

DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf623019>

Важнейшие аспекты реабилитации полупрофессиональных спортсменов после травмы передней крестообразной связки: оперировать или нет?

И.В. Ульянов¹, В.Д. Прошляков¹, К.И. Засядько², Ю.А. Шумкин¹, А.В. Агальцова¹,
И.В. Плесовских¹, А.А. Морозова¹, А.В. Николаева³, А.В. Фролова³

¹ Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, Рязань, Россия;

² Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, Липецк, Россия;

³ Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

В последнее время появляется всё больше научных данных, доказывающих, что пациенты, получившие травму передней крестообразной связки, способны восстановить стабильность коленного сустава за счёт правильно построенной реабилитационной программы, которая включает моторное переобучение, соблюдение сроков заживления тканей; а также за счёт новаторского подхода в физической терапии подобных пациентов путём длительной иммобилизации коленного сустава в специальном ортезе в течение 4 нед с последующим полным возвратом объёма движения в суставе к 10-й неделе реабилитации. Кроме того, неоднократно доказано в многочисленных кадаверных, гистологических и МРТ-исследованиях, что передняя крестообразная связка способна к самовосстановлению после частичного или полного нарушения её структуры. В связи с получением новых данных необходимо пересмотреть сформированные современные протоколы оперативного лечения в разрезе потребностей различных когорт пациентов. В статье рассматриваются вопросы необходимости оперативного лечения и современные возможности консервативной терапии после травмы передней крестообразной связки, правила включения и исключения пациентов для оперативного лечения, а также ключевые аспекты физической терапии после повреждения передней крестообразной связки.

Ключевые слова: передняя крестообразная связка; ПКС; физическая терапия; реабилитация.

Как цитировать

Ульянов И.В., Прошляков В.Д., Засядько К.И., Шумкин Ю.А., Агальцова А.В., Плесовских И.В., Морозова А.А., Николаева А.В., Фролова А.В. Важнейшие аспекты реабилитации полупрофессиональных спортсменов после травмы передней крестообразной связки: оперировать или нет? // Российский медицинский журнал. 2023. Т. 29, № 6. С. 494–502. DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf623019>

DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf623019>

The most important aspects in the rehabilitation of semiprofessional athletes after an anterior cruciate ligament injury: to operate or not?

Ilya V. Ulyanov¹, Vladimir D. Proshlyakov¹, Konstantin I. Zasyadko², Yuri A. Shumkin¹, Anna V. Agaltsova¹, Ilya V. Plesovskikh¹, Anna A. Morozova¹, Alina V. Nikolaeva³, Anastasia V. Frolova³

¹ Ryazan State Medical University, Ryazan, Russia;

² Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shansky, Lipetsk, Russia;

³ N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

In recent times, accumulating scientific data prove that in patients who have suffered an anterior cruciate ligament injury, their stability of the knee joint can be restored by a properly constructed rehabilitation program, including motor retraining, compliance with tissue healing time, and an innovative approach in physical therapy by long-term immobilization of the knee joint in a special orthosis within 4 weeks, followed by a complete return of the extent of joint movements by 10 weeks of rehabilitation. In addition, numerous cadaveric, histological, and magnetic resonance imaging studies have proved that the anterior cruciate ligament is capable of self-healing after partial or complete disruption. In connection with the new findings, revising the established modern protocols of surgical treatment in the context of its needs for different cohorts of patients is necessary. This article discusses the need for surgical treatment and modern possibilities of conservative therapy after an anterior cruciate ligament injury, rules of inclusion and exclusion of patients for surgical treatment, and key aspects in the physical therapy of patients with anterior cruciate ligament injury.

Keywords: anterior cruciate ligament; ACL; physical therapy; rehabilitation.

To cite this article

Ulyanov IV, Proshlyakov VD, Zasyadko KI, Shumkin YA, Agaltsova AV, Plesovskikh IV, Morozova AA, Nikolaeva AV, Frolova AV. The most important aspects in the rehabilitation of semiprofessional athletes after an anterior cruciate ligament injury: to operate or not? *Russian Medicine*. 2023;29(6):494–502. DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf623019>

ВВЕДЕНИЕ

Передняя крестообразная связка (ПКС) благодаря своему анатомическому положению выполняет функцию удерживателя голени от смещения вперёд и внутрь, и благодаря её роли становится понятным механизм травмы, при котором происходит разрыв ПКС. Как правило, разрыв ПКС является результатом внезапного торможения или мгновенной остановки при беге и/или ходьбе из-за воздействия внешних сил, например при использовании силового приёма, гиперэкстензии в коленном суставе и при резком повороте тела на опорной ноге.

Однако механизмы и причины разрыва ПКС намного сложнее. Принципиально в качестве причин разрыва ПКС можно выделить прямую травму (контактный механизм: удар по голени или бедру и вальгусное положение коленного сустава, сочетающееся с внутренней ротацией бедра) и непрямую травму (бесконтактный механизм: вращение на опорной ноге, при резком торможении, приземлении после прыжка, резкой смене направления или остановке, ударе о поверхность спортивной площадки и т.д.). Наиболее частым при повреждении ПКС (до 78%) является бесконтактный механизм травмы. По данным статистики, в Соединённых Штатах ежегодно проводится более 200 000 пластик ПКС, но получают оперативное лечение только 60 000 пациентов [1]. Частота оперативных вмешательств при реконструкции ПКС в Российской Федерации неизвестна.

Во многих исследованиях установлено, что остеоартрит коленного сустава в конечном итоге развивается у 60–90% лиц с повреждениями ПКС [2]. В работе P. Neuman с соавт. [2] говорится, что частота развития остеоартрита коленного сустава при изолированном повреждении ПКС находится в пределах от 0 до 13%, а при сочетанном повреждении ПКС и мениска — в пределах от 21 до 48% [3]. Особого внимания заслуживает неспособность атлетов высокого уровня выступать на прежнем уровне после сочетанной травмы ПКС и мениска. Так, в исследовании Национальной футбольной лиги США футболисты с такого рода повреждением имели карьеру меньшей продолжительности или принимали участие в меньшем количестве матчей [4]. В систематическом обзоре и метаанализе, проведённом С.Л. Ardern с соавт., обнаружено, что только 81% пациентов возвращаются к повседневной физической активности, 65% вернулись к своему прежнему уровню занятий спортом и 55% — к соревновательным видам спорта [5]. Иными словами, примерно половина спортсменов не возвращается к своему прежнему соревновательному уровню. В другом систематическом обзоре и метаанализе A.J. Wiggins с соавт. обнаружили, что частота повторной травмы ПКС после операции составляет 15% для всех пациентов, 21% — если пациенты были моложе 25 лет и 23% — если пациенты были моложе 25 лет и вернулись к занятиям спортом I уровня [6]. Кроме того, К.Е. Webster и соавт. в 2018 году установили, что пациенты в возрасте

до 25 лет, которым уже была проведена повторная реконструкция ПКС, имели 27% риск третичной травмы ПКС [7].

В данном обзоре нами проанализированы основные актуальные исследования, посвящённые возможностям консервативной терапии после частичного или полного повреждения структуры ПКС, а также ключевые подходы в реабилитации на конечном этапе физической терапии у полупрофессиональных спортсменов.

МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ

Анализ источников литературы проводили в базах данных PubMed, РИНЦ, MEDLINE, Google Scholar, Science Direct, Cochrane, ResearchGate, а также в журналах The Lancet, The New England Journal of Medicine, British Journal of Sport Medicine, The American Journal of Sports Medicine. Рассматривали зарубежные и отечественные статьи по следующим ключевым словам и их комбинациям: передняя крестообразная связка; ПКС; физическая терапия; реабилитация; anterior cruciate ligament; ACL; physical therapy; rehabilitation. Выявлено, что существует большой интерес к методам и подходам консервативной терапии пациентов, получивших травму ПКС.

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА КОНСЕРВАТИВНОЕ ЛЕЧЕНИЕ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ТРАВМЫ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ

В ходе выбора хирургом и пациентом оперативного или консервативного лечения стоит иметь в виду требования, которые предъявляет сам пациент к своей нижней конечности, а также его возраст, уровень физической активности и вид спорта. Так, например, в исследовании, проведённом R.B. Frobell с соавт., пациентов разделили на три группы: первая группа прошла курс предоперационной реабилитации с последующей ранней реконструкцией ПКС ($n=60$), вторая группа — курс реабилитации с отложенной реконструкцией ПКС ($n=23$) и третья группа — только курс длительной реабилитации ($n=36$). В ходе двухлетнего наблюдения функция коленного сустава пациентов, прошедших только курс консервативного лечения, была выше, чем у пациентов, получивших оперативное лечение [8].

При решении об оперативном лечении после повреждения ПКС почти всегда требуется предоперационная подготовка для того, чтобы уменьшить отёк в области повреждения, подготовить пациента к основным этапам реабилитации после операции, а также проинформировать о возможных осложнениях и мерах их предупреждения. В результате такой подготовки некоторые пациенты отказываются от оперативного лечения и последующей реабилитации и выбирают только консервативное лечение в виде физической терапии, так как в ходе восстановления было выяснено, что для поддержания стабильной

функциональности травмированной конечности им достаточно функции мышечно-связочного аппарата. Таким образом, пациенты с повреждённой ПКС условно подразделяются на три группы: copers, non-copers и adapters.

К группе copers относятся пациенты, отвечающие следующим критериям:

- не более одного эпизода нестабильности коленного сустава с момента травмы и до тестирования его функции;
- результаты The 6-m timed hop test — более 80% от неповреждённой конечности;
- результаты опросника Knee Outcomes Survey Activities of Daily Living Scale — более 80%;
- результаты опросника Global rating of knee function — более 60%;
- способность поддерживать функции коленного сустава на исходном уровне после повреждения ПКС более 1 года и возврат к прежнему уровню физической активности.

К группе non-copers относятся пациенты, не отвечающие перечисленным выше критериям.

К группе adapters относятся пациенты, отвечающие следующим критериям:

- разница между повреждённой и неповреждённой конечностями в стабильности коленного сустава во фронтальной плоскости составляет не более 3 мм;
- пациенты относятся к старшей возрастной группе и способны снизить свой уровень физической активности для предотвращения эпизодов возникновения нестабильности коленного сустава.

Граница для определения пациентов к группе adapters является условной, так как стабильность коленного сустава во фронтальной плоскости имеет малую прогностическую ценность для разделения пациентов на подгруппы при выборе оперативного и консервативного лечения и устанавливается больше на основе жалоб пациента на нестабильность коленного сустава.

Другими возможными критериями при выборе неоперативного лечения после разрыва ПКС являются следующие:

- низкий уровень физической активности и работа, связанная с нетяжёлым физическим трудом;
- возраст старше 40 лет;
- способность поддерживать функции коленного сустава на исходном уровне более 1 года и возврат к прежнему уровню физической активности после травмы ПКС;
- прогрессирующий остеоартрит;
- неспособность или нежелание соблюдать послеоперационный режим реабилитации [9–12].

Стоит отметить, что успешность проведённого оперативного лечения зависит не только от самой операции, но и (не в меньшей степени) от последующей реабилитационной программы. Перед оперативным вмешательством необходимо проинформировать пациента о том, что после хирургического лечения он обязан пройти курс физической

терапии для того, чтобы полностью вернуть объём мускулатуры и движения в суставе, а также силу прооперированной конечности. Данный подход позволяет снизить частоту необоснованных хирургических вмешательств, осложнений, последующих судебных исков пациентов к медицинскому персоналу, а также трат Федерального фонда обязательного и добровольного медицинского страхования.

Пластика ПКС имеет ряд преимуществ по сравнению с консервативным лечением:

- обеспечивает полную стабильность коленного сустава;
 - позволяет снизить риск последующих дегенеративных изменений коленного сустава после повреждения ПКС;
 - является «золотым стандартом» для пациентов младше 40 лет, а также для тех, кто желает вернуться к прежнему уровню физической активности;
- Недостатки пластики ПКС по сравнению с консервативным лечением:
- могут быть послеоперационные осложнения;
 - не подходит для пациентов старшей возрастной группы, а также для пациентов с низким уровнем физической активности;
 - требует длительной реабилитации.

Исследование, проведённое S.R. Filbay с соавт. [13] и основанное на данных KANON-анализа, выполненного F.W. Roemer с соавт. [14], представляет собой новый подход в консервативном лечении после разрыва ПКС. Пациентам предлагалось пройти специальный протокол лечения (cross bracing protocol) в течение 4 нед. Коленный сустав фиксировали в ортезе под углом 90° на постоянной основе в течение этих 4 нед. Начиная с 5-й и до конца 10-й недели постепенно увеличивали разгибание в коленном суставе до восстановления полной амплитуды движения, заканчивая стандартным протоколом реабилитации после повреждения ПКС и снятием ортеза к концу 12-й недели. Основой для такого исследования послужило то, что ПКС способна к самовосстановлению своей структуры при угле сгибания в коленном суставе 90–135°. После трёхмесячного наблюдения было выполнено повторное МРТ-исследование, подтверждающее восстановление структуры ПКС у 72 пациентов из 80. У 40 пациентов связка восстановила свою структуру до 1-й степени и у 32 пациентов — до 2-й степени. Стоит отметить, что при дальнейшем наблюдении за пациентами 11 из них получили повторную травму ПКС, что объясняется высокоактивными и травматичными занятиями спортом. Исходя из вышеописанного, cross bracing protocol является современным альтернативным подходом неоперативного лечения после разрыва ПКС для пациентов со средним и низким уровнем физической активности и невысокими требованиями к функции коленного сустава. Несомненно, данный протокол требует дальнейшей апробации в клинической практике и разработки более детальных схем отбора пациентов для такого вида лечения.

В ходе восстановительного лечения после травмы ПКС врачи-реабилитологи, врачи по лечебной физкультуре, физические терапевты и другие специалисты по реабилитации уделяют недостаточно внимания степени переноса нагрузки на повреждённую конечность, что, безусловно, повышает риск повторной травмы при возврате в спорт или в случае физической активности высокого уровня. Для нивелирования риска повторной травмы рекомендуется на завершающих этапах реабилитации включать унилатеральные упражнения: начиная с работы в эксцентрическом режиме и заканчивая плиометрическими тренировками, с обязательной оцифровкой полученных данных до и после прохождения программы реабилитации. Эксцентрический режим тренировки помогает пациентам вернуть контроль над движением, снизить боль, увеличить силу четырёхглавой мышцы бедра, а также добавляет уверенности в использовании повреждённой конечности, но он должен использоваться только на начальном и промежуточном этапе реабилитации, так как дальнейшее его использование не приносит дополнительной пользы для пациента [15–17].

В современных протоколах реабилитации большое значение уделяется упражнениям в закрытой кинематической цепи (ЗКЦ) и открытой кинематической цепи (ОКЦ). По данным B.D. Veunnon и B.C. Fleming, наибольшую степень натяжения ПКС имеет при почти полностью разогнутом коленном суставе [18]. Полученные данные говорят о том, что на начальных этапах реабилитации следует обходиться только упражнениями в ЗКЦ, для того чтобы избежать риска повторной травмы ПКС. На сегодняшний день появились дополнительные данные, свидетельствующие о том, что упражнения в ОКЦ разрешено включать начиная с 4-й недели после операции в ограниченной амплитуде (45–90° сгибания в коленном суставе) [19, 20]. Полученные данные следует с осторожностью применять в клинической практике, так как при угле сгибания в коленном суставе 45–90° максимальная нагрузка приходится на пателло-фemorальное сочленение, что может усилить болевой синдром при уже имеющихся дегенеративных изменениях. Более того, упражнения в ОКЦ на ранних сроках реабилитации могут усилить болевой синдром из-за того, что при пластике ПКС используют различные варианты графтов.

На сегодняшний день отсутствуют чёткие критерии для врачей-реабилитологов, позволяющие сделать вывод о том, что пациент готов перейти к этапу возврата в спорт. Существует только серия тестов, свидетельствующих о степени физической готовности спортсменов, а не об их функциональных возможностях [21–23].

По данным Делавэрского университета, критериями для возврата в спорт являются срок после операции 9–12 мес; сила повреждённой конечности, составляющая не менее 90% от здоровой; результаты Hop testing $\geq 90\%$; результаты опросников KOS-ADLS $\geq 90\%$, ACL RSI $\geq 80\%$, IKDC 2000 $>76\%$, Marx Activity Rating Scale (MARS) <9 [24].

Для того чтобы вернуться к полноценной соревновательной активности, A.W. Brinlee и соавт. [25] предлагают следующие этапы прохождения данного этапа:

- бесконтактная тренировка;
- тренировки в неполном составе команды с бесконтактным механизмом;
- тренировки в основном составе команды;
- возвращение к соревновательной деятельности с ограниченной нагрузкой;
- полный возврат в спорт без ограничений.

Особого внимания заслуживает оценка дополнительного критерия для спортсменов при возврате в спорт — прыжка в вертикальной плоскости. При тестировании пациентов с помощью серии прыжков в горизонтальной плоскости (hop tests) для оценки их соответствия для перехода к следующей фазе реабилитации выявлено, что индекс симметричности конечностей приближается к 100%, но при тестировании вертикального прыжка его эффективность была значительно ниже у травмированной конечности по сравнению со здоровой [26, 27]. Полученные данные свидетельствуют о том, что рутинное тестирование пациентов серией прыжков в горизонтальной плоскости является прогностически неблагоприятным, так как повышает риск повторной травмы, и для полноценной оценки готовности спортсмена к переходу к следующей фазе реабилитации необходимо также включать тестирование прыжков в вертикальной плоскости.

При возврате в спорт должны учитываться не только физические показатели, сроки заживления тканей, уверенность пациента при использовании своей конечности, но и функциональные показатели, так как именно они отражают действительную готовность спортсмена вернуться к полноценным тренировкам и спортивной активности без ограничений. Например, использование различных бесплатных мобильных приложений или силоизмерительных платформ позволяет оценить способность спортсмена развить максимальную динамическую силу и его «взрывные» качества при выполнении вертикального прыжка, а также процесс приземления и степени переноса нагрузки на конечности [28–33].

Особое внимание стоит обратить на тренировки с использованием балансирующих систем по типу полусфер и пенных подушек, применение которых обосновано только на начальном и промежуточном этапе реабилитации, так как они применяются только для восстановления проприоцептивного чувства, переобучения использованию конечности после травмы и для придания пациенту уверенности в безопасности функции коленного сустава [34]. Дальнейшее их применение не имеет никакой корреляционной связи с переносом таких тренировок на соревновательную деятельность, например при выполнении специфических упражнений в конкретном виде спорта, что обуславливает исключение таких занятий из тренировочной программы на этапе возврата в спорт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день, по данным литературы, существуют разнообразные подходы к ведению пациентов после травмы передней крестообразной связки. При выборе между оперативным и консервативным лечением в виде физической реабилитационной программы необходимо исходить из вида физической активности пациента, его требований к функции нижней конечности, возраста, пола и желаний/возможности проходить послеоперационное восстановительное лечение. Всё больше работ также отражают мнение о том, что требуются более чёткие критерии для оценки возможности возврата спортсмена в спорт и перехода к следующей фазе реабилитации. Это будет являться предметом последующих исследований.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при подготовке публикации.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. И.В. Ульянов — идея рукописи, поиск литературных источников, написание статьи; В.Д. Прошляков,

К.И. Засядько — редактирование, научное консультирование; Ю.А. Шумкин — редактирование, поиск литературных источников; А.В. Агальцова, И.В. Плесовских, А.А. Морозова — поиск литературных источников; А.В. Николаева, А.В. Фролова — кооперация авторского состава, редактирование текста. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

ADDITIONAL INFORMATION

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

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. I.V. Ulyanov, conception, search for literary sources, manuscript writing; V.D. Proshlyakov, K.I. Zasyadko, final editing, scientific consulting; Y.A. Shumkin, manuscript editing, search for literary sources; A.V. Agaltsova, I.V. Plesovskikh, A.A. Morozova, search for literary sources; A.V. Nikolaeva, A.V. Frolova, collaboration of authors, manuscript editing. The authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральное медико-биологическое агентство России. Клинические рекомендации по реабилитации высококвалифицированных спортсменов после оперативного лечения травм и заболеваний нижних конечностей. Москва : ФМБА России, 2018. 192 с.
2. Neuman P., Englund M., Kostogiannis I., et al. Prevalence of tibiofemoral osteoarthritis 15 years after nonoperative treatment of anterior cruciate ligament injury: a prospective cohort study // *Am J Sports Med.* 2008. Vol. 36, N 9. P. 1717–1725. doi: 10.1177/0363546508316770
3. Øiestad B.E., Engebretsen L., Storheim K., Risberg M.A. Knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury: a systematic review // *Am J Sports Med.* 2009. Vol. 37, N 7. P. 1434–1443. doi: 10.1177/0363546509338827
4. Brophy R.H., Gill C.S., Lyman S., et al. Effect of anterior cruciate ligament reconstruction and meniscectomy on length of career in National Football League athletes: a case control study // *Am J Sports Med.* 2009. Vol. 37, N 11. P. 2102–2107. doi: 10.1177/0363546509349035
5. Ardern C.L., Taylor N.F., Feller J.A., Webster K.E. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors // *Br J Sports Med.* 2014. Vol. 48, N 21. P. 1543–1552. doi: 10.1136/bjsports-2013-093398
6. Wiggins A.J., Grandhi R.K., Schneider D.K., et al. Risk of secondary injury in younger athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-

- analysis // *Am J Sports Med.* 2016. Vol. 44, N 7. P. 1861–1876. doi: 10.1177/0363546515621554
7. Webster K.E., Feller J.A., Kimp A.J., Whitehead T.S. Revision anterior cruciate ligament reconstruction outcomes in younger patients: medial meniscal pathology and high rates of return to sport are associated with third ACL injuries // *Am J Sports Med.* 2018. Vol. 46, N 5. P. 1137–1142. doi: 10.1177/0363546517751141
8. Frobell R.B., Roos E.M., Roos H.P., et al. A randomized trial of treatment for acute anterior cruciate ligament tears // *N Engl J Med.* 2010. Vol. 363, N 4. P. 331–342. Corrected and republished from: *N Engl J Med.* 2010. Vol. 363. P. 893. doi: 10.1056/NEJMoa0907797
9. Grindem H., Wellsandt E., Failla M., et al. Anterior cruciate ligament injury—who succeeds without reconstructive surgery? The Delaware-Oslo ACL Cohort Study // *Orthop J Sports Med.* 2018. Vol. 6, N 5. P. 2325967118774255. doi: 10.1177/2325967118774255
10. Fitzgerald G.K., Axe M.J., Snyder-Mackler L. A decision-making scheme for returning patients to high-level activity with nonoperative treatment after anterior cruciate ligament rupture // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2000. Vol. 8, N 2. P. 76–82. doi: 10.1007/s001670050190
11. Kaplan Y. Identifying individuals with an anterior cruciate ligament-deficient knee as copers and noncopers: a narrative literature review // *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011. Vol. 41, N 10. P. 758–766. doi: 10.2519/jospt.2011.3384
12. Fitzgerald G.K., Axe M.J., Snyder-Mackler L. Proposed practice guidelines for nonoperative anterior cruciate ligament rehabilitation of physically active individuals // *J Orthop Sports Phys Ther.* 2000. Vol. 30, N 4. P. 194–203. doi: 10.2519/jospt.2000.30.4.194

13. Filbay S.R., Dowsett M., Chaker Jomaa M., et al. Healing of acute anterior cruciate ligament rupture on MRI and outcomes following non-surgical management with the Cross Bracing Protocol // *Br J Sports Med.* 2023. Vol. 57, N 23. P. 1490–1497. doi: 10.1136/bjsports-2023-106931
14. Roemer F.W., Frobell R., Lohmander L.S., et al. Anterior Cruciate Ligament OsteoArthritis Score (ACLOAS): longitudinal MRI-based whole joint assessment of anterior cruciate ligament injury // *Osteoarthritis Cartilage.* 2014. Vol. 22, N 5. P. 668–682. doi: 10.1016/j.joca.2014.03.006
15. Augustsson J. Documentation of strength training for research purposes after ACL reconstruction // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013. Vol. 21, N 8. P. 1849–1855. doi: 10.1007/s00167-012-2167-3
16. Gokeler A., Bisschop M., Benjaminse A., et al. Quadriceps function following ACL reconstruction and rehabilitation: implications for optimisation of current practices // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014. Vol. 22, N 5. P. 1163–1174. doi: 10.1007/s00167-013-2577-x
17. Kruse L.M., Gray B., Wright R.W. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review // *J Bone Joint Surg Am.* 2012. Vol. 94, N 19. P. 1737–1748. doi: 10.2106/JBJS.K.01246
18. Beynon B.D., Fleming B.C. Anterior cruciate ligament strain in-vivo: a review of previous work // *J Biomech.* 1998. Vol. 31, N 6. P. 519–525. doi: 10.1016/s0021-9290(98)00044-x
19. Fukuda T.Y., Fingerhut D., Moreira V.C., et al. Open kinetic chain exercises in a restricted range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled clinical trial // *Am J Sports Med.* 2013. Vol. 41, N 4. P. 788–794. doi: 10.1177/0363546513476482
20. Lobb R., Tumilty S., Claydon L.S. A review of systematic reviews on anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation // *Phys Ther Sport.* 2012. Vol. 13, N 4. P. 270–278. doi: 10.1016/j.ptsp.2012.05.001
21. van Melick N., van Cingel R.E., Brooijmans F., et al. 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. Vol. 50, N 24. P. 1506–1515. doi: 10.1136/bjsports-2015-095898
22. Burgi C.R., Peters S., Ardern C.L., et al. Which criteria are used to clear patients to return to sport after primary ACL reconstruction? A scoping review // *Br J Sports Med.* 2019. Vol. 53, N 18. P. 1154–1161. doi: 10.1136/bjsports-2018-099982
23. Cooper R., Hughes M. ACL Melbourne ACL Rehabilitation Guide 2.0. Melbourne : Premax, 2018.
24. <https://bpb-us-w2.wpmucdn.com/> [Internet]. Rehabilitation after ACL Reconstruction: Practice Guidelines [дата обращения: 15.10.2023]. Доступ по ссылке: <https://cpb-us-w2.wpmucdn.com/sites.udel.edu/dist/c/3448/files/2016/01/UDPT-ACL-Rehab-Guideline-REVISED.pdf>
25. Brinlee A.W., Dickenson S.B., Hunter-Giordano A., Snyder-Mackler L. ACL reconstruction rehabilitation: clinical data, biologic healing, and criterion-based milestones to inform a return-to-sport guideline // *Sports Health.* 2022. Vol. 14, N 5. P. 770–779. doi: 10.1177/19417381211056873
26. Kotsifaki A., Van Rossom S., Whiteley R., et al. Single leg vertical jump performance identifies knee function deficits at return to sport after ACL reconstruction in male athletes // *Br J Sports Med.* 2022. Vol. 56, N 9. P. 490–498. doi: 10.1136/bjsports-2021-104692
27. Ohji S., Aizawa J., Hirohata K., et al. Single-leg hop can result in higher limb symmetry index than isokinetic strength and single-leg vertical jump following anterior cruciate ligament reconstruction // *Knee.* 2021. Vol. 29. P. 160–166. doi: 10.1016/j.knee.2021.01.030
28. Stanton R., Kean C.O., Scanlan A.T. My Jump for vertical jump assessment // *Br J Sports Med.* 2015. Vol. 49, N 17. P. 1157–1158. doi: 10.1136/bjsports-2015-094831
29. Balsalobre-Fernández C., Glaister M., Lockey R.A. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance // *J Sports Sci.* 2015. Vol. 33, N 15. P. 1574–1579. doi: 10.1080/02640414.2014.996184
30. Pueo B., Lipinska P., Jiménez-Olmedo J.M., et al. Accuracy of jump-mat systems for measuring jump height // *Int J Sports Physiol Perform.* 2017. Vol. 12, N 7. P. 959–963. doi: 10.1123/ijspp.2016-0511
31. Healy R., Kenny I.C., Harrison A.J. Assessing reactive strength measures in jumping and hopping using the Optojump™ system // *J Hum Kinet.* 2016. Vol. 54. P. 23–32. doi: 10.1515/hukin-2016-0032
32. Haynes T., Bishop C., Antrobus M., Brazier J. The validity and reliability of the My Jump 2 app for measuring the reactive strength index and drop jump performance // *J Sports Med Phys Fitness.* 2019. Vol. 59, N 2. P. 253–258. doi: 10.23736/S0022-4707.18.08195-1
33. Brooks E.R., Benson A.C., Bruce L.M. Novel technologies found to be valid and reliable for the measurement of vertical jump height with jump-and-reach testing // *J Strength Cond Res.* 2018. Vol. 32, N 10. P. 2838–2845. doi: 10.1519/JSC.0000000000002790
34. Федулова Д.В. Физическая реабилитация спортсменов после сочетанной травмы передней крестообразной связки и мениска коленного сустава с применением баланс-тренинга для развития проприоцепции : дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2020. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01010245379> Дата обращения: 02.11.2023.

REFERENCES

1. Federal Medical and Biological Agency of Russia. *Clinical recommendations on rehabilitation of highly qualified athletes after surgical treatment of injuries and diseases of the lower extremities.* Moscow: FMBA of Russia; 2018. 192 p. (In Russ).
2. Neuman P, Englund M, Kostogiannis I, et al. Prevalence of tibiofemoral osteoarthritis 15 years after nonoperative treatment of anterior cruciate ligament injury: a prospective cohort study. *Am J Sports Med.* 2008;36(9):1717–1725. doi: 10.1177/0363546508316770
3. Øiestad BE, Engebretsen L, Storheim K, Risberg MA. Knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *Am J Sports Med.* 2009;37(7):1434–1443. doi: 10.1177/0363546509338827
4. Brophy RH, Gill CS, Lyman S, et al. Effect of anterior cruciate ligament reconstruction and meniscectomy on length of career in National Football League athletes: a case control study. *Am J Sports Med.* 2009;37(11):2102–2107. doi: 10.1177/0363546509349035
5. Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Webster KE. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate

- ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *Br J Sports Med.* 2014;48(21):1543–1552. doi: 10.1136/bjsports-2013-093398
6. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, et al. Risk of secondary injury in younger athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2016;44(7):1861–1876. doi: 10.1177/0363546515621554
7. Webster KE, Feller JA, Kimp AJ, Whitehead TS. Revision anterior cruciate ligament reconstruction outcomes in younger patients: medial meniscal pathology and high rates of return to sport are associated with third ACL injuries. *Am J Sports Med.* 2018;46(5):1137–1142. doi: 10.1177/0363546517751141
8. Frobell RB, Roos EM, Roos HP, et al. A randomized trial of treatment for acute anterior cruciate ligament tears. *N Engl J Med.* 2010;363(4):331–342. Corrected and republished from: *N Engl J Med.* 2010;363(9):893. doi: 10.1056/NEJMoa0907797
9. Grindem H, Wellsandt E, Failla M, et al. Anterior cruciate ligament injury—who succeeds without reconstructive surgery? The Delaware-Oslo ACL Cohort Study. *Orthop J Sports Med.* 2018; 6(5):2325967118774255. doi: 10.1177/2325967118774255
10. Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L. A decision-making scheme for returning patients to high-level activity with nonoperative treatment after anterior cruciate ligament rupture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2000;8(2):76–82. doi: 10.1007/s001670050190
11. Kaplan Y. Identifying individuals with an anterior cruciate ligament-deficient knee as copers and noncopers: a narrative literature review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011;41(10):758–766. doi: 10.2519/jospt.2011.3384
12. Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Proposed practice guidelines for nonoperative anterior cruciate ligament rehabilitation of physically active individuals. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2000;30(4):194–203. doi: 10.2519/jospt.2000.30.4.194
13. Filbay SR, Dowsett M, Chaker Jomaa M, et al. Healing of acute anterior cruciate ligament rupture on MRI and outcomes following non-surgical management with the Cross Bracing Protocol. *Br J Sports Med.* 2023;57(23):1490–1497. doi: 10.1136/bjsports-2023-106931
14. Roemer FW, Frobell R, Lohmander LS, et al. Anterior Cruciate Ligament OsteoArthritis Score (ACLOAS): longitudinal MRI-based whole joint assessment of anterior cruciate ligament injury. *Osteoarthritis Cartilage.* 2014;22(5):668–682. doi: 10.1016/j.joca.2014.03.006
15. Augustsson J. Documentation of strength training for research purposes after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(8):1849–1855. doi: 10.1007/s00167-012-2167-3
16. Gokeler A, Bisschop M, Benjaminse A, et al. Quadriceps function following ACL reconstruction and rehabilitation: implications for optimisation of current practices. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(5):1163–1174. doi: 10.1007/s00167-013-2577-x
17. Kruse LM, Gray B, Wright RW. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(19):1737–1748. doi: 10.2106/JBJS.K.01246
18. Beynon BD, Fleming BC. Anterior cruciate ligament strain in-vivo: a review of previous work. *J Biomech.* 1998;31(6):519–525. doi: 10.1016/s0021-9290(98)00044-x
19. Fukuda TY, Fingerhut D, Moreira VC, et al. Open kinetic chain exercises in a restricted range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled clinical trial. *Am J Sports Med.* 2013;41(4):788–794. doi: 10.1177/0363546513476482
20. Lobb R, Tumilty S, Claydon LS. A review of systematic reviews on anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation. *Phys Ther Sport.* 2012;13(4):270–278. doi: 10.1016/j.ptsp.2012.05.001
21. van Melick N, van Cingel RE, Brooijmans F, et al. 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
22. Burgi CR, Peters S, Ardern CL, et al. Which criteria are used to clear patients to return to sport after primary ACL reconstruction? A scoping review. *Br J Sports Med.* 2019;53(18):1154–1161. doi: 10.1136/bjsports-2018-099982
23. Cooper R, Hughes M. *ACL Melbourne ACL Rehabilitation Guide 2.0.* Melbourne: Premax; 2018.
24. <https://bpb-us-w2.wpmucdn.com/> [Internet]. Rehabilitation after ACL Reconstruction: Practice Guidelines [cited 2023 October 15]. Available from: <https://cpb-us-w2.wpmucdn.com/sites.udel.edu/dist/c/3448/files/2016/01/UDPT-ACL-Rehab-Guideline-REVISED.pdf>
25. Brinlee AW, Dickenson SB, Hunter-Giordano A, Snyder-Mackler L. ACL reconstruction rehabilitation: clinical data, biologic healing, and criterion-based milestones to inform a return-to-sport guideline. *Sports Health.* 2022;14(5):770–779. doi: 10.1177/19417381211056873
26. Kotsifaki A, Van Rossom S, Whiteley R, et al. Single leg vertical jump performance identifies knee function deficits at return to sport after ACL reconstruction in male athletes. *Br J Sports Med.* 2022;56(9):490–498. doi: 10.1136/bjsports-2021-104692
27. Ohji S, Aizawa J, Hirohata K, et al. Single-leg hop can result in higher limb symmetry index than isokinetic strength and single-leg vertical jump following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee.* 2021;29:160–166. doi: 10.1016/j.knee.2021.01.030
28. Stanton R, Kean CO, Scanlan AT. My Jump for vertical jump assessment. *Br J Sports Med.* 2015;49(17):1157–1158. doi: 10.1136/bjsports-2015-094831
29. Balsalobre-Fernández C, Glaister M, Lockey RA. The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *J Sports Sci.* 2015;33(15):1574–1579. doi: 10.1080/02640414.2014.996184
30. Pueo B, Lipinska P, Jiménez-Olmedo JM, et al. Accuracy of jump-mat systems for measuring jump height. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12(7):959–963. doi: 10.1123/ijsp.2016-0511
31. Healy R, Kenny IC, Harrison AJ. Assessing reactive strength measures in jumping and hopping using the Optojump™ system. *J Hum Kinet.* 2016;54:23–32. doi: 10.1515/hukin-2016-0032
32. Haynes T, Bishop C, Antrobus M, Brazier J. The validity and reliability of the My Jump 2 app for measuring the reactive strength index and drop jump performance. *J Sports Med Phys Fitness.* 2019;59(2):253–258. doi: 10.23736/S0022-4707.18.08195-1
33. Brooks ER, Benson AC, Bruce LM. Novel technologies found to be valid and reliable for the measurement of vertical jump height with jump-and-reach testing. *J Strength Cond Res.* 2018;32(10):2838–2845. doi: 10.1519/JSC.0000000000002790
34. Fedulova DV. Physical rehabilitation of athletes after combined injury of the anterior cruciate ligament and meniscus of the knee joint with the use of balance training for the development of proprioception [dissertation]. Moscow; 2020. Available from: <https://search.rsl.ru/ru/record/01010245379> (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

*** Ульянов Илья Владимирович;**

адрес: Россия, 390026, Рязань, ул. Высоковольтная, д. 9;
ORCID: 0009-0002-8008-9756;
eLibrary SPIN: 2103-5830;
e-mail: ilya_ulyanov_97@vk.com

Прошляков Владимир Дмитриевич, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-7170-6575;
eLibrary SPIN: 1491-9631;
e-mail: vdproshlyakov41@yandex.ru

Засядько Константин Иванович, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-0872-7357;
eLibrary SPIN: 5053-6345;
e-mail: aviazas@rambler.ru

Шумкин Юрий Александрович;

ORCID: 0009-0007-0746-5037;
eLibrary SPIN: 1807-7180;
e-mail: shumeret@gmail.com

Агальцова Анна Васильевна;

ORCID: 0009-0003-2390-0060;
e-mail: petrova.anna2000@yandex.ru

Плесовских Илья Валериевич;

ORCID: 0009-0000-3923-593X;
e-mail: plesovskix.i@icloud.com

Морозова Анна Александровна;

ORCID: 0009-0009-5217-4815;
e-mail: morozovaanna02@mail.ru

Николаева Алина Владимировна;

ORCID: 0009-0000-3592-2759;
e-mail: anikolaeva2002@yandex.ru

Фролова Анастасия Владимировна;

ORCID: 0009-0007-1198-1632;
e-mail: frolusha12@icloud.com

AUTHORS' INFO

*** Ilya V. Ulyanov;**

address: 9 Vysokovoltnaya street, 390026 Ryazan, Russia;
ORCID: 0009-0002-8008-9756;
eLibrary SPIN: 2103-5830;
e-mail: ilya_ulyanov_97@vk.com

Vladimir D. Proshlyakov, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: 0000-0002-7170-6575;
eLibrary SPIN: 1491-9631;
e-mail: vdproshlyakov41@yandex.ru

Konstantin I. Zasyadko, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;

ORCID: 0000-0002-0872-7357;
eLibrary SPIN: 5053-6345;
e-mail: aviazas@rambler.ru

Yuri A. Shumkin;

ORCID: 0009-0007-0746-5037;
eLibrary SPIN: 1807-7180;
e-mail: shumeret@gmail.com

Anna V. Agaltsova;

ORCID: 0009-0003-2390-0060;
e-mail: petrova.anna2000@yandex.ru

Ilya V. Plesovskikh;

ORCID: 0009-0000-3923-593X;
e-mail: plesovskix.i@icloud.com

Anna A. Morozova;

ORCID: 0009-0009-5217-4815;
e-mail: morozovaanna02@mail.ru

Alina V. Nikolaeva;

ORCID: 0009-0000-3592-2759;
e-mail: anikolaeva2002@yandex.ru

Anastasia V. Frolova;

ORCID: 0009-0007-1198-1632;
e-mail: frolusha12@icloud.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author