

ОБЗОР МЕТОДОВ МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ СПОРТСМЕНОВ ПОСЛЕ ТРАВМЫ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ

А. С. Ярош, М. П. Кунда, О. Г. Кузьмич

Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Беларусь



Представлен обзор, посвященный современным подходам к медицинской реабилитации спортсменов после реконструкции передней крестообразной связки. Рассмотрены механизмы травмы, факторы риска, особенности оперативного лечения с использованием различных аутотрансплантатов. Подробно освещены этапы реабилитации и инновационные методы медицинской реабилитации. Сделан вывод, что успешное возвращение спортсмена к полноценным нагрузкам обеспечивается комплексной, этапной и персонализированной реабилитационной программой.

Ключевые слова: спортивная медицина, медицинская реабилитация, спортивная травма, разрыв крестообразных связок

Для цитирования: Ярош, А. С. Обзор методов медицинской реабилитации спортсменов после травмы передней крестообразной связки / А. С. Ярош, М. П. Кунда, О. Г. Кузьмич // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2026. Т. 24, № 4. С. 423-430. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2026-24-4-423-430>

Введение

Травма передней крестообразной связки (ПКС) является одним из наиболее распространенных и серьезных повреждений опорно-двигательного аппарата у спортсменов, особенно в игровых видах спорта, таких как футбол. Восстановление после такой травмы и последующего оперативного вмешательства представляет собой сложный, многокомпонентный и длительный процесс. На сегодняшний день «золотым стандартом» лечения разрывов ПКС признана артроскопическая реконструкция с использованием различных типов аутотрансплантатов [1]. Однако само по себе хирургическое вмешательство является лишь первым этапом на пути к восстановлению. Ключевая роль в возвращении спортсмена на поле отводится грамотно построенной программе медицинской реабилитации.

Передняя крестообразная связка – это ключевой элемент, обеспечивающий стабильность коленного сустава изнутри. ПКС имеет размеры около 11 мм в ширину и 33 мм в длину. Она состоит из двух частей, или пучков: переднемедиального и заднелатерального [2].

Механизм травмы

Повреждения мягких тканей могут быть вызваны двумя основными механизмами. Первый – это острая травма, возникающая в результате внезапного и резкого приложения силы, превосходящей прочность ткани, что приводит к значительному растяжению или разрыву. Второй связан с накоплением микрповреждений от многократных субмаксимальных перегрузок. Этот процесс, называемый «суммацией», приводит к дегенеративным изменениям в тканях и в конечном итоге к развитию серьезной травмы.

В зависимости от способа получения травмы ПКС выделяют прямой (контактный) – в результате непосредственного удара по коленному суставу (гиперэкстензия); не прямой (бесконтактный) – неправильное выполнение движения (неудачное приземление).

Применительно к футболистам повреждения крестообразных связок часто связаны с грубыми действиями на поле. Также из-за недостаточной технической подготовки игроки могут оказывать сильное вращательное воздействие на мышечки большеберцовой или бедренной кости.

Другими факторами, по мнению специалистов (Withrow T. J., Laura J. Huston) являются смещение вывихнутого внутреннего мениска в сторону межмышечкового возвышения, а также резкая супинация голени при неподвижной стопе, сопровождающаяся пронацией бедра [3].

Интерес представляет опыт Австралийской футбольной лиги, которая ограничила разбег игроков в центральной части поля, что привело к снижению частоты повреждения задней крестообразной связки почти в два раза. Авторы выяснили, что эти повреждения часто происходят при контакте коленей, а ограничение движения позволило снизить скорость игроков и уменьшить высоту поднятия коленей во время игры [4].

Причины

К причинам, провоцирующим возникновение травм у спортсменов, помимо неспортивного поведения футболистов на поле, неправильного выполнения технических элементов и низкого уровня физической подготовленности, можно отнести также организационно-методические моменты. Так, занятия и матчи на синтетических поверхностях увеличивают вероятность повреждений по сравнению с натуральными. Среди футболистов, использующих естественные поля, травмы фиксируются у 26%, а на искусственных покрытиях этот показатель возрастает до 28–31% [5].

Факторами риска разрыва ПКС является возраст и предшествующие травмы. Несмотря на возрастные изменения, травмы колена чаще встречаются у молодых людей. Исследования показывают, что треть спортивных травм происходит из-за того, что спортсмены не прошли

полноценную реабилитацию после предыдущих повреждений [6].

Реконструкция ПКС

Согласно обзору Н. П. Мартыненко [1], первая пластика крестообразных связок была произведена в 1895 году А. W. Mayo Robson, когда он сшил разрыв передней и задней крестообразных связок. Однако первая публикация о данном шве вышла в 1900 году W. H. Battle. В качестве аутотрансплантатов в артроскопической реконструкции используются сухожилие связки надколенника «кость-связка-кость», сухожилия подколенных (полусухожильная и полуперепончатая), тонкой и четырехглавой мышц бедра, а также сухожилие длинной малоберцовой мышцы. Единого мнения о том, какой трансплантат является оптимальным вариантом, нет.

Например, лечение с применением аутотрансплантата из средней части связки надколенника является успешным, но его забор сопряжен с травматичностью и продолжительной болью в месте забора. Это негативно влияет на функцию коленного сустава на протяжении нескольких лет. В связи с этим аутотендопротезы из сухожилий полусухожильной и тонкой мышц стали более популярны благодаря меньшей травматичности и лучшей прочности, позволяющей выдерживать значительные нагрузки и благодаря достаточной длине и диаметру выбранного трансплантата, что способствует фиксации его концов в костных каналах и стабилизации сустава. Тем не менее некоторая доля неудовлетворительных исходов сохраняется. Преимуществом трансплантата сухожилия малоберцовой мышцы служит его длина, диаметр и нахождение вне капсульно-связочного аппарата коленного сустава, поэтому в период реабилитации сохраняется сила сгибания колена и в меньшей степени наблюдается атрофия мышц бедра. Поскольку длинная малоберцовая мышца отвечает за пронацию и подошвенное сгибание стопы, существуют теоретические опасения относительно возможной слабости подошвенного сгибания, легких нарушений походки или проблем с равновесием [7, 8, 9].

Реабилитация

Предоперационная реабилитация (3–6 недель) направлена на борьбу с отечностью, воспалением и контроль болевого синдрома, на поддержание и восстановление силы мышц (прежде всего квадрицепса), улучшение сгибания и разгибания коленного сустава, что способствует сокращению времени послеоперационной реабилитации.

В своей статье N. van Melick обращается к трудам Grindem и др. и Shaarani и др., предметом изучения которых было влияние предоперационной реабилитации на исходы после реконструкции ПКС. Основной вывод Grindem и его коллег заключается в том, что если комбинировать предоперационную подготовку с реабилитацией после операции, то через два года субъективно наблюдается улучшение функции колена по сравнению с изолированной послеоперационной реабилитацией. Исследование Shaarani и др.,

охватывающее 12 недель после реконструкции ПКС, показало отсутствие разницы в силе мышц бедра и подколенных сухожилий между группами с предоперационной реабилитацией и без нее. Тем не менее группа, прошедшая предоперационную реабилитацию, продемонстрировала более высокие показатели в оценке функциональности коленного сустава [10].

Опираясь на исследование W. R. Dunn и др., пришли к выводу, что более высокий уровень предоперационной активности, оцененный по шкале Tegner, является предиктором лучшего исхода через как минимум 22 месяца [11]. В. Sonnerby-Cottet и др. обнаружили, что ограниченная амплитуда движений до операции и принадлежность к женскому полу являются факторами, препятствующими полному восстановлению диапазона движений через три месяца после операции [12].

Большинство ученых выделяют такие периоды реабилитации, как ранний послеоперационный (1-я неделя), поздний послеоперационный (2–4-я неделя), функциональный (5–8-я неделя), тренировочно-восстановительный (9–24-я неделя). Однако сроки данных периодов являются условными. Традиционные протоколы реабилитации, основанные на времени, не учитывают индивидуальные различия в нейромоторном обучении и восстановлении гибкости. Более эффективным подходом является реабилитация, ориентированная на достижение конкретных нервно-мышечных целей, основанных на Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (МКФ, ВОЗ, 2001) [13]. Она включает в себя три этапа: первый из которых ориентирован на нарушения, второй – на спортивные тренировки и заключительный – на возвращение спортсмена к игре [8]. Этот подход в реабилитации дает возможность настраивать лечение под потребности каждого пациента.

Методы реабилитации

Вопрос использования фиксатора после операции на ПКС остается предметом дискуссий. Хотя некоторые хирурги считают, что бандаж не требуется и отказываются от него, особенно при плановых операциях, нет убедительных данных о его вреде [14]. Другие специалисты, напротив, видят в послеоперационной фиксации пользу для защиты коленного сустава и ускорения восстановления [14, 15].

Важно помнить, что длительная иммобилизация негативно влияет на суставной хрящ, окружающие ткани, вызывает атрофию мышц, нарушает процесс заживления и метаболизм в коленном суставе, а также может привести к контрактурам. Ранние движения, напротив, способствуют питанию связок. Поэтому протоколы ускоренной реабилитации делают акцент на раннем восстановлении подвижности и опороспособности без использования бандажа, а также на раннем начале силовых тренировок [16, 17].

Криотерапия применяется в первые 12–72 часа после операции. Она оказывает комплексное

воздействие: уменьшает отеки, боль и мышечные спазмы, замедляет нервную проводимость, создавая оптимальную среду для регенерации поврежденных тканей. Простота, доступность и эффективность оправдывают ее применение на ранних этапах реабилитации [18].

Ключевым преимуществом гидрокинезиотерапии является возможность более раннего начала активных упражнений за счет снижения гравитационной нагрузки на коленный сустав. Сопротивление воды стимулирует более быстрое восстановление тонуса атрофированных мышц [19].

Сравнительный анализ реабилитационных мероприятий в водной среде и на суше у пациентов, подвергшихся реконструкции ПКС, продемонстрировал, что водные упражнения не достигают такой же степени эффективности в плане гипертрофии и трофики мускулатуры, как упражнения, выполняемые на суше [20]. Другие исследователи считают, что гидротерапия может быть полезна только на ранних этапах реабилитации для улучшения субъективного восприятия функции коленного сустава [21]. Анализ литературы показал, что гидрокинезиотерапия наиболее эффективна при сочетании ее с тренировкой на земле [19, 21].

Для подготовки организма к предстоящим нагрузкам и восстановления нормального кровотока в суставах часто назначают массаж, который помогает устранить мышечные спазмы, улучшить трофику тканей и обмен веществ. Медицинские источники подчеркивают важность массажа в раннем послеоперационном периоде, так Д. В. Федулова в своей работе по применению средств и форм лечебной физкультуры ссылается на М. Б. Цыкунова, который советует начинать массаж спустя 5–7 дней после хирургического вмешательства [18].

Кроме того, проводилось исследование относительно эффективности применения аппаратного лимфодренажного массажа на ранних сроках (10–15 дней) после реконструкции ПКС, что обеспечивает улучшение лимфотока, рассасывание гематомы и минимизации токсического воздействия продуктов распада на ткани. Такой подход позволяет ускорить восстановление спортсменов после операций и снижает риск развития остеоартроза в дальнейшем [22].

Тренировка с ограничением кровотока при низкой нагрузке включает изометрические упражнения с наложением специальной пневматической нейлоновой манжеты на проксимальную часть обоих бедер. В течение всей тренировки, включая перерывы между подходами, в манжете поддерживается давление, составляющее 50% от давления, при котором прекращается кровоток в артериях. Данная методика применяется для укрепления квадрицепсов и подколенных сухожилий в качестве дополнения к стандартному лечению на начальных периодах реабилитации, особенно если у спортсменов усиливаются боли или они не могут переносить высокие динамические нагрузки на коленный сустав [23, 24].

Упражнения с закрытой и открытой кинематической цепями

Нижняя конечность формирует кинематическую цепь, объединяющую тазобедренный, коленный и голеностопный суставы. Эта цепь считается замкнутой, когда стопа находится в контакте с поверхностью, генерируя сгибаемый момент во всех трех суставах. Упражнения на закрытой кинематической цепи (ЗКЦ) часто назначаются непосредственно после операций, а на открытой кинематической цепи (ОКЦ) с 4–6 недели после операции в ограниченном диапазоне движений (90–45 градусов) [25, 26].

Классически после операций по восстановлению ПКС реабилитационные программы делали акцент на упражнениях с ЗКЦ, которые способствуют укреплению четырехглавой мышцы бедра, улучшают координацию движений и проприоцепцию, имитируют естественные движения, выполняемые в повседневной жизни, не увеличивают риск смещения большеберцовой кости, оказывают меньшее давление на трансплантат связки по сравнению с упражнениями с ОКЦ, где конечность свободно движется. Исходя из этих преимуществ, упражнения ЗКЦ считались более безопасными для реабилитации ПКС [25, 26, 27].

Однако последние исследования показывают, что разница в нагрузке на ПКС между некоторыми упражнениями ЗКЦ и ОКЦ может быть незначительной. Исследования D. A. Khan и M. V. Paterno выявили, что комбинированное применение упражнений ЗКЦ и ОКЦ оказалось более эффективным для восстановления силы квадрицепса после реконструкции ПКС, чем использование только упражнений ЗКЦ [28, 29].

Помимо традиционных, используются также ряд инновационных методов реабилитации с и без биологической обратной связи (БОС). Использование передовых тренажеров, оснащенных системами БОС, обеспечивает мгновенный мониторинг корректности выполнения физических упражнений и оценку текущего состояния опорно-двигательного аппарата. К ним относятся баланс-платформы, аппаратная механотерапия, динамическая электромиостимуляция [30].

Стабилоплатформы, или баланс-платформы, являются важными элементами нейромоторной и проприоцептивной тренировки на равновесие. Платформы без биологической обратной связи представляют собой жесткие диски или доски, установленные на подвижных элементах, таких как шары, ролики, пружины или надувные подушки, применение которых требует постоянного удержания баланса. Стабилоплатформы с БОС могут быть стабильными и нестабильными, при сравнении которых было обнаружено, что занятия на специальной неустойчивой платформе лучше помогают восстановить подвижность, показатели мышечной силы и правильные движения коленного сустава, улучшить поструральный контроль после операции, чем тренировки на твердой поверхности (рис. 1) [31].



Рисунок 1 – Стабилоплатформа с биологической обратной связью (Источник: <https://wp-uploads.storage.yandexcloud.net/uploads/2019/10/trenazher.jpg>)
Figure 1. – A stable biofeedback platform.

Критически важным для сохранения целостности трансплантата и обеспечения устойчивости коленного сустава в динамике является эффективное распределение механических сил в суставах при ударных нагрузках. Кроме того, платформы способствуют снижению риска повторных травм и более быстрому восстановлению полноценной двигательной активности [32, 33].

Электромиостимуляция (ЭМС) представляет собой неинвазивную методику, основанную на применении импульсного электрического тока. Цель ЭМС – улучшить мышечный тонус, ускорить реакцию мышц на стимулы и предотвратить их атрофию. Различают два вида: нейромышечную и функциональную ЭМС (рис. 2). В обоих случаях ток определенной частоты передается через электроды, которые располагаются на активных двигательных зонах нижних конечностей и ягодиц. Эти электроды могут быть оснащены токопроводящим гелем или гидрофильными прокладками (например, в составе специального костюма). Подача тока вызывает видимые мышечные сокращения. Нейромышечная ЭМС обычно проводится в состоянии покоя (лежа или сидя). Функциональная же предполагает синхронизацию воздействия тока с активными движениями пациента, такими как ходьба или бег [34].

Электростимуляция способствует увеличению силы квадрицепса на ранних этапах после операции, при этом она не оказала влияния на силу мышц задней поверхности бедра. На начальном этапе после операции наблюдалось заметное сни-



Рисунок 2 – Нейромышечная электромиостимуляция (Источник: <https://pbs.twimg.com/media/GaAxILKXAAAFc2v.jpg>)
Figure 2. – Neuromuscular Electromyostimulation.

жение отека коленного сустава. Значительных изменений в амплитуде движений, гибкости, субъективной оценке функции и сроках возвращения к спорту выявлено не было [35].

Аппаратная механотерапия – это еще один метод реабилитации, в основе которого лежит использование специализированных высокотехнологичных тренажеров с такими преимуществами, как возможность применения на ранних этапах реабилитации, улучшение крово- и лимфообращения и функционального состояния сустава, увеличение обхвата бедра, ускоренная профессиональная адаптация. К таким аппаратам относятся Con-trex, Artromot [36, 37].

Выводы

Анализ современных подходов к реабилитации после операции на ПКС показывает, что успешное возвращение спортсмена к полноценным нагрузкам зависит не от одного конкретного метода, а от грамотного сочетания различных техник, адаптированных к текущему этапу восстановления. Современная реабилитация отошла от пассивного ожидания к активному и ускоренному восстановлению, признавая важность ранней мобилизации и силовых тренировок для здоровья тканей и предотвращения атрофии. Для профессиональных спортсменов наиболее эффективна комплексная система, где ранняя активность и силовые упражнения являются основой, а специализированные методы ускоряют процесс и улучшают нервно-мышечный контроль. Только такой всесторонний подход позволяет снизить риск повторной травмы и вернуть спортсмена на прежний уровень.

Литература

1. Мартыненко, Н. П. Оперативное восстановление крестообразных связок коленного сустава. Историческая сводка (обзор литературы) / Н. П. Мартыненко, А. Б. Якупов, С. К. Таштаев // Наука и здравоохранение. – 2014. – № 3. – С. 15-17. – edn: VKIUPF.
2. Аугментация передней крестообразной связки при ее частичных разрывах / М. Э. Ирисметов, Ф. М. Усмонов, Д. Ф. Шамшиметов [и др.] // Журнал теоретической и клинической медицины. – 2019. – № 1. – С. 67-71. – edn: IZLRMU.
3. Толстых, Р. А. Механизм повреждения и этапность физической реабилитации после травм крестообразной связки коленного сустава у спортсменов / Р. А. Толстых, В. В. Косс, Д. Ю. Леонов // Хирургическая практика. – 2018. – № 3. – С. 42-45. – doi: 10.17238/issn2223-2427.2018.3.42-45. – edn: SHPVQQ.
4. Non-contact Anterior Cruciate Ligament Injury Epidemiology in Team-Ball Sports: A Systematic Review with Meta-analysis by Sex, Age, Sport, Participation Level, and Exposure Type / L. Chia, D. De Oliveira Silva, M. Whalan [et al.] // Sports Med. – 2022. – Vol. 52, iss. 10. – P. 2447-2467. – doi: 10.1007/s40279-022-01697-w.
5. Сирож, А. Ю. Частота и причины травматизации в футболе. Средства восстановления / А. Ю. Сирож, Ц. Ван // Физическая реабилитация в современном обществе : материалы итоговой научно-практической конференции кафедры физической реабилитации, массажа и оздоровительной физической культуры им. И. М. Саркизова-Серазини, Москва, 21 декабря 2023 года / под ред. С. А. Ткаченко, Ю. А. Ермолаевой. – Москва, 2023. – С. 150-154. – edn: NIKXYW.
6. Prevalence and risk factors of anterior cruciate ligament injuries among football team players in Bisha City, Saudi Arabia / Z. A. Khired, H. S. Alshahrani, N. M. Altayyib [et al.] // International Journal of Medicine in Developing Countries. – 2023. – Vol. 7, № 10. – P. 1325-1332. – doi: 10.24911/IJMD.51-1684008114.
7. Sari, M. K. Peroneus Longus Versus Hamstring Tendon Graft for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Retrospective Matched Comparison / M. K. Sari, O. Kose // Journal of Clinical Medicine. – 2025. – Vol. 14, № 20. – P. 7319. – doi: 10.3390/jcm14207319.
8. Федулова, Д. В. Реабилитация после сочетанной травмы: разрыва передней крестообразной связки и мениска / Д. В. Федулова, Г. А. Ямалетдинова, Д. А. Давыдов // Безопасность здоровья человека. – 2017. – № 2. – С. 38-49. – edn: YYZDUX.
9. Михайлов, И. Н. Результаты лечения пациентов после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки / И. Н. Михайлов, М. Э. Пусева, Д. Б. Бальжинмаев // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2018. – Т. 155, № 4. – С. 39-42. – edn: YXLTKP.
10. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus / N. van Melick, R. E. H. van Cingel, F. Brooijmans [et al.] // British Journal of Sports Medicine. – 2016. – Vol. 50, № 24. – P. 1506-1515. – doi: 10.1136/bjsports-2015-095898.
11. Baseline Predictors of Health-Related Quality of Life After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / W. R. Dunn, B. R. Wolf, F. E. Harrell [et al.] // J Bone Joint Surg Am. – 2015. – Vol. 97, № 7. – P. 551-557. – doi: 10.2106/JBJS.N.00248.
12. Arthroscopic muscle inhibition after ACL reconstruction: a scoping review of the efficacy of interventions / B. Sonnerly-Cottet, A. Saithna, B. Quelard // Br. J Sports Med. – 2019. – Vol. 53, № 5. – P. 289-298. – doi: 10.1136/bjsports-2017-098401.
13. Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья / Всемирная организация здравоохранения. – Женева, 2001. – 351 с.
14. Aspetar clinical practice guideline on rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction / R. Kotsifaki, V. Korakakis, E. King [et al.] // British Journal of Sports Medicine. – 2023. – Vol. 57, № 9. – P. 500-514. – doi: 10.1136/bjsports-2022-106158.
15. Return to Sports After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / A. Manoharan, A. Fithian, V. Xie [et al.] // The Permanente Journal. – 2024. – Vol. 28, № 2. – P. 102-108. – doi: 10.7812/TPP/23.132.
16. ACL reconstruction with hamstring tendon autograft and accelerated brace-free rehabilitation: a systematic review of clinical outcomes / R. P. A. Janssen, N. van Melick, J. B. A. van Mourik [et al.] // BMJ Open Sport Exerc Med. – 2018. – Vol. 4, № 1. – P. e000301 – doi: 10.1136/bmjsem-2017-000301.
17. Accelerated versus non-accelerated rehabilitation after primary anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autografts: a systematic review and meta-analysis of comparative studies / J. G. Kim, W. S. Kim, S.-G. Kim [et al.] // Indian J Orthop. – 2021. – Vol. 55, № 1. – P. 405-415. – doi: 10.1007/s43465-021-00375-9.
18. Федулова, Д. В. Применение средств и форм ЛФК в реабилитации людей после операции на крестообразных связках коленного сустава / Д. В. Федулова, Д. А. Давыдов, Н. Б. Серова // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2016. – Т. 1, № 4. – С. 59-64. – edn: XINRAD.
19. Расширенная реабилитация пациентов после артропластики коленного сустава: когда и кому она показана? / Н. С. Николаев, А. С. Карпунин, Р. В. Петрова [и др.] // Вестник восстановительной медицины. – 2018. – № 4 (86). – С. 7-13. – edn: YOPAVV.
20. Comparison of an Innovative Rehabilitation, Combining Reduced Conventional Rehabilitation with Balneotherapy, and a Conventional Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Athletes / L. Peultier-Celli, D. Mainard, F. Wein [et al.] // Frontiers in Surgery. – 2017. – Vol. 4. – P. 61. – doi: 10.3389/fsurg.2017.00061.
21. Бойченко, А. М. Гидрокинезотерапия как форма реабилитации спортивных травм колена / А. М. Бойченко, И. Е. Корогодина // Культура физическая и здоровье. – 2020. – № 1 (73). – С. 141-143. – edn: KISYML.
22. Технология применения аппаратного лимфодренажа в тренировочном процессе высококвалифицированных спортсменов / К. С. Зайцев, И. В. Корягина, В. А. Блинов, О. А. Блинов // Теория и практика физической культуры. – 2016. – № 8. – С. 80. – edn: WDJORJ.
23. Isometric blood flow restriction exercise: acute physiological and neuromuscular responses / B. Lauber, D. König, A. Gollhofer [et al.] // BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation. – 2021. – Vol. 13, № 1. – P. 12. – doi: 10.1186/s13102-021-00239-7.
24. Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load

- resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis / M. E. Lixandrao, C. Ugrinowitsch, R. Berton [et al.] // *Sports Medicine*. – 2018. – Vol. 48, № 2. – P. 361-378. – doi: 10.1007/s40279-017-0795-y.
25. Early Accelerated versus Delayed Conservative Rehabilitation Protocol after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Randomized Trial / S. K. Patra, S. N. Nanda, B. P. Patro [et al.] // *Revista Brasileira de Ortopedia (Sao Paulo)*. – 2022. – Vol. 57, № 3. – P. 429-436. – doi: 10.1055/s-0042-1748970.
26. Return To Sport Following ACL Reconstruction / A. Foley, J. Confino, R. Halvorson [et al.] // *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. – 2025. – Vol. 18, № 12. – P. 599-610. – doi: 10.1007/s12178-025-09989-0.
27. Contemporary Principles for Postoperative Rehabilitation and Return to Sport for Athletes Undergoing Anterior Cruciate Ligament Reconstruction / C. R. Badawy, K. Jan, E. C. Beck [et al.] // *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*. – 2022. – Vol. 4, № 1. – P. e103-e113. – doi: 10.1016/j.asmr.2021.11.002.
28. Effect of Knee Angle Specific (60°–90°) Combine versus Isolated Kinetic Chain on Post ACL Recovery Outcomes: A Randomized Control Trial / D. A. Khan, A. Ahmad, H. Karimi [et al.] // *Journal of Multidisciplinary Healthcare*. – 2025. – Vol. 18. – P. 5801-5815. – doi: 10.2147/JMDH.S528778.
29. Quadriceps femoris strength deficits early in rehabilitation after ACL reconstruction identify risk of future contralateral ACL injury following return to sport in young athletes: A Preliminary analysis / M. V. Paterno, M. P. Ithurburn, S. Thomas [et al.] // *Physical Therapy in Sport*. – 2025. – Vol. 75. – P. 1-6. – doi: 10.1016/j.ptsp.2025.07.001.
30. Ахтямов, И. Ф. Современные методы восстановительного лечения пациентов после артроскопической реконструктивной пластики передней крестообразной связки коленного сустава: обзор литературы / И. Ф. Ахтямов, В. И. Айдаров, Э. Р. Хасанов // *Гений ортопедии*. – 2021. – Т. 27, № 1. – С. 121-127. – doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-1-121-127. – edn: JFENVW.
31. Сравнительный анализ использования баланс-платформ у пациентов после пластики передней крестообразной связки / Р. А. Жаворонков, М. Ю. Яковлев, Л. А. Марченкова [и др.] // *Вестник восстановительной медицины*. – 2025. – Т. 24, № 5. – С. 131-141. – doi: 10.38025/2078-1962-2025-24-5-131-141. – edn: KJUQEX.
32. Корчажкина, Н. Б. Особенности применения стабилплатформ с биологической обратной связью при различных социально значимых заболеваниях / Н. Б. Корчажкина, А. А. Михайлова // *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. – 2019. – Т. 18, № 2. – С. 103-106. – doi: 10.17816/1681-3456-2019-18-2-103-106. – edn: KXDZOQ.
33. Лунина, Н. В. Эффекты использования БОС-механотерапии после пластики передней крестообразной связки коленного сустава / Н. В. Лунина, К. А. Смирнова // *Современные вопросы биомедицины*. – 2024. – Т. 8, № 1. – С. 23. – doi: 10.51871/2588-0500_2024_08_01_23. – edn: HLVWBI.
34. Бурская, С. Электромиостимуляция как часть реабилитационного процесса / С. Бурская, О. Белецкая, М. Шумилова // *Врач*. – 2018. – Т. 29, № 10. – С. 84-87. – doi: 10.29296/25877305-2018-10-20. – edn: UNLLXT.
35. Зубовская, Т. М. Физиотерапевтические методы и средства локального воздействия на мышечный аппарат спортсмена / Т. М. Зубовская, И. М. Мазаник, Д. К. Зубовский // *Прикладная спортивная наука*. – 2017. – № 1 (5). – С. 91-100. – edn: YUIODU.
36. Бойченко, Р. А. Медицинская реабилитация в спорте высших достижений после реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава / Р. А. Бойченко, С. В. Горнов // *Медицина экстремальных ситуаций*. – 2022. – Т. 24, № 2. – С. 94-100. – doi: 10.47183/mes.2022.022. – edn: HREBEN.
37. Эффективность применения аппаратной механотерапии в восстановительном периоде после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки / А. О. Павлов, Е. Ю. Можейко, С. В. Прокопенко [и др.] // *Вестник восстановительной медицины*. – 2022. – Т. 21, № 2. – С. 80-87. – doi: 0.38025/2078-1962-2022-21-2-80-87. – edn: FOXGYX.

References

1. Martynenko NP, Yakupov AB, Tashtaeв SK. Surgical restoration of cruciate ligaments of the knee joint. Historical report (literature review). *Science & healthcare*. 2014(3):15-17. edn: VKIUFП. (Russian).
2. Irismetov MJe, Usmonov FM, Shamshimetov DF, Holikov AM, Razhabov KN, Tadzhinazarov MB. Augmentacija perednej krestooobraznoj svjazki pri ee chastichnyh razryvah. *Journal of theoretical and clinical medicine*. 2019;(1):67-71. edn: IZLRMU. (Russian).
3. Tolstykh RA, Koss VV., Leonov DYU. The mechanism of damage and the stage of physical rehabilitation after injuries of the cruciate ligament of the knee joint in athletes. *Surgical practice*. 2018;(3):42-45. doi: 10.17238/issn2223-2427.2018.3.42-45. edn: SHPVQQ. (Russian).
4. Chia L, De Oliveira Silva D, Whalan M, McKay MJ, Sullivan J, Fuller CW, Pappas E. Non-contact Anterior Cruciate Ligament Injury Epidemiology in Team-Ball Sports: A Systematic Review with Meta-analysis by Sex, Age, Sport, Participation Level, and Exposure Type. *Sports Med*. 2022;52(10):2447-2467. doi: 10.1007/s40279-022-01697-w.
5. Sirozh A, Wang Z. Injuries in football. Recovery tools. In: Tkachenko SA, Ermolaeva JuA, editors. *Fizicheskaja rehabilitacija v sovremennom obshchestve*. Materialy itogovoj nauchno-prakticheskoy konferencii kafedry fizicheskoy rehabilitacii, massazha i ozdorovitelnoj fizicheskoy kultury im. I.M. Sarkizova-Serazini; 2023 dek 21, Moskva. Moskva: GCOLIFK, 2023. p. 150-154. edn: NIKXYW. (Russian).
6. Khired ZA, Alshahrani HS, Altayyib NM, Alsuaйri AH, Alamri AD, Alahmari AS, Alqarni MA, Alsaadi SK. Prevalence and risk factors of anterior cruciate ligament injuries among football team players in Bisha City, Saudi Arabia. *IJMDC*. 2023;7(10):1325-1332. doi: 10.24911/IJMDC.51-1684008114.
7. Sari MK, Kose O. Peroneus Longus Versus Hamstring Tendon Graft for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Retrospective Matched Comparison. *J Clin Med*. 2025;14(20):7319. doi: 10.3390/jcm14207319.
8. Fedulova DV, Yamaletdinova GA, Davydov DA. Rehabilitation after combined injuries: rupture of anterior cruciate ligament and meniscus. *Bezopasnost zdorovja cheloveka*. 2017;(2):38-49. edn: YYZDUX. (Russian).
9. Mikhaylov IN, Puseva ME, Balzhinimaev DB. The results of the treatment of patients after arthroscopic restoration of anterior crucial ligament. *Siberian medical journal (Irkutsk)*. 2018;155(4):39-42. edn: YXLTKP. (Russian).

10. Van Melick N, Van Cingel REH, Brooijmans F, Nester C, Van Tienen T, Hullegie W, Nijhuis-van der Sanden MWG. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med*. 2016;50(24):1506-1515. doi: 10.1136/bjsports-2015-095898.
11. Dunn WR, Wolf BR, Harrell FE, Reinke EK, Huston LJ. Baseline predictors of health-related quality of life after anterior cruciate ligament reconstruction: a longitudinal analysis of a multicenter cohort at two and six years. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97(7):551-7. doi: 10.2106/JBJS.N.00248.
12. Sonnery-Cottet B, Saithna A, Quelard B, Daggett M, Borade A, Ouanezar H, Thaumat M, Blakeney WG. Arthrogenic muscle inhibition after ACL reconstruction: a scoping review of the efficacy of interventions. *Br J Sports Med*. 2019;53(5):289-298. doi: 10.1136/bjsports-2017-098401.
13. Vsemirnaja organizacija zdravoohranjenija. Mezhdunarodnaja klassifikacija funkcionirovanija, ogranichenij zhiznedejatel'nosti i zdorovja. Zheneva; 2001. 351 p. (Russian).
14. Kotsifaki R, Korakakis V, King E, Barbosa O, Maree D, Pantouveris M, Bjerregaard A, Luomajoki J, Wilhelmsen J, Whiteley R. Aspetar clinical practice guideline on rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med*. 2023;57(9):500-514. doi: 10.1136/bjsports-2022-106158.
15. Manoharan A, Fithian A, Xie V, Hartman K, Schairer W, Khan N. Return to Sports After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Perm J*. 2024;28(2):102-108. doi: 10.7812/TPP/23.132.
16. Janssen RPA, van Melick N, van Mourik JBA, Reijman M, van Rhijn LW. ACL reconstruction with hamstring tendon autograft and accelerated brace-free rehabilitation: a systematic review of clinical outcomes. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2018;4(1):e000301. doi: 10.1136/bmjsem-2017-000301.
17. Kim JG, Kim WS, Kim SG, Lee DH. Accelerated Versus Non-accelerated Rehabilitation After Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Hamstring Autografts: A Systematic Review and Meta-analysis of Comparative Studies. *Indian J Orthop*. 2021;55(2):405-415. doi: 10.1007/s43465-021-00375-9.
18. Fedulova DV, Davydov DA, Serova NB. Application of means and forms of therapeutic physical training in the rehabilitation of people after surgery on the cruciate ligaments of the knee joint. *Physical culture. Sport. Tourism. Motor recreation*. 2016;1(4):59-64. edn: XINRAD. (Russian).
19. Nikolaev NS, Karpuhin AS, Petrova RV, Lyubimov EA, Fadeeva UG, Karpeeva MS, Sergeeva EV. Extended rehabilitation of patients after knee arthroplasty: when and to whom it is recommended? *Bulletin of rehabilitation medicine*. 2018;4(86):7-13. edn: YOPAVV. (Russian).
20. Peultier-Celli L, Mainard D, Wein F, Paris N, Boisseau P, Ferry A, Gueguen R, Chary-Valckenaere I, Paysant J, Perrin P. Comparison of an Innovative Rehabilitation, Combining Reduced Conventional Rehabilitation with Balneotherapy, and a Conventional Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Athletes. *Front Surg*. 2017;4:61. doi: 10.3389/fsurg.2017.00061.
21. Bojchenko AM, Korogodin IE. Hydrokinesotherapy as a form of rehabilitation of sports injuries of the knee. *Physical culture and health*. 2020;1(73):141-143. edn: KISYML. (Russian).
22. Zaytsev KS, Koryagina JV, Blinov VA, Blinov OA. Mechanical lymphatic drainage application technology in training process of elite athletes. *Teoriya i praktika fizicheskoy kultury*. 2016;(8):80. edn: WDJORJ. (Russian).
23. Lauber B, König D, Gollhofer A, Centner C. Isometric blood flow restriction exercise: acute physiological and neuromuscular responses. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2021;13(1):12. doi: 10.1186/s13102-021-00239-7.
24. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Berton R, Vechin FC, Conceição MS, Damas F, Libardi CA, Roschel H. Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 2018;48(2):361-378. doi: 10.1007/s40279-017-0795-y.
25. Patra SK, Nanda SN, Patro BP, Sahu NK, Mohnaty CR, Jain M. Early Accelerated versus Delayed Conservative Rehabilitation Protocol after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Randomized Trial. *Rev Bras Ortop (São Paulo)*. 2022;57(3):429-436. doi: 10.1055/s-0042-1748970.
26. Foley A, Confino J, Halvorson R, Petrie K, Torres A, Feeley B. Return To Sport Following ACL Reconstruction. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2025;18(12):599-610. doi: 10.1007/s12178-025-09989-0.
27. Badawy CR, Jan K, Beck EC, Fleet N, Taylor J, Ford K, Waterman BR. Contemporary Principles for Postoperative Rehabilitation and Return to Sport for Athletes Undergoing Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthrosc Sports Med Rehabil*. 2022;4(1):e103-e113. doi: 10.1016/j.asmr.2021.11.002.
28. Khan DA, Ahmad A, Karimi H, Hanif A, Almansour AM, Almansour AM, Aldahmash B, Rady A, Almansour MI. Effect of Knee Angle Specific (60°-90°) Combine versus Isolated Kinetic Chain on Post ACL Recovery Outcomes: A Randomized Control Trial. *J Multidiscip Healthc*. 2025;18:5801-5815. doi: 10.2147/JMDH.S528778.
29. Paterno MV, Ithurburn MP, Thomas S, Zwolski CM, Schmitt LC. Quadriceps femoris strength deficits early in rehabilitation after ACL reconstruction identify risk of future contralateral ACL injury following return to sport in young athletes: A Preliminary analysis. *Phys Ther Sport*. 2025;75:1-6. doi: 10.1016/j.ptsp.2025.07.001.
30. Akhtyamov IF, Aidarov VI, Khasanov ER. Current methods of rehabilitation after arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee joint (review of literature). *Orthopaedic genius*. 2021;27(1):121-127. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-1-121-127. edn: JFEHVW. (Russian).
31. Zhavoronkov RA, Yakovlev MYu, Marchenkova LA, Styazhkina EM, Valner MN, Lutsenko AM, Subbotin NA. Comparative Analysis of Balance Platform Use in Patients after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2025;24(5):131-141. doi: 10.38025/2078-1962-2025-24-5-131-141. edn: KJUQEX. (Russian).
32. Korchazhkina NB, Mikhailova AA. Features of the use of stable platforms with biological feedback in various socially significant diseases. *Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*. 2019;18(2):103-106. doi: 10.17816/1681-3456-2019-18-2-103-106. edn: KXDZOQ. (Russian).

33. Lunina NV, Smirnova KA. Effects of biofeedback mechanotherapy after anterior cruciate ligament reconstruction. *Modern Issues of Biomedicine*. 2024;8(1)23. doi: 10.51871/2588-0500_2024_08_01_23. edn: HLVWBI. (Russian).
34. Burskaya S, Beletskaya O, Shumilova M. Electrical muscle stimulation as part of the rehabilitation process. *Vrach*. 2018;29(10):84-87. doi: 10.29296/25877305-2018-10-20. edn: UNLLXT. (Russian).
35. Zubovskaya TM, Mazanik IM, Zubovsky DK. Physiotherapeutic methods and means of local impact on the muscular system. *Prikladnaja sportivnaja nauka*. 2017;1(5):91-100. edn: YUIOD. (Russian).
36. Boichenko RA, Gornov SV. Medical rehabilitation of high performance athletes after reconstruction of anterior cruciate ligament of the knee. *Medicine of extreme situations*. 2022;24(2):94-100. doi: 10.47183/mes.2022.022. edn: HREBEH. (Russian).
37. Pavlov AO, Mozheyko EY, Prokopenko SV, Portnyagin EV, Streltsov AD, Chistov MA, Khranchenko MA. Effective Use of Apparotherapy in the Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Arthroscopic Reconstruction. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022;21(2):80-87. doi: 0.38025/2078-1962-2022-21-2-80-87. edn: FOXGYX. (Russian).

REVIEW OF METHODS OF MEDICAL REHABILITATION OF ATHLETES FOLLOWING ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURY

A. S. Yarosh, M. P. Kunda, O. G. Kuzmich

Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

This article presents a review on current approaches to medical rehabilitation of athletes following anterior cruciate ligament reconstruction. The mechanisms of injury, risk factors, and surgical treatment options using various autografts are discussed. The stages of rehabilitation and innovative methods of medical rehabilitation are covered in detail. It is concluded that successful return of an athlete to full physical loads is ensured by a comprehensive, phased and personalized rehabilitation program.

Keywords: sports medicine, medical rehabilitation, sports injury, cruciate ligament rupture.

For citation: Yarosh AS, Kunda MP, Kuzmich OG. Review of methods of medical rehabilitation of athletes following anterior cruciate ligament injury. *Journal of the Grodno State Medical University*. 2026;24(4): 423-430. <https://doi.org/10.25298/2221-8785-2026-24-4-423-430>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing. The study was performed without external funding.

Об авторах / About the authors

*Ярош Анастасия Сергеевна / Yarosh Anastasia, e-mail: a.s.yarosch@yandex.by, ORCID: 0009-0003-6147-2577

Поступила / Received: 06.04.2026

Принята к публикации / Accepted for publication: 21.05.2026