Дата публикации: 01.06.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_02_28
УДК 615.382

Publication date: 01.06.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_02_28
UDC 615.382

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АУТОЛОГИЧНОЙ ПЛАЗМЫ, ОБОГАЩЕННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ, В КОМПЛЕКСНОМ ЛЕЧЕНИИ ТРАВМ КОЛЕННОГО СУСТАВА У ЮНЫХ ФУТБОЛИСТОВ

Р.А. Симонов[1], А.С. Самойлов[1], Н.В. Рылова[1], М.С. Касаткин[1], Д.А. Левин[2]

[1]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России, г. Москва, Россия

[2]ООО ПХК ЦСКА, г. Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования: оценить эффективность применения аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, в комплексном лечении травм коленного сустава у юных футболистов. В исследование были включены 47 юношей, средний возраст которых 15,06±1,40 лет, средняя длительность заболевания – 9,06±2,86 дней. Среди них 9 человек (19,1%) имели частичное повреждение латеральной коллатеральной связки, 23 (48,9%) – медиальной коллатеральной связки, 8 (17%) – медиальной пателофеморальной связки; 7 (14,9%) – собственной связки надколенника. Спортсмены были разделены на две группы: в основной группе (n=22) в течение трех недель проводили лечение, включавшее лечебную физкультуру, магнитотерапию, фонофорез с кетопрофеном и терапию плазмой, обогащенной тромбоцитами. В контрольной группе (n=25) проводили аналогичное лечение, но без применения терапии плазмой, обогащенной тромбоцитами. Обследование спортсменов проводили до лечения и сразу после. Для оценки максимального уровня боли во время повседневной бытовой активности использовали визуально-аналоговую шкалу. Для оценки функционального состояния коленного сустава применяли специфичные опросники: Lysholm knee scoring scale и 2000 International Knee Documentation Committee subjective knee evaluation form. Для оценки магнитно-резонансной томографии до и после лечения применяли протокол Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score. По завершении лечения и основная, и контрольная группы показали статистически значимое улучшение по показателям боли и функционального состояния коленного сустава – $p<0,05$, однако, согласно данным магнитно-резонансной томографии, значимая динамика была отмечена только при оценке отека костного мозга и суставного выпота – $p<0,05$. При сравнительном анализе результатов лечения обеих групп было статистически достоверно доказано, что группа, получавшая дополнительное лечение в виде терапии плазмой, обогащенной тромбоцитами, имела более выраженное снижение уровня боли и улучшение функциональных показателей коленного сустава – $p<0,05$. По данным магнитно-резонансной томографии, выполненной у всех спортсменов после исследования, статистически значимые различия между основной и контрольной группой отмечены со стороны суставного выпота – $p=0,009$. Полученные в настоящем исследовании данные свидетельствуют о том, что применение терапии плазмой, обогащенной тромбоцитами, в совокупности с лечебной физкультурой и физиотерапевтическими методами лечения у юных спортсменов-футболистов позволяет статистически значимо снизить уровень боли и повысить функциональные возможности коленного сустава по сравнению с лечением без применения богатой тромбоцитами плазмы. После проведенного лечения по данным магнитно-резонансной томографии выявили, что применение терапии плазмой, обогащенной тромбоцитами, по сравнению с контрольной группой, имеет преимущество в виде более выраженного противоотечного эффекта.

Ключевые слова: повреждение связок, коленный сустав, аутологичная плазма, обогащенная тромбоцитами, терапия плазмой, обогащенной тромбоцитами.

AUTOLOGOUS PLATELET-RICH PLASMA IN COMPLEX TREATMENT OF KNEE JOINT INJURIES IN YOUNG SOCCER PLAYERS

R.A. Simonov[1], A.S. Samojlov[1], N.V. Rylova[1], M.S. Kasatkin[1], D.A. Levin[2]
[1]Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia
[2]PHC CSKA, Moscow, Russia

Abstract. Purpose of the study: to evaluate the autologous platelet-rich plasma effectiveness in the complex treatment of knee injuries in young soccer players. The study included 47 young men 15.06±1.40 years old, duration of the disease was 9.06±2.86 days. 9 athletes (19.1%) had a partial injury to the lateral collateral ligament, 23 (48.9%) – the medial collateral ligament, 8 (17%) – the medial patelofemoral ligament; 7 (14.9%) – patellar tendon. Athletes were divided into two groups: in the main group (n=22), treatment was carried out for three weeks, including exercise therapy, magnet therapy, phonophoresis with ketoprofen, and platelet-rich plasma injections. The control group (n=25) had a similar treatment, but without platelet-rich plasma injections. Athletes were examined before treatment and immediately after treatment. The visual analogue scale was used to assess the maximum level of pain during daily activities. To assess the functional state of the knee joint, specific questionnaires were implemented: Lysholm knee scoring scale and 2000 International Knee Documentation Committee subjective knee evaluation form. The Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score protocol was applied to assess magnetic resonance imaging before and after treatment. After the treatment, both groups had a statistically significant improvement in terms of pain and functional state of the knee joint – $p<0.05$, however, according to magnetic resonance imaging data, a significant change was noted only when assessing bone marrow edema and joint effusion – $p<0.05$. In a comparative analysis of the results, it was significantly proven that the group receiving platelet-rich plasma injections had a more pronounced reduction in pain level and an improvement in the knee functional parameters – $p<0.05$. According to magnetic resonance imaging, significant differences between groups were noted in terms of joint effusion – $p=0.009$. The data obtained in this study indicate that platelet-rich plasma injections can significantly reduce the pain level and increase the knee functionality compared to the control group. After the treatment, according to magnetic resonance imaging data, it was revealed that the use of platelet-rich plasma injections has an advantage in the form of a more pronounced anti-edematous effect.

Keywords: ligament injury, knee joint, autologous platelet-rich plasma, platelet-rich plasma injection.

Введение. В последнее время число подростков и детей, профессионально занимающихся футболом, неуклонно растет. В связи с этим увеличиваются риски травматизма юных спортсменов. Так, по данным систематического обзора Robles-Palazón и соавт. (2022), наиболее часто встречающимися травмами в футболе как среди юношей, так и среди девушек, являются повреждения сухожилий и связок нижних конечностей [1].

Повреждения связок коленного сустава, особенно передней крестообразной, медиальной коллатеральной и собственной связки надколенника, остаются частой патологией среди молодых спортсменов и являются бременем для системы здравоохранения [2-4]. Как ожидания пациентов в отношении скорейшего выздоровления и реабилитации после таких травм [5], так и ограничения в применении лекарственных препаратов и методов физиотерапевтического воздействия в детском и подростковом возрасте [6-7] побудили исследователей к поиску дополнительных методов лечения, направленных на регенерацию связок. Таким образом, внимание было обращено на применение аутологичной плазмы, богатой тромбоцитами (PRP-терапии), поскольку данный метод продемонстрировал многообещающие результаты при лечении различных травм опорно-двигательного аппарата [8-12], не имея противопоказаний в виде юного возраста [13-16].

PRP-терапия представляет собой аутологичный продукт крови, содержащий различные факторы роста, которые оказывают положительное влияние на пролифера-

цию и дифференцировку клеток, продукцию внеклеточного матрикса, миграцию клеток, хемотаксис и ангиогенез [17-19]. В дополнение к многочисленным факторам роста характеристики PRP-терапии включают отсутствие явлений иммуногенности, что подчеркивает уровень ее безопасности при введении пациентам [20]. Согласно фундаментальным научным исследованиям, факторы роста, содержащиеся в такой плазме, ускоряют синтез коллагена и, собственно, заживление тканей связки [21].

Вариабельность результатов PRP-терапии при лечении повреждений связок коленного сустава, наблюдаемая в клинических исследованиях, может быть связана с гетерогенными составами плазмы и непоследовательными методами ее подготовки [22]. В нескольких недавних исследованиях было признано, что стандарты проведения PRP-терапии являются важным компонентом изучения ее использования, поскольку существует мало доказательств того, как изменения в составе и приготовлении плазмы могут повлиять на ее эффективность [23-25].

Несмотря на многочисленные исследования в области применения PRP-терапии, актуальным остается вопрос ее применения у лиц детского и подросткового возраста [13-16].

Цель исследования: оценить эффективность применения аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, в комплексном лечении травм коленного сустава у юных футболистов.

Методы и организация исследования. *Исследуемая популяция*. Настоящее исследование было проведено на базе АНО ДО ДЮСШ ПФК ЦСКА в период с 2021 по 2023 гг. Критериями включения в исследование явились следующие: мужской пол; возраст – от 13 до 18 лет; длительность заболевания – от 5 до 14 дней; жалобы на боль в области коленного сустава, которым предшествовала травма во время тренировочной или соревновательной деятельности; повреждение одной из связок коленного сустава (латеральной коллатеральной, медиальной коллатеральной, медиальной пателофеморальной, собственной связки надколенника) II степени согласно данным магнитно-резонансной томографии (МРТ); наличие информированного согласия, подписанного спортсменом или его представителем.

Критерии невключения в исследование: женский пол; возраст до 13 и старше 18 лет; длительность заболевания менее 5 дней и более 14 дней; повреждение одной из связок коленного сустава (латеральной коллатеральной, медиальной коллатеральной, медиальной пателофеморальной, собственной связки надколенника) I и III степени согласно данным МРТ; отсутствие информированного согласия, подписанного спортсменом или его представителем; наличие острых или хронических инфекционных заболеваний; локальные кожные заболевания в области коленного сустава.

Критерии исключения из исследования: непереносимость методов лечения; отказ от проведения лечебных мероприятий; неполное прохождение курса лечения.

В настоящее исследование были включены 47 юношей, средний возраст которых составил 15,06±1,40 лет, средняя длительность заболевания – 9,06±2,86 дней. Среди них 9 человек (19,1%) имели частичное повреждение латеральной коллатеральной связки, 23 (48,9%) – медиальной коллатеральной связки, 8 (17%) – медиальной пателофеморальной связки; 7 (14,9%) – собственной связки надколенника.

Проводимое лечение. Спортсмены были разделены на две группы: в основной группе (n=22) в течение трех недель проводили лечение, включавшее лечебную физкультуру, магнитотерапию, фонофорез с кетопрофеном и PRP-терапию. В контрольной группе (n=25) проводили аналогичное лечение, но без применения PRP-терапии.

Лечебную физкультуру проводили латеральной коллатеральной, медиальной коллатеральной, медиальной пателофеморальной, собственной связки надколенника.

Магнитотерапию применяли через день на аппарате BTL-4000 Premium 4M.

Использовали терапевтический протокол «Растяжение»: интенсивность – 54мТ, импульсы прямоугольные, без модуляции (10 мс / пауза 30 мс). Время проведения магнитотерапии составляло 30 мин.

Фонофорез с кетопрофеном применяли через день на аппарате BTL-4000 Premium S. Использовали терапевтический протокол «Растяжение острое»: интенсивность – 0,8 Вт/см^2, мощность – 2,6 Вт, коэффициент заполнения – 25%.

PRP-терапию применяли один раз в неделю, общее количество процедур – 2. Цельную кровь, полученную из локтевой вены, помещали в две конические пробирки объемом 15 мл. Каждая пробирка содержала 10 мл крови с 0,4 мл 3,8% раствора цитрата натрия и центрифугировалась в течение 8 минут, 1800 оборотов в минуту (BTI Biotechnology Institute UK Ltd, Colchester, England). Затем аспирировали по 1,4 мл супернатанта плазмы над слоем эритроцитов в каждой пробирке и к объединенным 2,8 мл супернатанта добавляли 10%-й раствор кальция хлорида из расчета 50 мкл на 1 мл плазмы. Плазму вводили параартикулярно в область патологического очага под ультразвуковым контролем с помощью иглы 30G (0,3х40 мм) после обработки кожи 10% раствором повидон-йода для местного применения.

Методы исследования. Обследование спортсменов проводили до лечения и сразу после лечения. Для оценки максимального уровня боли во время повседневной бытовой активности использовали визуально-аналоговую шкалу (ВАШ). Для оценки функционального состояния коленного сустава применяли специфичные опросники: Lysholm knee scoring scale (LKSS) и 2000 International Knee Documentation Committee subjective knee evaluation form (2000 IKDC).

МРТ проводили на аппарате Siemens Avanto 1,5T. Для оценки МРТ до и после лечения применяли протокол Whole-Organ Magnetic Resonance Imaging Score (WORMS). Согласно протоколу, оценивали:

– состояние поврежденной связки (1 балл – незначительное растяжение связки, повышенный сигнал медиально или поверхностно от связки; 2 балла – выраженное растяжение связки или ее частичный разрыв, повышенный сигнал от самой связки и медиально от нее; 3 балла – полный разрыв связки);

– наличие и объем отека костного мозга (0 баллов – отсутствует; 1 балл – <25% области; 2 балла – от 25% до 50% области; 3 балла – >50% области);

– наличие повреждения хрящевой ткани (0 баллов – отсутствует; 1 балл – нормальная толщина хряща, но повышенный сигнал в режиме Т2-ВИ; 2 балла – частичный дефект хряща (максимальная ширина <1 см); 2,5 балла – полнослойный дефект хряща (максимальная ширина <1 см);

– наличие суставного выпота (0 баллов – норма; 1 балл – <33% максимального потенциального растяжения; 2 балла – 33-66% максимально возможного растяжения; 3 балла – >66% максимально возможного растяжения).

Статистический анализ. Статистическую обработку проводили с использованием программы STATISTICA 6.0. Количественные показатели оценивали на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка. Нормальное распределение величин отсутствовало, количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1-Q3). Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение двух групп по количественному показателю выполняли с помощью U-критерия Манна-Уитни. Сравнение процентных долей при анализе многопольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона.

Результаты исследования и их обсуждение. До начала лечения основная и контрольная группы были сопоставимы друг с другом по всем оцениваемым параметрам – p>0,05 (табл. 1). Средний возраст спортсменов основной группы составил

15,04±1,43 лет, контрольной – 15,09±1,41 лет. Длительность заболевания составила 9,16±2,95 дней и 8,95±2,85 дней соответственно. В основной группе максимальный уровень боли во время бытовой активности составил 5,12±1,20 баллов, функциональное состояние коленного сустава – 74,32±4,74 баллов по шкале LKSS и 68,87±5,04% по шкале 2000 IKDC. Средние значения контрольной группы составили 5,50±1,01 баллов, 74,32±4,74 балла и 68,42±5,05% соответственно.

Таблица 1

Сопоставимость основной и контрольной группы до начала лечения

Показатель	Основная группа (n=22)	Контрольная группа (n=25)	P
Возраст, лет	15,00 [14,00-16,00]	15,00 [14,00-16,00]	0,896
Длительность заболевания, дней	8,50 [7,11-12,00]	9,00 [7,00-12,00]	0,797
ВАШ, баллы	5,00 [5,00-6,00]	5,00 [4,00-6,00]	0,301
LKSS, баллы	71,00 [69,00-75,00]	75,00 [71,00-78,00]	0,063
2000 IKDC, %	66,60 [63,20-73,60]	70,10 [63,20-73,60]	0,687
Состояние травмированной связки	2,00 [1,00-2,00]	2,00 [1,00-2,00]	0,709
Отек костного мозга	1,00 [1,00-2,00]	1,00 [1,00-2,00]	0,801
Состояние хрящевой ткани	1,00 [0,00-1,00]	1,00 [0,00-1,00]	0,756
Суставной выпот	2,00 [1,00-2,00]	1,00 [1,00-2,00]	0,528

Примечание: ВАШ – визуально-аналоговая шкала; LKSS – Lysholm knee scoring scale; 2000 IKDC – 2000 International Knee Documentation Committee subjective knee evaluation form

При анализе данных, полученных с помощью МРТ, статистически значимой разницы между группами также не было обнаружено ($p>0,05$).

При сравнении локализации повреждения в зависимости от группы нам не удалось установить статистически значимых различий – $p=0,894$ (рис. 1).

По завершении лечения и основная, и контрольная группы показали статистически значимое улучшение по показателям боли и функционального состояния коленного сустава – $p<0,05$, Также, согласно данным МРТ, значимая динамика была отмечена со стороны отека костного мозга и суставного выпота – $p<0,05$ (рис. 2).

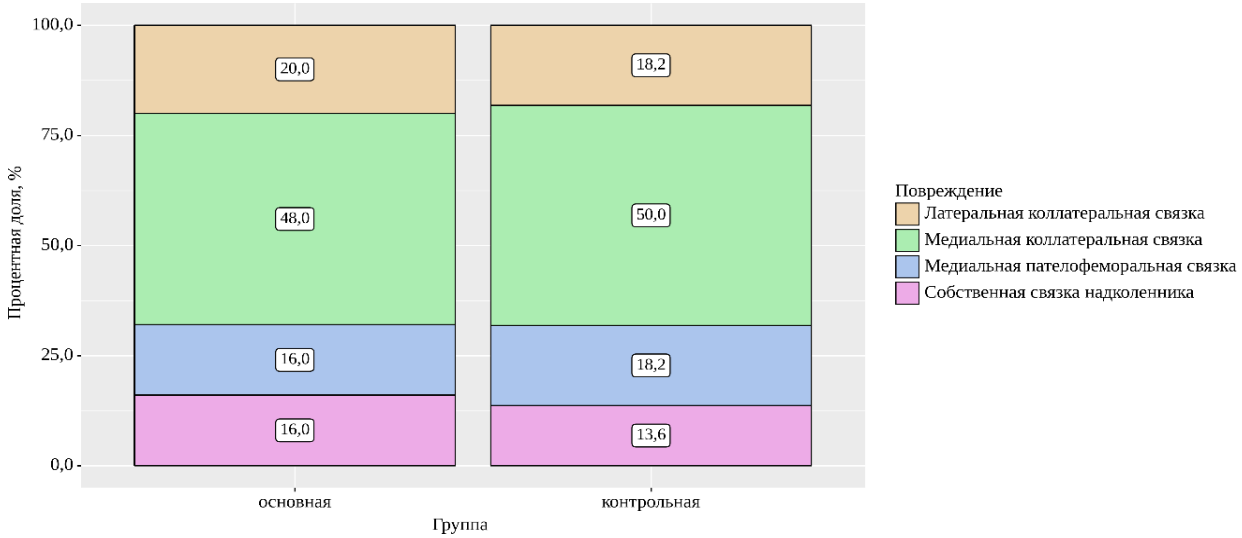


Рис. 1. Сравнение основной и контрольной группы в зависимости от локализации повреждения

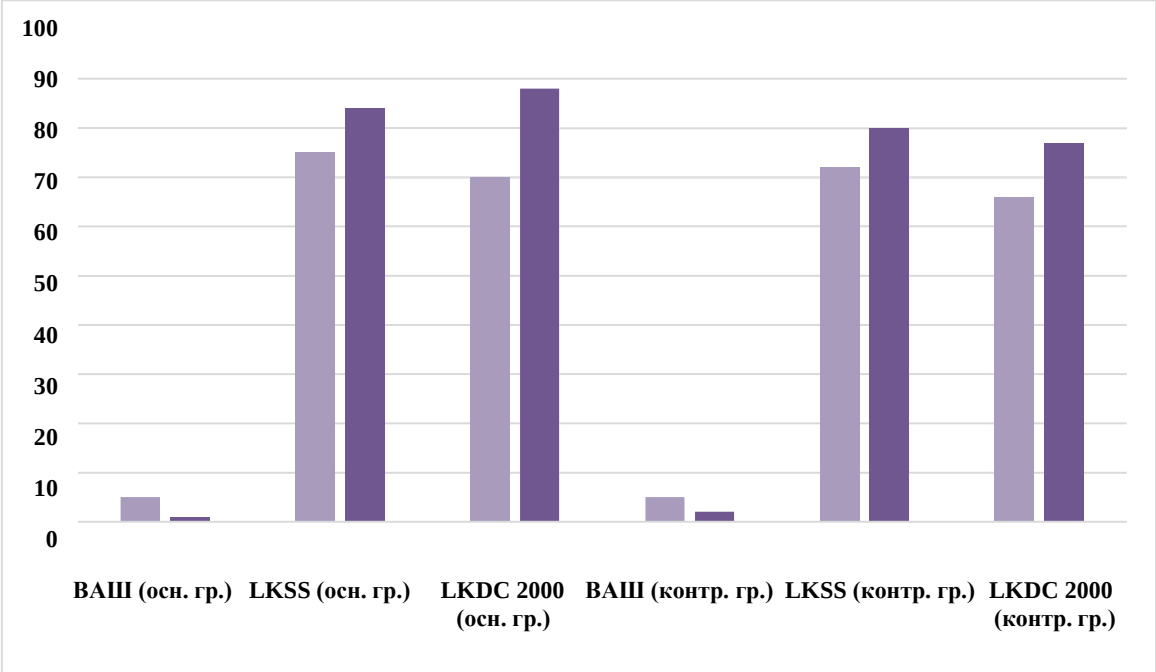


Рис. 2. Оценка результатов основной и контрольной группы по уровню боли и функциональному состоянию коленного сустава

Примечание: ВАШ – визуально-аналоговая шкала; LKSS – Lysholm knee scoring scale; 2000 IKDC – 2000 International Knee Documentation Committee subjective knee evaluation form

При сравнительном анализе результатов лечения обеих групп было статистически достоверно доказано, что группа, получавшая дополнительное лечение в виде PRP-терапии, имела более выраженное снижение уровня боли и улучшение функциональных показателей коленного сустава (табл. 2).

По данным МРТ, выполненной у всех спортсменов после исследования, статистически значимые различия между основной и контрольной группой отмечены со стороны суставного выпота – p=0,009 (табл. 3).

Таблица 2

Показатели уровня боли и качества жизни спортсменов основной и контрольной групп после лечения

Показатель	Основная группа (n=22)	Контрольная группа (n=25)	P<
ВАШ, баллы	1,00 [0,00-1,00]	2,00 [1,00-3,00]	0,05*
LKSS, баллы	84,00 [81,00-87,00]	80,50 [78,25-81,00]	0,05*
2000 IKDC, %	88,5 [80,40-88,50]	77,00 [75,00-80,4]	0,05*

Примечание: Примечание: ВАШ – визуально-аналоговая шкала; LKSS – Lysholm knee scoring scale; 2000 IKDC – 2000 International Knee Documentation Committee subjective knee evaluation form; * – различия показателей статистически значимы (p<0,05)

Таблица 3

Оценка данных, полученных с помощью магнитно-резонансной томографии, у спортсменов основной и контрольной группы после лечения

Показатель	Основная группа (n=22)	Контрольная группа (n=25)	P
Состояние травмированной связки	1,00 [1,00-2,00]	1,00 [1,00-2,00]	0,709
Отек костного мозга	0,00 [0,00-1,00]	0,00 [0,00-1,00]	0,204
Состояние хрящевой ткани	1,00 [0,00-1,00]	1,00 [0,00-1,00]	0,756
Суставной выпот	0,00 [0,00-1,00]	1,00 [0,25-1,00]	0,009*

Примечание: * – различия показателей статистически значимы (p<0,05)

Как видно из полученных нами данных, богатая тромбоцитами плазма способна в короткие сроки уменьшить отек и боль в области коленного сустава, на фоне чего восстанавливается его функциональная работоспособность. Ряд авторов связывает выраженный противовоспалительный эффект применения PRP-терапии с содержанием в тромбоцитах α-гранул, плотных гранул и лизосомальных гранул [8, 10, 26, 27]. Альфа-гранулы являются источником факторов роста, в том числе факторов роста тромбоцитов (PDGF), инсулиноподобного фактора роста-1 (IGF-1), фактора роста эндотелия сосудов (VEGF), трансформирующего фактора роста (TGF) [26]. Дополнительные факторы, включенные в α- гранулы, представляют собой хемокины и цитокины, такие как тромбоцитарный фактор 4 (PF4), протромбоцитарный основной белок и P-селектин, которые участвуют в стимуляции хемотаксиса клеток, пролиферации и созревании, а также в модулировании воспалительных молекул. [27-28]. Плотные гранулы содержат аденозиндифосфат, аденозинтрифосфат, серотонин, дофамин, полифосфаты, гистамин и адреналин, которые модифицируют активацию тромбоцитов и образование тромбов. Что наиболее важно, многие из этих элементов обладают эффектом модификации иммунных клеток [22]. Гистамин и серотонин увеличивают проницаемость капилляров, обеспечивая миграцию клеток, вовлеченных в воспалительный процесс, таких как макрофаги [29]. В результате стимулируются фибробласты, мезенхимальные стволовые клетки и аутологичные хондроциты. Лизосомальные гранулы содержат гидролазы, катепсины D и E, эластазу и лизоцим и многие другие белки, физиологическая роль которых до сих пор недостаточно изучена [28].

Согласно литературному обзору Salamanna и соавт. (2015), было доказано, что применение PRP-терапии стимулирует

пролиферацию и миграцию фибробластов в пораженный участок связки, а также увеличивает выработку коллагена, что приводит к заживлению ткани. Примечательно, что наибольший эффект применения обогащенной тромбоцитами плазмы наблюдался на клетках незрелых доноров по сравнению со взрослыми клетками [30].

Matsunaga и соавт. (2013) сообщили, что применение аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, способствовало заживлению передней крестообразной связки в модели кролика, путем генерации более плотных и более продольных пучков коллагена, которые были лучше организованы, чем у контрольной группы [31].

Kunze и соавт. (2022) в своем систематическом обзоре указали, что биомеханические характеристики, включая жесткость, выносливость, способность к преодолению максимальных нагрузок и нагрузок до отказа, оказались выше у спортсменов, получающих лечение при помощи PRP-терапии. Это говорит о том, что PRP-индуцированные изменения на клеточном уровне могут трансформироваться в улучшение биомеханических характеристик связок, хотя их результирующий внешний вид может не отражать эти преимущества [32]. Аналогичные результаты в систематическом обзоре получили Di Matteo и соавт. (2016): два исследования показали, что от 70 до 84% пациентов с повреждениями связок коленного сустава возвращаются к прежнему уровню активности без хирургического вмешательства [33].

Заключение. Полученные в настоящем исследовании данные свидетельствуют о том, что применение PRP-терапии в совокупности с лечебной физкультурой и физиотерапевтическими методами лечения у юных спортсменов-футболистов позволяет статистически значимо снизить уровень боли и повысить функциональные возможности коленного сустава по сравнению с лечением без применения богатой тромбоцитами плазмы. После проведенного лечения по данным МРТ отмечен более выраженный противоотечный эффект в основной группе по сравнению с группой контроля.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Epidemiology of injuries in male and female youth football players: A systematic review and meta-analysis / Robles-Palazón F. J., López-Valenciano A., De Ste Croix M. [et al] // J Sport Health Sci. – 2022. – Vol. 11(6). – P. 681-695. DOI: 10.1016/j.jshs.2021.10.002.

2. Perkins, C. A. Multiligament Knee Injuries in Young Athletes / C. A Perkins, S. C. Willimon // Clin Sports Med. – 2022. – Vol. 41(4). – P. 611-625. DOI: 10.1016/j.csm.2022.05.004.

3. McCarroll, J. R. Anterior cruciate ligament injuries in young athletes. Recommendations for treatment and rehabilitation / J. R. McCarroll, K. D. Shelbourne, D. V. Patel // Sports Med. – 1995. – Vol. 20(2). – P. 117-127. DOI: 10.2165/00007256-199520020-00006.

4. Knee Pathology in Young Adults After Pediatric Anterior Cruciate Ligament Injury: A Prospective Case Series of 47 Patients With a Mean 9.5-Year Follow-up / Ekås G. R., Laane M. M., Larmo A. [et al] // Am J Sports Med. – 2019. – Vol. 47(7). – P. 1557-1566. DOI: 10.1177/0363546519837935.

5. How Is Psychological Outcome Related to Knee Function and Return to Sport Among Adolescent Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? / Beischer S., Hamrin Senorski E., Thomeé C. [et al] // Am J Sports Med. – 2019. – Vol. 47(7). – P. 1567-1575. DOI: 10.1177/0363546519843073.

6. Effectiveness of physiotherapy interventions for back care and the prevention of non-specific low back pain in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis / J. M. García-Moreno, I.

Calvo-Muñoz, A. Gómez-Conesa, J. A. López-López // BMC Musculoskelet Disord. – 2022. – Vol. 23(1). – P. 314. DOI: 10.1186/s12891-022-05270-4.

7. Efficacy and Safety of NSAIDs in Infants: A Comprehensive Review of the Literature of the Past 20 Years / Ziesenitz V. C., Welzel T., van Dyk M. [et al] // Paediatr Drugs. – 2022. – Vol. 24(6). – P. 603-655. DOI: 10.1007/s40272-022-00514-1.

8. Platelet-Rich Plasma Versus Hyaluronic Acid for Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta- analysis of Randomized Controlled Trials / Belk J. W., Kraeutler M. J., Houck D. A. [et al] // Am J Sports Med. – 2021. – Vol. 49(1). – P. 249-260. DOI: 10.1177/0363546520909397.

9. Platelet-rich plasma in tendon-related disorders: results and indications / Filardo G., Di Matteo B., Kon E. [et al] // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. – 2018. – Vol. 26(7). – P. 1984-1999. DOI: 10.1007/s00167-016-4261-4.

10. Platelet-rich plasma treatment for ligament and tendon injuries / Paoloni J., De Vos R. J., Hamilton B. [et al] // Clin J Sport Med. – 2011. – Vol. 21(1). – P. 37-45. DOI: 10.1097/JSM.0b013e31820758c7.

11. Platelet-rich plasma, a biomaterial, for the treatment of anterior talofibular ligament in lateral ankle sprain / Zhang J., Wang C., Li X. [et al] // Front Bioeng Biotechnol. – 2022. – Vol. 10. – P. 1073063. DOI: 10.3389/fbioe.2022.1073063.

12. Platelet-rich plasma for sports-related muscle, tendon and ligament injuries: an umbrella review / Cruciani M., Franchini M., Mengoli C. [et al] // Blood Transfus. – 2019. – Vol. 17(6). – P. 465-478. DOI: 10.2450/2019.0274-19.

13. Efficiency of platelet-rich plasma therapy for healing sports injuries in young athletes / Herdea A., Struta A., Derihaci R. P. [et al] // Exp Ther Med. – 2022. – Vol. 23(3). – P. 215. DOI: 10.3892/etm.-2022.11139.

14. Platelet-rich plasma for the treatment of adolescent late- stage femoral head necrosis: a case report / Luan S., Liu C., Lin C. [et al] // Regen Med. – 2020. – Vol. 15(9). – P. 2067-2073. DOI: 10.2217/rme-2020-0057.

15. Moftah, N. H. Clinical evaluation of efficacy of intralesional platelet-rich plasma injection versus 1064 nm long-pulsed Neodymium:YAG laser in the treatment of inflammatory acne vulgaris in adolescent and post-adolescent patients: a prospective randomized split-face comparative study / N. H. Moftah, A. M. Mansour, S. M. A. Ibrahim // Lasers Med Sci. – 2022. – Vol. 37(5). – P. 2471-2478. DOI: 10.1007/s10103-022-03510-6.

16. Isolated Meniscus Tears in Adolescent Patients Treated with Platelet-Rich Plasma Intra-articular Injections: 3-Month Clinical Outcome / Popescu M. B., Carp M., Tevanov I. [et al] // Biomed Res Int. – 2020. – P. 8282460. DOI: 10.1155/2020/8282460.

17. Molecular and Biologic Effects of Platelet- Rich Plasma (PRP) in Ligament and Tendon Healing and Regeneration: A Systematic Review / B. Chalidis, P. Givissis, P. Papadopoulos, C. Pitsilos // Int J Mol Sci. – 2023. – Vol. 24(3). – P. 2744. DOI: 10.3390/ijms24032744.

18. Has platelet-rich plasma any role in partial tears of the anterior cruciate ligament? Prospective comparative study / Zicaro J. P., Garcia-Mansilla I., Zuain A. [et al] // World J Orthop. – 2021. – Vol. 12(6). – P. 423-432. DOI: 10.5312/wjo.v12.i6.423.

19. Autologous platelet-rich plasma therapy for refractory pain after low-grade medial collateral ligament injury / Zou G., Zheng M., Chen W. [et al] // J Int Med Res. – 2020. – Vol. 48(2). – P. 300060520903636. DOI: 10.1177/030006052090-3636.

20. Current State of Platelet-Rich Plasma and Cell-Based Therapies for the Treatment of Osteoarthritis and Tendon and Ligament Injuries / Su C. A., Jildeh T. R., Vopat M. L. [et al] // J Bone Joint Surg Am. – 2022. – Vol. 104(15). – P. 1406-1414. DOI: 10.2106/JBJS.21.01112.

21. Effect of Intra-articular Platelet-Rich Plasma vs Placebo Injection on Pain and Medial Tibial Cartilage Volume in Patients With Knee Osteoarthritis: The RESTORE Randomized Clinical Trial / Bennell K. L., Paterson K. L., Metcalf B. R. [et al] // JAMA. – 2021. – Vol. 326(20). – P. 2021-2030. DOI: 10.1001/jama.2021.19415.

22. Dhurat, R. Principles and Methods of Preparation of Platelet-Rich Plasma: A Review and Author's Perspective / R. Dhurat, M. Sukesh // J Cutan Aesthet Surg. – 2014. – Vol. 7(4). – P. 189-197. DOI: 10.4103/0974-2077.150734.

23. Preparation of Platelet-Rich Plasma: National IADVL PRP Taskforce Recommendations / S. Dashore, K. Chouhan, S. Nanda, A. Sharma // Indian Dermatol Online J. – 2021. – Vol. 12(S.1). – P. S12-S23. DOI: 10.4103/idoj.idoj_269_21.

24. Impact of the Different Preparation Methods to Obtain Autologous Non-Activated Platelet-Rich Plasma (A-PRP) and Activated Platelet-Rich Plasma (AA-PRP) in Plastic Surgery: Wound Healing and Hair Regrowth Evaluation / Gentile P., Calabrese C., De Angelis B. [et al] // Int J Mol Sci. – 2020. – Vol. 21(2). – P. 431. DOI: 10.3390/ijms 21020431.

25. Preparation Methods and Clinical Outcomes of Platelet-Rich Plasma for Intra-articular Hip Disorders: A Systematic Review and Meta- analysis of Randomized Clinical Trials / Garcia F. L., Williams B. T., Polce E. M. [et al] // Orthop J Sports Med. – 2020. – Vol. 8(10). – P. 2325967120960414. DOI: 10.1177/2325967120960414.
26. Platelet-Rich Plasma: New Performance Understandings and Therapeutic Considerations in 2020 / Everts P., Onishi K., Jayaram P. [et al] // Int J Mol Sci. – 2020. – Vol. 21(20). – P. 7794. DOI: 10.3390/ijms21207794.
27. The Effect of Platelet-Rich Plasma on the Intra-Articular Microenvironment in Knee Osteoarthritis. / Szwedowski D., Szczepanek J., Paczesny Ł. [et al] // Int J Mol Sci. – 2021. – Vol. 22(11). – P. 5492. DOI: 10.3390/ijms22115492.
28. Intra-Articular Platelet-Rich Plasma Combined With Hyaluronic Acid Injection for Knee Osteoarthritis Is Superior to Platelet-Rich Plasma or Hyaluronic Acid Alone in Inhibiting Inflammation and Improving Pain and Function / Xu Z., He Z., Shu L. [et al] // Arthroscopy. – 2021. – Vol. 37(3). – P. 903-915. DOI: 10.1016/j.arthro.2020.10.013.
29. Platelet-rich plasma treatment alleviates osteoarthritis- related pain, inflammation, and apoptosis by upregulating the expression levels of microRNA- 375 and microRNA-337 / Sun X., Mi L., Du G. [et al] // Immunopharmacol Immunotoxicol. – 2022. – Vol. 44(1). – P. 87-98. DOI: 10.1080/08923973.2021.2007263.
30. New and emerging strategies in platelet-rich plasma application in musculoskeletal regenerative procedures: general overview on still open questions and outlook / Salamanna F., Veronesi F., Maglio M. [et al] // Biomed Res Int. – 2015. – P. 846045. DOI: 10.1155/2015/846045.
31. Compact platelet-rich fibrin scaffold to improve healing of patellar tendon defects and for medial collateral ligament reconstruction / Matsunaga D., Akizuki S., Takizawa T. [et al] // Knee. – 2013. – Vol. 20(6). – P. 545-550. DOI: 10.1016/j.knee.2013.04.018.
32. The Efficacy of Platelet-Rich Plasma for Ligament Injuries: A Systematic Review of Basic Science Literature With Protocol Quality Assessment / Kunze K. N., Pakanati J. J., Vadhera A. S. [et al] // Orthop J Sports Med. – 2022. – Vol. 10(2). – P. 23259671211066504. DOI: 10.1177/23259671211066504.
33. Biologic agents for anterior cruciate ligament healing: a systematic review / Di Matteo B., Loibl M., Andriolo L. [et al] // World J of Orthop. – 2016. – Vol. 7(9). – P. 592-603. DOI: 10.5312/wjo.-v7.i9.592.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Роман Александрович Симонов – врач-аспирант ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России, Москва, e-mail: roma.simonov2017@yandex.ru.
Александр Сергеевич Самойлов – доктор медицинских наук, генеральный директор ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России, Москва, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1227-2332.
Наталья Викторовна Рылова – доктор медицинских наук, профессор, заведующая лабораторией спортивной нутрициологии Центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России, Москва, e-mail: nrilova@fmbcfmba.ru, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9248-6292.
Михаил Сергеевич Касаткин – врач по лечебной физкультуре, мануальный терапевт клиники «Софиатрия», научный сотрудник Лаборатории больших данных и прецизионной восстановительной медицины ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России, Москва.
Дмитрий Алексеевич Левин – спортивный врач, ООО ПХК ЦСКА, Москва, e-mail: dalevin@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:

Roman A. Simonov – Post-Graduate Doctor of the Center for Sports Medicine and Rehabilitation, Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, e-mail: roma.simonov2017@yandex.ru.

Aleksandr S. Samojlov – Doctor of Medical Sciences, General Director, Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1227-2332.
Natal'ya V. Rylova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Sports Nutrition of the Center for Sports Medicine and Rehabilitation, Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, e-mail: nrilova@fmbcfmba.ru, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9248-6292
Mikhail S. Kasatkin – Exercise Therapy Doctor, Manual Therapist of the "Sophiatria" clinic, Researcher of the Laboratory of Big Data and Precision Sports Medicine, Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow.
Dmitrij A. Levin – Sport Medicine Doctor, PHC CSKA, Moscow, e-mail: dalevin@mail.ru.

Для цитирования: Эффективность аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, в комплексном лечении травм коленного сустава у юных футболистов / Симонов Р. А., Самойлов А. С., Рылова Н. В. [и др.] // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 2. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_02_28

For citation: Simonov R.A., Samojlov A.S., Rylova N.V., Kasatkin M.S., Levin D.A. Autologous platelet-rich plasma in complex treatment of knee joint injuries in young soccer players. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 2. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_02_28