективность применения мезенхимальных стволовых клеток в лечении пациентов с аваскулярным некрозом головки бедренной кости.

Материалы и методы. Выполнен обзор данных в PubMed, Cochrane Library, Science Direct, eLIBRARY. Также представлено описание клинического случая лечения пациента с АНГБК с применением мезенхимальных стволовых клеток.

Результаты. В последние годы хорошо зарекомендовало себя в клинической практике применение стромально-васкулярной фракции, содержащей МСК жирового происхождения. МСК лучше всего подходят для ранней терапии АНГБК, как этапа консервативного лечения пациентов с целью улучшения результатов и получения возможности стабилизации и регресса некротических изменений костной ткани. При наличии у пациентов запущенных стадий применение МСК позволяет снизить боль и повысить функциональность конечности, улучшить качество жизни, отсрочить выполнение тотального эндопротезирования тазобедренного сустава.

Заключение. За последнее десятилетие был изучен потенциал МСК, что демонстрирует многообещающий потенциал. Несмотря на существующие разногласия, представляется, что общие результаты применения МСК для лечения аваскулярного некроза головки бедренной кости положительны не только с точки зрения эффективности, но и безопасности. Однако для надёжной интерпретации результатов их нужно определять в динамике.

Ключевые слова: аваскулярный некроз головки бедренной кости; мезенхимальные стволовые клетки; тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава.

Конфликт интересов: отсутствует

Для цитирования: Черных А.В., Плотников Д.С., Гейдарова С.И., Остроушко А.П., Лаптиёва А.Ю., Клиническая эффективность применения мезенхимальных стволовых клеток в лечении пациентов с аваскулярным некрозом головки бедренной кости. *Московский хирургический журнал*, 2025. № 1. С. 178–184. <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2025-1-178-184>

Вклад авторов: Черных А.В. – редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, Плотников Д.С. – написание текста, утверждение окончательного варианта статьи, Гейдарова С.И. – написание текста, анализ материала, Остроушко А.П. – редактирование, анализ материала, Лаптиёва А.Ю. – написание текста, анализ материала.

CLINICAL EFFICACY OF MESENCHYMAL STEM CELLS IN THE TREATMENT OF PATIENTS WITH AVASCULAR NECROSIS OF THE FEMORAL HEAD

ALEXANDR V. CHERNYKH², DENIS S. PLOTNIKOV¹, SOFIA I. GEYDAROVA², ANTON P. OSTROUSHKO², ANASTASIA YU. LAPTIYOVA^{2*}

¹Lipetsk City Polyclinic No. 2, 398046, Lipetsk, Russia

²Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Ministry of Health of the Russian Federation, 394036, Voronezh, Russia

Abstract

Introduction. Avascular necrosis of the femoral head (ANFH) is a common problem that occurs in 10–18 % of patients with a trauma profile. Extensive research has recently explored the potential of treating ANFH using mesenchymal stem cells and has shown results convincing of the effectiveness and safety of the method.

The purpose of the study. To study the clinical efficacy of mesenchymal stem cells in the treatment of patients with avascular necrosis of the femoral head.

Materials and methods. The data is reviewed in PubMed, CochraneLibrary, ScienceDirect, eLibrary. A clinical case of treatment of a patient with avascular necrosis of the femoral head using mesenchymal stem cells is described.

Results. MSCs are best suited for early therapy of ANFH, as a stage of conservative treatment of patients in order to improve the results of complex treatment and to obtain the possibility of stabilization and regression of necrotic changes in bone tissue. If patients have advanced stages, the use of MSCs can reduce pain and increase limb functionality, improve quality of life, and delay the need for total hip replacement.

Conclusion. Extensive research over the past decade has explored the potential of the MSC and shown promising results. Despite the existing controversies, it seems that the overall results of using MSC for the treatment of avascular necrosis of the femoral head are positive not only in terms of efficacy, but also safety. However, for reliable interpretation of the results, they need to be determined over time.

Key words: avascular necrosis of the femoral head; mesenchymal stem cells; total hip replacement.

Conflict of interests: none.

For citation: Chernykh A.V., Plotnikov D.S., Geydarova S.I., Ostroushko A.P., Laptiyova A.Yu. Clinical efficacy of mesenchymal stem cells in the treatment of patients with avascular necrosis of the femoral head.. *Moscow Surgical Journal*, 2025, № 1, pp. 178–184. <https://doi.org/10.17238/2072-3180-2025-1-178-184>

Contribution of the authors: Chernykh A.V. – editing, approval of the final version of the article, Plotnikov D.S. – writing the text, approval of the final version of the article, Geydarova S.I. – writing the text, analysis of the material, Ostroushko A.P. – editing, analysis of the material, Laptiyova A.Yu. – writing the text, analysis of the material.

Введение

Аvascularный некроз головки бедренной кости (АНГБК) является распространенной проблемой, встречающейся у 10–18 % пациентов травматологического профиля, при этом у больных с серповидно-клеточной анемией частота достигает 30 % [1–5]. Эндопротезирование суставов является практически единственным способом лечения [1–3, 7]. Однако развитие регенеративной медицины на сегодняшний день позволяет отсрочить эндопротезирование, повысить качество жизни пациентов с данной патологией [5, 6]. Мезенхимальные стволовые клетки (МСК), благодаря их потенциалу многоуровневой дифференцировки, являются наиболее перспективными для применения в данной области [5, 6]. В нескольких исследованиях были отмечены их способность к самообновлению, многолинейной дифференцировке, а также иммуномодулирующие свойства [18, 19]. Являясь мультипотентными, стволовые клетки способны дифференцироваться в различные типы клеток, включая адипоциты, хондроциты, остеобласты и нейроноподобные клетки [19]. Доступность и простота их распространения позволяют предположить, что использование МСК может быть эффективно, в том числе и в ортопедической практике.

Цель исследования. Изучить клиническую эффективность применения мезенхимальных стволовых клеток в лечении пациентов с аваскулярным некрозом головки бедренной кости.

Материалы и методы

Выполнен обзор данных в PubMed, Cochrane Library, Science Direct, eLIBRARY. Поиск осуществлен по ключевым

словам: «аваскулярный некроз головки бедренной кости», «мезенхимальные стволовые клетки», «МСК», «ONFH», «ТНА», «AVN». Кроме того, проведен ручной поиск статей в журналах. Критерии исключения из анализа: описание отдельных клинических случаев; книги и документы; сравнение результатов лечения. В итоговый анализ из 81 первично выявленных включены 28 источников. Представлено описание клинического случая лечения пациента с аваскулярным некрозом головки бедренной кости с применением мезенхимальных стволовых клеток.

Результаты

В качестве стратегии лечения аваскулярного некроза головки бедренной кости на ранней стадии консервативные методы лечения (например, физиотерапия или фармакотерапия) имеют сомнительную результативность в современной клинической практике [5–9]. На сегодняшний день эндопротезирование – наиболее эффективный способ лечения данной группы пациентов в терминальных стадиях, который позволяет не только купировать болевой синдром, но и улучшить функциональность тазобедренного сустава [9, 10]. Для пациентов с терминальной стадией аваскулярного некроза головки бедренной кости тотальное эндопротезирование тазобедренного сустава (ТЭТС) остается «золотым стандартом». Тем не менее, остаются такие проблемы, как потенциальная фрагментация керамики, соударение протеза, аномальные звуки при движении, вывихи, трудности и риск ревизии, ограниченный срок службы имплантатов [10] и осложнения хирургического вмешательства (инфекции и др.) [11–13]. В связи с этим актуальность вопроса о стимуля-

ции регенерации головки бедренной кости при асептическом некрозе продолжает расти.

В сравнении с ТЭТС, терапия стволовыми клетками служит минимально инвазивным методом, который в большей степени сохраняет функцию сустава и облегчает послеоперационное восстановление, а также стимулирует регенерацию кости в некротических зонах [7–9, 27]. Важно отметить, что терапия стволовыми клетками не влияет на клинические результаты будущих ТЭТС; следовательно, этот метод может использоваться, как часть поэтапного лечения аваскулярного некроза головки бедренной кости [7–9, 27].

Использование МСК является одним из наиболее перспективных методов лечения [27]. МСК представляют собой гетерогенную популяцию мультипотентных клеток-предшественников с различным пролиферативным, дифференцировочным, иммунорегуляторным потенциалом, способных стимулировать колониобразующие фибро- и остеобласты [27]. МСК являются одной из наиболее часто используемых подгрупп стволовых клеток и широко распространены в различных тканях, таких как костный мозг, периферическая кровь, жировая клетчатка, пуповина и др. [7].

Недавние исследования показали, что жировая ткань является одним из наиболее важных источников МСК [7]. Жировая ткань состоит из зрелых адипоцитов, фибробластов, мезенхимальных стволовых клеток жирового происхождения (AD-МСК), клеток иммунной системы и эндотелиальных клеток, которые сгруппированы в стромальную фракцию сосудов (SVF) [13]. Фактически, AD-МСК выделяют высокие уровни факторов роста и цитокинов, таких, как фактор роста эндотелия сосудов (VEGF) и фактор роста гепатоцитов (HGF), которые являются важнейшими молекулами для приживления липотрансфералей и регенерации тканей [3, 4, 5, 17]. AD-МСК обладают большим потенциалом многолинейной дифференцировки и соответствующими регенеративными свойствами [18, 19, 20].

В последние годы все большее число клинических исследований оценивают терапевтический эффект МСК в лечении аваскулярного некроза головки бедренной кости. Большинство авторов продемонстрировали положительные клинические результаты [10–17], включая уменьшение боли, улучшение функции и движений, замедление прогрессирования или предотвращение тотального эндопротезирования.

Недавний метаанализ показал, что имплантация аутологических МСК в CD-дорожку, особенно на ранних (доколлапсных) стадиях некроза головки бедренной кости, может улучшить их выживаемость и значительно отсрочить ТЭТС [21]. Другой анализ (включающий восемь рандомизированных контролируемых исследований) также продемонстрировал, что комбинация МСК с другими регенеративными методами обеспечивает значительное повышение качества жизни и выживаемости [9].

Многочисленные наблюдения подтвердили, что исход лечения АНГБК напрямую зависит от состояния пациента, стадии заболевания [14]. Houdek с соавт. в своем исследовании

доказывает, что имплантация концентрата аспирата костного мозга (ВМАС) не привела к какому-либо улучшению течения III стадии [23]. Таким образом, случаи III и IV стадий могут иметь неблагоприятные исходы, более подходящим выбором должны быть пациенты с ранней стадией (I или II стадия). Кроме того, Sen и соавт. [16] сообщили, что у пациентов с посттравматическим остеонекротическим поражением головки бедренной кости результаты были лучше, чем у пациентов с нетравматическим, что позволяет предположить, что этиология является еще одним фактором, влияющим на клинические результаты [16]. Стадия, размер, морфология и даже этиология АНГБК могут быть важными факторами, влияющими на исход лечения.

В исследованиях Hernigou P., Beaujean F. и соавт. [13] пациентов лечили инъекциями концентрата костного мозга и наблюдали в течение 60 месяцев, по результатам было выявлено, что лишь у 6,2 % (9 из 145 пациентов) заболевание прогрессировало и пациентам потребовалось ТЭТС. Gangji и соавт. [19] провели сравнительное исследование, в контрольной группе выполняли сердцевинную декомпрессию, в основной декомпрессию и имплантацию МСК костного мозга. В результате наблюдения было отмечено, что в основной группе лишь у 20 % пациентов прогрессировал АНГБК, в то время как в контрольной – у 50 % пациентов. Papakostidis и соавт. [22] в своем исследовании пришли к выводу, что использование остеобластов у их пациентов с АНГБК остановило прогрессирование остеонекроза и устранило необходимость протезирования у 70 % пациентов.

Таким образом, проведенные исследования указывают на то, что МСК могут регенерировать аваскулярные поражения, улучшить качество жизни большинства пациентов и отсрочить или нивелировать этап ТЭТС.

Показания к проведению терапии МСК жирового происхождения: дефекты гиалинового хряща (травма, локальная хондромалиция 1, 2, 3, 4 ст. по Outerbridge (1–4 ст.); рассекающий остеохондрит 1, 2, 2–3 ст. по Guhl (1–4 ст.); дегенеративные повреждения – остеоартроз 1, 2, 2–3 ст. по Келлгрену-Лоренсу (1–4 ст.); аваскулярный некроз 1, 2, 2–3 ст. по ARCO (0–4 ст.); совместное применение с артроскопическими техниками (дебридмент и микрофрактурирование, хондропластика, аутоотрансплантация связок) [28].

Основные механизмы действия трансплантированных клеток описали Knight M.N., Hankenson K.D. [28], они включают в себя следующие этапы:

- дифференцировка в коммитированные клетки поврежденных тканей;
- паракринная регуляция морфофункциональной активности резидентных клеток за счет выделения факторов роста, оптимизирующих репаративный гистогенез;
- неспецифическая стимуляция регенеративных процессов за счет иммунной реакции организма на введение чужеродного белка.

Техника выполнения терапии МСК жирового происхождения:

- забор жировой ткани из соответствующей «донорской» зоны пациента (живот, талия, бедро);
- механическая обработка жировой ткани в центрифуге при 2500 об./мин – 4 мин;
- выделение жирового трансплантата;
- механическая обработка жирового трансплантата в центрифуге при 2500 об./мин. – 4 мин;
- приготовление раствора для введения.

Протокол оперативного вмешательства при введении МСК в область АНГБК.

Операция выполняется под местной анестезией области тазобедренного сустава. Положение пациента – на здоровом боку. После трехкратной обработки операционного поля раствором антисептика производят подкожную, а затем и внутрикожную инфильтрационную анестезию в проекции головки бедренной кости по наружной поверхности тазобедренного сустава до полного обезболивания. Вкол спицы Киршнера выполняют на уровне вершины большого вертела под углом 90° к поверхности кожи, затем угол меняют до 70–80° по отношению к коже, учитывая антеверсию шейки бедра на 20°. Просверливают отверстие в кости на глубину 1,5–2,0 см, затем иглу Дюфо проводят по ходу спицы Киршнера через все мягкие ткани до кости. Извлекают спицу Киршнера и по каналу иглы Дюфо вводят стромально-васкулярную фракцию, содержащую МСК жирового происхождения, через шприц. По окончании процедуры обеспечивают гемостаз и накладывают асептическую повязку.

Клиническое наблюдение 1.

Пациент П., 43 года, 04.02.2021 г. обратился к травматологу с жалобами на боль в проекции правого и левого тазобедренных суставов, усиливающуюся при физической нагрузке, ограничение движений в обоих суставах. На основании данных инструментальных методов исследования был поставлен диагноз: «Двусторонний коксартроз 2–3 ст. Асептический некроз головок бедренных костей».

Пациент ранее получал у травматолога по месту жительства амбулаторное консервативное лечение: медикаментозная терапия (применение сосудистых препаратов для уменьшения ишемических изменений в головке бедренной кости, нормализации реологических свойств крови, устранения микротромбозов), физиотерапия, лечебная гимнастика. В связи с отсутствием клинической эффективности в течение 17 месяцев консервативной терапии, пациенту было рекомендовано ТЭТС.

При МРТ тазобедренных суставов 20.09.2022 г. выявлена картина последствий асептического некроза головок бедренных костей (билатерально поздняя необратимая стадия) с явлениями умеренно выраженного дистрофического отека головок обеих бедренных костей. Билатеральный коксартроз 3 ст. Хронический синовит.

С 10.11.2022 г. по 16.11.2022 г. больной находился на стационарном лечении в ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена», где 11.11.2022 г. выполнена операция – тотальное эндопротезирование левого тазобедренного сустава. Установлены пассивные импланты из немагнитных сплавов. Послеоперационный период протекал без особенностей.

С целью отсрочить тотальное эндопротезирование правого тазобедренного сустава на базе ГУЗ «Липецкая ГП № 2», с целью сохранения головки правой бедренной кости, пациенту была проведена процедура – введение в полость головки бедренной кости стромально-васкулярную фракцию, содержащую МСК жирового происхождения постандартной методике (описана выше). Пациенту было рекомендовано в течение первых 3–5 дней после процедуры обеспечить максимальный покой и соблюдать ортопедический режим (использование костылей). Оценка эффективности проводимого лечения по 10-балльной визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ) – снижение болевого синдрома с 8 до 3 баллов уже через 2–3 дня после операции.

Период реабилитации сопровождался соблюдением двигательного режима. Рекомендации в послеоперационном периоде: с 1 по 4 недели ходьба с костылями, без нагрузки на ногу, с 8 нед. пациент перешел на трость. За указанный период восстановления проводилась оценка объема движений в суставе, наблюдалось увеличение объема активных движений в суставе. Однако МРТ исследование от 11.05.2023 г. показало отсутствие значимых отличий от аналогичного исследования до проведения операции (МР-картина аваскулярного остеонекроза грибовидно деформированной головки правой бедренной кости 4 ст. на фоне коксартроза 3 ст. по Kellgren, с наличием умеренно выраженного синовита).

Данный метод лечения позволил значительно отсрочить необходимость ТЭТС, был направлен на сохранение функциональных возможностей пациента, уменьшение риска длительной нетрудоспособности и инвалидизации. С 01.08.2023 г. по 08.08.2023 г. больной проходил стационарное лечение в ФГБУ «НМИЦ ТО им. Р.Р. Вредена». 03.08.2023 г. Выполнено эндопротезирование правого тазобедренного сустава. Послеоперационный период протекал без особенностей.

Клиническое наблюдение 2.

Пациентка Ф., 49 лет, обратилась к травматологу по поводу боли в тазобедренных суставах при нагрузке и в покое, выраженном ограничении движения в суставах при наклоне, ходьбе. Из опроса, сбора анамнеза заболевания, установлено, что боли беспокоили около 3 лет, при этом развитие заболевания не связывает с травмой. Проходила регулярное курсовое лечение у врача-терапевта, ревматолога по поводу остеоартроза тазобедренных суставов, получала физиотерапию в сочетании с медикаментозной терапией.

Сопутствующие заболевания: дегенеративно-дистрофическое заболевание позвоночника. Поясничный остеохондроз. Спон-

дилез, спондилоартроз. Грыжи дисков L2–L3, L3–L4, стойкий болевой мышечно-тонический синдром. Диффузный остеопороз.

Примерно за месяц до обращения к травматологу боли в тазобедренных суставах стали носить постоянный характер. По данным МРТ-исследования обоих тазобедренных суставов от 05.04.2023 г. имеются признаки прогрессирующего двустороннего коксартроза 2 ст. Энтезопатия трохантеров с проявлениями вертельного бурсита (больше справа), признаки дистрофических изменений крестцово-подвздошных сочленений, пояснично-крестцового отдела позвоночника на фоне нарушения статики и признаков диффузного остеопороза с ретролистезом L2 позвонка, с полисегментарной протрузией дисков L2–S1. Спондилез. Спондилоартроз. Денситометрия поясницы Т кр. –1,6.

По результатам осмотра было выявлено наличие боли и ограничение движения в правом тазобедренном суставе, поясничном отделе позвоночника. Рентгенологически наблюдался деформирующий остеоартроз обоих тазобедренных суставов. На основании данных инструментальных методов исследования установлен диагноз: «Деформирующий остеоартроз обоих тазобедренных суставов 2 степени. Асептический некроз головки правой бедренной кости».

Назначенная консервативная терапия (анальгетики, НПВС, кортикостероиды, хондропротекторы) была неэффективна, боль в паху носила постоянный некупируемый характер.

С целью сохранения головки правой бедренной кости, остановки или замедления дегенеративных процессов, происходящих в поврежденном суставе, пациентке была проведена процедура туннелизации головки правой бедренной кости с введением стромально-вазкулярной фракции, содержащей МСК жирового происхождения по стандартной методике (описана выше) в условиях операционной центра амбулаторной хирургии ГУЗ «Липецкая ГП № 2».

Оценка эффективности проводимого лечения по 10-балльной визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ) – снижение болевого синдрома с 8 до 3 баллов уже через 1–2 дня после операции. В течение недели после терапии было выявлено достоверное улучшение по шкале ВАШ.

Назначенное лечение было продолжено с особым акцентом на разгрузку нижней конечности. В течение последующих 2–3 недель пациентка перемещалась при помощи костылей, без опоры на правую ногу.

Следующее контрольное исследование провели через 4 недели. Клиническая картина демонстрировала значительное купирование болевого синдрома в области тазобедренного сустава. Положительная клиническая картина стала основанием для разрешения дозированной нагрузки на нижнюю конечность с постепенным отказом от средств дополнительной опоры в течение 2–3 недель.

Лечение было продолжено, оно сопровождалось положительной динамикой течения заболевания, у пациентки восстановилась полная опора на нижнюю конечность через 2,5

месяца после начала лечения. К моменту начала нагрузки на нижнюю конечность было достигнуто значительное снижение болевого синдрома в области правого тазобедренного сустава. После консультации во ФГБУ «НМИЦ и ТО им. Н.Н. Приорова» принято решение не проводить ТЭТС.

Обсуждение

Применение стромально-вазкулярной фракции, содержащей МСК жирового происхождения является эффективным методом лечения АНГБК у пациентов на ранней стадии данного заболевания, позволяющим купировать болевой синдром, восстановить функциональность нижней конечности и отсрочить на длительное время ТЭТС.

Следует отметить, что несмотря на необходимость выполнения ТЭТС у больных с запущенными стадиями АНГБК даже при применении терапии стромально-вазкулярной фракцией, содержащей МСК жирового происхождения, субъективные ощущения пациентов после выполнения процедуры значительно улучшаются. Проведенная терапия позволяет не только снизить болевой синдром и повысить функциональность конечности, но и улучшить качество жизни. Кроме того, предложенная методика позволяет отсрочить необходимость выполнения ТЭТС, что крайне важно в условиях ожидания квот на лечение в федеральных центрах.

Основной проблемой терапии стволовыми клетками является судьба и потенциальная остеогенная активность МСК в ишемическом и гипоксическом микроокружении в очаге остеонекроза, где может происходить апоптоз костных клеток [23]. Сообщалось, что трансплантированные стволовые клетки демонстрируют низкую выживаемость в ишемизированных тканях [24]. Liu и соавт. продемонстрировали, что пролиферации, образованию колоний и остеогенной приверженности не препятствует микроокружение с низким содержанием O_2 [27]. В ходе исследования клетки размножались и подвергались остеогенной дифференцировке в условиях 2 %-ной O_2 атмосфере (гипоксия), в отличие от их поведения в условиях стандартной 21 %-ной O_2 атмосферы (нормоксия). Также авторы обнаружили, что как пролиферация, так и колониеобразующая способность были значительно усилены у МСК, подвергшихся гипоксии. Экспрессия генов, связанных с костью, включая щелочную фосфатазу, коллаген I типа и остеокальцин, была значительно повышена в условиях гипоксии. Более того, отложение минералов после остеогенной индукции не замедлялось, а в некоторых случаях даже усиливалось при низком давлении кислорода. Эти данные свидетельствуют о том, что МСК могут выживать и поддерживать свою функцию в условиях гипоксического микроокружения, в условиях остеонекроза.

Следует отметить, что на сегодняшний день в исследованиях лечения пациентов с АНГБК используют несортированные МСК, которые могут состоять из различных субпопуляций клеток; этот фактор может быть одной из наиболее важных

причин противоречивых результатов исследований. Таким образом, точный отбор субпопуляции может значительно повысить эффективность лечения, позволит не только отложить, но и не выполнять ТЭТС.

Заключение

В настоящее время эндопротезирование тазобедренного сустава является наиболее эффективным методом лечения пациентов с аваскулярным некрозом головки бедренной кости на терминальных стадиях. Однако, в связи с тем, что возраст большинства пациентов варьируется от 30 до 40 лет, а двустороннее поражение тазобедренных суставов наблюдается у 75 % пациентов, эндопротезирование обычно ассоциируется с высокой частотой неудач из-за ослабления протеза и чрезмерного износа полиэтиленовых вставок, а также хирургическими осложнениями, такими, как операционный стресс, перипротезная инфекция, перипротезный перелом и вывих протеза. Поэтому важно искать наиболее эффективные и безопасные методы лечения пациентов с аваскулярным некрозом головки бедренной кости.

В последние годы хорошо зарекомендовало себя в клинической практике применение стромально-васкулярной фракции, содержащей МСК жирового происхождения. МСК лучше всего подходят для ранней терапии АНГБК, как этапа консервативного лечения пациентов с целью улучшения результатов комплексного лечения и получения возможности стабилизации и регресса некротических изменений костной ткани. При наличии у пациентов запущенных стадий применение МСК позволяет снизить боль и повысить функциональность конечности, улучшить качество жизни, отсрочить необходимость выполнения ТЭТС.

Обширная исследовательская деятельность за последнее десятилетие изучила потенциал МСК и показала многообещающие результаты. Несмотря на существующие разногласия, представляется, что общие результаты применения МСК для лечения аваскулярного некроза головки бедренной кости положительны не только с точки зрения эффективности, но и безопасности. Однако для надёжной интерпретации результатов их нужно определять в динамике.

Список литературы / References:

1. Rui Li, Qiu-Xia Lin, Xue-Zhen Liang, Guang-Bo Liu, He Tang, Yu Wang, Shi-Bi Lu. Stem cell therapy for treating osteonecrosis of the femoral head: From clinical applications to related basic research. *Stem Cell Research & Therapy*, 2018, v. 9, pp. 291–92. <https://doi.org/10.1186/s13287-018-1018-7>
2. Mir Sadat-Ali, Abdallah S, Al-Omran, Khalid Al Tabash, Sadananda Acharya, Tarek M. Hegazi, Mona I. Al Muhaish. The clinical and radiological effectiveness of autologous bone marrow derived osteoblasts (ABMDO) in the management of avascular necrosis of femoral head (ANFH) in sickle cell disease (SCD). *J Exp Orthop*, 2022, v. 17, № 9(1), pp. 18–19.
3. Virzi F, Bianca P, Giammona A, Apuzzo T, Di Franco S, Mangiapane L, Colorito M, Catalano D, Scavo E, Nicotra A, Benfante A, Pistone G, Caputo V, Dieli F, Pirrello R, Stassi G. Combined platelet-rich plasma and lipofilling treatment provides great improvement in facial skin-induced lesion regeneration for scleroderma patients. *Stem Cell Res Ther*, 2021, v. 23, № 8(1), pp. 236–237.
4. Mardones R, Camacho D, Monsalvo F, Zulch N, Jofre C, Minguell JJ. Treatment of osteonecrosis of the femoral head by core decompression and implantation of fully functional ex vivo-expanded bone marrow-derived mesenchymal stem cells: a proof-of-concept study. *Stem Cells Cloning*, 2019, v. 1, № 12, pp. 11–16.
5. Zhan Yu Wu, Qi Sun, Ming Liu, Brian E Grottkau, Zhi Xu He, Qiang Zou, Chuan Ye. Correlation between the efficacy of stem cell therapy for osteonecrosis of the femoral head and cell viability. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, v. 29, № 21(1), pp. 55–56.
6. Elgaz S, Bonig H, & Bader P. Mesenchymal stromal cells for osteonecrosis. *J Transl Med*, 2020, v. 18(1), pp. 399–400.
7. Xu Y, Jiang Y, Xia C, Wang Y, Zhao Z, Li T. Stem cell therapy for osteonecrosis of femoral head: Opportunities and challenges. *Regen Ther*, 2020, v. 15, pp. 295–304.
8. Wang Y, Ma X, Chai W, Tian J. Multiscale Stem Cell Technologies for Osteonecrosis of the Femoral Head. *Stem Cells Int*. 2019, pp. 891–969. <https://doi.org/10.1155/2019/8914569>
9. Xiaolin Liu, Qing Li, Xin Niu, Bin Hu, Shengbao Chen, Wenqi Song, Jian Ding, Changqing Zhang, Yang Wang. Exosomes Secreted from Human-Induced Pluripotent Stem Cell-Derived Mesenchymal Stem Cells Prevent Osteonecrosis of the Femoral Head by Promoting Angiogenesis. *Int J Biol Sci*, 2021, v. 13(2), pp. 232–244.
10. Guo S.C., Tao S.C., Yin W.J., Qi X., Sheng J.G., Zhang C.Q. Exosomes from Human Synovial-Derived Mesenchymal Stem Cells Prevent Glucocorticoid-Induced Osteonecrosis of the Femoral Head in the Rat. *Int J BiolSci*, 2023, v. 12(10), pp. 1262–1272.
11. Moya-Angeler J, Gianakos A.L., Villa J.C., Ni A., Lane J.M. Current concepts on osteonecrosis of the femoral head. *World J Orthop*, 2021, v. 6(8), pp. 590–601.
12. Shah K.N., Racine J., Jones L.C., Aaron R.K. Pathophysiology and risk factors for osteonecrosis. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2021, v. 8(3), pp. 201–209.
13. Philippe Hernigou, Françoise Beaujean. Treatment of osteonecrosis with autologous bone marrow grafting. *Clin Orthop Relat Res*, 2022, v. 405, pp. 14–23.
14. Andriolo L, Merli G, Tobar C, Altamura S.A., Kon E, Filardo G. Regenerative therapies increase survivorship of avascular necrosis of the femoral head: a systematic review and meta-analysis. *Int Orthop*, 2023, v. 42(7), pp. 1689–1704.
15. Zhao D, Cui D, Wang B, Tian F, Guo L, Yang L. Treatment of early stage osteonecrosis of the femoral head with autologous implantation of bone marrow-derived and cultured mesenchymal stem cells. *Bone*, 2021, v. 50 (1), 325–330.
16. Sen R.K., Tripathy S.K., Aggarwal S., Marwaha N., Sharma R.R., Khandelwal N. Early results of core decompression and autologous bone marrow mononuclear cells instillation in femoral head os-

teonecrosis: a randomized control study. *J Arthroplast*, 2021, v. 27(5), pp. 679–686.

17. Yuanchen Ma, Tao Wang, Junxing Liao, Honglin Gu, Xinpeng Lin, Qing Jiang, Max K Bulsara, Minghao Zheng, Qiujuan Zheng. 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*, 2024, v. 5 (5), pp. 115–125.

18. Tabatabaee R.M., Saberi S., Parvizi J., Mortazavi S.M., 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 Arthroplast*, 2021, v. 30(9 Suppl), pp. 11–15.

19. Gangji V., Hauzeur J.P., Matos C., De Maertelaer V., Tounouz M., Lambermont M. Treatment of osteonecrosis of the femoral head with implantation of autologous bone-marrow cells. *J Bone Joint Surg Am*, 2024, v. 86-a (6), pp. 1153–1160.

20. Pepke W., Kasten P., Beckmann N.A., Janicki P., Egermann M. Core Decompression and Autologous Bone Marrow Concentrate for Treatment of Femoral Head Osteonecrosis: A Randomized Prospective Study. *Orthop Rev (Павия)*, 2024, v. 4 (1), pp. 61–62.

21. Gianakos A.L., Moya-Angeler J., Duggal S., Zambrana L., Fields K.G., Mintz D.N. The Efficacy of Bisphosphonates with Core Decompression and Mesenchymal Stem Cells Compared with Bisphosphonates Alone in the Treatment of Osteonecrosis of the Hip: a Retrospective Study. *HSS J*, 2022, v. 12(2), pp. 137–144.

22. Papakostidis C., Tosounidis T.H., Jones E., Giannoudis P.V. A systematic review of the literature and meta-analysis of 7 studies. *Acta Orthop*, 2021, v. 87(1), pp. 72–78.

23. Houdek M.T., Wyles C.C., Collins M.S., Howe B.M., Terzic A., Behfar A. Stem Cells Combined With Platelet-rich Plasma Effectively Treat Corticosteroid-induced Osteonecrosis of the Hip: A Prospective Study. *Clin Orthop Relat Res*, 2023, v. 476(2), pp. 388–397.

24. Wyles C.C., Houdek M.T., Crespo-Diaz R.J., Norambuena G.A., Stalboerger P.G., Terzic A. Adipose-derived Mesenchymal Stem Cells Are Phenotypically Superior for Regeneration in the Setting of Osteonecrosis of the Femoral Head. *Clin Orthop Relat Res*, 2021, v. 473(10), pp. 3080–3090.

25. Cai J., Wu Z., Huang L., Chen J., Wu C., Wang S., Deng Z., Wu W., Luo F., Tan J. Cotransplantation of bone marrow mononuclear cells and umbilical cord mesenchymal stem cells in avascular necrosis of the femoral head. *Transplant Proc*, 2024, v. 46(1), pp. 151–155.

26. Chen C., Qu Z., Yin X., Shang C., Ao Q., Gu Y., Lui Y. Efficacy of umbilical cord-derived mesenchymal stem cell-based therapy for osteonecrosis of the femoral head: A three-year follow-up study. *Mol Med Rep*, 2021, v. 14(5), pp. 4209–4215.

27. Liu Y., Liu S., Su X. Core decompression and implantation of bone marrow mononuclear cells with porous hydroxyl apatite composite filler for the treatment of osteonecrosis of the femoral head. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2022, v. 133(1), pp. 125–133.

28. Knight M.N., Hankenson K.D. Mesenchymal Stem Cells in Bone Regeneration. *Adv Wound Care (New Rochelle)*, 2023, v. 2(6), pp. 306 – 316.

Сведения об авторах:

Черных Александр Васильевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой оперативной хирургии с топографической анатомией, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, 394036, ул. Студенческая, д. 10, Воронеж, Россия, email: chernyh@vrngmu.ru, ORCID: 0000-0002-6281-0020

Плотников Денис Сергеевич – врач-травматолог, Хирургическое отделение, Липецкая городская поликлиника № 2, 398046, ул. Петра Смородина, д. 13, Липецк, Россия, email: pds@vrngmu.com, ORCID: 0009-0003-6415-8296

Остроушко Антон Петрович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей и амбулаторной хирургии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, 394036, ул. Студенческая, д. 10, Воронеж, Россия, email: anton@vrngmu.ru, ORCID: 0000-0003-3656-5954

Гейдарова София Игоревна – студент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, 394036, ул. Студенческая, д. 10, Воронеж, Россия, email: sofiko22112003@bk.ru, ORCID: 0009-0001-8835-2945

Лаптиёва Анастасия Юрьевна – кандидат медицинских наук, ассистент кафедры общей и амбулаторной хирургии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, 394036, ул. Студенческая, д. 10, Воронеж, Россия, email: laptievaa@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3307-1425

Information about the authors:

Chernykh Alexander Vasilyevich – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Operative Surgery with Topographic Anatomy, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Ministry of Health of the Russian Federation, 394036, Studentskaya str., 10, Voronezh, Russia, email: chernyh@vrngmu.ru, ORCID: 0000-0002-6281-0020

Plotnikov Denis Sergeevich – Traumatologist, Surgical Department, Lipetsk City Polyclinic № 2, 398046, Peter Smorodina str., 13, Lipetsk, Russia, email: pds@vrngmu.com, ORCID: 0009-0003-6415-8296

Geydarova Sofia Igorevna – student, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Ministry of Health of the Russian Federation, 394036, Studentskaya str., 10, Voronezh, Russia, email: sofiko22112003@bk.ru, ORCID: 0009-0001-8835-2945

Ostroushko Anton Petrovich – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of General and Outpatient Medicine, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Ministry of Health of the Russian Federation, 394036, Studentskaya str., 10, Voronezh, Russia, email: anton@vrngmu.ru, ORCID: 0000-0003-3656-5954

Laptiyova Anastasia Yurievna – Candidate of Medical Sciences, Assistant of the Department of General and Outpatient Surgery, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Ministry of Health of the Russian Federation, 394036, Studentskaya str., 10, Voronezh, Russia, email: laptievaa@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3307-1425