



ПЕРСПЕКТИВЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ МИНИМАЛЬНЫХ ТРАВМ И ПОВРЕЖДЕНИЙ КРУПНЫХ СУСТАВОВ У НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ СПОРТСМЕНОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

И.В. Зябкин^{1,2,3}, И.В. Панкратов^{1✉}, М.А. Петров¹, М.И. Габаев¹, Р.А. Кешишян¹, В.В. Хижникова¹, А.М. Ковалькова¹

¹Федеральный научно-клинический центр детей и подростков ФМБА России, Москва, Россия

²Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва, Россия

³Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

Введение. Подавляющее большинство современных видов спорта оказывают значительную нагрузку на опорно-двигательный аппарат (ОДА). Постоянно растущая популярность спорта среди несовершеннолетних детей, их активное участие в различных соревнованиях и тренировках создают повышенный риск получения спортивных травм, особенно минимальных повреждений и травм крупных суставов. Множество работ посвящено клинико-диагностическим и терапевтическим методам, применяющимся при травмах ОДА, однако лишь незначительная их часть касается именно детского спортивного травматизма.

Цель. Оценка существующих методов диагностики и терапии минимальных травм и повреждений крупных суставов у несовершеннолетних спортсменов для выбора наиболее перспективных и эффективных из них.

Обсуждение. Рассмотрены основные причины и механизмы травм, проведена систематизация типов травм в зависимости от вида спорта, выполнен анализ имеющихся современных методов клинико-инструментального исследования и инновационных методов терапии. Выяснено, что наиболее перспективным малоинвазивным методом биотерапии травм и повреждений ОДА, особенно в аспекте применения в детской и подростковой группе спортсменов, является PRP-терапия (терапия богатой тромбоцитами плазмой). Данный метод позволяет существенно восстанавливать анатомическую целостность поврежденных элементов, купировать болевой синдром в покое, при физической нагрузке и в стресс-тесте с возможностью сохранения функции травмированного сустава и реабилитации в кратчайшие сроки. PRP-терапия представляет собой альтернативу традиционным методам лечения, открывая новые горизонты в регенеративной и спортивной медицине.

Выводы. Комплексный персонализированный подход, объединяющий клинический осмотр и инструментальные исследования, является ключевым в обеспечении точности и объективности оценки состояния здоровья юных спортсменов; он позволяет выявить заболевания на ранней стадии, провести дифференциальную диагностику и оценить эффективность лечения с учетом особенностей педиатрической практики.

Ключевые слова: спортивная медицина; детские спортивные травмы; терапия минимальных травм и повреждений крупных суставов; PRP-терапия; несовершеннолетние спортсмены

Для цитирования: Зябкин И.В., Панкратов И.В., Петров М.А., Габаев М.И., Кешишян Р.А., Хижникова В.В., Ковалькова А.М. Перспективы диагностики и лечения минимальных травм и повреждений крупных суставов у несовершеннолетних спортсменов: современные представления. Медицина экстремальных ситуаций. 2024;26(4):104–113. <https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-4-104-113>

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания № 124022800121-3, тема НИР «PRP-терапия при травмах и заболеваниях крупных суставов у юниоров спортивных сборных команд Российской Федерации»; шифр темы «PRP-терапия при травмах»; код — 83.002.24.800.

Благодарности: ученному секретарю ФГБУ «ФНКЦ детей и подростков ФМБА России» Мухорты Валерию Алексеевичу за сопровождение написания и подачи рукописи для публикации.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

✉ Панкратов Иван Владимирович pankratov@kidsfmba.ru

Статья поступила: 13.09.2024 **После доработки:** 18.11.2024 **Принята к публикации:** 19.11.2024

PROSPECTS FOR DIAGNOSIS AND TREATMENT OF MINIMAL TRAUMA AND INJURY OF LARGE JOINTS IN UNDERAGE ATHLETES: A REVIEW

Ilya V. Zyabkin^{1,2,3}, Ivan V. Pankratov^{1✉}, Mikhail A. Petrov¹, Murat I. Gabayev¹, Razmik A. Keshishyan¹, Victoria V. Khizhnikova¹, Aleksandra M. Kovalkova¹

¹Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents of the Federal Medical and Biological Agency, Moscow, Russia

²Russian State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

³Russian Medical Academy of Continuous Professional Education

Introduction. The vast majority of modern sports exert a significant load on the musculoskeletal system (MSS). The ever-growing popularity of sports among underage children, their active participation in various competitions and trainings impose an increased risk of sports injuries, particularly minimal trauma and injury of large joints. Although numerous works have addressed the development of clinical diagnostic and therapeutic methods used for MSS injuries, there is a lack of publications on sports injuries in underage athletes.

Objective. Evaluation of current methods for diagnosis and therapy of minimal trauma and injury of large joints in underage athletes with the purpose of selecting the most promising and effective methods.

Findings. The main causes and mechanisms of injuries are considered. Such injuries are generalized depending on the sports type. A review of available methods for clinical and instrumental research and innovative therapeutic methods is carried out. Platelet-rich plasma therapy (PRP) was found to be the most promising minimally-invasive biotherapy for MSS injuries, particularly with respect to children and adolescent athletes. This method restores the anatomical integrity of damaged elements and relieves pain at rest, during physical exertion, and in a stress test with the possibility of preserving the function of the injured joint and rehabilitation in the shortest possible time. PRP therapy is an alternative to conventional treatment methods, offering new prospects in regenerative and sports medicine.

Conclusions. A comprehensive personalized approach combining clinical examination and instrumental studies is key to ensuring the accuracy and objectivity of the health status of young athletes. Such an approach allows diseases to be identified at an early stage, differential diagnosis to be conducted, and treatment efficacy to be evaluated, taking the specifics of pediatric practice into account.

© И.В. Зябкин, И.В. Панкратов, М.А. Петров, М.И. Габаев, Р.А. Кешишян, В.В. Хижникова, А.М. Ковалькова, 2024

Keywords: sports medicine; pediatric sports injuries; therapy of minimal trauma and injury of large joints; PRP therapy; underage athletes

For citation: Zyabkin IV., Pankratov I.V., Petrov M.A., Gabayev M.I., Keshishyan R.A., Khizhnikova V.V., Kovalkova A.M. Prospects for diagnosis and treatment of minimal trauma and injury of large joints in underage athletes: A review. *Extreme Medicine.* 2024;26(4):104–113. <https://doi.org/10.47183/mes.2024-26-4-104-113>

Funding: the research was carried out within the state assignment (theme No. 124022800121-3; code 83.002.24.800).

Acknowledgments: the authors express their gratitude to Valery Mukhortykh, Scientific Secretary of the Federal Scientific and Clinical Center for Children and Adolescents of the FMBA, for assistance in preparing the manuscript for publication.

Potential conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

✉ Ivan V. Pankratov pankratov@kidsfmiba.ru

Received: 13 Sep. 2024 **Revised:** 18 Nov. 2024 **Accepted:** 19 Nov. 2024

ВВЕДЕНИЕ

Подавляющее большинство современных видов спорта оказывает значительную нагрузку на опорно-двигательный аппарат (ОДА). При этом частота различных заболеваний ОДА среди спортсменов намного выше, чем среди населения в целом [1]. Так, распространенность травм в результате занятия спортом среди детей в возрасте от 5 до 17 лет составляет порядка 35,8% [2].

Постоянно растущая популярность спорта среди несовершеннолетних, их активное участие в различных соревнованиях и тренировках создают повышенный риск получения спортивных травм, особенно минимальных повреждений и травм крупных суставов [3]. Эти травмы, несмотря на кажущуюся легкость, могут иметь серьезные последствия для спортивной карьеры юного спортсмена, если не проводить своевременную и адекватную диагностику и терапию существующих изменений, особенно на ранних этапах.

Точная диагностика и рационально подобранная тактика ведения пациента с повреждениями и травмами крупных суставов являются ключевыми факторами для достижения максимальной эффективности лечебных мероприятий [4]. Множество работ посвящено клинико-диагностическим и терапевтическим методам при травмах ОДА, однако только незначительное количество их касается именно детского спортивного травматизма [1, 4]. Для формирования комплексного представления о модификациях протоколов ведения несовершеннолетних спортсменов при получении травм ОДА представляется целесообразным системное изучение существующих методов клинико-инструментального обследования, современных и инновационных методик лечения минимальных травм и повреждений.

Цель работы: оценка современных методов диагностики и терапии минимальных травм и повреждений крупных суставов у несовершеннолетних спортсменов для выбора наиболее перспективных и эффективных.

ОБСУЖДЕНИЕ

Общие представления о спортивной травме

Спортивные травмы, нередко являющиеся следствием интенсивных тренировок и соревновательной нагрузки, могут иметь серьезные последствия для спортсменов. Они не только нарушают тренировочный и соревновательный процессы, но и зачастую приводят к длительной реабилитации, нередко сопровождающейся временным

или постоянным ограничением физической активности. В тяжелых случаях спортивные травмы могут стать причиной преждевременного завершения спортивной карьеры и даже привести к инвалидизации, значительно ухудшая качество жизни спортсменов [5].

Травмы, полученные в результате занятий спортом, характеризуются разнообразием механизмов возникновения и зависят от анатомо-физиологических особенностей ребенка и вида спорта, которым он занимается.

Консенсусная группа Международного олимпийского комитета по эпидемиологии травм и заболеваний определяет спортивную травму как «повреждение тканей или другое нарушение нормальной физической функции, вызванное занятиями спортом, возникающее в результате быстрой или повторяющейся передачи кинетической энергии» [6].

Успешное лечение спортивных травм зависит от точной диагностики, которая учитывает ряд ключевых факторов: время возникновения (остро возникшее повреждение или травма, вызванная чрезмерной нагрузкой), тип поврежденной ткани (сухожилие, мышца, хрящ, кость) и степень тяжести травмы (перелом без смещения или со смещением) [7].

При острой травме пациент отчетливо помнит время, место, причину и обстоятельства ее возникновения в отличие от повреждений, связанных с чрезмерным перенапряжением. К наиболее распространенным острым травмам относят растяжение и повреждение связок (разрыв), вывихи суставов и переломы. Травмы от перенапряжения, напротив, развиваются постепенно в результате повторяющихся микротравм, возникающих при чрезмерной и повторяющейся нагрузке. Особенностью таких травм является постепенное проявление симптомов, а основной принцип заключается в том, что повторяющиеся микротравмы перегружают способность тканей к самовосстановлению, что особенно актуально в детской практике, учитывая функциональную незрелость тканей, органов и систем детского организма и меньшую устойчивость к нагрузкам [8].

Повышение уровня тренировочных нагрузок, высокий уровень конкуренции в спорте и требований, предъявляемых к ребенку, приводят к тому, что спортивные травмы занимают ведущее место в структуре заболеваемости юных спортсменов. В работах J.S. Brenner et al. показано, что травмы от перенапряжения и эмоциональное выгорание ребенка являются двумя основными причинами завершения спортивной карьеры [9].

Понимание механизмов возникновения травмы играет важную роль в диагностике и лечении, так как помогает

понять процессы, возникшие во время получения травмы, для последующего выбора тактики обследования пациента и своевременного определения критерии лечения (консервативного/оперативного) [10].

Понимание всех аспектов возникновения спортивной травмы с учетом половозрастных особенностей и вида спорта, а также частоты травматизма и вероятности получения острой травмы или травмы в результате перенапряжения играет важную роль в формировании персонализированного подхода к ведению спортсменов, включая разработку комплекса превентивных мероприятий. Для системной оценки спортивных травм необходима дифференциация по локализации анатомического сегмента и по типу поврежденной ткани травмы (связка, мышца, кость). Например, травмы области бедра/колена: ушиб мышцы, синдром мышечного компартмента, тендинопатия, разрыв сухожилия. Большинство детских травм, связанных с чрезмерной нагрузкой, затрагивают нижние конечности, особенно колени, лодыжки и ступни, а также включают повреждения мышц и сухожилий [11]. Травмы от чрезмерных нагрузок (в сравнении с острыми) примерно в 2 раза чаще отмечены в коленном суставе, в то время как острые травмы примерно в 3 раза чаще возникают в голеностопном суставе [12].

По данным исследования из Шеффилда, коленный сустав наиболее часто подвергается травматизации в таких видах спорта, как футбол и регби [13]. При этом автор особое внимание уделяет оценке, лечению и реабилитации нестабильности коленного сустава и сложностям, с которыми сталкивается лечащий врач при ведении молодых и активных пациентов. В работе других авторов отмечено, что распространенность тендинопатии надколенника (симптомокомплекса «колена прыгуна») у спортсменов составляет примерно 14%, при этом частота рецидивов достигает 45% у волейболистов и 32% у баскетболистов [14]. В исследовании R. Bahr показано, что от 29 до 44% элитных волейболистов, выполняющих более 500 прыжек в неделю, сообщают о симптомах «колена прыгуна» [15]. В структуре спортивного травматизма повреждения голеностопного сустава достигают 10–12% всех повреждений опорно-двигательной системы и 20–25% всех спортивных повреждений нижних конечностей.

По данным S. Sobhani et al., самой распространенной травмой в футболе, связанной с чрезмерным перенапряжением, является тендинопатия ахиллова сухожилия. Это может быть объяснено тем, что данный вид спорта

включает в себя бег и прыжки [16]. Наиболее распространенные травмы ОДА в результате перенапряжения представлены в таблице 1.

Современные методы диагностики минимальных травм и повреждений крупных суставов у детей

Ключевым фактором успешного восстановления спортсмена после получения травм ОДА является комплексное и динамичное клинико-инструментальное обследование [3, 16, 18], позволяющее не только диагностировать степень повреждения, но и отслеживать прогресс реабилитации в динамике. Внедрение в клиническую практику инструментальных методов исследования существенно расширило возможности ранней диагностики [3, 16].

Своевременная и правильная диагностика позволяет определить степень повреждения, адекватные методы лечения и реабилитации, что, в свою очередь, способствует скорейшему возвращению спортсмена к прежней физической активности и профессиональным нагрузкам [19].

Наиболее частыми повреждениями ОДА у квалифицированных, включая несовершеннолетних, спортсменов являются так называемые малые повреждения [20]: ушибы, растяжения, хронические микротравмы, дегенеративно-дистрофические процессы и др. Большая часть таких повреждений являются проявлениями перетренированности либо незначительными спортивными травмами, не требующими специализированной диагностики и лечения.

Однако нередко под маской малых повреждений могут скрываться начальные проявления более значимых повреждений и патологических состояний (спондилолистез, протрузии и грыжи дисков, миотензопатии, апофизеолизы замыкательных колец тел позвонков, недиагностированные повреждения позвоночника и др.), которые при отсутствии вовремя начатого лечения могут приводить к более серьезным проблемам со здоровьем спортсмена. Сложность диагностики малых повреждений ОДА состоит в их скучной и неспецифической симптоматике. Спортсмены предъявляют жалобы на дискомфорт в области повреждений или слабо выраженный болевой синдром без четкой локализации. Как правило, должного значения таким «жалобам» не уделяется, а их дискомфорт относят к реакции на тренировочные нагрузки, перетренированность и др. Более сложная ситуация в данном аспекте складывается с несовершеннолетними

Таблица 1. Травмы опорно-двигательного аппарата в результате перенапряжения

Ткань	Тип травмы	Примеры в спорте
Мышцы/фасции	Синдром хронического компартмента; Отсроченная мышечная болезненность (DOMS); Фасциит	Илиотибиональный синдром при беге
Сухожилие	Тендинопатия (включает паратенонит, теносиновит, тендиноз и тендинит)	Тендинопатия ахиллова сухожилия у футболистов; Тендиноз надколенника в волейболе («колено прыгуна»)
Сустав	Синовит; Травмы верхней губы; Хондропатия; Травмы внутренних структур сустава	Поражения передне-верхне-заднего отдела губы плечевого сочленения (SLAP) у спортсменов, занимающихся метанием (бейсбол, крикет); Повреждения внутренних структур коленного сустава (бег, прыжки)
Связочный аппарат	Хроническая дегенерация/микроразрывы	Травма коллатеральной локтевой связки в бейсболе
Кость	Стressовая реакция, стрессовый перелом; Остеит, периостит; Апофизит	Стрессовый перелом плюсневой кости при беге и в балете; Синдром напряжения медиальной большеберцовой кости в беге и танцах; Поражение Осгуда — Шлаттера; Стрессовый перелом

Таблица подготовлена авторами по данным [21]

спортсменами ввиду специфики сбора и интерпретации жалоб в педиатрической практике, что требует более тщательного подхода к опросу юного пациента лечащим врачом. Другой диагностической проблемой является низкая чувствительность и специфичность стандартных травматолого-ортопедических тестов к ряду малых повреждений ОДА. Такие тесты по большей части ориентированы на оценку пассивного объема движений, активное функционирование опорно-двигательного аппарата спортсмена и не ассоциированы с конкретным видом спорта, что ограничивает их клиническую значимость и применение [21].

Малые повреждения проявляются, как правило, при выполнении специфических активных движений, характерных для определенных видов спорта, которые зачастую невозможно воспроизвести в условиях стандартного клинического осмотра.

Учитывая частоту встречаемости малых травм и повреждений ОДА, в том числе у несовершеннолетних спортсменов, требуется системный подход в клинико-диагностическом обследовании с тщательным сбором жалоб и анамнеза, что позволит своевременно диагностировать имеющуюся патологию и разработать персонифицированный подход к ведению лечения.

В работе M. Dietvorst описаны особенности диагностики повреждений передней крестообразной связки у детей и подростков и подтверждена диагностическая ценность сбора анамнеза, физического осмотра и проведенной артроскопии [22]. В своем исследовании D. Endele показал достаточную эффективность стандартных клинических, рентгенологических и ультразвуковых методов диагностики для первичного выявления переломов и повреждений связок голеностопного сустава у детей [23].

Тщательный сбор анамнеза является незаменимым инструментом для диагностики повреждений ОДА, который позволяет не только выявить механизм травмы, но и сделать заключение о предполагаемом типе повреждения, а также определить наиболее целесообразные направления дальнейшего обследования и лечения.

Болевой синдром может носить диффузный или локальный характер. При определении интенсивности боли наиболее часто, в том числе в травматологической практике, используют визуальную аналоговую шкалу боли (ВАШ) — A Visual Analogue Scale (VAS) [24].

Физикальное обследование включает осмотр сустава на предмет припухлости и его пальпацию на предмет болезненности. При этом оценивается ряд факторов: местная температура, болезненность, флюктуация, расстройства чувствительности (гиперестезия, гипостезия, анестезия), тургор тканей, состояние кожи и мышц, отечность тканей, крепитация отломков, баллотирование надколенника, подвижность сухожилий. Пальпаторно диагностируется крепитирующий и стенозирующий паратенонит, «щелкающий сустав», «лопаточный хруст». Кроме того, проводят измерение длины и окружности конечности, определяют амплитуду ее движений.

Рентгенологические исследования значительно расширяют диагностические возможности, позволяя получить данные, которые нельзя выявить обычными клиническими методами.

В современной клинической практике предпочтение отдается высокинформативным методам исследования. В качестве основных из них для визуализации костных и хрящевых структур в настоящее время используются ультразвуковое исследование (УЗИ),

магнитно-резонансная томография (МРТ) и мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) [3, 16].

Авторы, акцентируя внимание на визуализации, поясняют, что первоочередными при диагностике травм и повреждений ОДА являются рентгенография, ультразвуковое исследование и возможно расширение спектра применяемых методов (при необходимости) [25].

Достаточно высокой точностью для диагностики внутрисуставных повреждений обладает УЗИ суставов. При этом исследовании коленного сустава наиболее часто выявляемыми являются повреждения внутреннего и наружного менисков.

В работе, посвященной скрытым внутрисуставным травмам коленного сустава у детей, показана необходимость использования МРТ-диагностики для установления диагноза при отсутствии или минимальном количестве рентгенологических данных [26].

В некоторых исследованиях сделан акцент на значимости магнитно-резонансной томографии в диагностике повреждений связочного аппарата коленного сустава у детей [27].

МРТ обладает высокой мягкотканной контрастностью и позволяет проводить исследование в любых плоскостях с учетом анатомических особенностей пациента (включая трехмерные изображения). Более того, МРТ является единственным методом неинвазивной диагностики, обладающим высокой чувствительностью и специфичностью при выявлении отека и инфильтрации костной ткани. Так, например, данным методом могут быть обнаружены даже минимальные повреждения менисков, в том числе и в педиатрической практике. МРТ-диагностика позволяет врачу установить точный диагноз и назначить соответствующее лечение.

Таким образом, современная диагностика спортивных травм опирается на комплексный подход, включающий сбор анамнеза, который определяет характер травмы, обстоятельства ее получения, длительность течения (острая или хроническая), клинический осмотр (с проведением провокационных тестов), а также дополнительные методы обследования (КТ, МРТ, УЗИ, рентгенографию поврежденных сегментов конечности и стандартные лабораторные исследования, такие как клинический и биохимический анализ крови). При травмах и повреждениях ОДА у детей, применяя общие подходы к ведению пациентов, необходимо особое внимание уделять сбору жалоб и анамнеза, так как недостаток информации или неверная ее интерпретация могут являться причиной неправильного диагноза и, как следствие, неверно выбранной тактики обследования и лечения.

Терапия минимальных травм и повреждений крупных суставов у детей

Методы лечения и время, затраченное на лечение (консервативное или оперативное), определяются конкретным вариантом травмы сегмента (какая ткань повреждена, степень ее повреждения), возрастом юного спортсмена и видом спорта, которым он занимается.

К наиболее частым спортивным травмам, не требующим специализированной медицинской помощи, относятся поверхностные травмы, а именно: ушибы мягких тканей, растяжения, разрывы связочного аппарата, повреждения суставов.

Первый этап лечения спортивных травм у детей основан на протоколе Р.Р.И.С.Е и/или Р.И.С.Е: защита (Protection),

покой (Rest), лед (Ice), компрессия (Compression), возвышенное положение (Elevation) (PRICE). При этом под Protection понимается ограничение или исключение нагрузки при помощи костылей, трости, частичная иммобилизация травмированной области с помощью повязки, шины или бандажа; Rest предусматривает ограничение движений, «относительный отдых», когда исключаются действия, которые нагружают травмированную область до такой степени, что возникает боль, или которые могут замедлить или предотвратить заживление; Ice — криотерапия при острых травмах для уменьшения отека и болевого синдрома; Compression включает использование компрессионной повязки — эластичного бинта для легкой поддержки поврежденной ткани; под Elevation понимают размещение поврежденной области выше уровня сердца с целью уменьшения скопления жидкости в поврежденной конечности или суставе и, как следствие, снижения уровня боли [28].

PRICE является основой лечения острых травм мягких тканей, пропагандируя консервативный подход в течение первых 24–48 часов после травмы. Целью этого протокола является минимизация кровотечения, уменьшение отека и облегчение дискомфорта в месте травмы, что потенциально ускоряет процесс восстановления [28]. Научные открытия и достижения в клинической практике позволили предположить, что PRICE не может быть универсальным подходом для всех сценариев лечения травм [29, 30].

Новые данные подтверждают использование более активных стратегий восстановления, основанных на следующих принципах: движение, упражнения, обезболивание, лечение (MEAT — Movement, Exercise, Analgesia, Treatment); защита, оптимальная нагрузка, лед, сжатие, подъем (POLICE — Protection, Optimal Loading, Ice, Compression, Elevation) и защита, подъем, отсутствие противовоспалительных средств, компрессия, обучение и нагрузка, оптимизм, вакуляризация и упражнения (PEACE and LOVE — Protection, Elevation, Avoid anti-inflammatory, Compression, Education and Load, Optimism, Vascularisation, and Exercise) [31, 32]. Таким образом, вышеперечисленные принципы подчеркивают важность ранней двигательной активности, индивидуальных упражнений и комплексного ухода для улучшения заживления и функционального восстановления, однако основополагающие элементы PRICE по-прежнему сохраняют свою ценность, особенно при оказании экстренной помощи после травм [33].

Различные методы лечения направлены на восстановление анатомической целостности и функциональности суставов, минимизацию болевого синдрома, предотвращение развития осложнений и хронических заболеваний суставов и (самое главное) на обеспечение безопасного и скорейшего возвращения к занятиям спортом.

В современной клинической практике выделяют следующие методы лечения минимальных травм и повреждений крупных суставов:

1. Консервативное лечение

- Иммобилизация сустава: фиксация сустава с помощью гипса, ортезов или бандажей, которая необходима для стабилизации сустава и предотвращения дальнейшего его повреждения [34].
- Фармакотерапия: включает в себя применение обезболивающих, противовоспалительных и других препаратов для купирования болевого синдрома и уменьшения воспалительного процесса. Медикаментозная

терапия может быть эффективной при легких повреждениях, но не всегда может полностью устраниć симптомы. Кроме того, некоторые препараты могут иметь побочные эффекты, такие как аллергические реакции и желудочно-кишечные расстройства [35, 36].

- Комплексная медицинская реабилитация, включающая восстановительные программы: лечебную физкультуру (комплекс упражнений, направленный на восстановление амплитуды движения в суставах, силы мышц, координации движений и равновесия), массаж, физиотерапевтические процедуры (для уменьшения воспаления, снятия боли и ускорения процесса реабилитации) [37].

Консервативное лечение минимальных травм и повреждений крупных суставов у несовершеннолетних спортсменов имеет ряд преимуществ: оно неинвазивно, не требует хирургического вмешательства, что снижает риск послеоперационных осложнений, инфекций и рубцевания тканей, а также характеризуется минимальным риском (по сравнению с операцией консервативное лечение менее рискованно для молодых спортсменов, особенно в периоды активного роста) и экономичностью. Однако консервативное лечение имеет ряд ограничений: оно может быть недостаточно эффективным при тяжелых повреждениях, требует длительного периода восстановления и повышает риск развития хронической нестабильности, что может привести к повторным травмам. Таким образом, консервативное лечение является перспективным методом лечения минимальных травм и повреждений крупных суставов у несовершеннолетних спортсменов, однако в ряде случаев может потребоваться хирургическое вмешательство [38].

2. Оперативное лечение

Хирургическое вмешательство применяется при тяжелых повреждениях, требующих восстановления целостности связок, хрящей или костей, а также для стабилизации суставов. Показаниями к оперативному вмешательству служат полный или частичный разрыв связок, не поддающиеся консервативному лечению, переломы костей сустава, требующие фиксации фрагментов, а также воспалительные процессы, которые не поддаются консервативному лечению, хрящевые дефекты, вызывающие боль, ограничение подвижности и угрожающие разрушению суставной поверхности, постоянные вывихи или подвывихи, не поддающиеся консервативной терапии [39]. Оперативное вмешательство позволяет восстановить анатомию сустава и обеспечить его стабильность (что необходимо для восстановления функции и предотвращения повторных травм), уменьшить болевой синдром, улучшить подвижность сустава и повысить качество жизни спортсмена. К недостаткам данного лечения относят риск осложнений и длительный период реабилитации.

Таким образом, операции при травмах суставов у спортсменов, включая несовершеннолетних, являются серьезным вмешательством, которое требует тщательного планирования и индивидуального подхода.

3. Малоинвазивные методы (внутрисуставные инъекции)

PRP-терапия (Platelet Rich Plasma) — это инновационный метод лечения, который активно применяется в различных областях медицины, особенно в ортопедии и спортивной медицине [40, 41]. Данный метод основан

на использовании аутологичной (собственной) плазмы крови пациента, обогащенной тромбоцитами [40]. Тромбоциты содержат факторы роста, которые стимулируют регенерацию тканей, ускоряют заживление и способствуют восстановлению после травм или операций [41]. Одним из главных преимуществ PRP-терапии является быстрое восстановление после процедуры [40, 41]. Пациенты могут вернуться к спортивным нагрузкам уже через несколько дней после проведения данной процедуры. Кроме того, PRP может помочь улучшить кровообращение и обмен веществ в тканях сустава, что также способствует их восстановлению. Этот метод является безопасным, что связано с минимальным риском аллергических заболеваний. Немаловажно, что состав PRP может быть адаптирован под индивидуальные потребности пациента. Это делает данный метод универсальным для различных видов травм и заболеваний. Кроме того, в настоящее время имеется возможность использования PRP в профессиональном спорте, несмотря на содержание в составе ростовых факторов, которые самостоятельно рассматриваются в качестве допинга и в соответствии с решением Антидопингового агентства являлись причиной сдерживания применения PRP до 2011 года в спортивной медицине при повреждении мышц [42].

Таким образом, существует несколько вариантов терапии травм ОДА, при этом выбор конкретного метода зависит от вида поврежденной ткани, характера и степени тяжести повреждения, возраста спортсмена и вида спорта, а также от типа травмы (острая или связанная с перенапряжением / чрезмерной нагрузкой). С целью облегчения болевого синдрома, сокращения реабилитационного периода и скорейшего возвращения в спорт высоких достижений при отсутствии показаний к хирургическому лечению приоритетными в применении, несомненно, являются малоинвазивные методы, включая PRP-терапию как в качестве монотерапии, так и в комплексе с консервативным лечением [43].

PRP-терапия как инновационный метод лечения минимальных травм и повреждений крупных суставов в педиатрической практике и спортивной медицине

Современные знания об анатомии и физиологии развития ребенка, учитывающие возрастные особенности и процессы роста, в сочетании с передовыми методами обследования (МРТ, КТ, УЗИ) вывели диагностику травм и повреждений на качественно новый уровень, позволяя выявлять даже минимальные повреждения и назначать соответствующее патогенетически обоснованное лечение [3, 18].

Консервативное лечение, включающее покой, иммобилизацию и физиотерапию, несомненно, доказало свою эффективность и проверено временем, но сегодняшние реалии диктуют свои условия, требующие более быстрого заживления поврежденной части и своевременного возвращения к спортивной форме, в том числе в спорт высших достижений [34–36].

Вышеуказанное явилось стимулом к поиску новых методов лечения. В области ортопедической медицины поиск инновационных методов терапии, направленных на облегчение боли, ускорение восстановления и содействие регенерации тканей, привел к появлению такого раздела, как регенеративная терапия. В ее основе лежит применение инновационных клеточных технологий

и продуктов для восстановления поврежденных тканей и органов. В рамках развития регенеративной терапии большое значение имеет применение ортобиотических продуктов — биологических веществ, которые способствуют более быстрому восстановлению поврежденных тканей. К ним относятся гиалуроновая кислота, плазма, обогащенная тромбоцитами (PRP), мезенхимальные стволовые клетки, концентрат аспираата костного мозга (BMAC), культивированные мезенхимальные стволовые клетки [44]. Ортобиотические продукты естественным образом содержатся в организме, но в более высоких концентрациях могут способствовать ускорению процесса заживления [45].

Среди новых методов биотерапии травм и повреждений ОДА в последнее время большое внимание уделяется применению PRP-терапии, показывающей положительные результаты купирования болевого синдрома, улучшения функции и сокращения реабилитационного периода у пациентов с травмами опорно-двигательного аппарата [46–48].

PRP является методом ортобиологического воздействия, в основе которого лежит применение биологически активных молекул тромбоцитов [49]. На исходных уровнях тромбоциты функционируют как естественный резервуар факторов роста, включая фактор роста тромбоцитарного происхождения (PDGF), эпидермальный фактор роста (EGF), трансформирующий фактор роста бета-1 (TGF- β 1), фактор роста эндотелия сосудов (VEGF), базовый фактор роста фибробластов (FGF), фактор роста гепатоцитов (HGF) и инсулиноподобный фактор роста (IGF-I). PRP обычно используется в ортопедической практике для ускорения заживления тканей в результате полученных травм, в том числе связанных с занятиями спортом [50].

Согласно отечественной и зарубежной литературе Platelet Rich Plasma — это обобщающий термин, обозначающий группу продуктов аутологичной крови человека [51].

PRP включает в себя продукты, полученные из аутологичной крови, такие как: богатая тромбоцитами плазма (Platelet-Rich Plasma), аутологичная кондиционированная плазма (Autologous Conditioned Plasma).

Полученные из тромбоцитов продукты были классифицированы на чистый PRP (Pure Platelet-Rich Plasma / P-PRP), плазму, обогащенную факторами роста (Plasma Rich Growth Factors / PRGF), лейкоцитарную и тромбоцитарную плазму, чистый тромбоцитарный фибрин (Pure Platelet-Rich Fibrin / P-PRF), а также лейкоцитарный (Leukocyte-Platelet-Rich Fibrin / L-PRF) и тромбоцитарный фибрин (Advanced / A-PRF). Состав этих продуктов может варьироваться в зависимости от содержания клеток и фибринова, а также от плотности фибриновой сети [52].

В 2009 году была предложена первая классификация концентратов тромбоцитов [53]. Эта классификация проста и основана на содержании тех или иных компонентов крови и их количестве. Данная классификация разделяет продукты по двум главным параметрам: клеточному составу (в основном лейкоцитов) и архитектуре фибрина. Это разделение позволило определить 4 основных семейства для перегруппировки продуктов.

1. Продукты Pure Platelet-Rich Plasma (P-PRP), или Leukocyte-Poor Platelet-Rich Plasma, — это препараты без лейкоцитов и с фибриновой сетью низкой плотности после активации. По определению все продукты этого семейства могут использоваться в виде жидких растворов или в форме активированного геля. Поэтому его можно

вводить инъекционно (в виде раствора) или наносить в виде геля на поверхность раны или шва (аналогично использованию фибриновых kleев). К ним относятся богатая тромбоцитами плазма (Platelet-Rich Plasma / PRP), аутологичная кондиционированная плазма (Autologous Conditioned Plasma /ACP).

2. Продукты плазмы, обогащенной лейкоцитами и тромбоцитами (L-PRP), представляющие собой препараты с лейкоцитами и сеткой фибрина низкой плотности после активации. По определению, как и P-PRP, все продукты этого семейства могут использоваться в виде жидких растворов или в форме активированного геля [54].

3. Чистый богатый тромбоцитами фибрин (P-PRF) или бедный лейкоцитами и богатый тромбоцитами фибрин — это препараты без лейкоцитов, но с высокоплотной фибриновой сетью. По определению эти продукты существуют только в форме сильно активированного геля и не могут быть введены инъекционно или использованы как традиционные фибриновые kleи.

4. Продукты Leukocyte- and Platelet-Rich Fibrin (L-PRF) представляют собой препараты с лейкоцитами и с высокоплотной фибриновой сетью [55].

Описанная выше классификация систематизирована и охватывает все формы концентратов тромбоцитов. В травматологии и ортопедии была предложена своя классификация, которая основана на применении плазмы, обогащенной тромбоцитами (только PRP).

Mishra et al. предложили классифицировать продукты PRP с учетом концентрации тромбоцитов и лейкоцитов специально для использования в лечебной практике у спортсменов [49]. Эта классификация подразделяет PRP на четыре типа в зависимости от присутствия или отсутствия лейкоцитов, а также от того, активирована PRP или нет. Согласно этой классификации тип 1 PRP представляет собой раствор L-PRP, тип 2 PRP — гель L-PRP, тип 3 PRP — раствор PPRP, тип 4 PRP — гель P-PRP. Данная классификация по принципу конструирования аналогична общей, опубликованной в 2009 году, однако подразделение продуктов PRP ограничено клеточным составом и активацией, что делает ее более понятной для клинического применения [49].

Единственным новым параметром этой классификации является оценка концентрации тромбоцитов, причем PRP типа А в 5 и более раз превышает концентрацию тромбоцитов в крови, а PRP типа В только в 5 раз превышает концентрацию тромбоцитов в крови. Этот последний параметр является спорным, поскольку концепция учета концентрации тромбоцитов в составе продукта PRP была в значительной степени отвергнута в предыдущие годы по логичной причине: концентрация тромбоцитов зависит только от объема жидкой сыворотки, используемой для поддержания тромбоцитов в суспензии. Количество сыворотки сильно варьируется в зависимости от протокола и ожидаемого применения и не влияет на предполагаемый эффект. Концепция абсолютного количества тромбоцитов была бы более логичной, даже если бы большинство публикаций не смогли обнаружить четкого и воспроизводимого влияния этого параметра на клинические результаты. С этой точки зрения 5-кратный порог не имеет общепринятого смысла и обоснования [56].

PRP обладает выраженным противовоспалительным, обезболивающим и прорегенераторным и антиапоптотическим действием, стимулирует рост и миграцию фибробластов и остеобластов. Поэтому она широко используется для лечения последствий травм опорно-двигательного

аппарата. Многочисленными исследованиями доказана эффективность PRP при пателлярной тендинопатии, латеральном эпикондилите, повреждении ротаторной манжеты плеча, травмах сухожилий и мышц различной локализации [50, 51].

Таким образом, PRP-терапия представляет собой перспективный метод лечения повреждений крупных суставов, который может стать альтернативой традиционным методам лечения, таким как консервативная терапия и хирургическое вмешательство.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современная медицина уделяет большое внимание диагностике травм и повреждений у юных спортсменов, особенно в контексте восстановительных мероприятий после минимальных травм и повреждений крупных суставов. Понимание обстоятельств травмы (причин, времени, механизмов), а также точное определение поврежденной ткани в конкретном сегменте конечности спортсмена являются ключевыми факторами для врача, позволяющими определить оптимальную тактику обследования и разработать индивидуальный план лечения, а также спрогнозировать процесс восстановления и возможность возвращения к полноценной спортивной нагрузке. Особое внимание следует уделять юным спортсменам, у которых костно-мышечная система находится только в стадии формирования и более уязвима к повреждениям.

Благодаря современным инструментальным методам можно предотвратить развитие осложнений и выбрать оптимальное лечение. Клинический осмотр и сбор анамнеза позволяют врачу получить первичное представление о состоянии пациента, помогая выявить основные жалобы и симптомы. Инструментальные методы исследования, такие как рентгенография, КТ, МРТ и УЗИ, предоставляют более детальную информацию о структуре и функции органов и систем организма, что дополняет клиническую картину, формирует системное представление лечащего врача о патологическом процессе и способствует постановке точного диагноза.

Комплексный подход, объединяющий клинический осмотр и инструментальные исследования, является ключевым фактором для обеспечения точности и объективности оценки состояния пациента, что, в свою очередь, позволяет выявить заболевания на ранней стадии, провести дифференциальную диагностику и оценить эффективность лечения.

Наряду с традиционными подходами к терапии минимальных травм и повреждений ОДА у спортсменов, в том числе у детей и подростков, включающими консервативный и хирургический методы, в последние годы все больше внимания уделяется малоинвазивному лечению, предусматривающему применение ортобиотических продуктов. Последние способствуют ускорению процесса заживления поврежденных клеток, тканей и органов, сокращению реабилитационного периода, что является особенно важным для юных спортсменов в рамках развития профессиональных спортивных компетенций.

Наиболее перспективным малоинвазивным методом биотерапии травм и повреждений ОДА, особенно в аспекте применения в детской и подростковой группе спортсменов, является PRP-терапия (терапия богатой тромбоцитами плазмой). Данный метод позволяет существенно восстанавливать анатомическую целостность поврежденных элементов, купировать болевой синдром

в покое, при физической нагрузке и в стресс-тесте с возможностью сохранения функции травмированного сустава и реабилитации в кратчайшие сроки. PRP-терапия представляет собой альтернативу традиционным методам лечения, открывая новые горизонты в регенеративной и спортивной медицине.

Таким образом, комплексный подход к диагностике, объединяющий клинический осмотр и инструментальные

исследования, применение малоинвазивных инновационных клеточных технологий у несовершеннолетних профессиональных спортсменов с травмами и повреждениями ОДА, включая крупные суставы, становится незаменимым инструментом в руках врача, помогая ему точно оценить состояние юного пациента, обеспечить ему наиболее эффективное лечение и быстрое восстановление после травм.

Литература / References

1. Рябов ВП, Нуруллин ИФ, Курмаев ЗФ. Профессиональные травмы и заболевания у спортсменов. Казань 2017.
Rjabov VP, Nurullin IF, Kurmaev ZF. Occupational injuries and diseases in athletes: a method. stipend. Kazan'; 2017 (In Russ.).
2. NCAA Injury Surveillance 1997–1998. Overland Park, Kan: National Collegiate Athletic Association; 1998.
3. Chang EY, Du J, Chung CB. UTE imaging in the musculoskeletal system. *J Magn Reson Imaging*. 2015;41: 870–83.
<https://doi.org/10.1002/jmri.24713>
4. Yelin E, Weinstein S, King T. The burden of musculoskeletal diseases in the United States. *Semin Arthritis Rheum*. 2016;46:259–60.
<https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2016.07.013>
5. Kujala UM. Acute injuries in soccer, ice hockey, volleyball, basketball, judo and karate: an analysis of national registry data. *BMJ*.1995;311:1465–8.
<https://doi.org/10.1136/bmj.311.7018.1465>
6. Ross AG, Donaldson A, Poulos RG. Nationwide sports injury prevention strategies: A scoping review. *Scand J Med Sci Sports*.2021;31(2):246–64.
<https://doi.org/10.1111/sms.13858>
7. Bray CC, Walker CM, Spence DD. Orthobiologics in Pediatric Sports Medicine. *Orthop Clin North Am*. 2017;48(3):333–42.
<https://doi.org/10.1016/j.ocl.2017.03.006>
8. Clarsen Benjamin. Overuse injuries in sport: development, validation and application of a new surveillance method diss.; 2015.
9. Brenner JS, Watson A. Council on sports medicine and fitness. Overuse Injuries, Overtraining, and Burnout in Young Athletes. *Pediatrics*. 2024;153(2):2023065129.
<https://doi.org/10.1542/peds.2023-065129>
10. Bahr R, Clarsen B, Derman W, Dvorak J, Emery CA, Finch CF, et al. International Olympic Committee consensus statement: methods for recording and reporting of epidemiological data on injury and illness in sport 2020 (including STROBE Extension for Sport Injury and Illness Surveillance (STROBE-SIIS)). *Br J Sports Med*. 2020;54(7):372–89.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101969>
11. Hamilton B, Pollock N, Reurink G, de Vos RJ, Purdam C, Thorborg K. Muscle Injury Classification and Grading Systems. In: Thorborg, K., Opar, D., Shield, A. (eds) *Prevention and Rehabilitation of Hamstring Injuries*. Springer Cham, 2020.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-31638-9_8
12. Owoeye OB, Ghali B, Befus K, Stilling C, Hogg A, Choi J, Palacios-Derflinger L, Pasanen K, Emery CA. Epidemiology of all-complaint injuries in youth basketball. *Scand J Med Sci Sports*. 2020;30(12):2466–76.
<https://doi.org/10.1111/sms.13813>
13. Webb J, Corry I. Injuries of the sporting knee. *Sports Medicine*. 2000;34:227–8.
<https://doi.org/10.1136/bjsm.34.5.395>
14. Lian OB, Engebretsen L, Bahr R. Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports: a cross-sectional study. *Am J Sports Med*. 2005;33(4):561–7.
<https://doi.org/10.1177/0363546504270454>
15. Bahr MA, Bahr R. Jump frequency may contribute to risk of jumper's knee: a study of interindividual and sex differences in a total of 11 943 jumps video recorded during training and matches in young elite volleyball players. *British journal of sports medicine*. 2014;48(17):1322–6.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093593>
16. Jiménez Díaz F, Gitto S, Sconfienza LM, Draghi FJ. Ultrasound of iliotibial band syndrome. *Ultrasound*. 2020;23(3):379–85.
<https://doi.org/10.1007/s40477-020-00478-3>
17. Peter Brukner, Ben Clarsen, Jill Cook, Ann Cools, Kay Crossley et al. *Clinical Sports Medicine*. McGraw-Hill Education. Australia. 2017;1104.
18. Christensen-Jeffries K, Couture O, Dayton PA, Eldar YC, Hyynnen K, Kiessling F, O'Reilly M, Pinton GF, Schmitz G, Tang MX, Tanter M, van Sloun RJJG. Super-resolution Ultrasound Imaging. *Ultrasound Med Biol*. 2020;46(4):865–91.
<https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2019.11.013>
19. Sutter EG, Liu B, Utturkar GM, Widmyer MR, Spritzer CE, Cutcliffe HC et al. Effects of Anterior Cruciate Ligament Deficiency on Tibiofemoral Cartilage Thickness and Strains in Response to Hopping. *Am J Sports Med*. 2019;47:96–103.
<https://doi.org/10.1177/0363546518802225>
20. Епифанов ВА, Епифанов АВ. Восстановительное лечение при повреждениях опорно-двигательного аппарата. М.: Авторская академия, 2009.
Epifanov VA., Epifanov AV. Rehabilitation treatment for injuries of the musculoskeletal system. Moscow: Author's Academy; 2009 (In Russ.).
21. Самойлов АС, Васильев ОС, Левушкин СП. Диагностика малых повреждений опорно-двигательного аппарата квалифицированных спортсменов методом поуровневого анализа построения движения. *Медицина экстремальных ситуаций*. 2018;20(2):197–202.
Samojlov AS, Vasil'ev OS, Lyovushkin SP. Diagnosis of minor injuries of the musculoskeletal system of qualified athletes by the method of level-by-level analysis of the construction of the movement. *Medicine of Extreme Situations*. 2018;20(2):197–202 (In Russ.).
22. Dietvorst M, van der Steen MCM, Reijman M, Janssen RPA. Diagnostic values of history taking, physical examination and KT-1000 arthrometer for suspect anterior cruciate ligament injuries in children and adolescents: a prospective diagnostic study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022;23(1):710.
<https://doi.org/10.1186/s12891-022-05659-1>
23. Jerbara Saeed, Changb Eric Y, Dua Jiang Magnetic resonance imaging (MRI) studies of Knee joint under mechanical loading: review. *Magn Reson Imaging*. 2020;65:27–36.
<https://doi.org/10.1016/j.mri.2019.09.007>
24. Морозов АМ, Жуков СВ, Беляк МА, Минакова ЮЕ, Протченко ИГ. О возможности оценивания болевого синдрома при помощи наилучше валидизированных шкал боли (обзор литературы). *Вестник новых медицинских технологий*. 2020;2:62–8.
Morozov AM, Zhukov SV, Belyak MA, Minakova YuE, Protchenko IG About the possibilities of evaluating a pain syndrome using the most validated pain scales. *Bulletin of new medical technologies*. 2020;2:62–8 (In Russ.).
<https://doi.org/10.24411/1609-2163-2020-16663>
25. Askenberger M, Ekström W, Finnbogason T, Janarv PM. Occult Intra-articular Knee Injuries in Children with Hemarthrosis. *Am J Sports Med*. 2014;42(7):1600–6.
<https://doi.org/10.1177/0363546514529639>
26. Ende D, Jung C, Bauer G, Mauch F. Value of MRI in diagnosing injuries after ankle sprains in children. *Foot Ankle Int*. 2012;33(12):1063–8.
<https://doi.org/10.3113/FAI.2012.1063>

27. Askenberger M, Arendt EA, Ekström W, Voss U, Finnbogason T., Janarv P.M. Medial Patellofemoral Ligament Injuries in Children with First-Time Lateral Patellar Dislocations: A Magnetic Resonance Imaging and Arthroscopic Study. *Am J Sports Med.* 2016;44(1):152–8.
<https://doi.org/10.1177/0363546515611661>
28. Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: biology and treatment. *Am J Sports Med.* 2005;33(5):745–64.
<https://doi.org/10.1177/0363546505274714>
29. Sun Y, Chen J. Advancements in Sports Medicine. *J Clin Med.* 2023;12(10):3489.
<https://doi.org/10.3390/jcm12103489>
30. Guillodo Y, Saraux A. Treatment of muscle trauma in sportspeople (from injury on the field to resumption of the sport). *Ann Phys Rehabil Med.* 2009;52(3):246–55.
<https://doi.org/10.1016/j.rehab.2008.12.014>
31. Campbell Ryan MEAT vs RICE for injury management. Goodmed Direct Primary Care; 2013.
32. Dubois B, Esculier JF. Soft-tissue injuries simply need PEACE and LOVE. *Br J Sports Med.* 2020;54(2):72–3.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101253>
33. Knight KL. Cryotherapy in Sport Injury Management. Champaign, IL: Human Kinetics; 2015.
34. Schneider F, Sperl M, Steinwender G, Kraus T. Kindliche Kniebinnenverletzungen. *Orthopade.* 2014;43(4):393–401
<https://doi.org/10.1007/s00132-014-2290-6>
35. Ключников СО, Козлов ИГ, Пушкина ТА и др. Формулярное руководство по применению лекарственных препаратов в детско-юношеском спорте. *Медицина экстремальных ситуаций.* 2014;(54):68–74.
Klyuchnikov SO, Kozlov IG, Pushkina TA, i dr. Federal guidelines (formulary) on the medications prescribed to child and adolescent athletes. *Extreme Medicine.* 2014;(54): 68–74 (In Russ.).
EDN: [VBCUPP](#)
36. Drendel AL, Lyon R, Bergholte J, et al. Outpatient pediatric pain management practices for fractures. *Pediatr Emerg Care.* 2006;22(2):94–9.
<https://doi.org/10.1097/01.pec.0000199564.64264.f4>
37. Cohen E, Sala DA. Rehabilitation of pediatric musculoskeletal sport-related injuries: a review of the literature. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2010;46(2):133–45.
38. Yurlova Y, Dianov. Anatomical-physiological features of knee injuries and possibilities of conservative treatment. E3S Web of Conferences. TPACCEE-2021. 2021;284:1–8.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128402018>
39. Gaal BT, Knapik DM, Gilmore A. Patient-Reported Outcome Measures Following Surgical Intervention for Pediatric Sports-Related Injuries to the Knee: a Systematic Review. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2022;15(3):187–93.
<https://doi.org/10.1007/s12178-022-09755-5>
40. Sheth U, Dwyer T, Smith I, Wasserstein D, Theodoropoulos J, Takhar S, Chahal J. Does Platelet-Rich Plasma Lead to Earlier Return to Sport When Compared With Conservative Treatment in Acute Muscle Injuries? A Systematic Review and Meta-analysis. *Arthroscopy.* 2018;34(1):281–8.
<https://doi.org/10.1016/j.arthro.2017.06.039>
41. Zhang JY, Fabricant PD, Ishmael CR, Wang JC, Petriglano FA, Jones KJ. Utilization of Platelet-Rich Plasma for Musculoskeletal Injuries: An Analysis of Current Treatment Trends in the United States. *Orthop J Sports Med.* 2016; 4(12):2325967116676241.
<https://doi.org/10.1177/2325967116676241>
42. Потапнев МП, Загородный ГМ, Кривенко СИ, и др. Современные аспекты применения плазмы, обогащенной растворимыми факторами тромбоцитов, в лечении травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2019;9(4):33–45.
Potapnev MP, Zagorodnyj GM, Krivenko SI, i dr. Modern aspects of the use of plasma enriched in soluble platelet factors in the treatment of injuries and diseases of the musculoskeletal system. *Sports medicine: science and practice.* 2019;9(4):33–45 (In Russ.).
<https://doi.org/10.17238/ISSN2223-2524.2019.4.33>
43. Загородный ГМ, Муха ПГ, Ясюкевич АС, Гуlevич НП. Отечественный и зарубежный опыт применения PRP-терапии в медицине и спортивной практике. *Прикладная спортивная наука.* 2017;1(5):83–91.
Zagorodny GM, Mukha PG, Yasyukevich AS, Gulevich NP. Domestic and foreign experience of prp-therapy's administration in medicine and sports (literature review). *Applied Sports Science.* 2017;1(5):83–91 (In Russ.).
EDN: [YUIOTT](#)
44. Эйсмонт ОЛ. Ортобиологические технологии в лечении остеоартрита суставов. *Актуальные проблемы отечественной травматологии и ортопедии.* 2020;8:45–8.
Eismont OL Orthobiologics in osteoarthritis treatment. Current problems of Russian traumatology and orthopedics. 2020;8:45–8 (In Russ.).
EDN: [ETQNTV](#)
45. Bray CC, Walker CM, Spence DD. Orthobiologics in Pediatric Sports Medicine. *Orthop Clin North Am.* 2017;48(3):333–42.
<https://doi.org/10.1016/j.ocl.2017.03.006>
46. Bansal H, Leon J, Pont JL, Wilson DA, Bansal A, Agarwal D, et al. Platelet-rich plasma (PRP) in osteoarthritis (OA) knee: Correct dose critical for long term clinical efficacy. *Sci Rep.* 2021;11(1):3971.
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-83025-2>
47. Chen X, Jones IA, Park C, Vangsness CT Jr. The Efficacy of Platelet-Rich Plasma on Tendon and Ligament Healing: A Systematic Review and Meta-analysis With Bias Assessment. *Am J Sports Med.* 2018;46(8):2020–32.
<https://doi.org/10.1177/0363546517743746>
48. Godek P. High Volume PRP Therapy. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2022;24(1):43–60.
<https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.7806>
49. Mishra A, Harmon K, Woodall J, Vieira A. Sports medicine applications of platelet rich plasma. *Curr Pharm Biotechnol.* 2012;3(7):1185–95.
<https://doi.org/10.2174/138920112800624283>
50. Fang J, Wang X, Jiang W, Zhu Y, Hu Y, et al. Platelet-Rich Plasma Therapy in the Treatment of Diseases Associated with Orthopedic Injuries. *Tissue Eng Part B Rev.* 2020;26(6):571–85.
<https://doi.org/10.1089/ten.TEB.2019.0292>
51. Milano Giuseppe Platelet-rich plasma in orthopaedic sports medicine: state of the art. *Journal of ISAKOS.* 2019;4:188–95.
<https://doi.org/10.1136/iisakos-2019-000274>
52. Крупина ЕА. Анализ молекулярных и биологических аспектов применения PRP- и ACP-терапии. *Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И. Пирогова.* 2020;15(3):80–5.
Krupina EA Molecular and biological aspects of platelet-rich plasma therapies. *Bulletin of the National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov.* 2020;15(3):80–5. (In Russ.).
<https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2020.30.34.015>
53. Dohan Ehrenfest, Rasmussen L., Albrektsson T. Classification of platelet concentrates: from pure platelet-rich plasma (P-PRP) to leucocyte- and platelet-rich fibrin (L-PRF). *Trends Biotechnol.* 2009;27(3):158–67.
<https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2008.11.009>
54. Everts PA, Hoffmann J, Weibrich G, Mahoney CB, Schönberger JP, van Zundert A, et al. Differences in platelet growth factor release and leucocyte kinetics during autologous platelet gel formation. *Transfus Med.* 2006;16(5):363–8.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3148.2006.00708.x>
55. Clark RA. Fibrin and wound healing. *Ann N Y Acad Sci.* 2001;936:355–67.
<https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb03522.x>
56. Weibrich G, Hansen T, Kleis W, Buch R, Hitzler WE. Effect of platelet concentration in platelet-rich plasma on peri-implant bone regeneration. *Bone.* 2004;34(4):665–71.
<https://doi.org/10.1016/j.bone.2003.12.010>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: И.В. Зябкин — создание концепции, конструирование разделов работы; И.В. Панкратов — работа с источниками литературы, анализ и обобщение полученных данных, написание текста рукописи; М.А. Петров — написание текста рукописи; М.И. Габаев — сбор данных литературы; Р.А. Кешишян — критический пересмотр текста рукописи; В.В. Хижникова — написание текста рукописи относительно инструментальных методов диагностики; А.М. Ковалькова — сбор данных литературы.

ОБ АВТОРАХ

Зябкин Илья Владимирович, д-р. мед. наук, профессор
<https://orcid.org/0000-0002-9717-5872>
zyabkin@kidsfmba.ru

Панкратов Иван Владимирович
<https://orcid.org/0009-0007-6665-6394>
pankratoviv@kidsfmba.ru

Петров Михаил Анатольевич, канд. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0002-1709-2437>
adm@kidsfmba.ru

Габаев Мурат Исаевич, канд. мед. наук
<https://orcid.org/0009-0005-7013-8894>
adm@kidsfmba.ru

Кешишян Размик Арамович, д-р. мед. наук
<https://orcid.org/0000-0003-3686-3708>
adm@kidsfmba.ru

Хижникова Виктория Валерьевна
<https://orcid.org/0009-0009-6101-7299>
adm@kidsfmba.ru

Ковалькова Александра Маратовна
<https://orcid.org/0009-0000-6070-0947>
gimadeeva.alexandra@yandex.ru