

МЕДИЦИНСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ В СПОРТЕ ВЫСШИХ ДОСТИЖЕНИЙ ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА

Р. А. Бойченко, С. В. Горнов ✉

Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и реабилитации Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

Профессиональная деятельность спортсменов спорта высших достижений в условиях нагрузок, близких к экстремальным, часто приводит к травмам нижней конечности. Повреждение передней крестообразной связки (ПКС) — один из наиболее распространенных видов травм коленного сустава. Целью исследования было оценить эффективность комплексной программы реабилитации спортсменов после артроскопической реконструкции ПКС. В исследовании участвовали 64 спортсмена (от 17 до 31 года). Участникам основной группы, проходившим комплексную программу медицинской реабилитации, проводили изокинетические тренировки на биомеханическом комплексе TECNOBODY IsoMove по разработанной методике. Результаты медицинской реабилитации спортсменов оценивали путем анализа походки на аппаратном комплексе DIERS Motion 4D через 8 и 15 недель после операции. Через 8 недель после операции не наблюдалось статистически значимых различий в группах по параметрам анализа походки. Через 15 недель после операции по завершении изокинетических тренировок у спортсменов основной группы (ОГ) по параметру Stand time дефицит в опоре на оперированную конечность (ОК) относительно здоровой конечности (ЗК) составил 0,04%, по параметру «одиночная поддержка» — 3,71%, в сравнении со спортсменами группы клинического сравнения (ГС), у которых по параметру Stand time дефицит в опоре на ОК относительно ЗК составил 12,44%, по параметру «одиночная поддержка» — 18,55%. По параметру Swing-time у спортсменов ОГ дефицит в симметрии переноса ЗК относительно ОК составил 3,99%, а у спортсменов ГС — 20,54%, что статистически значимо и доказывает эффективность разработанной методики изокинетических тренировок в комплексной программе медицинской реабилитации, что привело к более быстрому восстановлению мышечной силы, нарушений опорной и локомоторной функции ходьбы у спортсменов ОГ.

Ключевые слова: ПКС, артроскопия, реабилитация, изокинетические тренировки, анализ походки, высококвалифицированные спортсмены

Вклад авторов: Р. А. Бойченко — обзор литературы, сбор материала, анализ полученных данных, написание текста, определение параметров сравнения походки, статистическая обработка данных; С. В. Горнов — разработка дизайна исследования, редактирование и утверждение финального варианта статьи.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено этическим комитетом ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России (протокол заседания № 01-09 от 15 сентября 2018 г.). Все спортсмены подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

✉ **Для корреспонденции:** Сергей Валерьевич Горнов
ул. Б. Дорогомилевская, д. 5, г. Москва, 121059, Россия; gornovsv@gmail.com

Статья получена: 11.04.2022 **Статья принята к печати:** 30.05.2022 **Опубликована онлайн:** 23.06.2022

DOI: 10.47183/mes.2022.022

MEDICAL REHABILITATION OF HIGH PERFORMANCE ATHLETES AFTER RECONSTRUCTION OF ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT OF THE KNEE

Boichenko RA, Gornov SV ✉

Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

The professional activity of high performance, or elite sportsmen involves loads approaching extreme exertion, which often leads to injuries of the lower limbs. Anterior cruciate ligament (ACL) injury is one of the most common types of knee injuries. This study aimed to evaluate the effectiveness of a comprehensive rehabilitation program for athletes that underwent arthroscopic ACL reconstruction. The study involved 64 athletes aged from 17 to 31 years. Treatment group participants were offered a comprehensive medical rehabilitation program that included isokinetic training sessions on the TECNOBODY IsoMove biomechanical exercising machine; the sessions followed a purpose-designed method. The results of medical rehabilitation of the athletes were assessed through gait analysis done with a DIERS Motion 4D complex. The assessments took place 8 and 15 weeks after the reconstruction. At 8 weeks after the surgery, gait analysis parameters revealed no significant differences between the groups. Fifteen weeks after the reconstruction, when treatment group (TG) members were through all the isokinetic training sessions, the results were as follows: for the Stand Time parameter, the operated limb (OL) support deficit was 0.04% compared to the healthy limb (HL) support, and for the Single Limb Support parameter it was 3.71%, while in the control group (CG) that had no isokinetic training sessions the values were 12.44% and 18.55%, respectively. As for the Swing Time parameter, TG participants showed the deficit of HL transfer symmetry (relative to OL) of 3.99%, while the value of this parameter in the CG was 20.54%. The difference is significant, which proves the effectiveness of the developed isokinetic training method as part of the comprehensive medical rehabilitation program, the application of which resulted in faster recovery of muscle strength and compromised walking-associated support and locomotor functions in TG athletes.

Keywords: ACL, arthroscopy, rehabilitation, isokinetic training, gait analysis, highly trained athletes

Author contribution: R.A. Boichenko — literature review, data collection, data analysis, text authoring, determination of gait comparison parameters, statistical data processing; S.V. Gornov — study design development, editing and approval of the final version of the article.

Compliance with ethical standards: the study was approved by the Ethics Committee of the Federal Research and Clinical Center for Sports Medicine and Rehabilitation of the Federal Medical Biological Agency (Minutes of Meeting #01-09 of September 15, 2018). All athletes signed a voluntary consent to participate in the study.

✉ **Correspondence should be addressed:** Sergey Valeryevich Gornov
B. Dorogomilovskaya, 5, Moscow, 121059, Russia; gornovsv@gmail.com

Received: 11.04.2022 **Accepted:** 30.05.2022 **Published online:** 23.06.2022

DOI: 10.47183/mes.2022.022

Реконструкция передней крестообразной связки (ПКС) коленного сустава является основным методом лечения разрыва ПКС у представителей спорта высших достижений. Частота бесконтактных повреждений ПКС наиболее часто встречается у спортсменов в возрасте

15–40 лет и регистрируется в видах спорта, для которых характерно резкое изменение биомеханики движения: футбол, гандбол, регби, волейбол, горные лыжи и др. [1, 2]. Ежегодно около трех процентов спортсменов-любителей повреждают ПКС. Для высококлассных спортсменов

этот процент может достигать 15 [2]. Женщины в два-восемь раз чаще повреждают ПКС, вероятно, потому что нейромышечные паттерны у мужчин и женщин различны на протяжении и после пубертатного периода [3, 4]. Исследования показали, что 35% спортсменов высокого класса не возвращаются к прежнему спортивному уровню до травмы в течение двух лет [5]. В 2015 г. была опубликована программа Федеральных клинических рекомендаций «Реабилитация при повреждении капсульно-связочного аппарата коленного сустава (оперативное лечение)» [6]. Реабилитация включает четыре периода. Сроки первого (ранний послеоперационный) и второго (поздний послеоперационный) периодов составляют до трех-четырех месяцев, третьего (предтренировочный) — до шести месяцев, четвертого (тренировочный) — до года. Некоторые авторы выделили следующие сроки в четырех основных периодах реабилитации при ведении пациентов с повреждением ПКС: ранний послеоперационный (1 неделя); поздний послеоперационный (2–4 недели); функциональный (5–8 недель); тренировочно-восстановительный (9–24 недели) [7]. Согласно программе реабилитации пациентов, перенесших пластику ПКС коленного сустава [8], в тренировочно-восстановительный период (9–32 недели) с девятой недели разрешены силовые тренировки, в которых используют тросовую блочную тягу с выполнением сгибательных и разгибательных движений коленного и тазобедренного сустава. Для спортсменов высокого класса требуются более прогрессивные упражнения на восстановление мышечной силы квадрицепса и хамстринг-мышц, безопасные для аутотрансплантата ПКС. На сегодняшний день этим требованиям наиболее отвечают биомеханические аппаратные комплексы с биологической обратной связью (БОС).

Таблица 1. Программа Федеральных клинических рекомендаций

Период	Сроки	План лечения
I ранний п/о	до 3–4 месяцев	Общеразвивающие упражнения для контрлатеральной конечности. Динамические упражнения для свободных от иммобилизации суставов ипсилатеральной конечности. Шарнирный ортез в положении сгибания голени под углом 160–150°, затем сгибание постепенно доводить до 100–90°. Изометрические напряжения мышц. Полное разгибание в течение 2–3 недель. Пассивные движения надколенником. Электростимуляция. Обучение пользованию функциональной шиной и ходьбе при помощи костылей
II поздний п/о		Прекращение иммобилизации. Динамические упражнения с самопомощью. Упражнения на расслабление, активно-пассивные упражнения. Дозированные изометрические мышечные сокращения. Постуральные упражнения (лечение положением). Механотерапия с помощью блоковых установок. Гидрокинезотерапия. Массаж
III предтренировочный	до 6 месяцев	Лечебная гимнастика (тренировка в ходьбе, бег, сложнокоординированные упражнения с дополнительным отягощением и противодействием). Гидрокинезотерапия (плавание). Механотерапия (аппараты маятников типа и изокинетические для тренировки мышц), тренажеры (велозергометр, степлер и др.). Массаж. Динамическая электростимуляция. Адаптированная спортивная тренировка, учитывающая фазу послеоперационной перестройки соединительнотканых структур и функциональное состояние окосуставных мышц
IV тренировочный	до года	Тренировка специальных двигательных качеств, составляемая тренером или педагогом с учетом специфики вида спорта. Восстановление специальных двигательных навыков

Реабилитация спортсменов должна быть ускоренной, так как длительное возвращение к соревновательным нагрузкам может привести к снижению или потере профессиональных навыков. Некоторые общие тренды послеоперационного ведения после реконструкции ПКС приняты в ортопедическом сообществе, однако не существует стандартизированного протокола, а также срока возврата к соревновательному уровню [9]. Поэтому реабилитация спортсменов после реконструкции ПКС в настоящее время остается актуальной темой.

Цель исследования — разработать и оценить эффективность комплексной программы реабилитации спортсменов после артроскопической реконструкции ПКС коленного сустава и методику изокинетических тренировок на биомеханическом комплексе TECNOBODY IsoMove.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Проведено проспективное контролируемое нерандомизированное исследование, в котором приняли участие 64 спортсмена в возрасте 17–31 года, по видам спорта с предельно активной двигательной деятельностью соревнующихся, перенесших артроскопическую пластику передней крестообразной связки: 38 (59,4%) женщин, средний возраст составил $22 \pm 4,2$ года и 26 (40,6%) мужчин, средний возраст — $26 \pm 4,8$ лет. Операция у всех участников была проведена не позднее недели с момента постановки клинического диагноза разрыва ПКС. Для восстановления связки у спортсменов, участвующих в исследовании, использовали аутотрансплантаты сухожилий полусухожильной и нежной мышц, сухожилия длинной малоберцовой мышцы.

Таблица 2. Комплексная программа медицинской реабилитации спортсменов после оперативного вмешательства на коленном суставе

Фаза	Сроки	План лечения	Критерии перехода к следующей фазе и окончания реабилитации
I	до 2 недели	Упражнения на разгибание с валиком из полотенца под пяткой, вывешивание голени с кушетки, лежа на животе. Двигательное переобучение четырехглавой мышцы бедра (электромиостимуляция). Ортез на коленный сустав, замкнутый в положении полного разгибания (1-я неделя), затем сгибания до 30° (2-я неделя). Дозированная нагрузка на конечность (1-я неделя — 25%, 2-я неделя — 50% от массы тела) с дополнительной опорой на костыли [11]. Произвольное напряжение передней и задней групп мышц бедра, ягодичных мышц. Мобилизация надколенника. Активное сгибание / пассивное разгибание коленного сустава в положении сидя на кушетке в диапазоне 0–60° с ассистенцией здоровой ногой. Подъемы выпрямленной ноги (во всех плоскостях). При выполнении упражнений по подъему ноги из положения лежа фиксировать ортез коленного сустава в положении 0°. Занятия на велоэргометре с коротким шатуном педали. Упражнения с сопротивлением для мышц бедра. Кардиотренировки и тренировка для верхнего плечевого пояса по мере переносимости. Локальная криотерапия	Возможность поднять выпрямленную оперированную ногу. Отсутствие сгибательной контрактуры. Объем движений в коленном суставе от 0 до 60° с ассистенцией. Способность оперированной конечности безболезненно переносить нагрузку
II	3–6-я неделя	Ортез на коленный сустав в диапазоне движений до угла 60° (3-я неделя), до 90° (4-я неделя), до 120° (5-я неделя), до 140° и более (с 6-й недели) [11]. Увеличение опоры на оперированную конечность (ориентироваться на выраженность болевого синдрома), отказ от костылей при отсутствии анталгических элементов в походке. Занятия на стандартном велоэргометре (при достижении сгибания в коленном суставе > 115°). Активно-ассистированные упражнения на разработку объема движений. Мини-приседания / перемещения веса тела из стороны в сторону. Проприоцептивные тренировки: на нестабильных платформах, тренажерах по типу гимнастического волчка, с эластичными лентами на противоположной конечности. Начало тренировок с подъемом на степ-платформу высотой 10, 15, 20 см. Занятия на тренажере-имитаторе подъема по лестнице. Подъем выпрямленной в коленном суставе ноги с прогрессивным сопротивлением. Тренировка мышц задней поверхности бедра и голени с прогрессивным сопротивлением. Увеличение эластичности мышечно-связочного аппарата задней поверхности бедра и голени. Аппаратная артрометрия коленного сустава через 6 недель после операции (мануальное исследование с приложением к голени максимального тракционного усилия противопоказано). Лимфодренажный массаж, электростимуляция, магнитотерапия, ультразвук	Объем движений в коленном суставе от 0 до 140°. Нормальный стереотип походки. Способность шагнуть на степ-платформу высотой 20 см. Восстановление подвижности надколенника. Улучшение функциональных показателей по результатам данных артрометрии и двигательных тестов
III	7–14-я неделя	Приседания. Начало упражнений на спуск со степ-платформы. Жимы ногами. Выпады. Разгибания в коленном суставе в изотоническом режиме в диапазоне от 90 до 40° (предпочтение следует отдавать упражнениям в замкнутой кинематической цепи). Усложненные проприоцептивные тренировки (активное выведение из равновесия). Тренировки на биомеханическом комплексе TECNOBODY IsoMove. Упражнения на развитие телесной ловкости (со спортивным жгутом). Тренажер «противонаправленная лестница». Ходьба/бег спиной вперед. Упражнения на растяжку мышц бедра и голени. Аппаратная артрометрия через 3 месяца после операции. Модификация программы домашних упражнений, по результатам динамического наблюдения	Полный объем движений в коленном суставе. Возможность безболезненно спускаться по лестнице с высотой ступеней 20 см, хорошо контролируя ногу. Улучшение функциональных показателей по результатам данных артрометрии и двигательных тестов
IV	15–21-я неделя	Бег возможен при успешном выполнении теста на спуск со степ-платформы высотой 20 см. Прогрессирование упражнений на увеличение силы и гибкости. Продвинутое спорт-специфические упражнения на телесную ловкость. Плиометрические тренировки при достижении адекватной мышечной силы. Упражнения на разгибание в коленном суставе в изотоническом режиме в пределах полного объема движения без боли и крепитации (предпочтение отдают упражнениям в замкнутой кинематической цепи). Программа реабилитации в домашних условиях, основанная на результатах динамического наблюдения за пациентом"	Симметричный безболезненный бег. Симметрия между конечностями при прыжковом тесте не менее 75%. Прогресс в функциональных тренировках. Соответствие проходным критериям для функционального тестирования
V	с 22-й недели	Силовые тренировки для нижних конечностей с отработкой спорт-специфических элементов. Усложненная программа плиометрических упражнений. Использование ортеза при занятиях спортом. Динамический контроль за состоянием пациента и оценка его жалоб (жалобы на боль, отек). Соответствующие модификации реабилитационной программы, при необходимости. Убеждение пациента в необходимости регулярных занятий в домашних условиях. Аппаратная артрометрия через 6 месяцев после операции"	Дефицит мышечной силы менее 15% по результатам изокинетического тестирования. Симметрия по результатам прыжкового теста на одной ноге более 85%. Выполнение спорт-специфических движений без предчувствия нестабильности и боли. Гибкость, соответствующая запросам конкретного вида спорта

Критерии включения пациентов в исследование: возраст 16–40 лет; артроскопическая пластика ПКС с/без частичной парциальной резекции мениска, с/без артроскопическим швом мениска выполнена впервые.

Критерии исключения: возраст менее 16 и старше 40 лет; наличие артроскопических вмешательств на смежных и контрлатеральных суставах нижних конечностей; остеоартрит коленного сустава в анамнезе; отказ от участия на любом этапе реабилитации.

Общая продолжительность исследования составила 38 месяцев (с октября 2018 г. по ноябрь 2021 г.).

Был проведен сравнительный анализ эффективности разработанной комплексной программы реабилитации и программы Федеральных клинических рекомендаций «Реабилитация при повреждении капсульно-связочного аппарата коленного сустава (оперативное лечение)» (далее — Рекомендации) у спортсменов. Для этого всех отобранных спортсменов разделили на две группы: основная группа (ОГ) — 30 человек, которые проходили реабилитацию по авторской программе, и группа клинического сравнения (ГС) — 34 человека, которые проходили реабилитацию в соответствии с Рекомендациями.

Все спортсмены начинали реабилитироваться в ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России через 3–4 недели после операции, т. е. со II фазы авторской программы. Занятия у всех проводили 3 раза в неделю.

Программа Рекомендаций [6] разделена на четыре периода (табл. 1).

Разработанная комплексная программа реабилитации разделена на пять фаз (табл. 2).

В комплексную программу медицинской реабилитации были включены изокинетические тренировки на аппарате с БОС. Изокинетические тренировки мышц в концентрическом режиме показали значительное улучшение мышечной силы квадрицепса и хамстринг-мышц по среднему и максимальному крутящему моменту на угловых скоростях 30 и 60° в секунду [10]. Тренировки на биомеханическом аппарате Biodex 3 System (Model 333–250; Biodex Medical Systems, Shirley; USA) проводили на угловой скорости 180° в секунду два раза в неделю три подхода по 20 повторений.

Нами предложена методика на биомеханическом комплексе TECNOBODY IsoMove (рис. 1). Изокинетические тренировки проводили в концентрическом режиме для мышц сгибателей и разгибателей коленного сустава, диапазон движений 20–110°, на угловой скорости 30° в секунду два раза в неделю три подхода по 10 повторений первые две недели, затем два раза в неделю три подхода по 15 повторений следующие две недели, затем два раза в неделю три подхода по 20 повторений две недели и три раза в неделю три подхода по 20 повторений одну неделю. Всего 15 процедур. Движение начинали с разгибания коленного сустава. Тренировали вначале здоровую, затем оперированную конечность. Данные тренировки начинали через восемь недель после операции.

В обеих группах испытуемых через восемь недель после операции в период III фазы реабилитации выполняли оценку нарушений опорной и локомоторной функции, симметрии в распределении нагрузки на нижние конечности на аппаратном комплексе DIERS Motion 4D (рис. 2) в режиме анализа походки (pedogait) на скорости 3 км/ч, повторно контрольное обследование проводили через 15 недель после оперативного вмешательства по завершении изокинетических тренировок.

Цикл шага (ЦШ) для каждой конечности состоит из двух основных периодов: периода опоры и периода переноса.



Рис. 1. Биомеханический комплекс TECNOBODY IsoMove



Рис. 2. Аппаратный комплекс DIERS Motion 4D

Продолжительность периода опоры составляет 58–61% ЦШ, а периода переноса — 42–39%. Различают правый и левый ЦШ, т. е. оба ЦШ составляют акт ходьбы [12, 13]. Проводили оценку периодов ЦШ ОК и ЗК с последующим сравнением в ОГ и ГС. Оценивали следующие параметры: Stand time (%) — время опоры на конечность от отрыва носка до опоры на пятку контрлатеральной конечности; Swing-time (%) — время переноса неопорной конечности; одиночная поддержка (%); чувствительность к нагрузке (%); Pre-swing (%) — время от опоры на носок до отталкивания (рис. 3). Статистически значимыми для сравнения оказались первые три параметра.

Статистическую обработку результатов проводили вручную с использованием программ Microsoft Excel и Statistica for Windows v. 5.1. Для расчетов непараметрических методов статистического вычисления применяли *t*-критерий Стьюдента. Статистически достоверными считали различия (*t*) в группах при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для объективной оценки эффективности были выбраны следующие критерии: оценка боли по визуальной аналоговой шкале (ВАШ), объем движений, прыжковый тест «зигзагом», параметры шага при анализе ходьбы.

Прыжковый тест проводили через 15 недель после операции. В ОГ симметрию между конечностями при прыжковом тесте менее 75% наблюдали у двух спортсменов (6,7%), а в ГС — у девяти спортсменов (26,5%).

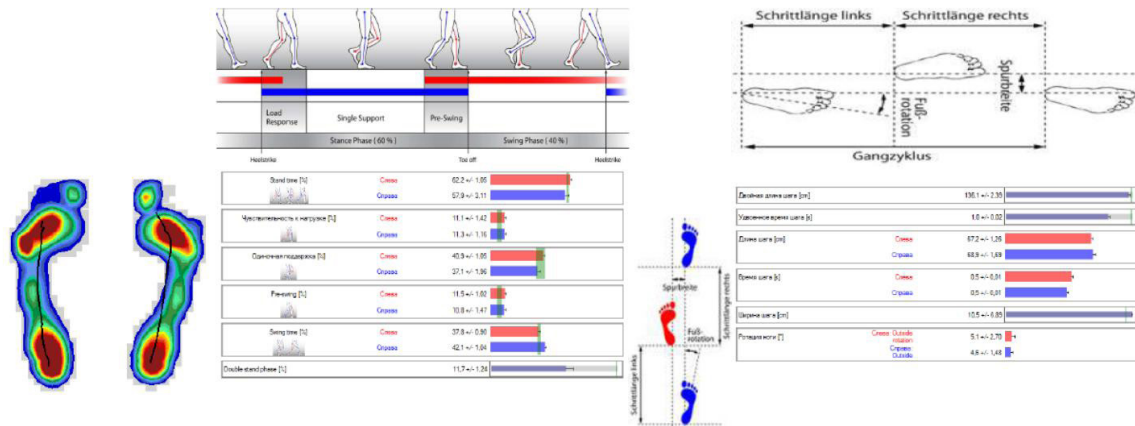


Рис. 3. Параметры походки на аппаратном комплексе DIERS Motion 4D

Через месяц после операции в ОГ у четверых спортсменов (13,3%) боль была на отметке 4 балла, у одного (3,3%) — 5 баллов по ВАШ. В ГС — у семерых спортсменов (20,6%) — 4 балла, у двоих (5,9%) — 3 балла. Через три месяца в ОГ у одного спортсмена (3,3%) отмечена боль в 2 балла, в ГС — у троих (8,8%) в 2 балла.

Через месяц у спортсменов ОГ и ГС отмечены ограничения объема активного сгибания до 100–110°, пассивного — до 115–130°, у одного спортсмена ОГ было ограничено активное разгибание до 7°, пассивное — до 3°. Через три месяца не обнаружено контрактур в обеих группах.

Через 15 недель при выполнении тестов на нестабильность: теста Лакмана, теста переднего выдвижного ящика, теста pivot-shift — в ОГ ни у одного спортсмена не было положительных симптомов. В ГС у троих спортсменов отмечена незначительная трансляция голени кпереди с четкой финальной точкой.

Результаты оценки нарушений опорной и локомоторной функции, симметрии в распределении нагрузки на нижние конечности на аппаратном комплексе DIERS Motion 4D представлены в табл. 3.

Через восемь недель после операции не обнаружено достоверных различий по параметрам нарушений опорной и локомоторной функции при анализе ходьбы на компьютеризированном аппаратном комплексе DIERS Motion 4D у спортсменов ОГ и ГС. Однако через

15 недель после операции по завершении изокинетических тренировок у спортсменов ОГ по параметру Stand time дефицит в опоре на ОК относительно ЗК составил 0,04%, по параметру «одиночная поддержка» — 3,71%, в сравнении со спортсменами ГС, у которых по параметру Stand time дефицит в опоре на ОК относительно ЗК составил 12,44%, по параметру «одиночная поддержка» — 18,55%. По параметру Swing-time у спортсменов ОГ дефицит в симметрии переноса ЗК относительно ОК составил 3,99%, а у спортсменов КГ — 20,54%.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные в ходе исследования результаты параметров походки у спортсменов ОГ могут говорить о более эффективном восстановлении мышечной силы стабилизаторов коленного сустава, нарушений опорной и локомоторной функции в послеоперационном периоде благодаря изокинетическим тренировкам за счет возможности изокинетической системы при достижении определенной угловой скорости создавать сопротивление, обеспечивающее мышечную нагрузку при выполнении упражнения, что соотносится с данными других авторов [9, 10]. Следовательно, сопротивление, которое приходится преодолевать спортсмену, является адаптируемым и постоянно изменяющимся пропорционально прилагаемому

Таблица 3. Сравнительная характеристика результатов обследованных спортсменов

Параметры ходьбы	ОГ (n = 30) Me/Q ₁ /Q ₃		ГС (n = 34) Me/Q ₁ /Q ₃	
	ЗК	ОК	ЗК	ОК
Через 8 недель				
Stand time, %	68,6/68,03/ 69,75	57,6/55,23/ 59,78	69,15/ 67,05/ 50,45	55,70/ 50,45/ 56,9
Одиночная поддержка, %	42,9/37,65/45,23	31,9/31,4/32,6	44,1/ 43,48/ 48,43	31,35/ 30,13/ 32,73
Swing-time, %	31,4/30,3/32	42,4/40,2/44,8	30,85/29,43/ 34,73	44,3/43,1/49,55
Чувствительность к нагрузке, %	12,35/11,23/15,4	13,4/11,33/15,58	11,85/10,9/12,3	12,25/11,9/14,18
Pre-swing, %	15,1/12,5/16,7	11,95/11,6/14	12,05/11,6/13,65	11,65/ 11,33/ 13,08
Через 15 недель				
Stand time, %	65,8/64,4/69,2	63,7/63/65,5	67,5/65,3/68,7	59,1/58,7/60,3
Одиночная поддержка, %	36,4/31,1/37,1	35,05/31,2/35,8	41,5/40,2/42,7	33,8/31,6/34,7
Swing-time, %	34,85/31,55/35,58	36,3/33,65/36,98	32,5/31,3/34,68	40,9/39,73/41,28
Чувствительность к нагрузке, %	15,2/14,3/18,5	14,7/18,1/18,1	13,4/12,7/14,8	13,5/12,7/14,1
Pre-swing, %	15/14/18,7	15,25/14,2/18,4	13,3/12,7/14,6	13,4/12,9/14,5

Примечание: Me — (медиана); Q₁ — квартиль 25%; Q₃ — квартиль 75%; различия между ОГ и ГС на уровне $p < 0,05$.

им усилию. В результате этого восстановление мышечной силы происходит эффективнее.

ВЫВОДЫ

1. Разработанная комплексная программа медицинской реабилитации после артроскопической пластики ПКС коленного сустава у представителей спорта высших достижений показала эффективность в восстановлении

мышечной силы стабилизаторов коленного сустава, нарушений опорной и локомоторной функции, симметрии в распределении нагрузки на нижние конечности. 2. Применение аппаратного оборудования с БОС у спортсменов позволяет ускорить процесс реабилитации и вернуться к прежнему уровню соревновательной активности. 3. Необходимо продолжить дальнейший поиск наиболее эффективной методики изокинетических тренировок на биомеханическом комплексе TECNOBODY IsoMove.

Литература

1. Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, et al. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthroscopy*. 2007; 23: 1320–5.
2. Moses B, Orchard J, Orchard J. Systematic review: annual incidence of ACL injury and surgery in various populations. *Res Sports Med*. 2012; 20: 157–79.
3. Yoo JH, Lim BO, Ha M, et al. A meta-analysis on the effect of neuromuscular training on the prevention of the anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010; 18: 824–30.
4. Myer GD, Sugimoto D, Thomas S, et al. The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2013; 41: 203–15.
5. Van Melick N, 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; 0: 1–13. DOI:10.1136/bjsports-2015-095898.
6. Реабилитация при повреждении капсульно-связочного аппарата коленного сустава (оперативное лечение). Клинические рекомендации Общероссийской общественной организации содействия развитию медицинской реабилитации "Союз реабилитологов России", 2015 г.
7. Федуллова Д. В., Ямалетдинова Г. А. Сравнительный анализ программ лечебной гимнастики после артроскопической реконструкции передней крестообразной связки. Россия между модернизацией и архаизацией: 1917–2017 гг. Материалы XX Всероссийской научно-практической конференции Гуманитарного университета. 2017; 2: 459–64.
8. Айдаров В. И., Хасанов Э. Р., Ахтямов И. Ф. Программа реабилитации пациентов, перенесших пластику передней крестообразной связки коленного сустава. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2020; 97 (2): 29–35.
9. Marshall NE, et al. Current practice: postoperative and return to play trends after ACL reconstruction by fellowship-trained sports surgeons. *Musculoskeletal surgery*. 2019; 103 (1): 55–61. DOI: 10.1007/s12306-018-0574-4.
10. Cheng-Pu Hsieh, Ta-Sen Wei, Chia-Chieh Wu. The early effects of isokinetic muscle training on knee joint muscle strength after modified double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Int J Clin Exp Med*. 2016; 9 (7): 14461–70.
11. Тихилов Р. М., Трачук А. П., Богопольский О. Е., Серебряк Т. В. Восстановительное лечение после артроскопии коленного сустава (руководство для пациентов). Санкт-Петербург: Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. П. П. Вредена, 2006.
12. Объективная оценка функции ходьбы. Клинические рекомендации Национальной ассоциации по борьбе с инсультом, Союза реабилитологов России, Российской ассоциации по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов, Межрегиональной общественной организации «Объединение нейроанестезиологов и нейрореаниматологов», 2016.
13. Скворцов Д. В. Клинический анализ движений. Анализ походки. Москва: Стимул, 1996; 375 с.

References

1. Prodromos CC, Han Y, Rogowski J, et al. A meta-analysis of the incidence of anterior cruciate ligament tears as a function of gender, sport, and a knee injury-reduction regimen. *Arthroscopy*. 2007; 23: 1320–5.
2. Moses B, Orchard J, Orchard J. Systematic review: annual incidence of ACL injury and surgery in various populations. *Res Sports Med*. 2012; 20: 157–79.
3. Yoo JH, Lim BO, Ha M, et al. A meta-analysis on the effect of neuromuscular training on the prevention of the anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2010; 18: 824–30.
4. Myer GD, Sugimoto D, Thomas S, et al. The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2013; 41: 203–15.
5. Van Melick N, 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; 0: 1–13. DOI:10.1136/bjsports-2015-095898.
6. Reabilitaciya pri povrezhdenii kapsul'no-svyazochного аппарата kolennogo sustava (operativnoe lechenie). Klinicheskie rekomendacii Obshherossijskoj obshhestvennoj organizacii sodejstviya razvitiyu medicinskoj reabilitologii "Soyuz reabilitologov Rossii", 2015 g. Russian.
7. Fedulova DV, Yamaletdinova GA. Sravnitel'nyj analiz programm lechebnoj gimnastiki posle artroskopicheskoy rekonstrukcii perednej krestoobraznoj svyazki. Rossiya mezhd modernizaciej i arxaizaciej: 1917–2017 gg. Materialy XX Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii Gumanitarnogo universiteta. 2017; 2: 459–64. Russian.
8. Ajdarov VI, Xasanov EhR, Axtyamov IF. Programma reabilitacii pacientov, perenesshix plastiku perednej krestoobraznoj svyazki kolennogo sustava. Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoy kul'tury. 2020; 97 (2): 29–35. Russian.
9. Marshall NE, et al. Current practice: postoperative and return to play trends after ACL reconstruction by fellowship-trained sports surgeons. *Musculoskeletal surgery*. 2019; 103 (1): 55–61. DOI: 10.1007/s12306-018-0574-4.
10. Cheng-Pu Hsieh, Ta-Sen Wei, Chia-Chieh Wu. The early effects of isokinetic muscle training on knee joint muscle strength after modified double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Int J Clin Exp Med*. 2016; 9 (7): 14461–70.
11. Tixilov RM, Trachuk AP, Bogopolskij OE, Serebryak TV. Vosstanovitel'noe lechenie posle artroskopii kolennogo sustava (rukovodstvo dlya pacientov). Sankt-Peterburg: Rossijskij nauchno-

- issledovatel'skij institut travmatologii i ortopedii im. R. R. Vredena, 2006. Russian.
12. Ob"ektivnaya ocenka funkciij xod'by. Klinicheskie rekomendacii Nacional'noj associacii po bor'be s insul'tom, Soyuz reabilitologov Rossii, Rossijskoj associacii po sportivnoj medicine i reabilitacii bol'nyx i invalidov, Mezhtselevskaja obshhestvennaja organizacija «Ob"edinenie neiroanesteziologov i neiroreanimatologov», 2016. Russian.
13. Skvortcov DV. Klinicheskij analiz dvizhenij. Analiz poxodki. Moskva: Stimul, 1996; 375 s. Russian.