Дата публикации: 01.12.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_27
УДК 615.382

Publication date: 01.12.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_27
UDC 615.382

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АУТОЛОГИЧНОЙ ПЛАЗМЫ, ОБОГАЩЕННОЙ ТРОМБОЦИТАМИ, В ЛЕЧЕНИИ ПОВРЕЖДЕНИЯ СУХОЖИЛИЯ НАДКОЛЕННИКА: ОБЗОР ИНОСТРАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Р.А. Симонов, А.С. Самойлов, Н.В. Рылова
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» Федерального медико-биологического агентства России, г. Москва, Россия

Аннотация. Проведен анализ данных зарубежной литературы, посвящённый отдельным аспектам применения обогащенной тромбоцитами плазмы при повреждении собственной связки надколенника. По данной тематике обобщен мировой опыт использования PRP (с англ. Platelet Rich Plasma – плазма, богатая тромбоцитами) в травматологии и спортивной медицине. Поиск проводился с использованием электронных баз данных PubMed, MEDLINE, Embase, Scopus, eLIBRARY за период с 2010 по 2022 г. Для поиска мы использовали ключевые слова и их сочетания: «PRP-терапия», «боль в колене», «колено прыгуна», «повреждение собственной связки надколенника», «повреждение сухожилия надколенника», «спортсмены». По результатам исследования установлено, что PRP-терапию можно считать полезным методом лечения пациентов с повреждением собственной связки надколенника. По итогам поиска было найдено 1042 статей. Девять исследований соответствовали критериям включения. В доступной литературе опубликовано ограниченное количество достоверных работ. Необходимо проведение дальнейших исследований, чтобы понять краткосрочное и долгосрочное влияние метода PRP на пациентов с травмами собственной связки надколенника.

Ключевые слова: PRP-терапия, боль в колене, колено прыгуна, повреждение собственной связки надколенника, повреждение сухожилия надколенника, спортсмены.

AUTOLOGOUS PLATELET-RICH PLASMA EFFECTIVENESS IN THE TREATMENT OF PATELLAR TENDON INJURY: FOREIGN LITERATURE REVIEW

R.A. Simonov, A.S. Samojlov, N.V. Rylova
State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Annotation. We carried out the analysis of data from foreign literature devoted to certain aspects of the use of platelet-rich plasma (PRP) in case of patellar ligament injury. The world experience of using PRP in traumatology and sports medicine is summarized on this topic. The search was carried out using the electronic databases Pubmed, MEDLINE, Embase, Scopus, eLibrary for the period from 2010 to 2022. To search, we used following keywords and their combinations: “PRP therapy”, “knee pain”, “jumper's knee”, “patellar ligament injury”, “patellar tendon injury”, “athletes”. According to the results, it was found that PRP therapy can be considered a useful treatment option patients with patellar ligament injury. According to the results of the search, 1042 articles were found. Nine studies met the inclusion criteria. A limited number of reliable works have been published in the available literature. Further research is needed to understand the short- and long-term effects of PRP on patients with patellar ligament injury.

Keywords: PRP therapy, knee pain, jumper's knee, patellar ligament injury, patellar tendon injury, athletes.

Введение. 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 [1-3]. По данным систематического обзора Robles-Palazón et

al (2022), наиболее часто встречающимися травмами в футболе как среди юношей, так и среди девушек являются повреждения сухожилий и связок нижних конечностей [4]. Ожидания пациентов в отношении скорейшего выздоровления и реабилитации после таких травм [5] побуждают к поиску дополнительных методов лечения, направленных на регенерацию связок. Внимание было обращено на применение PRP-терапии (с англ. Platelet Rich Plasma – плазма, богатая тромбоцитами), поскольку данный метод продемонстрировал многообещающие результаты при лечении различных травм опорно-двигательного аппарата [6-10].

PRP-терапия представляет собой аутологичный продукт крови, содержащий различные факторы роста, которые оказывают положительное влияние на пролиферацию и дифференцировку клеток, продукцию внеклеточного матрикса, миграцию клеток, хемотаксис и ангиогенез [11-13]. В дополнение к многочисленным факторам роста характеристики PRP-терапии включают отсутствие явлений иммуногенности, что подчеркивает уровень ее безопасности при введении пациентам. Согласно фундаментальным научным исследованиям, факторы роста, содержащиеся в такой плазме, ускоряют синтез коллагена и, собственно, заживление тканей связки [14-15].

Вариабельность результатов PRP-терапии при лечении повреждения собственной связки надколенника, наблюдаемая в некоторых клинических исследованиях, может быть связана с гетерогенными составами плазмы и разными методами ее подготовки [16]. 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 [17].

Методы и организация исследования. Проводился поиск статей, опубликованных в период с 2010 по 2022 г., в электронных базах данных MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science и др. по следующим ключевым словам: «PRP-терапия», «боль в колене», «колено прыгуна», «повреждение собственной связки надколенника», «повреждение сухожилия надколенника», «спортсмены». Были изучены материалы опубликованных исследований. Материалы статей были включены в литературный обзор, если они удовлетворяли следующим критериям: исследования, в которых изучалось влияние PRP-терапии на травмированную собственную связку надколенника.

Результаты исследования и их обсуждение. Поиск по базам данных выявил 1 042 статьи. Изучив все материалы, мы выявили девять статей, подходящих по критериям поиска исследований, опубликованных за период с 2010 по 2022 год, в которых сообщалось о влиянии PRP-терапии на повреждение, тендинит или тендопатию собственной связки надколенника. Авторы статей проводили рандомизированные контролируемые исследования, систематические обзоры и метаанализы, фундаментальные исследования. Размер выборки в рандомизированных контролируемых исследованиях составлял от 23 до 46 человек различного возраста и пола, пациентами были как спортсмены, так и люди, не занимающиеся спортом. Для оценки были использованы шкалы VISA-P (Victorian Institute of Sport Assessment Scale for Patellar Tendinopathy), ВАШ (визуально-аналоговая шкала боли), модифицированная шкала Блазина, EQ VAS (European Quality of Life Questionnaire Visual Analogue Scale), шкала Лайсхольма. Также оценивалось время на восстановление и удовлетворенность пациентов, улучшение уровня спортивной активности. В одном из исследований оценивались результаты изокинетического тестирования и площадь разрыва сухожилия надколенника по результатам МРТ (магнитно-резонансная томография). В таблице приведены эти выводы.

Таблица

Результаты представленных исследований (n=9)

№	**Исследование (авторы, название, дизайн)**	**Метод**	**Заключение**
1	Марио Ветрано с соавт. (2013) Богатая тромбоцитами плазма в сравнении со сфокусированными ударными волнами при лечении колена прыгуна Рандомизированное контролируемое исследование [18]	Выборка: n=46 (спортсмены с коленом прыгуна) Основная группа №1 – 2 аутологичные инъекции PRP в течение 2 недель под контролем ультразвука (группа PRP; n=23) Группа №2 – 3 сеанса сфокусированной экстракорпоральной ударно-волновой терапии (2,400 импульсов со скоростью 0,17-0,25 МДж / мм (2) за сеанс) (группа ESWT; n=23). Продолжительность: 12 месяцев.	Показатели VISA-P, ВАШ и модифицированной шкалы Блазина не показали существенных различий между группами при 2-месячном наблюдении (p = 0,635, 0,360 и 0,339 соответственно). Группа PRP продемонстрировала более значительное улучшение, чем группа ESWT по показателям VISA-P, ВАШ при 6- и 12-месячном наблюдении и модифицированным показателям по шкале Блазина при 12-месячном наблюдении (p<0,05 для всех).
2	Джузеппе Филардо с соавт. (2010) Использование обогащенной тромбоцитами плазмы для лечения невосприимчивого колена прыгуна Рандомизированное контролируемое исследование [19]	Выборка: n=31 Основная группа №1 – 3 аутологичные инъекции PRP каждые 15 дней (группа PRP и физиотерапии; n=15) Группа №2 – группа физиотерапии (n=16) Пациенты проходили клиническое проспективное обследование до, в конце лечения и через шесть месяцев наблюдения. Продолжительность: 6 мес.	При сравнении двух групп не было получено статистически значимых различий с оценкой EQ VAS и уровня боли, а также времени на восстановление и удовлетворенности пациентов, тогда как большее улучшение уровня спортивной активности было достигнуто в группе PRP (процент улучшения – 39±22%) по сравнению с контрольной группой (20±27%) (p=0,048)

Продолжение таблицы

3	Джейсон Л. Драгу с соавт. (2014) Обогащенная тромбоцитами плазма для лечения тендинопатии надколенника: двойное слепое рандомизированное контролируемое исследование Рандомизированное контролируемое исследование [20]	Выборка: n=23 (пациенты с тендинопатией надколенника при обследовании и МРТ, которым не удалось получить неоперативное лечение, были включены в исследование) Группа №1 – пациенты, которым проводили инъекции обогащенной лейкоцитами PRP (группа PRP; n=10) наряду со стандартными эксцентрическими упражнениями Группа №2 – пациенты, которым проводили DN под ультразвуковым контролем (группа DN; n=13) Участники заполнили отчеты пациентов о результатах до и через 3, 6, 9, 12 и ≥26 недель после лечения во время последующих посещений. Продолжительность: 26 нед.	Через 12 недель после лечения показатели VISA улучшились на среднее ± стандартное отклонение в 5,2±12,5 балла (p=0,20) в группе DN (n=12) и на 25,4±23,2 балла (p=0,01) в группе PRP (n=9); через ≥26 недель показатели улучшились на 33,2±14,0 балла (p=0,001) в группе DN (n=9) и на 28,9±25,2 балла (p=0,01) в группе PRP (n=7). Через 12 недель в группе PRP улучшение было значительно большим, чем в группе DN (P=0,02), но разница между группами не была существенной через ≥26 недель (p=0,66). Таким образом, PRP с физическими упражнениями ускоряют выздоровление от тендинопатии надколенника по сравнению с DN + физические упражнения, но очевидная польза PRP со временем исчезает.
4	Де Алмейда Адриано Маркес с соавт. (2012) Заживление сухожилий надколенника плазмой, богатой тромбоцитами: проспективное рандомизированное контролируемое исследование Рандомизированное контролируемое исследование [21]	Выборка: n=27 Группа №1 – получающие PRP в месте забора сухожилия надколенника во время реконструкции ACL (n=12) Группа №2 – не получившие PRP в месте забора сухожилия надколенника во время реконструкции ACL (n=15) Первичным результатом была МРТ, оценивающая заживление сухожилия надколенника (область разрыва) через 6 месяцев. Вторичными результатами были анкетирование и изокинетическое тестирование реконструкции ACL с помощью трансплантата сухожилия надколенника, сравнивающего обе группы. Продолжительность: 6 мес.	Оценка боли по ВАШ была ниже в группе PRP сразу после операции (3,8±1,0; 95% ДИ – 3,18-4,49), чем в контрольной группе (5,1±1,4; 95% ДИ – 4,24-5,90; p=0,02). Через 6 месяцев не было выявлено различий в результатах анкетирования и изокинетического тестирования при сравнении обеих групп. Было показано, что PRP оказал положительное влияние на места заживления сухожилия надколенника при МРТ через 6 месяцев, а также уменьшил боль в ближайшем послеоперационном периоде.

Продолжение таблицы

5	Андриоло Лука с соавт. (2018) Нехирургическое лечение тендинопатии надколенника Систематический обзор и мета-анализ [22]	Поиск был проведен по базам данных PubMed и Cochrane 4 января 2017 года. Были включены все клинические отчеты на английском языке с любым уровнем доказательств нехирургического лечения тендинопатии надколенника. Качество каждой статьи оценивалось с использованием шкалы Коулмана. Результаты были представлены в 22 исследованиях, посвященных эксцентрическим упражнениям, ESWT и PRP. Однократные и многократные инъекции PRP оценивались отдельно.	Наилучшие результаты ($p<0,05$) были получены при эксцентрической физической нагрузке в краткосрочной перспективе (<6 месяцев, в среднем – 2,7±0,7 месяца). Однако многократные инъекции PRP дали наилучшие результаты ($p<0,05$) с последующим ESWT и эксцентрическими упражнениями при длительном наблюдении (≥6 месяцев, в среднем 15,1±11,3 месяца).
6	Кайл Н. Кунце с соавт. (2022) Эффективность обогащенной тромбоцитами плазмы при повреждениях связок Систематический обзор [23]	В апреле 2020 года был проведен поиск в Кокрановской базе систематических обзоров, Кокрейновском центральном регистре контролируемых исследований, PubMed, Embase и Ovid MEDLINE для проведения фундаментальных научных исследований in vivo и in vitro, касающихся применения PRP при повреждении связок. Включены 43 статьи (31 исследование in vivo и 12 исследований in vitro), посвященные изучению передней крестообразной связки / краниальной крестообразной связки (n=32), медиальной коллатеральной связки (n=6), подвесной связки (n=3), связки надколенника (n=1) и связки скакательного сустава (n=1).	При лечении PRP 5 из 12 исследований in vitro продемонстрировали значительное повышение жизнеспособности клеток, 6 из 12 – экспрессии генов, 14 из 32 исследований in vivo сообщили о превосходном восстановлении связок с помощью гистологической оценки, а 13 исследований in vivo сообщили о превосходных механических свойствах.

Продолжение таблицы

7	Джузеппе Филардо (2013) Обогащенная тромбоцитами плазма для лечения тендинопатии надколенника: клинические данные и результаты визуализации при среднесрочном наблюдении Проспективное когортное исследование [24]	Выборка: n=43 пациента (средний возраст – 30,6 лет; средний ИМТ – 24,7; 42 мужчины, одна женщина), страдающие хронической тендинопатией проксимального отдела надколенника. Использовались следующие инструменты оценки: шкала Блазина, VISA-P, EQ-VAS для общего состояния здоровья и шкала Тегнера. Также сообщалось об общей удовлетворенности пациентов и времени на возвращение к занятиям спортом. Пациенты были проспективно обследованы в начале, затем через 2, 6 и более месяцев наблюдения в среднем до 48,6±8,1 месяцев (минимальная оценка через 36 месяцев). Продолжительность: минимально 36 мес.	Оценка VISA-P увеличилась с 44,1±15,6 балла на исходном уровне до 61,4±22,2 балла через 2 месяца, 76,6±25,4 балла через 6 месяцев и 84,3±21,6 балла через 48 месяцев наблюдения. Таким образом, многократные инъекции PRP обеспечили хороший клинический результат при лечении хронической стойкой тендинопатии надколенника со стабильными результатами вплоть до среднесрочного наблюдения. Пациенты, страдающие двусторонней патологией и имеющие длительный анамнез боли, получили значительно более худшие результаты.
8	Тревор Вандер Доэлен с соавт. (2019) Нехирургическое лечение тендинопатии надколенника Систематический обзор рандомизированных контролируемых исследований [25]	Девять рандомизированных контролируемых исследований соответствовали критериям включения и были проанализированы. Исследования были взяты из рецензируемых журналов, опубликованных в период с января 2012 по сентябрь 2017 года. Во всех включенных исследованиях использовалась ВАШ. В большинстве включенных исследований также использовался опросник VISA-P для оценки симптомов и функции участника.	Было обнаружено, что эксцентричные упражнения, DN (2 исследования), инъекции PRP, ABI и физиологический раствор оказывают длительный эффект на уменьшение боли и улучшение функции колена. Результаты трех исследований подтвердили использование изометрических упражнений для немедленного уменьшения боли. Одно исследование показало, что бандажирование надколенника и спортивное тейпирование эффективны для уменьшения боли во время занятий спортом и сразу после него.

Продолжение таблицы

9	Йохей Кобаяши с соавт. (2020) Богатая тромбоцитами плазма (PRP) ускоряет заживление сухожилия надколенника мыши за счет усиления ангиогенеза и синтеза коллагена Фундаментальное исследование [26]	В центральной трети сухожилия надколенника мыши образовались дефекты полной толщины. Приготовленный аллогенный PRP-гель наносили на дефект сухожилия надколенника (группа PRP), в то время как остальные мыши служили контрольной группой без лечения. Мышей умерщвляли через 2, 4, 6, 8 и 10 недель после операции, при этом гистологические срезы получали в каждый момент времени (*n*=4/момент времени/группа). Полуколичественную гистологическую оценку проводили в соответствии с баллом Bonar. Переменными, включенными в эту систему оценки, были морфология клеток, основное вещество, расположение коллагена и сосудистость, при чем более высокие оценки указывали на худшую структуру сухожилий. Кроме того, соотношение коллагеновых волокон ко всей ткани сухожилия измеряли с помощью программного обеспечения KS400 в качестве количественной гистологической оценки.	Общий балл Bonar в группе PRP был значительно ниже, чем в контрольной группе. Что касается переменных в шкале Bonar, оценка сосудистости была значительно выше в группе PRP через 2 и 4 недели. Основываясь на количественной оценке, скорость восстановления сухожилия надколенника была значительно выше в группе PRP, чем в контрольной группе, через 6 и 8 недель. Результаты этого исследования показывают, что местное применение PRP может ускорить процесс заживления тканей как непосредственно за счет воздействия на локализованные клетки, так и косвенно за счет привлечения репаративных клеток через кровоток.

Примечание: PRP – Platelet Rich Plasma (плазма, обогащенная кровью); ESWT – Extracorporeal shockwave therapy (ударно-волновая терапия); VISA-P – Victorian Institute of Sport Assessment Scale for Patellar Tendinopathy (шкала оценки тендинопатии надколенника Викторианского института спорта); VISA – Victorian Institute of Sport Assessment Scale (оценочная шкала Викторианского института спорта); EQ VAS – European Quality of Life Questionnaire Visual Analogue Scale (Европейский опросник качества жизни – Визуальная аналоговая шкала); ВАШ – визуально-аналоговая шкала боли; МРТ – магнитно-резонансная томография; DN – Dry Needling (сухое иглоукалывание); ACL – anterior cruciate ligament (передняя крестообразная связка; ДИ – доверительный интервал; ИМТ – индекс массы тела; ABI – autologous blood injection (введение аутологичной крови)

Существует определенная вариабельность результатов PRP-терапии при лечении повреждений связок коленного сустава, наблюдаемая в некоторых клинических исследованиях, которая может быть связана с гетерогенными составами плазмы [16]. Однако PRP может применяться в случаях, устойчивых к терапии тендинопатии надколенника [24, 27]. Одно из исследований [20] и один метаанализ [28] рандомизированных исследований показали, что даже при ограниченных доказательствах PRP превосходит другие нехирургические методы лечения тендинопатии надколенника (рис.).

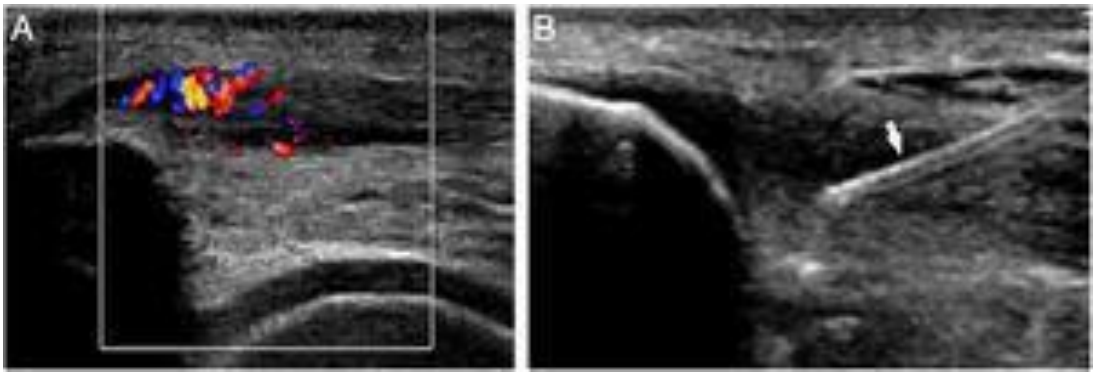


Рис. A – цветное допплеровское ультразвуковое сканирование с признаками тендинопатии надколенника с неоваскуляризацией; B – инъекция богатой тромбоцитами плазмы под самые глубокие волокна сухожилия надколенника после укола сухожилия (стрелка)

Исследования влияния PRP на патологию связок показали, что лечение PRP благоприятно для общего заживления связок с помощью различных клеточных и молекулярных механизмов [29-32]. Однако следует отметить, что этот вывод был получен на основе данных 60% исследований in vitro и 25% исследований in vivo. Коллаген I и III типов являются неотъемлемыми компонентами связок, обеспечивая прочность на растяжение и фибриллярный компонент ремоделирования соответственно [33]. В исследованиях как in vitro, так и in vivo наблюдалось значительное увеличение содержания коллагена при лечении PRP [14-15].

Кроме того, в многочисленных исследованиях наблюдалось увеличение количества генов, участвующих в стимулировании синтеза внеклеточного матрикса и аспекте ремоделирования при заживлении (TGF-β1, бигликан, MMP-1, MMP-13, TIMP-1), ангиогенеза (CD31, VEGF, TSP-1) и маркеров нейротрофической поддержки и аксональной регенерации (NT-3, GAP-43, NGF), [33-34] поддерживают разнообразный набор механизмов, с помощью которых PRP может способствовать эффективному заживлению связок.

На гистологическом уровне PRP значительно увеличивала клеточность и регенерацию, [29, 32] усиливала ангиогенез, [29] и способствовала более раннему и организованному заполнению связок [31, 35, 36]. Однако результаты нескольких других исследований противоречили этим выводам. Действительно, 2 исследования связок in vitro не выявили существенных изменений в жизнеспособности клеток, [14, 37]. В 2 исследованиях не было обнаружено изменений в содержании коллагена, [38-39] и в 2 других исследованиях не было обнаружено изменений в экспрессии генов [38-39]. В одном исследовании было обнаружено снижение экспрессии TGF-β1[40].

Таким образом, хотя в большинстве исследований сообщалось о пользе PRP, в ряде исследований были обнаружены качественные макроскопические улучшения в восстановлении тканей и внешнем виде после лечения PRP, которые были значительными по сравнению с контрольной группой [36, 41, 42, 43], хотя в большинстве исследований, изучавших

внешний вид связок, этого не произошло. Интересно, что биомеханические характеристики, включая жесткость, податливость, максимальные нагрузки и отказы, оказались выше в группах, получавших PRP, по сравнению с контрольными группами [29, 32, 35, 43, 44, 45]. Это говорит о том, что вызванные PRP изменения на клеточном уровне могут приводить к улучшению биомеханических характеристик связок, хотя результирующий внешний вид связок может не отражать эти преимущества.

Заключение:

1. PRP-терапия продемонстрировала как определенные преимущества перед многими методами лечения, так и сочетаемость с различными видами терапии повреждения и тендопатии сухожилия надколенника.

2. Даже при ограниченных доказательствах PRP-терапия эффективна в случаях устойчивых к лечению тендопатии надколенника и часто превосходит другие консервативные методы лечения.

3. Противоречивые данные о клеточных и молекулярных эффектах PRP при повреждениях связок наблюдались вторично по сравнению с выводом о том, что включенные исследования были разнородными, что ограничивало интерпретацию в разных исследованиях и способность делать значимые выводы.

4. Клинические испытания и любая причинно-следственная связь между использованием PRP при повреждениях связок и его потенциалом к регенерации и заживлению должны проводиться с осторожностью, если они основаны исключительно на фундаментальных научных данных.

5. Отсутствие согласованности в методах получения PRP вызывает беспокойство, что согласуется с предыдущей литературой, призывающей к стандартизации. Будущие исследователи должны сообщить о методе приготовления и окончательном составе PRP.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Вклад авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.
Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
Contribution of the authors. The article was prepared with equal participation of the authors.
Funding. The study had no sponsorship.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Perkins, C. A. Multiligament Knee Injuries in Young Athletes / C. A. Perkins, S. C. Willimon // Clin Sports Med. – 2022. – № 41(4). – P. 611-625.
2. 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. – № 20(2) – P. 117-127.
3. 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 a.] // Am J Sports Med. – 2019. – № 47(7). – P. 1557-1566.
4. 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. – № 11(6). – P. 681-695.
5. How Is Psychological Outcome Related to Knee Function and Return to Sport Among Adolescent Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? / Beischer S., Hamrin S. E., Thomeé C. [et al] // Am J Sports Med. – 2019. – № 47(7). – P. 1567-1575.
6. Platelet-Rich Plasma Versus Hyaluronic Acid for Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Metaanalysis of Randomized Controlled Trials / Belk J. W., Kraeutler M. J., Houck D. A. [et al] // Am J Sports Med. – 2021. – № 49(1). – P. 249-260
7. 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. – № 26(7). – P. 1984-1999.
8. Platelet-rich plasma treatment for ligament and tendon injuries / Paoloni J., De Vos R.J., Hamilton B. [et al] // Clin J Sport Med. – 2011. – № 21(1). – P. 37-45.
9. 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. – № 10. – P. 1073063.
10.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. – № 17(6). – P. 465-478.
11.Molecular and Biologic Effects of PlateletRich 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 – № 24(3). – P. 2744.
12.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. – № 12(6). – P. 423-432.
13.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. – № 48(2). – № 300060520903636.
14.Platelets and plasma proteins are both required to stimulate collagen gene expression by anterior cruciate ligament cells in three-dimensional culture / M. Cheng, H. Wang, R. Yoshida, M. M. Murray // Tissue Eng Part A. – 2010. – № 16(5). – P. 1479-1489.
15.Effects of autologous platelet-rich plasma on cell viability and collagen synthesis in injured human anterior cruciate ligament / Fallouh L., Nakagawa K., Sasho T. [et al] // J Bone Joint Surg Am. – 2010. – № 92(18). – P. 2909-2916.
16.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. – № 7(4). – P. 189-197.
17.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 – № 10(2). – P. 23259671211066504.
18.Platelet-rich plasma versus focused shock waves in the treatment of jumper's knee in athletes / Vetrano M., Castorina A., Vulpiani M.Ch. [et al] // Am J Sports Med. – 2013. – № 41(4). – pp. 795-803.
19.Use of platelet-rich plasma for the treatment of refractory jumper's knee / Filardo G. , Kon E., Della Villa S. [et al] // Int Orthop. – 2010. – № 34(6). – P. 909-915.
20.Platelet-rich plasma as a treatment for patellar tendinopathy: a double-blind, randomized controlled trial / Dragoo J. L., Wasterlain A. S., Braun H. J. [et al] // Am J Sports Med. – 2014. – № 42(3). – P. 610-618.
21.Patellar tendon healing with platelet-rich plasma: a prospective randomized controlled trial / Almeida A. M., Demange M. K., Sobrado M. F. [et al] // Am J Sports Med. – 2012. – № 40(6). – P. 1282-1288.
22.Nonsurgical Treatments of Patellar Tendinopathy: Multiple Injections of Platelet-Rich Plasma Are a Suitable Option: A Systematic Review and Meta-analysis / Andriolo L., Altamura S. A., Reale D. [et al] // Am J Sports Med. – 2019. – № 47(4). – P. 1001-1018.
23.The Efficacy of Platelet-Rich Plasma for igament Injuries: A Systematic Review of Basic Science Literature with Protocol Quality Assessment Orthop / Kunze K. N., Pakanati J. J., Vadhera A. S. [et al] // J Sports Med – 2022 – Feb 9. – № 10(2). – P. 23259671211066504.
24.Platelet-rich plasma for the treatment of patellar tendinopathy: clinical and imaging findings at medium-term follow-up / Filardo G., Kon E., Matteo B. [et al] // Int Orthop. – 2013. – № 37(8). – P. 1583-1589.
25.Doelen, T. V. Non-surgical treatment of patellar tendinopathy: A systematic review of randomized controlled trials / T. V. Doelen, W. Jelley // J Sci Med Sport. – 2020. – № 23(2). – P. 118-124.
26.Platelet-rich plasma (PRP) accelerates murine patellar tendon healing through enhancement of angiogenesis and collagen synthesis / Kobayashi Y., Saita Y., Takaku T. [et al] // J Exp Orthop. – 2020. – № 7(1). – P. 49.
27.Liddle, A. D. Platelet-rich plasma in the treatment of patellar tendinopathy: a systematic review / A. D. Liddle, E. C. Rodríguez-Merchán // Am J Sports Med. – 2015. – № 43 – P. 2583-2590.
28.Dupley, L. Platelet-rich plasma injections as a treatment for refractory patellar tendinosis: a meta-analysis of randomised trials / L. Dupley, C. P. Charalambous // Knee Surg Relat Res. – 2017. – № 29. – P. 165-171
29.Collagen-platelet composites improve the biomechanical properties of healing anterior cruciate ligament grafts in a porcine model / Fleming B. C.,

Spindler K. P., Palmer M. P. [et al] // Am J Sports Med. – 2009. – № 37(8). – P. 1554-1563.
30.Murray, M. M. Use of a bioactive scaffold to stimulate anterior cruciate ligament healing also minimizes posttraumatic osteoarthritis after surgery / M. M. Murray, B. C. Fleming // Am J Sports Med. – 2013. – № 41(8). – P. 1762-1770.
31.Enhanced histologic repair in a central wound in the anterior cruciate ligament with a collagen-platelet-rich plasma scaffold / Murray M.M., Spindler K.P., Ballard P. [et al] // J Orthop Res. –2007. – № 25(8). – P. 1007-1017.
32.The effects of plasma rich in growth factors (PRGF-Endoret) on healing of medial collateral ligament of the knee / Yoshioka T., Kanamori A., Washio T. [et al] // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. – 2013. – № 21(8). – P. 1763-1769.
33.The effect of platelet-rich plasma on patterns of gene expression in a dog model of anterior cruciate ligament reconstruction / Xie X., Wu H., Zhao S. [et al] // J Surg Res. – 2013. – № 180(1). – P. 80-88.
34.Platelet-rich plasma enhances autograft revascularization and reinnervation in a dog model of anterior cruciate ligament reconstruction / Xie X., Zhao S., Wu H. [et al] // J Surg Res. – 2013. – № 183(1). – P. 214-222.
35.Use of a collagen-platelet rich plasma scaffold to stimulate healing of a central defect in the canine ACL / Murray M.M., Spindler K.P., Devin C. [et al] // J Orthop Res. – 2006. – № 24(4). – P. 820-830.
36.Reconstruction of cranial cruciate ligament in rabbits using polyester implants saturated with PRP, antlerogenic stem cells MIC-1 and their homogenate / Prządka P., Kielbowicz Z., Osinski B. [et al] // Connect Tissue Res. – 2017. – № 58(5). – P. 464-478.
37.Can platelet rich plasma stimulate human ACL growth in culture? A preliminary experience / Dhillon M. S., Karna S. K., Dhatt S. S. [et al] // Muscles Ligaments Tendons J. – 2015. – № 5(3). – P. 156-161.
38.Biologic response of human anterior cruciate ligamentocytes on collagen-patches to platelet-rich plasma formulations with and without leucocytes / Krismer A. M., Cabra R. S., May R. D. [et al] // J Orthop Res. – 2017. – № 35(12). – P. 2733-2739.
39.Effects of platelet rich plasma and acellular bone marrow on gene expression patterns and DNA content of equine suspensory ligament explant cultures / L. V. Schnabel, H. O. Sonea, M. S. Jacobson, L. A. Fortier // Equine Vet J. – 2008 – № 40(3). – P. 260-265.
40.Effect of autologous platelet-rich plasma and gelatin sponge for tendon-to-bone healing after rabbit anterior cruciate ligament reconstruction / Zhang M., Zhen J., Zhang X. [et al] // Arthroscopy. – 2019. – № 35(5). – P. 1486-1497.
41.Acute management of anterior cruciate ligament injuries using novel canine models / Bozynski C. C., Stannard J. P., Smith P. [et al] // J Knee Surg. – 2016. – № 29(7). – P. 594-603.
42.Anterior cruciate ligament reconstruction in a rabbit model using canine small intestinal submucosa and autologous platelet-rich plasma / Lee A. J., Chung W. H., Kim D. H. [et al] // J Surg Res. – 2012. – № 178(1). – P. 206-215.
43. 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. – № 20(6). – P. 545-550.
44.Increased platelet concentration does not improve functional graft healing in bio-enhanced ACL reconstruction / Fleming B.C., Proffen B.L., Vavken P. [et al] // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. – 2015. – № 23(4). – P. 1161-1170.
45.Collagen-platelet rich plasma hydrogel enhances primary repair of the porcine anterior cruciate ligament / Murray M. M., Spindler K. P., Abreu E. [et al] // J Orthop Res. – 2007. – № 25(1). – P. 81-91.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Роман Александрович Симонов – аспирант, ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России, Москва, e-mail: roma.simonow2017@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/0000000212272332.

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/0000000292486292.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Roman Aleksandrovich Simonov – Post-Graduate Student, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, e-mail: roma.simonow2017@yandex.ru.
Aleksandr Sergeevich Samojlov – Doctor of Medical Sciences, General Director of the State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, ORCID: https://orcid.org/0000000212272332.
Natalia Viktorovna Rylova – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Sports Nutrition of the Center for Sports Medicine and Rehabilitation, State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, e-mail: nrilova@fmbcfmba.ru, ORCID: https://orcid.org/0000000292486292.

Для цитирования: Симонов, Р. А. Эффективность аутологичной плазмы, обогащенной тромбоцитами, в лечении повреждения сухожилия надколенника: обзор иностранной литературы / Р. А. Симонов, А. С. Самойлов, Н. В. Рылова // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 4. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_27

For citation: Simonov R.A., Samojlov A.S., Rylova N.V. Autologous platelet-rich plasma effectiveness in the treatment of patellar tendon injury: foreign literature review. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 4. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_27