



Терапия аутологичной, обогащенной тромбоцитами плазмой в комплексном лечении патологий опорно-двигательного аппарата: обзор

Нурлыгаянов Р.З.^{1,*}, Гильмутдинова Л.Т.¹, Богданова Ю.А.¹, Гильмутдинов Б.Р.¹,
 Нурлыгаянова Д.Р.²

¹ Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России, Уфа, Россия

² Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой представляет собой перспективный малоинвазивный метод лечения повреждений опорно-двигательного аппарата, основанный на использовании обогащенной тромбоцитами плазмы. Актуальность обусловлена ростом дегенеративно-дистрофических заболеваний суставов и необходимостью альтернатив хирургическому вмешательству.

ЦЕЛЬ. Анализ и обобщение современных данных о молекулярных механизмах действия лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой, результатов последних клинических исследований, а также анализ дифференцированных подходов к лечению аутологичной тромбоцитарной плазмой при различных патологиях опорно-двигательного аппарата с учетом возрастных и клинических особенностей пациентов на основе высококачественных научных публикаций за 2020–2025 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Проведен систематический анализ научных публикаций за 2020–2025 гг. из баз PubMed, Scopus, Web of Science и eLIBRARY.RU с использованием ключевых слов на русском и английском языках: обогащенная тромбоцитами плазма, PRP-терапия, регенеративная медицина, остеоартрит, спортивные травмы, опорно-двигательный аппарат, platelet-rich plasma, PRP therapy, regenerative medicine, osteoarthritis, ligament injuries, sports injuries, musculoskeletal disorders. Анализ включал рандомизированные исследования и метаанализы по применению лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой при патологиях опорно-двигательного аппарата. Эффективность оценивалась по шкалам боли, функциональным показателям и данным инструментальной диагностики. В анализ включено 45 научных публикаций, из которых 38 — зарубежные и 7 — российские.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЗОРА. При остеоартрите коленного сустава выявлен положительный эффект в виде уменьшения боли и улучшения функции на протяжении 6–12 месяцев с преимуществами перед гиалуроновой кислотой. В лечении тендинопатий, особенно эпикондилита, лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой показывает умеренную эффективность. При травмах связок и мышц результаты неоднозначны. Ключевое влияние оказывают качество PRP (аутологичная, обогащенная тромбоцитами плазма), концентрация тромбоцитов и индивидуальные особенности пациентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой эффективно в комплексном лечении патологий опорно-двигательного аппарата, особенно при остеоартрите и тендинопатиях. Аутологичность метода обеспечивает его безопасность. Необходима стандартизация протоколов, проведение крупных исследований и разработка персонализированных подходов для повышения эффективности лечения и улучшения качества жизни пациентов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: обогащенная тромбоцитами плазма, лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой, регенеративная медицина, остеоартрит

Для цитирования / For citation: Нурлыгаянов Р.З., Гильмутдинова Л.Т., Богданова Ю.А., Гильмутдинов Б.Р., Нурлыгаянова Д.Р. Терапия аутологичной, обогащенной тромбоцитами плазмой в комплексном лечении патологий опорно-двигательного аппарата: обзор. Вестник восстановительной медицины. 2025; 24(5):94–105. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-5-94-105> [Nurlygaianov R.Z., Gilmutdinova L.T., Bogdanova J.A., Gilmutdinov B.R., Nurlygaianova D.R. Autologous Platelet-Rich Plasma Therapy in Complex Treatment of Musculoskeletal Disorders: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(5):94–105. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-5-94-105> (In Russ.)]

* Для корреспонденции: Нурлыгаянов Радик Зуфарович, E-mail: radiknur@list.ru, kafedramrftsm@yandex.ru

Статья получена: 24.06.2025

Статья принята к печати: 09.07.2025

Статья опубликована: 20.10.2025

Autologous Platelet-Rich Plasma Therapy in Complex Treatment of Musculoskeletal Disorders: a Review

 Radik Z. Nurlygaianov^{1,*},  Lira T. Gilmutdinova¹,  Julia A. Bogdanova¹,
 Bulat R. Gilmutdinov¹,  Dinara R. Nurlygaianova²

¹ Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

² Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Platelet-rich plasma (PRP) therapy is a promising minimally invasive method for treating musculoskeletal disorders based on the use of platelet-rich plasma. Its relevance is due to the growth of degenerative-dystrophic joint diseases and the need for alternatives to surgical intervention.

AIM. Analysis and generalization of modern data on the molecular mechanisms of action of autologous platelet plasma treatment, the results of recent clinical studies, as well as analysis of differentiated approaches to autologous platelet plasma treatment in various musculoskeletal pathologies, taking into account the age and clinical characteristics of patients based on high-quality scientific publications from 2020 to 2025.

MATERIALS AND METHODS. A systematic analysis of scientific publications for 2020–2025 from the PubMed, Scopus, Web of Science, and eLIBRARY.RU databases was conducted using the keywords In Russian and English: platelet-rich plasma, PRP therapy, regenerative medicine, osteoarthritis, sports injuries, musculoskeletal disorders. The analysis included randomized trials and meta-analyses on the use of autologous platelet-rich plasma treatment for musculoskeletal disorders. The efficacy was assessed using pain scales, functional indicators, and instrumental diagnostic data. The analysis included 45 scientific publications, including 38 foreign and 7 Russian.

MAIN CONTENT OF THE REVIEW. In knee osteoarthritis, a positive effect in the form of pain reduction and improved function lasting 6–12 months has been observed, offering advantages over hyaluronic acid. In the treatment of tendinopathies, especially epicondylitis, the use of PRP (autologous platelet rich plasma) shows moderate efficacy. In ligament and muscle injuries, the results are mixed. The quality of PRP, platelet concentration, and individual patient characteristics have a key influence.

CONCLUSION. PRP therapy is effective in the comprehensive treatment of musculoskeletal pathologies, especially in osteoarthritis and tendinopathies. The autologous nature of the method ensures its safety. Standardization of protocols, large-scale studies, and development of personalized approaches are needed to improve the effectiveness of treatment and the quality of life of patients.

KEYWORDS: platelet-rich plasma, platelet-rich plasma therapy, regenerative medicine, osteoarthritis

For citation: Nurlygaianov R.Z., Gilmutdinova L.T., Bogdanova J.A., Gilmutdinov B.R., Nurlygaianova D.R. Autologous Platelet-Rich Plasma Therapy in Complex Treatment of Musculoskeletal Disorders: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2025; 24(5):94–105. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2025-24-5-94-105> (In Russ.).

* **For correspondence:** Radik Z. Nurlygaianov, E-mail: radiknur@list.ru, kafedramrftsm@yandex.ru

Received: 24.06.2025

Accepted: 09.07.2025

Published: 20.10.2025

ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие применение лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой в лечении патологий опорно-двигательного аппарата привлекает все большее внимание исследователей и клиницистов благодаря своему биологическому подходу к стимуляции регенеративных процессов. Обогащенная тромбоцитами плазма (Platelet-Rich Plasma — PRP) представляет собой аутологичный биологический продукт, содержащий высокую концентрацию тромбоцитов и широкий спектр факторов роста, которые способствуют восстановлению поврежденных тканей. Основным принципом действия PRP заключается в высвобождении биоактивных молекул, стимулирующих клеточную пролиферацию, ангиогенез и синтез внеклеточного матрикса, а также модулирующих воспалительные процессы. Несмотря на растущую популярность метода, в научном сообществе сохраняются противоречия относительно эффективности лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой при различных патологиях, оптимальных протоколов приготовления и введения препарата. Текущие

исследования демонстрируют неоднородные результаты: от высокой эффективности до отсутствия значимых различий с плацебо. Дискуссионными остаются вопросы стандартизации концентрации тромбоцитов, необходимости активации PRP перед введением, оптимального содержания лейкоцитов для разных патологий, а также частоты и дозировки инъекций.

Актуальность проведения настоящего обзора обусловлена несколькими факторами. Во-первых, наблюдается устойчивый рост числа публикаций по данной теме, что требует систематизации накопленных данных. Во-вторых, за последние годы появились новые данные о молекулярных механизмах действия PRP, в частности, о роли микроРНК (miR-375, miR-337) в противовоспалительных эффектах. В-третьих, расширяется спектр клинического применения лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой за пределы традиционных областей, включая педиатрическую спортивную медицину и лечение пациентов с сопутствующими заболеваниями. В-четвертых, растет потребность в персонализированных подходах к применению лечения аутологичной

тромбоцитарной плазмой с учетом тканеспецифичности ее действия. Наконец, тенденция к минимизации использования противовоспалительных препаратов, особенно у молодых пациентов, делает PRP-терапию перспективной альтернативой.

Новизна данного обзора заключается в объединении современных данных о молекулярных механизмах действия лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой с результатами последних клинических исследований, а также в анализе дифференцированных подходов к лечению аутологичной тромбоцитарной плазмой при различных патологиях опорно-двигательного аппарата с учетом возрастных и клинических особенностей пациентов. Особое внимание уделяется исследованиям высокого методологического качества — рандомизированным контролируемым испытаниям и метаанализам, опубликованным за последние пять лет.

В качестве рабочей гипотезы можно отметить то, что эффективность лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой определяется не только техническими аспектами получения и введения препарата, но и правильным выбором клинических показаний, стадии заболевания и индивидуальных характеристик пациента. PRP рассматривается как потенциальный компонент комплексного персонализированного лечения, а не как универсальное решение для всех патологий опорно-двигательного аппарата.

ЦЕЛЬ

Анализ и обобщение современных данных о молекулярных механизмах действия лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой, результатов последних клинических исследований, а также анализ дифференцированных подходов к лечению аутологичной тромбоцитарной плазмой при различных патологиях опорно-двигательного аппарата с учетом возрастных и клинических особенностей пациентов на основе высококачественных научных публикаций за 2020–2025 гг.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения данного обзора литературы был осуществлен комплексный поиск актуальных научных публикаций в международных и отечественных электронных базах данных (PubMed, Scopus, Web of Science и eLIBRARY.RU) за 2022–2025 гг. с использованием ключевых слов и их комбинаций на русском и английском языках: лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой, обогащенная тромбоцитами плазма, остеоартрит, спортивные травмы, опорно-двигательный аппарат, platelet-rich plasma, platelet-rich plasma therapy, regenerative medicine, osteoarthritis. В анализ включались 45 научных публикаций, из которых 38 — зарубежные и 7 — российские, преимущественно рандомизированные контролируемые исследования, систематические обзоры, метаанализы и согласительные документы экспертных сообществ, посвященные механизмам действия, методикам получения, клинической эффективности и безопасности лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой при различных патологиях опорно-двигательного аппарата. Отбор материала для обзора проводился на основе релевантности, актуальности, методологического качества исследований, с особым вниманием к работам, содержащим количе-

ственные данные по эффективности метода с достоверными статистическими показателями.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОБЗОРА

Лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой представляет собой принципиально новый подход к лечению данных патологий, основанный на стимуляции естественных восстановительных процессов в поврежденных тканях. Суть метода заключается в использовании собственной плазмы пациента, обогащенной тромбоцитами и факторами роста. Эти биологически активные компоненты способствуют регенерации хрящевой ткани, уменьшению воспаления и восстановлению нормальной структуры сухожилий и связок. Согласно исследованиям Bansal H. et al., метод получения PRP позволяет достигать высокой концентрации тромбоцитов (в среднем $(14,38 \pm 1,76) \times 10^5$ тромбоцитов/мкл). Общее количество тромбоцитов в 8 мл PRP составляет около 10 млрд ($10,45 \pm 0,46$ млрд). При использовании метода фильтрации выход тромбоцитов достигает 90 % (87,4–92,6 %). Важно отметить, что безлейкоцитарная PRP позволяет избежать дополнительного провоспалительного эффекта [1].

Dejnek M. et al. подробно описали ключевые факторы роста, содержащиеся в PRP и обеспечивающие ее терапевтическое действие. PDGF (тромбоцитарный фактор роста) стимулирует пролиферацию фибробластов и ангиогенез. TGF- β 1 регулирует воспаление и ремоделирование матрикса. VEGF усиливает васкуляризацию, а IGF-1 поддерживает клеточную пролиферацию. Противовоспалительное действие PRP подтверждается значительным снижением уровня провоспалительных цитокинов IL-6 и TNF- α по сравнению с группой гиалуроновой кислоты через месяц после введения ($p < 0,05$). Наблюдается четкая корреляция между снижением уровня цитокинов и клиническим улучшением состояния пациентов. PRP содержит концентрацию тромбоцитов в 4–6 раз выше, чем в цельной крови, что обеспечивает высвобождение значительного количества факторов роста. Основные биоактивные молекулы включают тромбоцитарный фактор роста (PDGF), трансформирующий фактор роста бета-1 (TGF- β 1), фактор роста эндотелия сосудов (VEGF), инсулиноподобный фактор роста (IGF-1) и эпидермальный фактор роста (EGF). Everts P.A. отмечает, что основные механизмы действия PRP включают регуляцию воспалительного ответа, стимуляцию клеточной пролиферации, регенерацию и васкуляризацию тканей. Автор подчеркивает важность тканеспецифического подхода к восстановлению, поскольку разные ткани могут требовать различных концентраций тромбоцитов и определенного состава PRP [2, 3].

Sun X. et al. в 2022 г. представили результаты экспериментального исследования, в котором изучались молекулярные механизмы противовоспалительного действия PRP. Исследование проводилось как *in vitro* на хондроцитах человека, так и на моделях повреждения связок колена у мышей. Было показано, что лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой снижает экспрессию провоспалительных цитокинов (IL-1 β , IL-6, TNF- α). Авторы обнаружили, что лечение PRP повышает уровни miR-375 и miR-337 в поврежденных тканях, которые участвуют в регуляции воспалительного ответа через сигнальные пути NF- κ B и MAPK. Ингибирование этих ми-

кроПНК снижало противовоспалительный эффект PRP. Гистологический анализ тканей подтвердил улучшение регенерации тканей связки при применении PRP, что выражалось в более организованных волокнах коллагена и уменьшении воспалительной инфильтрации [4].

По данным Мухамедова Д.Ю. и соавт., существуют различные варианты PRP-препаратов. Среди них обогащенный тромбоцитами фибрин (PRF, A-PRF), аутологичная кондиционированная плазма (ACP), аутологичные факторы роста (AGF), аутологичный тромбоцитарный гель (APG), бедная лейкоцитами и богатая тромбоцитами плазма (LP-PRP), богатая лейкоцитами и богатая тромбоцитами плазма (LR-PRP), богатая тромбоцитами чистая плазма (P-PRP), концентрат тромбоцитарного фактора (PFC). Важной дискуссионной темой остается вопрос о содержании лейкоцитов в PRP. Leonova E. отмечает, что «большинством экспертов рекомендуются внутрисуставные инъекции PRP с низким содержанием лейкоцитов при остеоартрозе коленного сустава легкой и средней степени тяжести», поскольку это помогает минимизировать провоспалительный эффект [5, 6].

Beaufils P. et al. в своих работах разработали систематизированный подход к консенсусу ESSKA (Европейского общества спортивной травматологии, хирургии коленного сустава и артроскопии). Авторы подчеркнули, что научная ценность консенсуса зависит от строгости методологии, особенно когда доказательная база ограничена. Исследователи описали четкую структуру процесса: формирование руководящей группы → выбор экспертов → литературный обзор → разработка клинических вопросов → рейтинговая система → обсуждение расхождений. Они отметили преимущество междисциплинарного подхода, включающего специалистов разных профилей для минимизации предвзятости, и рекомендовали включать в консенсус как практикующих специалистов, так и исследователей для баланса между клиническим опытом и научными данными [7].

Лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой является перспективным методом лечения, основанным на использовании собственной, обогащенной тромбоцитами плазмы пациента. Многочисленные исследования демонстрируют эффективность данного метода за счет высвобождения ключевых факторов роста (PDGF, TGF- β 1, VEGF, IGF-1), которые стимулируют регенерацию тканей и снижают воспалительные процессы. Wang L. et al. в 2022 г. провели метаанализ, сравнивающий эффективность PRP и гиалуроновой кислоты в лечении остеоартрита коленного сустава. Исследование показало статистически значимое преимущество PRP (обобщенное отношение шансов OR = 2,55; 95% доверительный интервал (95% ДИ): 1,35–4,84, $p < 0,00001$). Авторы настоятельно рекомендуют PRP-терапию для лечения остеоартрита коленного сустава. Saran S.S. et al. также отмечают клинические улучшения при применении лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой для лечения остеоартрита коленного сустава: снижение боли, увеличение подвижности и преимущество перед гиалуроновой кислотой по QALY. Однако они указывают на ограничения метода: эффект носит краткосрочный характер (3–6 месяцев) и требует повторного введения препарата. Авторы описывают следующие аспекты применения PRP при травмах передней крестообразной связки (ПКС): раннее заживление ускоряет лигаменти-

зацию и васкуляризацию, снижает воспаление в первые 3–6 месяцев ($p < 0,05$). Однако долгосрочные результаты не показывают значимых различий в функциональных исходах через более чем 12 месяцев. При частичных разрывах ПКС PRP демонстрирует сопоставимую эффективность с артроскопией и может рассматриваться как альтернатива хирургии [8, 9].

Kunze K.N. et al. в своем систематическом обзоре 2022 г. указали, что биомеханические характеристики, включая жесткость, выносливость, способность к преодолению максимальных нагрузок и нагрузок до отказа, оказались выше у спортсменов, получающих лечение при помощи аутологичной тромбоцитарной плазмы. Авторы отмечают, что PRP-индуцированные изменения на клеточном уровне могут трансформироваться в улучшение биомеханических характеристик связок [10].

Эффективность лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой

Zielinski M.A. et al. в 2022 г. в своем проспективном многоцентровом рандомизированном двойном слепом исследовании оценивали безопасность и эффективность PRP для лечения дискогенной боли в поясничном отделе. Результаты показали перспективность данного метода в терапии дискогенной боли. Метаанализ Yu H., Zhou Z. продемонстрировал эффективность применения PRP в хирургии спинального спондилодеза, что расширяет возможности использования данной методики [11, 12].

Симонов Р.А., Самойлов А.С. и соавт. провели проспективное исследование эффективности лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой у юных футболистов с повреждениями связок коленного сустава. В исследовании участвовало 47 юношей-футболистов, средний возраст — $15,06 \pm 1,40$ года, средняя длительность заболевания — $9,06 \pm 2,86$ дня. Выборка включала повреждения различных связок коленного сустава II степени согласно данным МРТ. Результаты показали статистически значимое снижение уровня боли и повышение функциональных возможностей коленного сустава у пациентов, получавших PRP-терапию, по сравнению с контрольной группой. По данным МРТ, после лечения отмечен более выраженный противоотечный эффект в основной группе. Исследование подтверждает гипотезу о том, что факторы роста, содержащиеся в PRP, способствуют более быстрому заживлению тканей связки за счет ускорения синтеза коллагена и регенеративных процессов [13, 14].

Ziesenitz V.C. et al. в 2022 г. провели комплексный обзор литературы, охватывающий исследования эффективности и безопасности нестероидных противовоспалительных средств (НПВС) у детей разных возрастных групп за 2000–2020 гг. Авторы проанализировали 118 исследований и пришли к выводу, что безопасность НПВС у детей и подростков имеет возрастные особенности и ограничения. Длительное применение НПВС у юных спортсменов связано с риском желудочно-кишечных, ренальных и кардиоваскулярных побочных эффектов, особенно у детей до 12 лет. Исследователи подчеркивают необходимость поиска альтернативных методов обезболивания и противовоспалительной терапии у юных спортсменов [15].

Herdea A., Struta A. et al. в 2022 г. опубликовали результаты клинического исследования эффективности лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой при спортивных травмах у молодых спортсменов в возрасте 15–20 лет. Исследование сравнивало результаты лечения с применением аутологичной тромбоцитарной плазмы и стандартного лечения. Результаты показали, что среднее время возвращения к тренировкам у пациентов, получавших PRP-терапию, сократилось на 34 % по сравнению с контрольной группой. Снижение болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) было статистически значимо выше в группе PRP (на 62 % против 41 % в контрольной группе). Исследование продемонстрировало особую эффективность лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой при лечении связочных повреждений коленного сустава. Побочных эффектов, связанных с применением PRP, не было выявлено. Авторы подчеркнули, что эффективность PRP выше при раннем применении (в первые 7–14 дней после травмы) [16].

Зябкин И.В. и соавт. провели комплексное исследование в рамках государственного задания, посвященного лечению аутологичной тромбоцитарной плазмой при травмах и заболеваниях крупных суставов у юниоров спортивных сборных команд России. Авторы выполнили тщательный анализ современной литературы, обобщив данные по диагностике, классификации типов PRP-препаратов и методикам лечения. Исследование подчеркнуло важность персонализированного подхода, объединяющего клинический осмотр и инструментальные методы исследования, что особенно важно в педиатрической спортивной медицине [17].

Гасанов А.М. и соавт. в своей работе показывают, что лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой представляет собой перспективный метод биологической стимуляции регенеративных процессов, основанный на использовании аутологичной плазмы с повышенным содержанием тромбоцитов, выделяющих факторы роста для заживления поврежденных тканей. Безопасность метода обусловлена аутологичностью материала и отсутствием риска канцерогенеза, поскольку тромбоциты, в отличие от стволовых клеток, живут ограниченное время и не имеют способности к самовоспроизведению. Несмотря на недостаток рандомизированных плацебо-контролируемых исследований, имеющиеся клинические данные свидетельствуют о значительном потенциале лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой для ускорения заживления и восстановления функций при различных травмах и дегенеративных заболеваниях, что делает ее ценным инструментом в арсенале современной спортивной медицины и травматологии [18].

Инновационные методики лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой

Значительный вклад в развитие методик лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой внес Godek P. в 2022 г., представивший исследование высокообъемной аутологичной тромбоцитарной плазмы в журнале *Ortop Traumatol Rehabil*. Автор провел анализ применения этой инновационной методики в спортивной травматологии и описал ее преимущества при лечении спортивных травм. Высокообъемная методика предпо-

лагает введение большего количества PRP-препарата, что позволяет охватить большую площадь поврежденных тканей и обеспечить более равномерное распределение факторов роста. Это особенно важно при лечении обширных повреждений сухожилий и связочного аппарата у спортсменов, для которых скорость восстановления и полноценность реабилитации имеют решающее значение [19].

Клиническая эффективность при остеоартрите коленного сустава

Wang Z.Y. и Gao W. провели исследование, включившее 26 пациентов (8 мужчин, 18 женщин, средний возраст — $66,4 \pm 12,0$ года) с остеоартритом коленного сустава I–III стадий. У 22 пациентов наблюдалось одностороннее поражение и у 4 — двустороннее. Всем пациентам были проведены внутрисуставные инъекции PRP. Авторы осуществили ретроспективный анализ данных MPT (3,0 Тл, T2-картирование) до лечения, через 3 и 6 месяцев после инъекций. Результаты продемонстрировали значительное снижение болевого синдрома (ВАШ: с $6,0 \pm 1,2$ до $4,2 \pm 1,4$ балла через 6 месяцев; WOMAC: с $29,0 \pm 2,3$ до $17,2 \pm 2,9$ балла; все $p < 0,01$). Анализ MPT-данных показал уменьшение значений T2 хряща (на $2,06$ – $3,72$ мс в зависимости от стадии остеоартрита; $p < 0,01$), при этом наблюдалась корреляция между улучшением показателей WOMAC и снижением T2 ($r = 0,691$ – $0,856$; $p < 0,01$). У 2 пациентов отмечено улучшение степени ICRS. Авторы пришли к выводу, что PRP эффективен для восстановления хряща и купирования симптомов остеоартрита, что подтверждается количественными MPT-измерениями [20].

Лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой при тендинопатии вращательной манжеты плеча

Sun R.J. и Guo L. провели метаанализ, включивший 7 рандомизированных контролируемых исследований с общим числом участников 379 (188 — в группе PRP, 191 — в группе кортикостероидов) с тендинопатией вращательной манжеты плеча. Авторами был проведен систематический поиск в базах данных Cochrane, EMBASE и др., анализ данных осуществляли с помощью Review Manager 5.4.1. Исследователи установили, что в кратко- и среднесрочной перспективе значимых различий между группами не выявлено ($p > 0,05$). Однако в долгосрочной перспективе PRP показал существенные преимущества по шкале ASES ($+7,1$ балла; 95% ДИ: $2,06$ – $12,14$; $p = 0,006$) и ВАШ ($-1,55$ балла; 95% ДИ: $-2,65$ – $0,55$; $p = 0,002$). При этом амплитуда движений не отличалась между группами ($p > 0,05$). Авторы заключили, что PRP превосходит кортикостероиды в долгосрочном функциональном восстановлении и снижении боли, но не влияет на диапазон движений [21].

Эффективность при асептическом некрозе головки бедренной кости

Chen D.D., Lu C. и Yuwen X. провели исследование с участием 100 пациентов (160 тазобедренных суставов) со 2-й стадией асептического некроза головки бедренной кости. Пациенты были разделены на две группы: группа PRP (50 пациентов, 80 суставов, возраст — $43,47 \pm 7,23$ года, длительность заболевания — $15,8 \pm 2,9$ месяца) и контрольная группа (50 пациентов,

80 суставов, возраст — $45,72 \pm 7,43$ года, длительность заболевания — $14,9 \pm 3,8$ месяца). В группе PRP проводилась декомпрессия ядра в сочетании с костной пластикой и имплантацией PRP, в то время как в контрольной группе применялись только декомпрессия и костная пластика. Оценка результатов проводилась через 12 месяцев по шкале Харриса, ВАШ и показателю выживаемости суставов. Через 12 месяцев в группе PRP отмечены существенно лучшие функциональные результаты: показатели по шкале Харриса составили $89,98 \pm 6,17$ балла (против $81,62 \pm 5,62$ в контроле, $p < 0,05$), а по ВАШ — $1,68 \pm 1,02$ балла (против $2,52 \pm 1,13$ в контроле, $p < 0,05$). Выживаемость суставов составила 96,25 % в группе PRP против 86,25 % в контрольной группе. Осложнений в ходе исследования не зафиксировано. Авторы заключили, что комбинация PRP с костной пластикой значительно улучшает функциональные исходы и снижает риск рецидива некроза, демонстрируя существенные преимущества перед стандартным методом лечения [22].

Множественные травмы связок у юных спортсменов

Perkins C.A., Willimon S.C. в 2022 г. провели обзорное исследование с анализом случаев множественных повреждений связок коленного сустава у юных спортсменов (возраст — до 18 лет). Авторы систематически проанализировали литературу по методам диагностики и лечения, оценили эффективность хирургических и консервативных методов лечения, а также проанализировали эффективность лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой как альтернативы или дополнения к стандартным протоколам лечения. Результаты показали, что у юных спортсменов множественные повреждения связок коленного сустава составляют около 5–7 % от общего числа травм колена, при этом наиболее распространенная комбинация — повреждения ПКС в сочетании с медиальной коллатеральной связкой (42 %). Лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой может быть эффективным дополнением к консервативному лечению при повреждениях II степени, в то время как при III степени повреждения (полный разрыв) хирургическое вмешательство является методом выбора. Авторы рекомендуют использование PRP в комплексном лечении, особенно для ускорения регенерации связочного аппарата в ранние сроки после операции [23].

Лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой деформирующего артроза

Алимагомедов Ш.М. описал PRP-терапию как самый безопасный и эффективный метод лечения деформирующего артроза суставов. Он отметил, что максимальный эффект лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой достигается к трем месяцам после начала лечения и выражается в снижении функционального индекса DASH с 58 до 34 баллов в группе лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой. Исследователь Нухулова С.А. участвовала в исследовании эффективности лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой в сравнении с НПВС и отметила, что в первые три недели после введения обогащенной тромбоцитами аутоплазмы (ОТА) не наблюдается значительного улучшения. Тагирова З.Р.

также участвовала в исследовании применения лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой при остеоартрите плечевого сустава. В составе группы исследователей она пришла к выводу о возможности рекомендовать PRP-терапию пациентам с остеоартритом плечевого сустава, особенно при непереносимости НПВС, и отметила, что применение ОТА является прогрессивным методом, требующим дальнейшего изучения [24].

Лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой остеоартроза коленного сустава

Загородный Г.М. в своем исследовании представил данные о высокой эффективности PRP при остеоартрозе коленного сустава, особенно на ранних стадиях заболевания. Согласно представленной им таблице, целесообразность применения PRP высока (+++) при 1–2-й стадиях остеоартроза коленного сустава по Kellgren — Lawrence и умеренная (++) при 3–4-й стадиях. Проведенный автором анализ показал, что «внутрисуставные инъекции PRP показывают лучший общий результат по сравнению с кортикостероидами, гиалуроновой кислотой и плацебо у пациентов с остеоартрозом коленного сустава через 3, 6 и 12 месяцев наблюдения». Особенно интересным наблюдением является то, что комбинация PRP с гиалуроновой кислотой демонстрирует синергетический эффект — хорошую эффективность (+ +) при 1–2-й стадиях и высокую (+++) при 3–4-й стадиях остеоартроза [25].

Лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой травм передней крестообразной связки

Травмы ПКС являются одними из наиболее распространенных спортивных повреждений, требующих длительной реабилитации. Ряд исследований демонстрирует перспективность лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой данной патологии. Ye Eslami S. et al. в 2022 г. провели рандомизированное контролируемое исследование, сравнивающее эффективность лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой и артроскопической хирургии при разрывах ПКС. В исследовании участвовало 40 пациентов (по 20 в каждой группе), оценка функциональных исходов проводилась по шкалам Lysholm и IKDC через 6 и 12 месяцев. Авторы выявили, что группа PRP показала улучшение функциональных показателей, сопоставимое с хирургической группой ($p > 0,05$), что позволяет рассматривать PRP как возможную альтернативу хирургическому вмешательству при небольших разрывах ПКС. Более масштабное исследование представили Ye Z. et al. в 2024 г., включившее 120 пациентов после реконструкции ПКС (60 PRP, 60 плацебо). В ходе этого двойного слепого рандомизированного клинического исследования оценивались результаты через 3, 6 и 12 месяцев с использованием MPT и функциональных тестов. Авторы обнаружили ускоренную реваскуляризацию в PRP-группе через 3 месяца ($p < 0,05$), однако через 12 месяцев не было выявлено значимых различий в стабильности сустава между группами ($p > 0,05$). Это свидетельствует о том, что PRP улучшает раннее заживление, но может не влиять на долгосрочные исходы [26, 27].

Hada S. et al. в 2024 г. изучили эффективность консервативного лечения с применением PRP при острых повреждениях ПКС у высокоактивных пациентов. В ре-

троспективном анализе 10 спортсменов с острым разрывом ПКС получали инъекции PRP через 6 недель после травмы (в среднем — 2,8 инъекции). Все пациенты смогли вернуться к спортивной деятельности в среднем через 139,5 дня, что значительно быстрее стандартных сроков реабилитации. Авторы заключают, что PRP может существенно сократить время восстановления у активных пациентов [28].

Систематический обзор и метаанализ McRobb J. et al. в 2023 г., включивший 12 исследований с общим количеством 678 пациентов, оценили влияние PRP на заживление после реконструкции ПКС. Авторы обнаружили значительное улучшение лигаментизации (+37 %, $p < 0,01$) и снижение воспаления ($p < 0,05$) в ранние сроки (3–6 месяцев) в группе PRP. Однако через 12 и более месяцев значимых различий между группами обнаружено не было ($p > 0,05$). Это подтверждает, что основное преимущество PRP заключается в ускорении ранних этапов восстановления [29].

Munde K. et al. в 2023 г. исследовали влияние PRP на заживление аутологичного трансплантата после реконструкции ПКС у 40 пациентов (20 PRP, 20 контроль). С помощью MPT они оценивали интенсивность сигнала и интеграцию трансплантата. Через 3 месяца в группе PRP наблюдалась лучшая интеграция трансплантата ($p < 0,05$), но к 12 месяцам различия нивелировались ($p > 0,05$). Авторы заключают, что PRP ускоряет раннее заживление, но не оказывает влияния на конечный результат реконструкции [30].

В области реабилитации пациентов с патологиями опорно-двигательного аппарата терапия обогащенной тромбоцитами плазмой демонстрирует значительные преимущества. Применение данной методики в санаторно-курортных условиях позволяет существенно сократить сроки восстановления функциональной активности пораженных структур. Особую эффективность терапия обогащенной тромбоцитами плазмой показывает при лечении тендинопатий различной локализации. Хронические дегенеративные изменения сухожилий, часто резистентные к консервативному лечению, демонстрируют положительную динамику после курса инъекций PRP. Восстановление структуры сухожильной ткани происходит за счет стимуляции синтеза коллагена первого типа и улучшения васкуляризации пораженной области [31].

При остеоартрозе крупных суставов применение обогащенной тромбоцитами плазмы способствует замедлению дегенеративных процессов в хрящевой ткани и стимулирует репаративные механизмы. Внутрисуставное введение PRP приводит к уменьшению болевого синдрома, улучшению функциональных показателей сустава и качества жизни пациентов. Эффективность методики особенно выражена на начальных стадиях артроза, когда сохранен потенциал хондроцитов к регенерации.

В реабилитации спортивных травм терапия обогащенной тромбоцитами плазмой занимает важное место благодаря способности ускорять заживление повреждений мягких тканей без формирования избыточной рубцовой ткани. Это особенно актуально для профессиональных спортсменов, где качество восстановления тканей определяет возможность возвращения к прежнему уровню физической активности.

Безопасность у пациентов с онкологическими заболеваниями

Важным аспектом расширения показаний к лечению аутологичной тромбоцитарной плазмой является оценка ее безопасности у различных категорий пациентов. Eichler C. et al. в 2022 г. представили результаты проспективного исследования безопасности лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой у 89 пациентов с раком молочной железы при лечении рубцов после удаления подкожных венозных устройств доступа. При длительном наблюдении (средний период — 4,6 года) в исследуемой группе не было зарегистрировано ни одного случая локального рецидива в местах инъекций PRP. У 3 пациентов (3,4 %) наблюдались рецидивы в других локациях, однако они не были связаны с областью применения PRP. Эти данные позволяют предположить, что при правильном отборе пациентов лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой может быть безопасным даже для онкологических больных с определенными показаниями, хотя авторы подчеркивают необходимость более масштабных исследований [32].

Landro M.E. et al. в своем исследовании подчеркивает высокий профиль безопасности лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой: среди 923 инъекций, включая пациентов с ВИЧ и гепатитом С, не было зарегистрировано ни одного случая инфекционных осложнений. Побочные эффекты ограничивались легкими болевыми реакциями, успешно купируемыми парацетамолом. В качестве противопоказаний автор выделяет активные инфекции, открытые раны в зоне инъекции, онкологические заболевания в анамнезе, а также возраст младше 3 лет, что требует тщательного отбора пациентов перед проведением процедуры [33].

Особенности применения у пациентов с сопутствующими заболеваниями

Gomchok D. et al. исследовали специфические изменения в функции и активации тромбоцитов у пациентов с хронической болезнью почек. Они выявили, что у пациентов на диализе тромбоциты имеют измененный секреторный профиль с повышенной продукцией провоспалительных медиаторов. Авторы установили связь между уремией и дисфункцией тромбоцитов, что приводит к парадоксальному сочетанию повышенного риска кровотечений и тромбозов. Исследователи обнаружили, что гемодиализ дополнительно активирует тромбоциты и усиливает воспалительный статус. Они заключили, что применение аутологичной тромбоцитарной плазмы у пациентов на диализе может быть проблематичным из-за измененного качества и функции тромбоцитов, и рекомендовали особую осторожность при рассмотрении лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой у пациентов с продвинутыми стадиями хронической болезни почек [34].

Взаимодействие тромбоцитов с опухолевыми клетками и иммунной системой

Li S. et al. в своем исследовании о динамической роли тромбоцитов в прогрессировании рака выявили двойственную роль тромбоцитов в онкологии: они могут как способствовать прогрессированию опухоли, так и участвовать в противоопухолевом иммунитете.

Авторы установили, что тромбоциты могут взаимодействовать с циркулирующими опухолевыми клетками, защищая их от иммунного надзора, способствовать экстравазации и метастазированию через выделение факторов роста, а также стимулировать ангиогенез опухоли через секрецию VEGF и других проангиогенных факторов. Они обнаружили, что у онкологических пациентов меняется состав альфа-гранул тромбоцитов и их секреторный профиль. На основе полученных результатов исследователи предложили рассматривать активный онкологический процесс как относительное противопоказание к лечению аутологичной тромбоцитарной плазмой и рекомендовали воздерживаться от PRP-инъекций вблизи опухолевых очагов или недавних операционных участков по поводу рака [35].

Mandel J. et al. описали роль тромбоцитов не только в гемостазе, но и в иммунологических процессах. Они выявили, что тромбоциты экспрессируют рецепторы распознавания патогенов и могут напрямую взаимодействовать с микроорганизмами, а активированные тромбоциты выделяют иммуномодулирующие факторы, включая цитокины и хемокины. Авторы продемонстрировали тесное взаимодействие тромбоцитов с нейтрофилами, моноцитами и лимфоцитами и описали феномен иммунотромбоза — защитного механизма, который может стать патологическим при чрезмерной активации [36].

Цитокиновый профиль после лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой

Riewruja K. et al. провели проспективное исследование, включившее 40 пациентов с остеоартритом коленного сустава II–III степени по классификации Kellgren — Lawrence в возрасте 45–70 лет. Авторы изучили изменения цитокинового профиля синовиальной жидкости до и через 1, 3 и 6 месяцев после внутрисуставных инъекций PRP. Исследование выявило значительное повышение уровней регенеративных факторов PDGF-AB/BB (на 54 %), TGF- β 1 (на 63 %), BMP-2 (на 47 %) одновременно со снижением провоспалительных медиаторов (IL-1 β , ФНО- α) в синовиальной жидкости. К 3-му месяцу наблюдалось улучшение показателей ВАШ на 62 % и WOMAC на 58 % по сравнению с исходным уровнем, причем эффект сохранялся до 6 месяцев наблюдения [37].

Расширение сферы применения лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой

Hernigou J. et al. представили обзор неоперативных и оперативных методов регенерации кости и хряща, включая биологические методы лечения тазобедренного сустава. Авторы включили PRP-терапию в перечень эффективных орторегенеративных методов лечения и предложили комплексный подход к применению биологических методов [38].

Загородный Г.М. отмечал, что использование PRP постепенно расширяется за пределы ортопедии. В частности, автором была отмечена эффективность лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой при женской андрогенетической алопеции, а также положительное влияние прямой внутрияичниковой инъекции цитокинов из PRP на восстановление репродуктивной функции [39].

Проблемы и перспективы применения

Несмотря на многообещающие результаты, метод лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой сталкивается с рядом проблем, включая отсутствие стандартизированных протоколов приготовления и введения PRP, вариабельность индивидуального ответа, а также необходимость точного определения показаний к применению. В исследованиях Thu A.C., Grossen A.A. et al. в 2022 г. рассматриваются фармакологические и клинические аспекты применения PRP в управлении болевым синдромом, что позволяет оптимизировать подходы к использованию данной методики в клинической практике [40].

Реабилитационные программы с включением PRP-терапии требуют индивидуального подхода к каждому пациенту с учетом характера патологии, стадии заболевания и общего состояния организма. Оптимальные результаты достигаются при соблюдении протоколов приготовления плазмы, техники введения и последующего реабилитационного режима. Безопасность применения аутологичной, обогащенной тромбоцитами плазмы обусловлена использованием собственной крови пациента, что исключает риск передачи инфекционных заболеваний и развития аллергических реакций. Минимальная инвазивность процедуры позволяет проводить лечение в амбулаторных условиях без значительного нарушения привычного образа жизни пациента.

Ограничения и противоречия в применении лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой

Несмотря на многообещающие результаты, применение PRP сопряжено с рядом ограничений и противоречий, которые требуют дальнейшего изучения.

Леопова Е. выделяет следующие основные проблемы:

1. Различия в протоколах приготовления PRP, что приводит к получению препаратов с различным количеством биоактивных веществ. Автор отмечает, что «многие клиницисты предпочитают не активировать PRP *in vitro*, а вводить его непосредственно в поврежденную ткань, где он активируется при контакте с коллагеном».

2. Неоднородность результатов различных исследований. «Данные о влиянии PRP на восстановление гиалинового хряща коленного сустава очень противоречивы», — отмечает автор. При этом подчеркивается, что «возраст и сопутствующие заболевания пациента могут влиять на эффективность терапии».

3. Различия в протоколах введения PRP (доза, частота). В отношении внутрисуставных инъекций исследователь указывает, что «значительное большинство авторов рекомендуют не менее 2 внутрисуставных инъекций плазмы», а «консенсус франкоязычных экспертов (PRP Injection Research Group) рекомендует до 3 инъекций».

4. Зависимость эффективности от стадии заболевания. Автор подчеркивает, что эффективность PRP значительно варьирует в зависимости от стадии остеоартроза по классификации Kellgren — Lawrence [6].

Риски инфекционных осложнений при лечении аутологичной тромбоцитарной плазмой

Gardini G et al. в своем обзорном исследовании микобактериальных кожных инфекций выявили, что ми-

кобактериальные инфекции могут проявляться как осложнение после инвазивных косметических процедур, включая инъекционные методы. Они установили, что нетуберкулезные микобактерии особенно важны при оценке рисков процедур, нарушающих целостность кожи, и описали случаи инфицирования после косметических инъекций, что может иметь отношение и к лечению аутологичной тромбоцитарной плазмы. Исследователи рекомендовали соблюдать строгие протоколы дезинфекции и стерильности при проведении инъекционных процедур и предложили рассматривать активную микобактериальную инфекцию как противопоказание к лечению аутологичной тромбоцитарной плазмой в пораженных участках [41].

Martins C.C. et al. в своем систематическом обзоре и метаанализе бактериемии после стоматологических процедур установили, что даже рутинные стоматологические процедуры могут вызывать кратковременную бактериемию. Они выявили, что риск бактериемии особенно высок при периодонтальных вмешательствах и экстракции зубов, а у пациентов с активными инфекциями полости рта этот риск значительно возрастает. Авторы предложили воздерживаться от лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой в течение определенного времени после инвазивных стоматологических процедур и рекомендовали проводить санацию полости рта перед PRP-терапией у пациентов с высоким риском инфекционных осложнений [42].

Консенсусные рекомендации по применению лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой

Eymard F. et al. как часть группы GRIP (Groupe de Recherche sur les Injections de PRP) разработали консенсус по внутрисуставным инъекциям PRP при симптоматическом остеоартрозе коленного сустава. Методология рекомендаций основывалась на подходе «рекомендации путем формального консенсуса», одобренном Французским управлением здравоохранения. По результатам консенсуса были разработаны 4 общих принципа и 23 рекомендации. Из них 10 рекомендаций касались инфекционных заболеваний, 5 — онкологических заболеваний и 8 — гематологических заболеваний. Все рекомендации были признаны экспертами приемлемыми (медиана — 9; диапазон — 8–9). Авторы отметили, что большинство рекомендаций основано на мнении экспертов (уровень D) из-за недостатка литературных данных. Среди потенциальных рисков лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой при различных заболеваниях эксперты выделили возможность «транспортировки» патогенов или опухолевых клеток через PRP к месту инъекции, изменение фенотипа тромбоцитов при некоторых заболеваниях и риск локальных воспалительных реакций [43–45].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой представляет собой инновационный метод биологического воздействия, основанный на естественных регенеративных механизмах организма. Высокая концентрация тромбоцитов и факторов роста (PDGF, TGF- β 1,

VEGF, IGF-1) способствует стимуляции восстановительных процессов в поврежденных тканях, что подтверждается как *in vitro*, так и клиническими исследованиями. Механизм действия PRP основан на комплексном воздействии факторов роста, модуляции воспалительного ответа через микроРНК (miR-375, miR-337) и сигнальные пути NF- κ B и MAPK, что обеспечивает противовоспалительный и регенеративный эффекты. Важным аспектом является тканеспецифичность действия PRP, требующая индивидуального подхода к разработке протоколов лечения.

Клиническая эффективность лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой наиболее выражена при остеоартрите коленного сустава, особенно на ранних стадиях (I–II по Kellgren — Lawrence), где преимущества перед стандартными методами лечения подтверждаются статистически значимыми улучшениями функциональных показателей и снижением уровня боли. Мета-анализы показывают превосходство PRP над гиалуроновой кислотой и кортикостероидами в долгосрочной перспективе. При повреждениях связок, особенно ПКС, лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой ускоряет ранние этапы заживления, улучшая реваскуляризацию и лигаментизацию в первые 3–6 месяцев после травмы или реконструктивной операции, хотя долгосрочные результаты остаются сопоставимыми со стандартными методами лечения. Перспективным направлением является применение PRP при асептическом некрозе головки бедренной кости, где комбинация с костной пластикой значительно улучшает функциональные исходы и выживаемость суставов.

В педиатрической спортивной медицине лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой показывает высокую эффективность и безопасность, особенно у юных спортсменов с повреждениями связочного аппарата коленного сустава, позволяя сократить сроки возвращения к тренировочному процессу и избежать применения НПВС с их потенциальными побочными эффектами. Безопасность метода подтверждается многочисленными исследованиями, в том числе у пациентов с онкологическими заболеваниями в анамнезе, однако требуется осторожность и строгое соблюдение противопоказаний, особенно при активных инфекционных и онкологических процессах.

Текущие проблемы в области лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой связаны с отсутствием стандартизированных протоколов получения и применения препаратов, что затрудняет сравнение результатов различных исследований и ограничивает широкое внедрение метода в клиническую практику.

Перспективы развития лечения аутологичной тромбоцитарной плазмой связаны с дальнейшей оптимизацией составов препаратов, разработкой инновационных методик применения (включая высокообъемные техники), а также расширением показаний за пределы ортопедической патологии.

Лечение аутологичной тромбоцитарной плазмой является важным компонентом комплексного подхода к лечению патологий опорно-двигательного аппарата, особенно в рамках персонализированной регенеративной медицины, и требует дальнейшего изучения для максимальной реализации своего терапевтического потенциала.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Нурлыгаянов Радик Зуфарович, кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской реабилитации, физической терапии и спортивной медицины, Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России. E-mail: radiknur@list.ru, kafedramrftsm@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3026-5814>

Гильмутдинова Лира Талгатовна, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской реабилитации, физической терапии и спортивной медицины, Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3420-8400>

Богданова Юлия Альбертовна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры фармакологии с курсом клинической фармакологии, Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5195-6729>

Гильмутдинов Булат Рашитович, кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской реабилитации, физической терапии и спортивной медицины, Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2119-1737>

Нурлыгаянова Динара Радиковна, студентка 4-го курса, Казанский (Приволжский) федеральный университет.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8896-6875>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующими образом: Нурлыгаянов Р.З. — научное обоснование, методология, проведение исследования, обеспечение материалов для исследования, курация данных, написание черновика рукописи, проверка и редактирование рукописи; Гильмутдинова Л.Т. — руководство проектом, обеспечение материалов для исследования, методология, научное обоснование; Богданова Ю.А. — проверка и редактирование рукописи, программное обеспечение, верификация данных, курация данных; Гильмутдинов Б.Р. — верификация данных, визуализация, анализ данных; Нурлыгаянова Д.Р. — проведение исследования, написание черновика рукописи, курация данных.

Источники финансирования. Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

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

Доступ к данным. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по обоснованному запросу у корреспондирующего автора.

ADDITIONAL INFORMATION

Radik Z. Nurlygaianov, Ph.D. (Med.), Associate Professor at the Department of Medical Rehabilitation, Physical Therapy and Sports Medicine, Bashkir State Medical University.

E-mail: radiknur@list.ru, kafedramrftsm@yandex.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3026-5814>

Lira T. Gilmutdinova, D.Sc. (Med.), Head of the Department of the Department of Medical Rehabilitation, Physical Therapy and Sports Medicine, Bashkir State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3420-8400>

Julia A. Bogdanova, Ph.D. (Med.), Associate Professor of the Department of Pharmacology with Course of Clinical Pharmacology, Bashkir State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5195-6729>

Bulat R. Gilmutdinov, Ph.D. (Med.), Associate Professor of the Department of Medical Rehabilitation, Physical Therapy and Sports Medicine, Bashkir State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2119-1737>

Dinara R. Nurlygaianova, 4th year student, Kazan Federal University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8896-6875>

Author Contributions. All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Nurlygaianov R.Z. — conceptualization, methodology, investigation, resources, data curation, writing — original draft, writing — review & editing; Gilmutdinova L.T. — project administration, resources, methodology, conceptualization; Bogdanova J.A. — writing — review & editing, software, validation, data curation; Gilmutdinov B.R. — validation, visualization, formal analysis; Nurlygaianova D.R. — writing — original draft, data curation.

Funding. This study was not supported by any external funding sources.

Disclosure. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Data Access Statement. The data that support the findings of this study are available on reasonable request from the corresponding author.

Список литературы / References

1. Bansal H., Leon J., Pont J.L., et al. Platelet-rich plasma (PRP) in osteoarthritis (OA) knee: Correct dose critical for long term clinical efficacy. *Scientific Reports*. 2021; 11(1): 3971. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83025-2>
2. Dejneke M., Moreira H., Placzowska S., et al. Leukocyte-Rich Platelet-Rich Plasma as an Effective Source of Molecules That Modulate Local Immune and Inflammatory Cell Responses. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2022; 2022: 8059622. <https://doi.org/10.1155/2022/8059622>
3. Everts P.A., Mazzola T., Mautner K., et al. Orthobiological PRP Therapies Are Imperative for the Advancement of Treatment Outcomes in Musculoskeletal Pathologies. *Biomedicines*. 2022; 10(11): 2933. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10112933>
4. Sun X., Mi L., Du G., et al. Platelet-rich plasma treatment alleviates osteoarthritis-related pain, inflammation, and apoptosis by upregulating the expression levels of microRNA-375 and microRNA-337. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*. 2022; 44(1): 87–98. <https://doi.org/10.1080/08923973.2021.2007263>

5. Мухамедов Д.Ю., Бочаров В.А., Ермилов О.В. К вопросу о практическом применении богатой тромбоцитами плазмы при патологии осевого скелета (обзор литературы). Вестник новых медицинских технологий. 2024; 4: 14–22. <https://doi.org/10.24412/1609-2163-2024-4-14-22> [Mukhamedov D.Yu., Bocharov V.A., Ermilov O.V. On the question of the practical application of platelet-rich plasma in pathology of the axial skeleton (literature review). Journal of New Medical Technologies. 2024; 4: 14–22. <https://doi.org/10.24412/1609-2163-2024-4-14-22> (In Russ.).]
6. Леонова Е.И., Чиринскайте А.В., Сопов Ю.В. Систематический обзор безопасности и эффективности применения обогащённой тромбоцитами плазмы для лечения посттравматического остеоартрита коленного сустава. Казанский медицинский журнал. 2024; 105(4): 637–647. <https://doi.org/10.17816/KMJ568204> [Leonova E.I., Chirinskaite A.V., Sopova Ju.V. A systematic review of the safety and efficacy of platelet-rich plasma for the treatment of posttraumatic knee osteoarthritis. Kazan Medical Journal. 2024; 105(4): 637–647. <https://doi.org/10.17816/KMJ568204> (In Russ.).]
7. Beaufils P., Dejour D., Filardo G., et al. ESSKA consensus initiative: why, when and how?. Journal of Experimental Orthopaedics. 2023; 10(1): 101. <https://doi.org/10.1186/s40634-023-00664-2>
8. Wang L., Wei L., Ma H., et al. Is platelet-rich plasma better than hyaluronic acid in the treatment of knee osteoarthritis? A meta-analysis of randomized controlled trials. Wideochirurgia i Inne Techniki Maloinwazyjne. 2022; 17(4): 611–623. <https://doi.org/10.5114/wiitm.2022.118777>
9. Gill S.S., Cenci G., Falcinelli S., et al. Platelet rich plasma and anterior cruciate ligament repair: A new frontier, or a short term adjunct. World Journal of Orthopedics. 2025; 16(1): 100693. <https://doi.org/10.5312/wjo.v16.i1.100693>
10. Kunze K.N., Pakanati J.J., Vadhera A.S., et al. The Efficacy of Platelet-Rich Plasma for Ligament Injuries: A Systematic Review of Basic Science Literature With Protocol Quality Assessment. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. 2022; 10(2): 23259671211066504. <https://doi.org/10.1177/23259671211066504>
11. Zielinski M.A., Evans N.E., Bae H., et al. Safety and Efficacy of Platelet Rich Plasma for Treatment of Lumbar Discogenic Pain: A Prospective, Multicenter, Randomized, Double-blind Study. Pain Physician. 2022; 25(1): 29–34.
12. Yu H., Zhou Z., Yu B., et al. The efficacy of platelet-rich plasma applicated in spinal fusion surgery: A meta-analysis. Frontiers in Surgery. 2022; 9: 924753. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.924753>
13. Симонов Р.А., Самойлов А.С., Рылова Н.В. и др. Эффективность аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, в комплексном лечении травм коленного сустава у юных футболистов. Современные вопросы биомедицины. 2024; 2: 1–11. https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_02_28 [Simonov R.A., Samoilov A.S., Rylova N.V., et al. Efficacy of autologous platelet-rich plasma in complex treatment of knee injuries in young football players. Modern issues of biomedicine. 2024; 2: 1–11. https://doi.org/10.24412/2588-0500-2024_08_02_28 (In Russ.).]
14. Самойлов А.С., Рылова Н.В., Симонов Р.А. Применение PRP-терапии при остеоартрите коленного сустава в клинической и спортивной медицине: обзор литературы. Клинический вестник ФМБЦ им А.И. Бурназяна. 2023; 2: 5–12. <https://doi.org/10.33266/2782-6430-2023-2-05-12> [Samoilov A.S., Rylova N.V., Simonov R.A. Application of PRP therapy for knee osteoarthritis in clinical and sports medicine: literature review. Clinical Bulletin of Burnasyan FMBC. 2023; 2: 5–12. <https://doi.org/10.33266/2782-6430-2023-2-05-12> (In Russ.).]
15. Ziesenitz V.C., Welzel T., van Dyk M., et al. Efficacy and Safety of NSAIDs in Infants: A Comprehensive Review of the Literature of the Past 20 Years. Paediatric Drugs. 2022; 24(6): 603–655. <https://doi.org/10.1007/s40272-022-00514-1>
16. Herdea A., Struta A., Derihaci R.P., et al. Efficiency of platelet-rich plasma therapy for healing sports injuries in young athletes. Experimental and Therapeutic Medicine. 2022; 23(3): 215. <https://doi.org/10.3892/etm.2022.11139>
17. Зябкин И.В., Панкратов И.В., Петров М.А. и др. Перспективы диагностики и лечения минимальных травм и повреждений крупных суставов у несовершеннолетних спортсменов: современные представления. Медицина экстремальных ситуаций. 2024; 26(4): 104–113. <https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-4-104-113> [Zyabkin I.V., Pankratov I.V., Petrov M.A., et al. Perspectives of diagnostics and treatment of minimal injuries and damages of large joints in minor athletes: modern concepts. Extreme Medicine. 2024; 26(4): 104–113. <https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-4-104-113> (In Russ.).]
18. Гасанов А.М., Байбеков А.О., Джаксымбаев Н.Б. и др. Опыт применения PRP-терапии как альтернативный метод лечения при заболеваниях опорно-двигательного аппарата. In the World of Science and Education. 2025; 15: 1–5. [Gasanov A.M., Baibekov A.O., Dzhaksymbaev N.B., et al. Experience of using PRP therapy as an alternative method of treatment for diseases of the musculoskeletal system. In the World of Science and Education. 2025; 15: 1–5 (In Russ.).]
19. Godek P. High Volume PRP Therapy. Ortopedia, Traumatologia, Rehabilitacja. 2022; 24(1): 43–60. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.7806>
20. Wang Z.Y., Gao W., Zhao Y., Huang Y. Efficacy of platelet-rich plasma in the treatment of knee osteoarthritis: a meta-analysis of randomized controlled trials. Arthroscopy. 2022; 38(2): 435–448. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2021.09.022>
21. Sun R.J., Guo L., Li P.C., Wei X.C. Platelet-rich plasma vs corticosteroid for treatment of rotator cuff tendinopathy: a Meta-analysis. Zhongguo Gu Shang. 2022; 35(12): 1170–1176. <https://doi.org/10.12200/j.issn.1003-0034.2022.12.012>
22. Chen D.D., Lu C., Yuwen X., et al. Platelet-rich plasma combined with core decompression and bone grafting in the treatment of non traumatic necrosis of femoral head in ARCO stage II. Zhongguo Gu Shang. 2020; 33(11): 1048–1052. <https://doi.org/10.12200/j.issn.1003-0034.2020.11.012>
23. Perkins C.A., Willimon S.C. Multiligament Knee Injuries in Young Athletes. Clinics in Sports Medicine. 2022; 41(4): 611–625. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2022.05.004>
24. Алимагомедов Ш.М., Нухулова С.А., Тагирова З.Р. PRP-терапия и нестероидные противовоспалительные препараты при лечении остеоартрита плечевого сустава. Medicus. 2022; 6(48): 63–65. [Alimagomedov Sh.M., Nukhulova S.A., Tagirova Z.R. PRP therapy and non-steroidal anti-inflammatory drugs in the treatment of shoulder osteoarthritis. Medicus. 2022; 6(48): 63–65 (In Russ.).]
25. Загородный Г.М., Платонов А.В., Самушия К.А., Ясюкевич А.С. Сочетанная PRP-терапия и профилактика рецидивов травм в спорте. Прикладная спортивная наука. 2022; 1(15): 91–99 [Zagorodny G.M., Platonov A.V., Samushiya K.A., Yasyukevich A.S. Combined PRP therapy and prevention of injury recurrence in sports. Applied Sports Science. 2022; 1(15): 91–99 (In Russ.).]
26. Ye Eslami S., Fattah S., Taher S.A., Rezasoltani Z. Platelet-rich plasma therapy or arthroscopic surgery on repair of anterior cruciate ligament rupture. European Journal of Translational Myology. 2022; 32(3): 10538. <https://doi.org/10.4081/ejtm.2022.10538>
27. Ye Z., Chen H., Qiao Y., Wu C., et al. Intra-Articular Platelet-Rich Plasma Injection After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Clinical Trial. JAMA Network Open. 2024; 7(5): e2410134. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.10134>
28. Hada S., Hada M., Yoshida K., et al. Conservative Treatment Using Platelet-Rich Plasma for Acute Anterior Cruciate Ligament Injuries in Highly Active Patients: A Retrospective Survey. Cureus. 2024; 16(1): e53102. <https://doi.org/10.7759/cureus.53102>
29. McRobb J., Kamil K.H., Ahmed I., et al. Influence of platelet-rich plasma (PRP) analogues on healing and clinical outcomes following anterior cruciate ligament (ACL) reconstructive surgery: a systematic review. European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology. 2023; 33(2): 225–253. <https://doi.org/10.1007/s00590-021-03198-4>
30. Munde K., Banerjee S., Gahlot N., et al. Effect of platelet-rich plasma on healing of autologous graft after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized control trial. Regenerative Medicine. 2023; 18(8): 601–610. <https://doi.org/10.2217/rme-2023-0108>
31. Huang H., Wang J., Liu X., et al. Progress of platelet-rich plasma in treatment of discogenic low back pain. Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi. 2023; 37(3): 377–382. <https://doi.org/10.7507/1002-1892.202211047>

32. Eichler C., Üner J., Thangarajah F., et al. Platelet-rich plasma (PRP) in oncological patients: long-term oncological outcome analysis of the treatment of subcutaneous venous access device scars in 89 breast cancer patients. *Archives of Gynecology and Obstetrics*. 2022; 306(4): 1171–1176. <https://doi.org/10.1007/s00404-022-06416-4>
33. Landro M.E., Martucci L.C., Margulies M., et al. Platelet-Rich Plasma for Musculoskeletal Disorders: No Infection Reported in Daily Practice. *Journal of Skin and Stem Cell*. 2022; 9(2): 1–6. <https://doi.org/10.5812/jssc-126321>
34. Gomchok D., Ge R-L., Wuren T. Platelets in renal disease. *International Journal of Molecular Sciences*. 2023; 24(19): 1–26. <https://doi.org/10.3390/ijms241914724>
35. Li S., Lu Z., Wu S., et al. The dynamic role of platelets in cancer progression and their therapeutic implications. *Nature Reviews Cancer*. 2024; 24(1): 72–87. <https://doi.org/10.1038/s41568-023-00639-6>
36. Mandel J., Casari M., Stepanyan M., et al. Beyond Hemostasis: platelet Innate Immune Interactions and Thromboinflammation. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022; 23(7): 1–30. <https://doi.org/10.3390/ijms23073868>
37. Riewruja K., Phakham S., Sompolpong P., et al. Cytokine Profiling and Intra-Articular Injection of Autologous Platelet-Rich Plasma in Knee Osteoarthritis. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022; 23(2): 890. <https://doi.org/10.3390/ijms23020890>
38. Hernigou J., Verdonk P., Homma Y., et al. Nonoperative and Operative Bone and Cartilage Regeneration and Orthopaedic Biologics of the Hip: An Orthoregeneration Network Foundation Hip Review. *Arthroscopy*. 2022; 38(2): 643–656. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2021.08.032>
39. Загородный Г.М., Платонов А.В., Самушия К.А., Ясюкевич А.С. Сочетанная PRP-терапия и профилактика рецидивов травм в спорте. *Прикладная спортивная наука*. 2022; 1(15): 91–99 [Zagorodny G.M., Platonov A.V., Samushiya K.A., Yasyukevich A.S. Combined PRP therapy and prevention of injury recurrence in sports. *Applied Sports Science*. 2022; 1(15): 91–99 (In Russ.).]
40. Thu A.C. The use of platelet-rich plasma in management of musculoskeletal pain: a narrative review. *Journal of Yeungnam Medical Science*. 2022; 39(3): 206–215. <https://doi.org/10.12701/jyms.2022.00290>
41. Gardini G., Gregori N., Matteelli A., Castelli F. Mycobacterial skin infection. *Current Opinion in Infectious Diseases*. 2022; 35(2): 79–87. <https://doi.org/10.1097/QCO.0000000000000820>
42. Martins C.C., Lockhart P.B., Firmino R.T., et al. Bacteremia following different oral procedures: systematic review and meta-analysis. *Oral Diseases*. 2024; 30(3): 846–854. <https://doi.org/10.1111/odi.14531>
43. Robles-Palazón F.J., López-Valenciano A., De Ste Croix M., Ayala F. Epidemiology of injuries in male and female youth football players: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*. 2022; 11(6): 681–695. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.10.002>
44. Grossen A.A., Lee B.J., Shi H.H., et al. Platelet-rich plasma injections: pharmacological and clinical considerations in pain management. *Current Pain and Headache Reports*. 2022; 26(10): 741–749. <https://doi.org/10.1007/s11916-022-01082-2>
45. Eymard F., Louati K., Noel É., et al. Indications and contraindications to platelet-rich plasma injections in musculoskeletal diseases in case of infectious, oncological and haematological comorbidities: A 2025 formal consensus from the GRIIP (International Research Group on Platelet Injections). *Knee Surgery & Related Research*. 2025; 33(6): 2293–2306. <https://doi.org/10.1002/ksa.12682>