

УДК 616.728.38-001-085.382

<https://doi.org/10.23888/HMJ2024122283-294>

Лечение частичных повреждений передней крестообразной связки коленного сустава с применением обогащённой тромбоцитами плазмы

Ф. Н. Рофизода^{1✉}, Т. О. Скипенко^{1,2}, А. Р. Закирова^{1,2}, С. А. Ксонтини¹, С. П. Киселев¹

¹ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, Москва, Российская Федерация

² Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова, Москва, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Рофизода Фаррух Насим, farrukh-11b@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. Обогащенная тромбоцитами плазма представляет собой аутологичный концентрат тромбоцитов в плазме крови, который широко используется для ускорения заживления мягких и твердых тканей. Его применение связано с обилием факторов роста, присутствующих в хорошо приготовленном концентрате. Эти факторы роста повышают скорость и качество заживления ран и тканей с помощью различных механизмов. Благодаря природным свойствам обогащённая тромбоцитами плазма стала активно внедряться в медицинских сферах. В 1985 г. Дэвид Кнайтон впервые применил плазму, обогащённую тромбоцитами для лечения хронических трофических язв. В 1998 г. независимо друг от друга несколько американских исследовательских групп начали проводить исследования данной субстанции для ускорения заживления ран и восстановления тканей в челюстно-лицевой хирургии. Постепенно началось её использование и в других областях. Сейчас сфера применения данной терапии широка: от стимуляции регенерации костей, заживления ран и язв, скелетно-мышечных травм до повышения возможностей в приживлении различных видов трансплантатов и т. д.

Заключение. В статье рассматриваются преимущества применения богатой тромбоцитами плазмы для лечения частичных повреждений передней крестообразной связки коленного сустава. В исследовании использованы различные публикации преимущественно в период с 2010 по 2023 гг. и найденные в базах данных PubMed, Medline, Cochrane Library и Google Scholar. Установлено, что механизмы влияния обогащенной тромбоцитами плазмы на процесс восстановления передней крестообразной связки коленного сустава недостаточно изучены. Указываются цитокиновые факторы роста, вероятно выступающие в качестве митогенов, хемоаттрактантов и стимуляторов клеточной пролиферации. Результаты терапии посредством введения данной субстанции в область сустава противоречивы. В ряде исследований не обнаружено различий в лечении пациентов с повреждением передней крестообразной связки колена посредством обогащенной тромбоцитами плазмы и без нее. Очевидно, причина заключается в различных способах изготовления субстанции, а сравнение данных зачастую невозможно вследствие неполного представления протокола выполненных процедур. Однозначно выявлен эффект обогащенной тромбоцитами плазмы в комбинации с другим биологически активным агентом. Отмечается эффективность ее применения в комбинации с картогенином и сывороткой тромбина. Выявлено, что интраоперационное и интралигаментарное введение обогащенной тромбином плазмы с тромбиновой сывороткой способствует более эффективному заживлению поврежденных тканей.

Ключевые слова: *частичные повреждения; передняя крестообразная связка; коленный сустав; обогащенная тромбоцитами плазма*

Для цитирования:

Рофизода Ф. Н., Скипенко Т. О., Закирова А. Р., Ксонтини С. А., Киселев С. П. Лечение частичных повреждений передней крестообразной связки коленного сустава с применением обогащённой тромбоцитами плазмы // Наука молодых (Eruditio Juvenium). 2024. Т. 12, № 2. С. 283–294. <https://doi.org/10.23888/HMJ2024122283-294>.

<https://doi.org/10.23888/HMJ2024122283-294>

Treatment of Partial Injuries of Knee Anterior Cruciate Ligament with Use of Platelet-Rich Plasma

Farrukh N. Rofizoda^{1✉}, Timofey O. Skipenko^{1,2}, Aleksandra R. Zakirova^{1,2}, Sadok A. Ksontini¹, Sergey P. Kiselev¹

¹ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation

² National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics named after N. N. Priorov, Moscow, Russian Federation

Corresponding author: Farrukh Nasim Rofizoda, farrukh-11b@yandex.ru

ABSTRACT

INTRODUCTION: Platelet-rich plasma is an autologous concentrate of platelets in blood plasma, which is widely used to stimulate healing of soft and hard tissues. The significance of its use is associated with the abundance of growth factors in the well-prepared concentrate. These growth factors enhance the speed and improve the quality of tissue healing through various mechanisms. Due to its natural properties, platelet-rich plasma has started to be actively introduced in medical practice. In 1985, David Knayton first used platelet-rich plasma in treatment for chronic trophic ulcers. In 1998, several American research groups, independently of each other, started investigation of this substance to accelerate wound healing and tissue rejuvenation in maxillofacial surgery. Gradually, platelet-rich plasma began to be used in other pathologies. Today, the application range of platelet-rich plasma is wide: from stimulating regeneration of bones, healing of wounds, ulcers and musculoskeletal injuries to improving potentials of engrafting various kinds of implants etc.

CONCLUSION: The article considers the benefits of using platelet-rich plasma to treat partial injuries of the knee anterior cruciate ligament. The study used various publications primarily between 2010 and 2023 found in PubMed, Medline, Cochrane Library and Google Scholar databases. It has been established that the mechanisms of the effect of platelet-rich plasma on the process of the knee anterior cruciate ligament reconstruction have been studied insufficiently. Cytokine growth factors were pointed that probably act as mitogens, chemoattractants and cell proliferation stimulators. The results of therapy by the injection of this substance in the joint area are contradictory. A number of studies have found no differences between treatment of patients with the knee anterior cruciate ligament injury with or without use of platelet-rich plasma. The cause obviously lies in different methods of the substance preparation, and the comparison of the data is often impossible because of incomplete presentation of the protocol of the performed procedures. The effect of the platelet-rich plasma in combination with another biologically active agent has been clearly identified. The effectiveness of its use in combination with cartogenin and thrombin serum has been noted. The intraoperative and intraligamentary introduction of thrombin-rich plasma with thrombin serum was found to promote more effective healing of injured tissues.

Keywords: *partial injuries; anterior cruciate ligament; knee joint; platelet-rich plasma*

For citation:

Rofizoda F. N., Skipenko T. O., Zakirova A. R., Ksontini S. A., Kiselev S. P. Treatment of Partial Injuries of Knee Anterior Cruciate Ligament with Use of Platelet-Rich Plasma. *Science of the young (Eruditio Juvenium)*. 2024;12(2):283–294. <https://doi.org/10.23888/HMJ2024122283-294>.

Введение

Передняя крестообразная связка (ПКС) является одной из самых важных связок в коленном суставе, отвечающей за стабильность при движении и нагрузках [1]. Травма ПКС может произойти при занятиях спортом, в повседневной жизни, особенно если человек сталкивается с резкими движениями и перегрузками [2–4]. Лечение повреждений ПКС коленного сустава может быть вызовом для врачей, так как существующие методы имеют свои недостатки [5, 6]. Одним из новых подходов к лечению поврежденной ПКС является введение обогащенной тромбоцитами плазмы (*Platelet-rich plasma*, PRP). Данный метод основывается на использовании собственной крови пациента, из которой извлекают тромбоциты и плазму. Полученная смесь вводится в область поврежденной ПКС, что способствует улучшению процесса заживления. Влияние PRP исследуется в различных медицинских сферах: от стимуляции регенерации костей, заживления ран и язв, скелетно-мышечных травм до повышения возможностей в приживлении различных видов трансплантатов. Благодаря природным свойствам PRP, введение её в организм человека является одной из перспективных процедур в восстановлении тканей [7–10]. В контексте ПКС исследования показывают, что применение PRP может улучшить результаты лечения повреждений [11, 12]. В одной из публикаций в журнале «Клиническая практика» обнаружено, что у пациентов, получавших обогащенную тромбоцитами плазму, было меньше случаев рецидивов и повторных операций, а также улучшилось функциональное состояние коленного сустава [13].

Цель. Изучить эффективность применения обогащенной тромбоцитами плазмы в лечении пациентов с частичными повреждениями ПКС коленного сустава.

В рамках статьи рассмотрены возможные преимущества применения PRP и ее эффективность. Для реализации цели

работы были поставлены следующие задачи:

1. Рассмотреть биологические свойства PRP и механизмы ее действия на поврежденные ткани коленного сустава;

2. Изучить результаты современных исследований и клинических случаев, которые свидетельствуют об эффективности и безопасности применения данного метода лечения;

3. Оценить преимущества введения обогащенной тромбоцитами плазмы с тромбиновой сывороткой по сравнению с другими методами лечения частичных повреждений ПКС.

Для научного анализа были использованы статьи, публикации, обзоры литературы и клинические руководства в период с 2010 по 2023 гг. Поиск был осуществлен в базах данных PubMed, Medline, Cochrane Library и Google Scholar с ключевыми словами «platelet-rich plasma», «anterior cruciate ligament», «thrombin serum», «intraoperative application», «intra-ligamentary injection» [14, 15]. В статье приведены общие результаты анализа исследований и клинических случаев, а также описаны наиболее часто используемые методы интраоперационного и интралигаментарного введения PRP с тромбиновой сывороткой в лечении частичных повреждений ПКС коленного сустава [16, 17].

Включение статей в анализ проводили на основе следующих критериев:

1) посвященные лечению частичных повреждений ПКС коленного сустава;

2) описывающие использование PRP для лечения ПКС;

3) содержащие результаты клинических исследований. Данные из статей были анализированы с учетом методологии и результатов исследований, а также объективности их оценки. В текст также включены работы по исследованию механизмов влияния PRP на ПКС и кратко упоминаются доклинические эксперименты с PRP на животных моделях и *in vitro*.

PRP приобрела популярность в медицине опорно-двигательного аппарата благодаря своему потенциалу усиления восстановления тканей с низкой способностью к заживлению. Это препарат аутологичной крови, обогащённый с помощью дифференциального центрифугирования концентрацией тромбоцитов выше той, которая обычно содержится в цельной крови [18, 19].

Механизм действия

PRP может оказывать заживляющее действие за счет усиленной адгезии, привлечения, пролиферации, миграции и дифференцировки стромальных клеток, а также участвовать в ремоделировании ткани, производстве матрикса и хондроэктинной дифференцировке [20]. PRP — обогащённый источник множеством факторов роста, таких как фактор роста тромбоцитов (PDGF), эпидермальный фактор роста тромбоцитов (PDEGF), фактор ангиогенеза тромбоцитов, трансформирующий фактор роста бета (TGF-β), эпидермальный фактор роста, инсулиноподобный фактор роста, фактор роста и дифференцировки (GDF-15) и фактор роста эндотелия сосудов (VEGF). Механизм действия PRP заключается в высвобождении этих цитокинов, которые могут способствовать заживлению как мягких, так и твердых тканей, выступая в качестве митогенов, хемотрактантов и стимуляторов клеточной пролиферации после операций по реконструкции ПКС. Более того, активация PRP коллагеном усиливает устойчивую доставку этих цитокинов к поврежденным тканям. В отличие от индивидуальных рекомбинантных факторов роста, PRP может модулировать и «усиливать» функцию одного фактора роста в присутствии дополнительных факторов роста [21].

PRP как биологически активная субстанция для заживления ПКС

Применение PRP позволило добиться большого успеха в ускорении заживления ПКС на животных моделях [22, 23]. В 5 из 12 исследований *in vitro* было про-

демонстрировано значительное повышение жизнеспособности клеток, в 6 из 12 — экспрессия генов, в 14 из 32 исследований *in vivo* сообщалось о превосходном восстановлении связок по данным гистологической оценки, а в 13 исследованиях *in vivo* сообщалось о высоких механических свойствах связок. Среди исследований *in vivo* погрешности в выявлении и результатах были неизменно высокими, в то время как отбор, исключение, отчетность и другие погрешности были достаточно низкими [24]. Однако в настоящее время существующие доклинические и клинические исследования, касающиеся использования PRP при хирургии ПКС, дали многообещающие, но также и противоречивые результаты [25]. При некоторых состояниях однократное применение PRP не принесло явной пользы. Возможно, было это связано с деградацией фибрина — одной из основных молекул внеклеточного матрикса в PRP, в присутствии внутрисуставного плазмينا в посттравматическом суставе [21, 26]. Дальнейшие эксперименты на животных моделях показали, что композиты коллаген-PRP демонстрируют высокую эффективность в стимулировании заживления ПКС [27], что может быть связано с защитным действием сополимера против разрушения плазмينا фибрином в PRP. Известно, что PRP стимулирует экспрессию коллагена в фибробластах ПКС, но нельзя гарантировать, что его выработка препятствует деградации фибрина, индуцированной плазмином. Использование адъюванта для стимулирования экспрессии коллагена с помощью PRP в суставе может быть более эффективным, чем добавление только PRP [21].

В связи с вышеизложенным дальнейшие данные из различных источников подразделяли на применение PRP в качестве самостоятельного средства для терапии частичных повреждений ПКС или в комбинации с другими биологически активными компонентами.

Применение PRP в качестве монокомпонента

Рядом исследователей отмечается, что введение PRP было безопасной процедурой, которая улучшала интеграцию трансплантата с костью через 12 недель наблюдения после травмы ПКС [28]. Отмечается, что PRP благоприятно влияла на заживление места забора сухожилия надколенника через 6 месяцев после операции [29]. Другие исследователи обнаружили, что у пациентов с травмой ПКС были одинаковые уровни боли при стоянии на коленях и размеры дефекта надколенника независимо от того, получали они PRP или нет [30]. S. Sözkese, и др. не рекомендовали рутинное применение PRP для предотвращения расширения туннеля после травмы ПКС [31]. Выявлено, что инъекция PRP в комплексе с физиотерапевтическим лечением пациентов ($n = 21$) с частичными разрывами ПКС по сравнению с контрольной группой ($n = 19$) без применения PRP не приводит к достоверному улучшению результатов при наблюдении в течение 25 мес. по данным клинической оценки, магнитно-резонансной томографии и частоте неудач (у 30% в каждой группе) [32]. Исследование проводилось посредством физикального обследования, уровня активности сустава по Тегнеру и оценки Lysholm, а также с учетом рекомендаций Международного комитета по документации коленного сустава [32, 33].

Остается неясным понимание биологических свойств и влияния PRP на заживление опорно-двигательного аппарата. Разнородные методы обработки, не стандартизированная номенклатура и неоднозначные классификации затрудняют сравнение исследований. Отчеты о протоколах получения PRP в клинических исследованиях крайне противоречивы, и большинство исследований не предоставили достаточной информации для воспроизведения протокола, что также препятствует сравнению вводимых составов, а, следовательно, и результатов применения PRP [34].

Проведен систематический обзор и метаанализ рандомизированных контро-

лируемых испытаний, в которых оценивали влияние PRP на функциональные показатели, сообщаемые пациентами, клинические оценки функции и структуры коленного сустава, а также осложнения. Сделан вывод, что PRP может уменьшить послеоперационную боль и улучшить функцию коленного сустава краткосрочно и среднесрочно после операции, но неэффективна в долгосрочной перспективе. PRP не улучшает стабильность коленного сустава и не увеличивает бедренный и большеберцовый каналы, а также не ускоряет заживление трансплантатов. Тем не менее, необходимы дополнительные исследования для подтверждения этих результатов [35]. Среди исследований PRP на животных моделях также выявлена вариабельность методов ее получения и только в единичных работах была представлена вся необходимая информация о приготовлении состава PRP [24].

Применение PRP в комбинации с биологически активным компонентом

В результате комбинации PRP с картогенином, способствующим организации фибрилл коллагена и регенерации хряща на границе сухожилия и кости, выявлено, что PRP потенциально может быть переносчиком вышеуказанного биологически активного соединения. Такая комбинация эффективно способствовала фиброхондрогенезу и заживлению сухожильно-костной ткани. Экспрессия коллагена I, VEGF и HIF-1 α (основной регулятор транскрипции клеточного ответа на гипоксию) в регенерированных тканях на границе заживления была значительно увеличена при использовании комбинированной терапии. Экспрессия таких провоспалительных факторов как интерлейкин (IL-6), фактор некроза опухоли (TNF- α) и циклооксигеназа-2 (COX-2) была значительно снижена на границе раздела сухожилия и кости по сравнению с контрольной группой. Лечение эффективно ингибирует активацию путей АКТ (протеинкиназа B), PI3K (фосфоинозитид-3-киназа) и NF- κ B (транскрипционного

фактора NF-κB — универсального фактора транскрипции, контролирующей экспрессию генов иммунного ответа, апоптоза и клеточного цикла воспалительных путей), тем самым снижая уровень воспаления и способствуя заживлению ран. PRP является эффективным переносчиком картогенина с его пролонгированным высвобождением в поврежденной зоне [38].

Накапливаются данные, свидетельствующие о том, что некоторые полисахариды эффективно используются для заполнения пространства и поддержки организма в регенерирующих тканях при лечении ран кожи и эпителия за счет усиления экспрессии коллагена. Один такой полисахарид, выделенный из корней *Sanguisorba officinalis* (Кровохлебка лекарственная), применялся местно для заживления ран, ожогов и аллергических заболеваний кожи. Применение данного соединения в комбинации с PRP повышает регенеративный потенциал передней ПКС *in vitro*. Обработка полученной смесью (по 100 мг/кг каждого компонента) в течение 72 ч. значительно улучшила жизнеспособность и подвижность (за счет увеличения количества мигрировавших клеток) фибробластов. Данные свидетельствовали о том, что добавление полисахарида к PRP повышает регенеративную способность фибробластов ПКС за счет блокирования пути TLR-4/NF-κB [21].

Комбинация PRP с тромбиновой сывороткой

Использование PRP с тромбиновой сывороткой не только способствует заживлению повреждений ПКС, но также может уменьшить риск возникновения инфекции и других осложнений после операции. Кроме того, данная технология еще позволяет сократить реабилитационный период после операций [39–41]. Выявлено, что интраоперационное и интралигаментарное введение PRP с тромбиновой сывороткой является перспективным методом лечения частичных повреждений ПКС коленного сустава. По сравнению с другими методами лечения, такими как

консервативное лечение или операция без использования богатой тромбоцитами плазмы, этот подход имеет ряд преимуществ [42–44].

Во-первых, интраоперационное и интралигаментарное введение PRP с тромбиновой сывороткой способствует более эффективному заживлению поврежденных тканей. Богатая тромбоцином плазма содержит высокую концентрацию тромбоцитов, которые насыщены факторами роста и цитокинами, способствующими регенерации тканей. Это может способствовать более быстрому восстановлению поврежденных волокон в ПКС и восстановлению нормальной структуры связки.

Во-вторых, использование PRP может улучшить стабильность коленного сустава. Интралигаментарная инъекция PRP оказывает прямое воздействие на поврежденную связку, помогая укрепить ее и восстановить ее функциональность, что может привести к улучшению стабильности колена и снижению риска повторной травмы.

В-третьих, введение PRP — относительно безопасная процедура с низким риском побочных эффектов. Поскольку PRP является аутологичным продуктом, полученным из собственной крови пациента, риск аллергических реакций или отторжения минимален. Это делает ее привлекательным вариантом лечения для пациентов, которые хотят избежать серьезных осложнений, связанных с другими методами лечения.

Несмотря на указанные преимущества, следует учитывать, что эффективность интраоперационного и внутрикостного введения PRP с тромбиновой сывороткой может варьировать в зависимости от индивидуальных особенностей пациента и характеристик повреждения ПКС. Результаты исследований показывают перспективность применения данной комбинации, однако необходимы дальнейшие исследования для более точного определения оптимальных протоколов применения, дозировки и частоты введения компонентов [45].

Заключение

Использование обогащённой тромбоцитами плазмы хорошо себя зарекомендовало и продолжает внедряться в различных медицинских сферах, так как является одной из перспективных процедур в восстановлении тканей. Обогащённая тромбоцитами плазма имеет многообещающий потенциал в лечении частичных повреждений передней крестообразной связки. Её биологические свойства и механизмы действия обеспечивают активизацию процессов регенерации и восстановления тканей коленного сустава. Внутрисуставное и внутрисвязочное введение обогащенной тромбоцитами плазмы может улучшить стабильность коленного сустава и восстановить структуру передней крестообразной связки. Проведённые современные исследования и анализ клинических случаев свидетельствуют об эффективности и безопасности применения обогащённой тромбоцитами плазмы в сочетании с тромбиновой сывороткой. Отмечено сокращение сроков реабилитации, уменьшение боле-

вого синдрома и улучшение функции коленного сустава. Интраоперационное и интралигаментарное введение обогащённой тромбоцитами плазмы с тромбиновой сывороткой имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами лечения. Вместе с тем, стоит отметить, что несмотря на обнадеживающие результаты, требуется проведение дополнительных исследований для подтверждения данных выводов и расширения понимания механизмов действия обогащённой тромбоцитами плазмы и тромбина в контексте лечения частичных повреждений передней крестообразной связки. Комплексная оценка клинических испытаний обогащённой тромбоцитами плазмы в ортопедии является ключом к разгадке её биологической сложности, одновременно приближая создание стандартизированных протоколов терапии. Для проведения сравнения между исследованиями и обеспечения воспроизводимости требуется подробное, точное и поэтапное описание протокола получения данной субстанции.

Список источников

1. Duthon V.B., Barea C., Abrassart S., et al. Anatomy of the anterior cruciate ligament // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2006. Vol. 14, No. 3. P. 204–213. doi: [10.1007/s00167-005-0679-9](https://doi.org/10.1007/s00167-005-0679-9)
2. Agel J., Klossner D. Epidemiologic review of collegiate ACL injury rates across 14 sports: national collegiate athletic association injury surveillance system data 2004–05 through 2011–12 // *Br. J. Sports Med.* 2014. Vol. 48, No. 7. P. 560–674. doi: [10.1136/bjsports-2014-093494.2](https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093494.2)
3. Boden B.P., Dean G.S., Feagin J.A., et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury // *Orthopedics.* 2000. Vol. 23, No. 6. P. 573–578. doi: [10.3928/0147-7447-20000601-15](https://doi.org/10.3928/0147-7447-20000601-15)
4. Kaeding C.C., Léger-St-Jean B., Magnussen R.A. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries // *Clin. Sports Med.* 2017. Vol. 36, No. 1. P. 1–8. doi: [10.1016/j.csm.2016.08.001](https://doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.001)
5. Christensen J.E., Miller M.D. Knee Anterior Cruciate Ligament Injuries: Common Problems and Solutions // *Clin. Sports Med.* 2018. Vol. 37, No. 2. P. 265–280. doi: [10.1016/j.csm.2017.12.006](https://doi.org/10.1016/j.csm.2017.12.006)
6. Shanmugaraj A., Weidman W., Peterson D.C., et al. All-Inside Anterior Cruciate Ligament Reconstruction — A Systematic Review of Techniques, Outcomes, and Complications // *J. Knee Surg.* 2018. Vol. 31, No. 9. P. 895–904. doi: [10.1055/s-0038-1627446](https://doi.org/10.1055/s-0038-1627446)
7. Le A.D.K., Enweze L., DeBaun M.R., et al. Current Clinical Recommendations for Use of Platelet-Rich Plasma // *Curr. Rev. Musculoskelet. Med.* 2018. Vol. 11, No. 4. P. 624–634. doi: [10.1007/s12178-018-9527-7](https://doi.org/10.1007/s12178-018-9527-7)
8. Xu J., Gou L., Zhang P., et al. Platelet-rich plasma and regenerative dentistry // *Aust. Dent. J.* 2020. Vol. 65, No. 2. P. 131–142. doi: [10.1111/adj.12754](https://doi.org/10.1111/adj.12754)
9. Bos-Mikich A., de Oliveira R., Frantz N. Platelet-rich plasma therapy and reproductive medicine // *J. Assist. Reprod. Genet.* 2018. Vol. 35, No. 5. P. 753–756. doi: [10.1007/s10815-018-1159-8](https://doi.org/10.1007/s10815-018-1159-8)
10. Merchán W.H., Gómez L.A., Chasoy M.E., et al. Platelet-rich plasma, a powerful tool in dermatology // *J. Tissue Eng. Regen. Med.* 2019. Vol. 13, No. 5. P. 892–901. doi: [10.1002/term.2832](https://doi.org/10.1002/term.2832)
11. Davey M.S., Hurley E.O., Withers D., et al. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Platelet-Rich Plasma: A Systematic Review of Randomized Control Trials // *Arthroscopy.* 2020. Vol. 36, No. 4. P. 1204–1210. doi: [10.1016/j.arthro.2019.11.004](https://doi.org/10.1016/j.arthro.2019.11.004)

12. 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 // *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.* 2023. Vol. 33, No. 2. P. 225–253. doi: [10.1007/s00590-021-03198-4](https://doi.org/10.1007/s00590-021-03198-4)
13. Лазишвили Г.Д., Егиазарян К.А., Ахпашев А.А., и др. Клиническая эффективность применения обогащенной тромбоцитами плазмы в лечении остеоартроза коленного сустава // *Клиническая практика.* 2016. № 3. P. 54–60.
14. Gusenbauer M., Haddaway N.R. Which academic search systems are suitable for systematic reviews or meta-analyses? Evaluating retrieval qualities of Google Scholar, PubMed, and 26 other resources // *Res. Synth. Methods.* 2020. Vol. 11, No. 2. P. 181–217. doi: [10.1002/jrsm.1378](https://doi.org/10.1002/jrsm.1378)
15. Martín–Martín A., Thelwall M., Orduna–Male E., et al. Google Scholar, Microsoft Academic, Scopus, Dimensions, Web of Science, and OpenCitations' COCI: a multidisciplinary comparison of coverage via citations // *Scientometrics.* 2021. Vol. 126. P. 871–906. doi: [10.1007/s11192-020-03690-4](https://doi.org/10.1007/s11192-020-03690-4)
16. Potach D., Myer G., Grindstaff T.L. Chapter 24. Special Consideration: Female Athlete and ACL Injury Prevention. In: Parikh S.N., editor. *The Pediatric Anterior Cruciate Ligament. Evaluation and Management Strategies.* Springer, Cham.; 2018. P. 251–283. doi: [10.1007/978-3-319-64771-5_24](https://doi.org/10.1007/978-3-319-64771-5_24)
17. Sugimoto D., Myer G.D., Micheli L.J., et al. ABCs of Evidence-Based Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Strategies in Female Athletes // *Curr. Phys. Med. Rehabil. Rep.* 2015. Vol. 3, No. 1. P. 43–49. doi: [10.1007/s40141-014-0076-8](https://doi.org/10.1007/s40141-014-0076-8)
18. Hudgens J.L., Sugg K.B., Grekin J.A., et al. Platelet-rich plasma activates proinflammatory signaling pathways and induces oxidative stress in tendon fibroblasts // *Am. J. Sports Med.* 2016. Vol. 44, No. 8. P. 1931–1940. doi: [10.1177/0363546516637176](https://doi.org/10.1177/0363546516637176)
19. Wu P.I., Diaz R., Borg–Stein J. Platelet-rich plasma // *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.* 2016. Vol. 27, No. 4. P. 825–853. doi: [10.1016/j.pmr.2016.06.002](https://doi.org/10.1016/j.pmr.2016.06.002)
20. Mehrabani D., Seghatchian J., Acker J.P. Platelet rich plasma in treatment of musculoskeletal pathologies // *Transfus. Apher. Sci.* 2019. Vol. 58, No. 6. P. 102675. doi: [10.1016/j.transci.2019.102675](https://doi.org/10.1016/j.transci.2019.102675)
21. Zheng H., Huang W., He B., et al. Positive effects of platelet-rich plasma (PRP) and a Sanguisorba officinalis polysaccharide on the proliferation and differentiation of anterior cruciate ligament (ACL) fibroblasts *in vitro* // *Pharm. Biol.* 2020. Vol. 58, No. 1. P. 297–305. doi: [10.1080/13880209.2020.1743325](https://doi.org/10.1080/13880209.2020.1743325)
22. Bozynski C.C., Stannard J.P., Smith P., et al. Acute Management of Anterior Cruciate Ligament Injuries Using Novel Canine Models // *J. Knee Surg.* 2016. Vol. 29, No. 7. P. 594–603. doi: [10.1055/s-0035-1570115](https://doi.org/10.1055/s-0035-1570115)
23. Hexter A.T., Sanghani–Kerai A., Heidari N., et al. Mesenchymal stromal cells and platelet-rich plasma promote tendon allograft healing in ovine anterior cruciate ligament reconstruction // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2021. Vol. 29, No. 11. P. 3678–3688. doi: [10.1007/s00167-020-06392-9](https://doi.org/10.1007/s00167-020-06392-9)
24. 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 // *Orthop. J. Sports Med.* 2022. Vol. 10, No. 2. P. 23259671211066504. doi: [10.1177/23259671211066504](https://doi.org/10.1177/23259671211066504)
25. Hutchinson I.D., Rodeo S.A., Perrone G.S., et al. Can platelet-rich plasma enhance anterior cruciate ligament and meniscal repair? // *J. Knee Surg.* 2014. Vol. 28, No. 1. P. 19–28. doi: [10.1055/s-0034-1387166](https://doi.org/10.1055/s-0034-1387166)
26. Vavken P., Sadoghi P., Murray M.M. The effect of platelet concentrates on graft maturation and graft–bone interface healing in anterior cruciate ligament reconstruction in human patients: a systematic review of controlled trials // *Arthroscopy.* 2011. Vol. 27, No. 11. P. 1573–1583. doi: [10.1016/j.arthro.2011.06.003](https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.06.003)
27. Vavken P., Fleming B.C., Mastrangelo A.N., et al. Biomechanical outcomes after bioenhanced anterior cruciate ligament repair and anterior cruciate ligament reconstruction are equal in a porcine model // *Arthroscopy.* 2012. Vol. 28, No. 5. P. 672–680. doi: [10.1016/j.arthro.2011.10.008](https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.10.008)
28. Mahdi M., Hatem H.J. Value of platelet-rich plasma in osteointegration of tendon graft in anterior cruciate ligament // *Res. J. Med. Sci.* 2019. Vol. 13, No. 4. P. 76–81.
29. De Almeida A.M., Demange M.K., Sobrado M.F., et al. Patellar tendon healing with platelet-rich plasma: a prospective randomized controlled trial // *Am. J. Sports Med.* 2012. Vol. 40, No. 6. P. 1282–1288. doi: [10.1177/0363546512441344](https://doi.org/10.1177/0363546512441344)
30. Walters B.L., Porter D.A., Hobart S.J., et al. Effect of Intraoperative Platelet-Rich Plasma Treatment on Postoperative Donor Site Knee Pain in Patellar Tendon Autograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Double-Blind Randomized Controlled Trial // *Am. J. Sports Med.* 2018. Vol. 46, No. 8. P. 1827–1835. doi: [10.1177/0363546518769295](https://doi.org/10.1177/0363546518769295)
31. Sözkese S., Karahan H.G., Kurtulmus A., et al. PRP on Prevention of Tunnel Enlargement in ACL Reconstruction // *Ortop. Traumatol. Rehabil.* 2018. Vol. 20, No. 4. P. 285–291. doi: [10.5604/01.3001.0012.6462](https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.6462)
32. Zicaro J.P., Garcia–Mansilla I., Zuain A., et al. Has platelet-rich plasma any role in partial tears of the anterior cruciate ligament? Prospective comparative study // *World J. Orthoped.* 2021. Vol. 12, No. 6. P. 423–432. doi: [10.5312/wjo.v12.i6.423](https://doi.org/10.5312/wjo.v12.i6.423)

33. Anderson A.F., Irrgang J.J., Anderson C.N. Development of the IKDC Forms. In: Musahl V., Karlsson J., Kuroda R., et al., editors. *Rotatory Knee Instability*. Springer, Cham.; 2017. P. 131–146. doi: [10.1007/978-3-319-32070-0_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32070-0_12)
34. Chahla J., Cinque M.E., Piuze N.S., et al. A Call for Standardization in Platelet-Rich Plasma Preparation Protocols and Composition Reporting: A Systematic Review of the Clinical Orthopaedic Literature // *J. Bone Joint Surg. Am.* 2017. Vol. 99, No. 20. P. 1769–1779. doi: [10.2106/jbjs.16.01374](https://doi.org/10.2106/jbjs.16.01374)
35. Zhu T., Zhou J., Hwang J., et al. Effects of Platelet-Rich Plasma on Clinical Outcomes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis // *Orthop. J. Sports Med.* 2022. Vol. 10, No. 1. P. 23259671211061535. doi: [10.1177/23259671211061535](https://doi.org/10.1177/23259671211061535)
36. Рикун О.В., Хоминец В.В., Федотов А.О. Современные тенденции в хирургическом лечении пациентов с разрывами передней крестообразной связки (обзор литературы) // *Травматология и ортопедия России*. 2017. Т. 23, № 4. P. 134–145. doi: [10.21823/2311-2905-2017-23-4-134-145](https://doi.org/10.21823/2311-2905-2017-23-4-134-145)
37. Montalvo A.M., Schneider D.K., Yut L., et al. “What’s my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?” A systematic review with meta-analysis // *Br. J. Sports Med.* 2019. Vol. 53, No. 16. P. 1003–1012. doi: [10.1136/bjsports-2016-096274](https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096274)
38. Zhang L., Zhang Q., Cui L., et al. Kartogenin Combined Platelet-Rich Plasma (PRP) Promoted Tendon-Bone Healing for Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction by Suppressing Inflammatory Response Via targeting AKT/PI3K/NF-κB // *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2023. Vol. 195, No. 2. P. 1284–1296. doi: [10.1007/s12010-022-04178-y](https://doi.org/10.1007/s12010-022-04178-y)
39. Lv Z.–T., Zhang J.–M., Pang Z.–Y., et al. The efficacy of platelet rich plasma on anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis // *Platelets*. 2022. Vol. 33, No. 2. P. 229–241. doi: [10.1080/09537104.2021.1902969](https://doi.org/10.1080/09537104.2021.1902969)
40. Westermann R.W., Spindler K.P., Huston L.J., et al. Outcomes of Grade III Medial Collateral Ligament Injuries Treated Concurrently With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Multi-center Study // *Arthroscopy*. 2019. Vol. 35, No. 5. P. 1466–1472. doi: [10.1016/j.arthro.2018.10.138](https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.10.138)
41. Rodriguez K., Soni M., Joshi P.K., et al. Anterior cruciate ligament injury: conservative versus surgical treatment // *Cureus*. 2021. Vol. 13, No. 12. P. e20206. doi: [10.7759/cureus.20206](https://doi.org/10.7759/cureus.20206)
42. Osti M., El Attal R., Doskar W., et al. High complication rate following dynamic intraligamentary stabilization for primary repair of the anterior cruciate ligament // *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 2019. Vol. 27, No. 1. P. 29–36. doi: [10.1007/s00167-018-5067-3](https://doi.org/10.1007/s00167-018-5067-3)
43. Everts P., Onishi K., Jayaram P., et al. Platelet-Rich Plasma: New Performance Understandings and Therapeutic Considerations in 2020 // *Int. J. Mol. Sci.* 2020. Vol. 21, No. 20. P. 7794. doi: [10.3390/ijms21207794](https://doi.org/10.3390/ijms21207794)
44. Alves R., Grimalt R. A Review of Platelet-Rich Plasma: History, Biology, Mechanism of Action, and Classification // *Skin Appendage Disord.* 2018. Vol. 4, No. 1. P. 18–24. doi: [10.1159/000477353](https://doi.org/10.1159/000477353)
45. Загородный Г.М., Муха П.Г., Ясюкевич А.С., и др. Отечественный и зарубежный опыт применения PRP-терапии в медицине и спортивной практике (обзор литературы) // *Прикладная спортивная наука*. 2017. № 1 (5). P. 83–91.

References

1. Duthon VB, Barea C, Abrassart S, et al. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(3):204–13. doi: [10.1007/s00167-005-0679-9](https://doi.org/10.1007/s00167-005-0679-9)
2. Agel J, Klossner D. Epidemiologic review of collegiate ACL injury rates across 14 sports: national collegiate athletic association injury surveillance system data 2004–05 through 2011–12. *Br J Sports Med.* 2014;48(7):560–674. doi: [10.1136/bjsports-2014-093494.2](https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093494.2)
3. Boden BP, Dean GS, Feagin JA, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics.* 2000;23(6):573–8. doi: [10.3928/0147-7447-20000601-15](https://doi.org/10.3928/0147-7447-20000601-15)
4. Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clin Sports Med.* 2017;36(1): 1–8. doi: [10.1016/j.csm.2016.08.001](https://doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.001)
5. Christensen JE, Miller MD. Knee Anterior Cruciate Ligament Injuries: Common Problems and Solutions. *Clin Sports Med.* 2018;37(2):265–80. doi: [10.1016/j.csm.2017.12.006](https://doi.org/10.1016/j.csm.2017.12.006)
6. Shanmugaraj A, Weidman W, Peterson DC, et al. All-Inside Anterior Cruciate Ligament Reconstruction — A Systematic Review of Techniques, Outcomes, and Complications. *J Knee Surg.* 2018;31(9):895–904. doi: [10.1055/s-0038-1627446](https://doi.org/10.1055/s-0038-1627446)
7. Le ADK, Enweze L, DeBaun MR, et al. Current Clinical Recommendations for Use of Platelet-Rich Plasma. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2018;11(4):624–34. doi: [10.1007/s12178-018-9527-7](https://doi.org/10.1007/s12178-018-9527-7)
8. Xu J, Gou L, Zhang P, et al. Platelet-rich plasma and regenerative dentistry. *Aust Dent J.* 2020; 65(2):131–42. doi: [10.1111/adj.12754](https://doi.org/10.1111/adj.12754)
9. Bos–Mikich A, de Oliveira R, Frantz N. Platelet-rich plasma therapy and reproductive medicine. *J Assist Reprod Genet.* 2018;35(5):753–6. doi: [10.1007/s10815-018-1159-8](https://doi.org/10.1007/s10815-018-1159-8)

10. Merchán WH, Gómez LA, Chasoy ME, et al. Platelet-rich plasma, a powerful tool in dermatology. *J Tissue Eng Regen Med*. 2019. Vol. 13, No. 5. P. 892–901. doi: [10.1002/term.2832](https://doi.org/10.1002/term.2832)
11. Davey MS, Hurley EO, Withers D, et al. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Platelet-Rich Plasma: A Systematic Review of Randomized Control Trials. *Arthroscopy*. 2020;36(4): 1204–10. doi: [10.1016/j.arthro.2019.11.004](https://doi.org/10.1016/j.arthro.2019.11.004)
12. McRobb J, Kamil KH, 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. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2023; 33(2):225–53. doi: [10.1007/s00590-021-03198-4](https://doi.org/10.1007/s00590-021-03198-4)
13. Lazishvili GD, Egiazaryan KA, Akhpashev AA, et al. Study of the platelet-rich plasma clinical efficacy in the treatment of knee osteoarthritis. *Journal of Clinical Practice*. 2016;(3):54–60. (In Russ).
14. Gusenbauer M, Haddaway NR. Which academic search systems are suitable for systematic reviews or meta-analyses? Evaluating retrieval qualities of Google Scholar, PubMed, and 26 other resources. *Res Synth Methods*. 2020;11(2):181–217. doi: [10.1002/jrsm.1378](https://doi.org/10.1002/jrsm.1378)
15. Martín–Martín A, Thelwall M, Orduna–Male E, et al. Google Scholar, Microsoft Academic, Scopus, Dimensions, Web of Science, and OpenCitations’ COCI: a multidisciplinary comparison of coverage via citations. *Scientometrics*. 2021;126:871–906. doi: [10.1007/s11192-020-03690-4](https://doi.org/10.1007/s11192-020-03690-4)
16. Potach D, Myer G, Grindstaff TL. Chapter 24. Special Consideration: Female Athlete and ACL Injury Prevention. In: *Parikh SN, editor. The Pediatric Anterior Cruciate Ligament. Evaluation and Management Strategies*. Springer, Cham.; 2018. P. 251–83. doi: [10.1007/978-3-319-64771-5_24](https://doi.org/10.1007/978-3-319-64771-5_24)
17. Sugimoto D, Myer GD, Micheli LJ, et al. ABCs of Evidence-Based Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Strategies in Female Athletes. *Curr Phys Med Rehabil Rep*. 2015;3(1):43–9. doi: [10.1007/s40141-014-0076-8](https://doi.org/10.1007/s40141-014-0076-8)
18. Hudgens JL, Sugg KB, Grekin JA, et al. Platelet-rich plasma activates proinflammatory signaling pathways and induces oxidative stress in tendon fibroblasts. *Am J Sports Med*. 2016;44(8):1931–40. doi: [10.1177/0363546516637176](https://doi.org/10.1177/0363546516637176)
19. Wu PI, Diaz R, Borg–Stein J. Platelet-rich plasma. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2016;27(4):825–53. doi: [10.1016/j.pmr.2016.06.002](https://doi.org/10.1016/j.pmr.2016.06.002)
20. Mehrabani D, Seghatchian J, Acker JP. Platelet rich plasma in treatment of musculoskeletal pathologies. *Transfus Apher Sci*. 2019;58(6):102675. doi: [10.1016/j.transci.2019.102675](https://doi.org/10.1016/j.transci.2019.102675)
21. Zheng H, Huang W, He B, et al. Positive effects of platelet-rich plasma (PRP) and a Sanguisorba officinalis polysaccharide on the proliferation and differentiation of anterior cruciate ligament (ACL) fibroblasts *in vitro*. *Pharm Biol*. 2020;58(1):297–305. doi: [10.1080/13880209.2020.1743325](https://doi.org/10.1080/13880209.2020.1743325)
22. Bozynski CC, Stannard JP, Smith P, et al. Acute Management of Anterior Cruciate Ligament Injuries Using Novel Canine Models. *J Knee Surg*. 2016;29(7):594–603. doi: [10.1055/s-0035-1570115](https://doi.org/10.1055/s-0035-1570115)
23. Hexter AT, Sanghani–Kerai A, Heidari N, et al. Mesenchymal stromal cells and platelet-rich plasma promote tendon allograft healing in ovine anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2021;29(11):3678–88. doi: [10.1007/s00167-020-06392-9](https://doi.org/10.1007/s00167-020-06392-9)
24. Kunze KN, Pakanati JJ, Vadhera AS, et al. The Efficacy of Platelet-Rich Plasma for Ligament Injuries: A Systematic Review of Basic Science Literature with Protocol Quality Assessment. *Orthop J Sports Med*. 2022;10(2):23259671211066504. doi: [10.1177/23259671211066504](https://doi.org/10.1177/23259671211066504)
25. Hutchinson ID, Rodeo SA, Perrone GS, et al. Can platelet-rich plasma enhance anterior cruciate ligament and meniscal repair? *J Knee Surg*. 2014;28(1):19–28. doi: [10.1055/s-0034-1387166](https://doi.org/10.1055/s-0034-1387166)
26. Vavken P, Sadoghi P, Murray MM. The effect of platelet concentrates on graft maturation and graft–bone interface healing in anterior cruciate ligament reconstruction in human patients: a systematic review of controlled trials. *Arthroscopy*. 2011;27(11):1573–83. doi: [10.1016/j.arthro.2011.06.003](https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.06.003)
27. Vavken P, Fleming BC, Mastrangelo AN, et al. Biomechanical outcomes after bioenhanced anterior cruciate ligament repair and anterior cruciate ligament reconstruction are equal in a porcine model. *Arthroscopy*. 2012;28(5):672–80. doi: [10.1016/j.arthro.2011.10.008](https://doi.org/10.1016/j.arthro.2011.10.008)
28. Mahdi M, Hatem HJ. Value of platelet-rich plasma in osteointegration of tendon graft in anterior cruciate ligament. *Res J Med Sci*. 2019;13(4):76–81.
29. De Almeida AM, Demange MK, Sobrado MF, et al. Patellar tendon healing with platelet-rich plasma: a prospective randomized controlled trial. *Am J Sports Med*. 2012;40(6):1282–8. doi: [10.1177/0363546512441344](https://doi.org/10.1177/0363546512441344)
30. Walters BL, Porter DA, Hobart SJ, et al. Effect of Intraoperative Platelet-Rich Plasma Treatment on Postoperative Donor Site Knee Pain in Patellar Tendon Autograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med*. 2018;46(8): 1827–35. doi: [10.1177/0363546518769295](https://doi.org/10.1177/0363546518769295)
31. Sözkese S, Karahan HG, Kurtulmus A, et al. PRP on Prevention of Tunnel Enlargement in ACL Reconstruction. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2018;20(4):285–91. doi: [10.5604/01.3001.0012.6462](https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.6462)

32. Zicaro JP, Garcia-Mansilla I, Zuain A, et al. Has platelet-rich plasma any role in partial tears of the anterior cruciate ligament? Prospective comparative study. *World J Orthopedics*. 2021;12(6):423–32. doi: [10.5312/wjo.v12.i6.423](https://doi.org/10.5312/wjo.v12.i6.423)
33. Anderson AF, Irrgang JJ, Anderson CN. Development of the IKDC Forms. In: Musahl V, Karlsson J, Kuroda R, et al., editors. *Rotatory Knee Instability*. Springer, Cham.; 2017. P. 131–46. doi: [10.1007/978-3-319-32070-0_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32070-0_12)
34. Chahla J, Cinque ME, Piuze NS, et al. A Call for Standardization in Platelet-Rich Plasma Preparation Protocols and Composition Reporting: A Systematic Review of the Clinical Orthopaedic Literature. *J Bone Joint Surg Am*. 2017;99(20):1769–79. doi: [10.2106/jbjs.16.01374](https://doi.org/10.2106/jbjs.16.01374)
35. Zhu T, Zhou J, Hwang J, et al. Effects of Platelet-Rich Plasma on Clinical Outcomes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Orthop J Sports Med*. 2022;10(1):23259671211061535. doi: [10.1177/23259671211061535](https://doi.org/10.1177/23259671211061535)
36. Rikun OV, Khominets VV, Fedotov AO. Modern trends in surgical treatment of patients with acl ruptures (literature review). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2017;23(4):134–45. (In Russ). doi: [10.21823/2311-2905-2017-23-4-134-145](https://doi.org/10.21823/2311-2905-2017-23-4-134-145)
37. Montalvo AM, Schneider DK, Yut L, et al. “What’s my risk of sustaining an ACL injury while playing sports?” A systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2019;53(16):1003–12. doi: [10.1136/bjsports-2016-096274](https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096274)
38. Zhang L, Zhang Q, Cui L, et al. Kartogenin Combined Platelet-Rich Plasma (PRP) Promoted Tendon-Bone Healing for Anterior Cruciate Ligament (ACL) Reconstruction by Suppressing Inflammatory Response Via targeting AKT/PI3K/NF-κB. *Appl Biochem Biotechnol*. 2023;195(2):1284–96. doi: [10.1007/s12010-022-04178-y](https://doi.org/10.1007/s12010-022-04178-y)
39. Lv Z-T, Zhang J-M, Pang Z-Y, et al. The efficacy of platelet rich plasma on anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Platelets*. 2022;33(2):229–41. doi: [10.1080/09537104.2021.1902969](https://doi.org/10.1080/09537104.2021.1902969)
40. Westermann RW, Spindler KP, Huston LJ, et al. Outcomes of Grade III Medial Collateral Ligament Injuries Treated Concurrently With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Multicenter Study. *Arthroscopy*. 2019;35(5):1466–72. doi: [10.1016/j.arthro.2018.10.138](https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.10.138)
41. Rodriguez K, Soni M, Joshi PK, et al. Anterior cruciate ligament injury: conservative versus surgical treatment. *Cureus*. 2021;13(12):e20206. doi: [10.7759/cureus.20206](https://doi.org/10.7759/cureus.20206)
42. Osti M, El Attal R, Doskar W, et al. High complication rate following dynamic intraligamentary stabilization for primary repair of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019;27(1):29–36. doi: [10.1007/s00167-018-5067-3](https://doi.org/10.1007/s00167-018-5067-3)
43. Everts P, Onishi K, Jayaram P, et al. Platelet-Rich Plasma: New Performance Understandings and Therapeutic Considerations in 2020. *Int J Mol Sci*. 2020;21(20):7794. doi: [10.3390/ijms21207794](https://doi.org/10.3390/ijms21207794)
44. Alves R, Grimalt R. A Review of Platelet-Rich Plasma: History, Biology, Mechanism of Action, and Classification. *Skin Appendage Disord*. 2018;4(1):18–24. doi: [10.1159/000477353](https://doi.org/10.1159/000477353)
45. Zagorodnyy GM, Mukha PG, Yasyukevich AS, et al. Domestic and foreign experience in using PRP therapy in medicine and sports practice (literature review). *Prikladnaya Sportivnaya Nauka*. 2017; (1):83–91. (In Russ).

Дополнительная информация

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

Информация об авторах:

✉ *Рофизода Фаррух Насим* — аспирант кафедры травматологии и ортопедии, <https://orcid.org/0009-0001-7510-5822>, e-mail: farrukh-11b@yandex.ru

Скипенко Тимофей Олегович — канд. биол. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии; врач травматолог-ортопед, SPIN: 5875-5627, <https://orcid.org/0000-0002-9489-5487>, e-mail: skipenko@mail.ru

Закирова Александра Рустамовна — канд. биол. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии, врач травматолог-ортопед, SPIN: 4193-6340, <https://orcid.org/0000-0002-3124-5436>, e-mail: arthro@mail.ru

Ксонтини Садок Амин — аспирант кафедры травматологии и ортопедии, <https://orcid.org/0009-0008-8709-3743>, e-mail: Sadokamine92@gmail.com

Funding. The authors declare no funding for the study.

Information about the authors:

✉ *Farrukh N. Rofizoda* — Postgraduate Student of the Department of Traumatology and Orthopedics, <https://orcid.org/0009-0001-7510-5822>, e-mail: farrukh-11b@yandex.ru

Timofey O. Skipenko — Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics; Traumatologist-Orthopedist, SPIN: 5875-5627, <https://orcid.org/0000-0002-9489-5487>, e-mail: skipenko@mail.ru

Aleksandra R. Zakirova — Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics; Traumatologist-Orthopedist, SPIN: 4193-6340, <https://orcid.org/0000-0002-3124-5436>, e-mail: arthro@mail.ru

Sadok A. Ksonтини — Postgraduate Student of the Department of Traumatology and Orthopedics, <https://orcid.org/0009-0008-8709-3743>, e-mail: Sadokamine92@gmail.com

Киселев Сергей Павлович — студент кафедры травматологии и ортопедии, <https://orcid.org/0009-0008-9413-4347>, e-mail: sergey20008@mail.ru

Sergey P. Kiselev — Student of the Department of Traumatology and Orthopedics, <https://orcid.org/0009-0008-9413-4347>, e-mail: sergey20008@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Рукопись получена: 23.06.2023
Received: 23.06.2023

Рукопись одобрена: 01.06.2024
Accepted: 01.06.2024

Опубликована: 31.06.2024
Published: 31.06.2024