

Хан Алексей Викторович

РЕАБИЛИТАЦИЯ СПОРТСМЕНОВ ПОСЛЕ ТРАВМ И ОПЕРАЦИЙ НА  
КОЛЕННОМ СУСТАВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ РОБОТИЗИРОВАННЫХ  
БИОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Специальность 3.1.33. Восстановительная медицина, спортивная медицина,  
лечебная физкультура, курортология и физиотерапия, медико-социальная  
реабилитация

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»

Научный руководитель:

Самойлов Александр Сергеевич, член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор, генеральный директор Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна»

Официальные оппоненты:

Орджоникидзе Зураб Гивиевич, доктор медицинских наук, профессор, главный внештатный специалист по спортивной медицине Департамента здравоохранения города Москвы, первый заместитель директора Государственного автономного учреждения здравоохранения города Москвы «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины имени С.И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы», г. Москва;

Епифанов Александр Витальевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской реабилитации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет медицины» Минздрава России, г. Москва.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства»

Защита диссертации состоится «19» декабря 2024 г. в 11.00 часов на заседании диссертационного совета 68.1.003.03 при Федеральном государственном бюджетном учреждении «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна», по адресу: 123098, Москва, ул. Живописная, д. 46, строение 8. Тел.: 8 (499) 190-96-98.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» в г. Москве (123098, Москва, ул. Живописная, д. 46) и на сайте <https://fmbafmbc.ru/scientific-activities/dissertation-council/>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор медицинских наук, профессор

Рылова Наталья Викторовна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### *Актуальность и степень разработанности темы исследования*

Травмы могут случаться при любых видах физической активности, будь то повседневные бытовые активности, любительские соревнования или спорт высоких достижений. Опираясь на данные статистики о травмах, полученных во время крупных спортивных мероприятий (Олимпиады, Чемпионаты Мира, Чемпионаты Европы), можно судить о важности наличия систематизированных методов диагностики как для предотвращения травматизации, так и для оценки показателей спортсменов сразу после получения травмы и оценке их состояния для прогноза возвращения к спортивной деятельности (Самойлов А. С., 2016; Бадтиева В. А., 2022).

Травмы опорно-двигательного аппарата (ОДА) различной локализации у спортсменов являются наиболее частой причиной перерыва в тренировочном и соревновательном процессах, а в некоторых случаях и окончания профессиональной спортивной карьеры. Многие исследования показывают, что физическая активность благотворно влияет на человека, однако спорт высших достижений довольно травмоопасен, но даже там возникновение травм можно предотвратить (Разумов А. Н., 2018; Разинкин С. М., 2022; Рылова Н. В., 2023).

За последние десять лет в традиционном реабилитационно-восстановительном лечении произошли изменения в области механобиологии. Исследования показали влияние физических сил на клетки и ткани, что привело к осознанию необходимости обновления старой модели терапии. Появились технологии, которые могут лучше и точнее воздействовать на стимуляцию восстановления биологической ткани. К таким технологиям относятся и роботизированные биомеханические комплексы.

На сегодняшний день многие российские и зарубежные авторы отмечают перспективность применения роботизированных биомеханических комплексов в клинической практике при восстановительном лечении различных патологических состояний (Даминов В. Д., 2022; Павлов А. О., 2022; Аухадеев Э. И., 2023; Елифанов А. В., 2023; Смоленский А. В., 2023; Фесюн А. Д., 2023; Kim J. H., 2015; de Araujo Ribeiro Alvares J. B., 2015; Lerner Z. F., 2017; Javed S., 2021 и др.). Однако, в доступных нам источниках были обнаружены единичные исследования с их применением в спортивной медицине.

Включение механотерапии позволяет существенно улучшить биомеханические показатели коленного сустава в рамках реабилитации после пластики передней крестообразной связки, что выражается в достоверно значимом увеличении силовых показателей и значений мышечной выносливости, что в конечном итоге приводит к сокращению сроков реабилитационного лечения, а, следовательно, к сокращению сроков временной

нетрудоспособности (Фесюн А. Д. с соавт., 2023; Woo S. L. Y., 2006; Cvjetkovic D. D., 2015; Zhou T., 2018; Brinlee A. W., 2022).

Таким образом, наличие нерешенных вопросов в области методов и программ диагностики и восстановления биомеханических параметров, а также разноречивые данные о сложности и длительности их применения, обуславливают необходимость дальнейших исследований, что подтверждает актуальность темы диссертационной работы.

#### *Цель исследования*

Разработка, научное обоснование и применение методики реабилитации спортсменов после травм и операций на коленном суставе с использованием роботизированных биомеханических комплексов.

#### *Задачи исследования:*

1. Изучить структуру травм и заболеваний коленного сустава на основе анализа (ретроспективного) медицинской документации спортсменов, проходивших восстановительное лечение на базе ЦСМиР.
2. Сформировать и научно обосновать метод комплексного реабилитационно-восстановительного лечения при травмах и операциях на коленном суставе у спортсменов с применением роботизированных биомеханических комплексов.
3. Разработать алгоритм применения роботизированных биомеханических комплексов в программе реабилитации спортсменов после перенесенных травм и заболеваний коленного сустава.
4. Оценить эффективность методики реабилитации спортсменов с применением роботизированных биомеханических комплексов после перенесенных травм и заболеваний коленного сустава.

#### *Научная новизна исследования*

Впервые разработан и научно обоснован алгоритм проведения реабилитационных программ на роботизированных биомеханических комплексах для спортсменов после травм и операций на коленном суставе.

Впервые изучены и проанализированы особенности динамики биомеханических показателей на третьем этапе реабилитационно-восстановительного лечения, отражающих скоростную выносливость, силу, межмышечную и внутримышечную координацию.

Разработана и научно обоснована уникальная методика реабилитационно-восстановительного лечения спортсменов с применением роботизированных биомеханических комплексов, которая основана на атравматичном принципе и направлена на восстановление и улучшение стабильности миоэнтезического аппарата травмированной области, восстановления

полного объема движения в коленном суставе, а также сенсомоторного контроля в управлении движениями.

Установлено, что диагностические программы роботизированных биомеханических комплексов существенно дополняют знания о статодинамических процессах в коленном суставе, силовых параметрах мышц антагонистов и дифференцировании мышечных усилий.

На выборке высококвалифицированных спортсменов экспериментально подтверждена эффективность применения роботизированных биомеханических комплексов для наполнения программ на третьем этапе реабилитационно-восстановительного лечения после травм и операций на коленном суставе.

#### *Теоретическая и практическая значимость работы*

Теоретическая значимость исследования заключается в обосновании эффективности методов восстановительного лечения с применением РБК и, соответственно, расширении научных знаний в области спортивной медицины. Полученные данные о влиянии тренировок на роботизированных биомеханических комплексах в сочетании с физиотерапевтическими процедурами и ЛФК на биомеханические показатели коленного сустава позволят расширить современные представления о формировании полезного конечного результата в функциональной системе видоспецифичного двигательного стереотипа. В результате диссертационного исследования разработан алгоритм диагностических и реабилитационно-восстановительных программ с применением РБК для спортсменов после травм и заболеваний коленного сустава, который представляет практическую значимость при организации медико-биологического сопровождения спортсменов высоких достижений в части, касающейся реабилитационно-восстановительного лечения. Полученные результаты имеют отраслевое значение при разработке профилактических и реабилитационных программ для спортсменов на третьем этапе реабилитации. Результаты исследования могут быть использованы в практике спортивных врачей, реабилитологов и инструкторов ЛФК, методистов и других специалистов, занимающихся реабилитацией спортсменов.

#### *Методология и методы исследования*

Диссертационная работа является прикладным научным исследованием, проводимым в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России в рамках государственного контракта на выполнение НИР «Разработка методических рекомендаций по комплексному реабилитационно-восстановительному лечению при травмах и операциях на коленном суставе у спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации в различных видах спорта с применением преформированных физических факторов и методик роботизированной биомеханики» (Рег. № 123051800013-2).

Тип исследования: сплошное рандомизированное контролируемое исследование. Методологической основой диссертационного исследования являлся принцип системности, который использован при планировании реабилитационных мероприятий, определении необходимого количества диагностических методик и, на основании полученных данных, формирование и реализация комплексной реабилитации спортсменов после травм и операций на коленном суставе с применением роботизированной биомеханики. Выбор методов был обусловлен спецификой выборки, объектом и предметом исследования, целью и поставленными задачами.

*Объектом исследования* явились спортсмены после травм и операций на коленном суставе. Предметом исследования стала динамика показателей функционального состояния коленного сустава спортсменов, оцениваемая комплексом диагностических методов, позволяющих выявлять признаки патологических изменений и осуществлять подбор целенаправленных реабилитационных методов.

В настоящем исследовании использовались следующие методы: анализ научной литературы по проблеме исследования, сравнительный и комплексный организационные методы, эксперимент; структуризация, систематизация, анализ и сравнение данных, обобщение. Из методов количественной обработки были использованы средние значения показателей и их стандартное отклонение, непараметрический U-критерий Манна-Уитни для оценки статистических различий в двух независимых выборках, T-критерий Вилкоксона для связанных выборок в целях анализа устойчивости полученных результатов в динамике.

Диагностику состояния коленного сустава проводили при помощи общепринятых тестов (ММТ, тест Лахмана и др.), антропометрических исследований, а также с использованием стабиллоплатформы, биоимпедансного анализа состава тела и роботизированных биомеханических тренажеров.

Для восстановления коленного сустава применялись лечебная физкультура, физиотерапевтические методики и биомеханические роботизированные тренажеры.

#### *Основные положения, выносимые на защиту*

1. Измерения физических параметров движения в коленном суставе спортсменов по предложенному алгоритму дает возможность объективной оценки биомеханической составляющей состояния двигательного комплекса при определении уровня восстановления по показателям силы, мощности и скорости движения.
2. Включение в базовую реабилитационную программу спортсменов на третьем этапе реабилитации наряду с лечебной физической культурой и физиотерапевтическими методами роботизированных биомеханических комплексов (например, РБК Кон-Трекс) позволяет прогрессивно влиять на показатели биомеханики движения в коленном суставе, а именно,

происходит стабилизация показателей силы, межмышечной и внутримышечной координации и увеличение показателей скоростной выносливости.

3. Разработанная комплексная методика физической реабилитации спортсменов после травм и операций на коленном суставе позволяет эффективно снизить выраженность болевого синдрома, восстановить амплитуду движения в суставе при пассивных и активных движениях, улучшить координационные способности, то есть с учетом особенностей опорно-двигательного аппарата спортсменов осуществлять восстановление сниженных функций.

#### *Степень достоверности и апробация результатов исследования*

Достоверность и объективность полученных результатов подтверждается наличием четких критериев включения-исключения субъектов исследования, позволяющих сформировать репрезентативные выборки, достаточным количеством анализируемых данных, использованием современного научно-методического аппарата, адекватного задачам и валидных методик исследования. Положения, выносимые на защиту, выводы и практические рекомендации сформулированы с учетом фактических данных, отраженных в таблицах и рисунках. Статистическая обработка результатов обследования проводилась с использованием современного программного обеспечения IBM® «Statistica 10 for Windows» и «KNIME Analytics Platform 4.1.2» и применением соответствующих критериев оценки достоверности сформулированных выводов. Для анализа были отобраны методы описательной статистики: среднее значение, стандартное отклонение, медиана и интерквартильный размах. Для того чтобы иметь 90% шанс обнаружения разности в средних значениях оцениваемых показателей в исследуемых группах за 21 день наблюдения при 5% уровне значимости, применяя непарный t-критерий, в исследовании потребовалось провести ретроспективный анализ медицинских данных 527 пациентов с различными травмами, прошедших реабилитацию в ЦСМиР. Проверка данных на нормальность распределения была проведена с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. Поскольку большая часть данных не соответствовала критерию нормальности распределения, последующий статистический анализ проводился с помощью непарметрических методов анализа данных. При парных наблюдениях использовался критерий ранговых знаков Вилкоксона. Для каждой пары оценивалась разность в измерениях для оценки медианы разности исследуемой популяции путем рассмотрения разностей в выборке (больше или меньше 0). В случае сравнения выборок двух независимых групп применялся двухвыборочный критерий Манна-Уитни. Все выявленные различия считались достоверными при достижении уровня статистической значимости  $p \leq 0,05$ . Сформированная нулевая гипотеза исследования  $H_0$  отвергалась при достижении критического уровня значимости  $p = 0,05$ .

Материалы диссертации докладывались и обсуждались на Научно-практической конференции «Безопасный спорт» в 2023 и 2024 гг. (г. Москва); на всероссийском форуме «Здравница» (г. Хабаровск, 2023 г. и Ярославль 2024 г.); на XII Всероссийском конгрессе с международным участием «Медицина для спорта 2023», Москва, 2023 г.; на VI Всероссийском конгрессе «Физиотерапия. Лечебная физкультура. Реабилитация. Спортивная медицина», Москва, 2023 г.; на VI Всероссийской научно-практической конференции «Современные аспекты санаторно-курортного лечения, медицинской реабилитации и спортивной медицины», Ессентуки, 2023 г.; на XVIII Международной научной конференции «СпортМед–2023», Москва, 2023г.; на VII Российском конгрессе с международным участием «Физическая и реабилитационная медицина», Москва, 2023 г.

#### *Внедрение результатов исследования*

Результаты диссертационного исследования были внедрены в клиническую деятельность Отделения физической реабилитации ФГБУ ФСНКЦ ФМБА России, Центра реабилитации ФНКЦ ФМБА России, Отделения реабилитационно-восстановительного лечения ФГБУ ФНКЦСМ ФМБА России, а также в образовательную деятельность кафедры восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

#### *Личный вклад автора в выполнение работы*

Автор непосредственно принимал участие на всех этапах планирования и выполнения диссертационной работы: определял степень изучения проблемы, разрабатывал алгоритм диагностических и реабилитационно-восстановительных программ с применением РБК. Диссертантом были определены цель и задачи исследования, объем и методы исследования. Соискатель лично обеспечивал сбор исследовательского материала, определял основные направления реабилитационно-восстановительного лечения, а также проводил оценку функционального состояния коленного сустава у всех участников исследования. Автор лично проводил анализ полученных результатов с применением современных методов статистической обработки. Диссертантом разработан лекционный материал, используемый в системе в образовательном процессе на кафедре восстановительной медицины, курортологии и физиотерапии, сестринского дела с курсом спортивной медицины МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России.

#### *Публикации по теме диссертации*

По материалам диссертационного исследования опубликовано 6 печатных работ. Их них 3 статьи в рецензируемых журналах, включенных в Перечень ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ для публикации результатов диссертационных исследований на соискание ученой степени, издана 1 монография, зарегистрированы 2 базы данных.



*Соответствие диссертации паспорту научной специальности*

Диссертационная работа соответствует пунктам 4 и 5 паспорта специальности: 3.1.33 – Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия, медико-социальная реабилитация по теме и представленным в ней разработкам, направленным на рациональное использование физических упражнений и прочих средств физической культуры и спорта для укрепления здоровья, профилактики и лечения заболеваний, повышения физической работоспособности, а также определение эффективных мероприятий по предупреждению заболеваний и травм у спортсменов и разработке программ восстановления нарушенных функций и реабилитации спортсменов.

*Структура и объем работы*

Диссертация изложена на 172 страницах машинописного текста и состоит из введения и 4 глав – обзора литературы, описания материала и методов исследования, результатов собственных исследований и их обсуждения, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и приложений. Содержит 38 таблиц, 3 приложения, иллюстрирована 43 рисунками. Список литературы включает 195 источников, из них 96 отечественных и 99 зарубежных. Диссертационная работа оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011, ГОСТ 7.1-2003, ГОСТ Р 7.0.5 и ГОСТ 2.105.

*Материалы, методы и дизайн исследования*

Исследование проводилось в ЦСМиР ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России в период с 2021 по 2023 гг.

В исследовании на различных этапах приняли участие 527 спортсменов разных видов спорта, различного уровня спортивного мастерства, но не ниже КМС. Средний возраст спортсменов, проходивших реабилитацию с травмами колена, составил  $23,2 \pm 4,45$  года у мужчин и  $22,8 \pm 4,2$  года у женщин. Средняя продолжительность спортивной карьеры  $11,3 \pm 6,8$  лет. При этом на третьем этапе, на основании критериев включения была сформирована экспериментальная выборка из 82 спортсменов находящихся на третьем этапе реабилитационно-восстановительного лечения, мужчин и женщин, отобраны контрольная и основная группы. В контрольную группу вошли 14 мужчин и 25 женщин, а в основную группу 16 мужчин и 27 женщин. Критериями включения в исследование являлись спортсмены, мужчины и женщины в возрасте от 18 до 30 лет, уровень спортивного мастерства не ниже КМС, третий этап реабилитации и подписание информированного согласия. Обязательное прохождение 1 и 2 этапов реабилитации. Критериями исключения были возраст спортсменов моложе 18 и старше 30 лет и состояние, не соответствующее 3 этапу по результатам МРТ-обследования, ортопедическим и травматологическим тестам, не проходили 1 и/или 2 этапы реабилитации.

Исследование проходило в 5 этапов. На 1 этапе был проведен теоретический анализ научной литературы по выявленной проблеме, проанализированы основные направления в реабилитационно-восстановительном лечении спортсменов, а также применение роботизированных биомеханических комплексов. На 2 этапе на основе ретроспективного анализа медицинской документации спортсменов, проходивших реабилитационно-восстановительное лечение на базе ЦСМиР (период 2021-2023 год), изучена структура травм и заболеваний коленного сустава. На 3 этапе был сформирован комплекс методов реабилитационно-восстановительного лечения спортсменов с применением роботизированных биомеханических комплексов, а также разработан алгоритм применения РБК. На 4 этапе была проведена оценка эффективности программы реабилитационно-восстановительного лечения спортсменов с применением роботизированных биомеханических комплексов. Определена диагностическая и терапевтическая ценность метода. На 5 этапе были обобщены и систематизированы полученные результаты, уточнены теоретические выводы, завершено литературное оформление диссертации.

Диагностические методики включали в себя: осмотр спортивного врача (в том числе оценка интенсивности боли – визуальная аналоговая шкала), сбор анамнеза, физикальное обследование (тесты «Лахмана», «Переднего выдвижного ящика», «Заднего выдвижного ящика», «МакМюррея», «Apley», мануально-мышечное тестирование), антропометрия (объемы средней и нижней трети бедра, окружность коленного сустава, верхней трети голени), клинико-инструментальные (АПК «Медасс», силовая платформа «Кобс») и функциональные методы исследования (модуль MJ РБК «Кон-Трекс» по протоколу сгибание/разгибание в коленном суставе).

Из набора реабилитационных методик в исследовании были использованы физиотерапевтические методы (селективная электростимуляция лимфатической и венозной систем (BODY DRAIN), магнитотерапия (MANTIS), электростатический массаж нижних конечностей (Хивамат); ЛФК с включением элементов стретчинга (растяжки); ОФП с применением свободных весов и спортивных снарядов (гантели, штанга и т.д.) и тренировки с применением РБК Кон-Трекс.

В исследовании были использованы математико-статистические методы: средние значения изучаемых показателей и их стандартное отклонение, медианные значения изучаемых показателей и значения верхнего и нижнего квартилей, непараметрический U-критерий Манна-Уитни для оценки статистических различий в двух независимых выборках, непараметрический T-критерий Вилкоксона для связанных выборок в целях анализа внутригрупповых различий. Все выявленные различия считались достоверными при достижении уровня статистической

значимости  $p \leq 0,05$ . Сформированная нулевая гипотеза исследования  $H_0$  отвергалась при достижении критического уровня значимости  $p = 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках настоящего исследования был проведен анализ частоты обращений, причины и структуру травматизма (в том числе травм коленного сустава) спортсменов различных видов спорта, проходивших реабилитационные мероприятия в Центре спортивной медицины и реабилитации ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (далее ЦСМиР) за последние 3 года.

Частота встречаемости различных травм в структуре общего травматизма у спортсменов, обратившихся за медицинской помощью в ЦСМиР за период 2021–2023 гг., представлена на рисунке 1. При этом в 2021 году 74,6% пациент были с травмами нижней конечности, у 14,5% пациентов травмы были связаны с верхними конечностями, а 10,9% обратились с травмами спины. В 2022 году отмечалась аналогичная тенденция: 68,7 % с травмами нижней конечности, 20,7% верхних конечностей, 20,7% травмы спины. Такая структура сохранилась и в 2023 году: травмы нижних конечностей составили 67%, верхних 22%, травмы спины 11%. Средний возраст спортсменов, проходивших реабилитацию с травмами колена, составил 28,4 и 26,9 лет, соответственно. В структуре общего травматизма спортсменов, обратившихся за медицинской помощью в ЦСМиР, преобладали травмы нижней конечности. При этом наиболее частыми травмами нижней конечности были бурсит\синовит коленного сустава (27,3%), повреждение внутренней\наружной боковых связок (19,2%), повреждение медиального мениска(13,0%), повреждение передней крестообразной связки ПКС (10,9%). Данное положение дел актуализирует необходимость наиболее эффективного лечения и формирования режимов реабилитации с использованием роботизированных биомеханических комплексов.

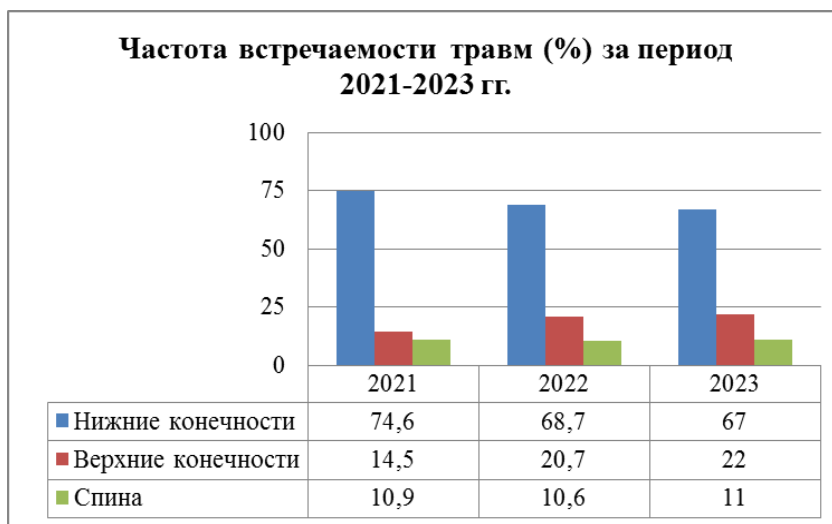


Рисунок 1 – Частота встречаемости различных травм в структуре общего травматизма спортсменов, обратившихся за медицинской помощью в ЦСМиР за период 2021–2023 гг.

При выборе режима тренировки на РБК Кон-Трекс для включения в систему комплексного реабилитационно-восстановительного лечения при травмах и операциях на коленном суставе у высококвалифицированных спортсменов различных видов спорта в ЦСМиР был разработан алгоритм, представленный на рисунке 2.

Стандартная методика занятий на РБК Кон-Трекс предполагает 40 % времени на пассивную разработку, 60 % - на активную, включающую 10 % - на силовую работу в различных режимах. При разработке и научном обосновании применения роботизированных биомеханических комплексов в реабилитационно-восстановительном лечении спортсменов мы учитывали теоретические основы изокинетических тренировок, данные литературных источников и собственный многолетний опыт работы со спортсменами. Теория работы в изокинетическом режиме объясняет атравматичность упражнений на данном типе тренажеров, позволяет получить объективную информацию о кинетике и кинематике в каждой точке траектории движения в поврежденном суставе, поэтому ее использование более чем оправдано. В предлагаемой нами методике основной акцент делался на максимально раннем начале и активном участии спортсмена в реабилитационно-восстановительном лечении с применением РБК Кон-Трекс. Занятия в изокинетическом режиме подразумевают исходный уровень восстановления пациента не менее 70% по функции двигательного комплекса, отсутствие грубой патологии коленного сустава (выраженный отек, постоянный болевой синдром, признаки воспаления и т.д.).



Рисунок 2 - Алгоритм работы на РБК Кон-Трекс  
(\*СРМ- продолженное пассивное движение)

Настоящий алгоритм подразумевает проведение как минимум двухкратного диагностического обследования (в начале и в конце реабилитационно-восстановительного лечения).

Разработанная нами методика одномоментно восстанавливаем основные компоненты двигательной единицы – силу, скорость движения, мощность, выносливость (как скоростную, так и силовую), стабилизацию функционирования и др. Спортсмен, приступая к работе на РБК Кон-Трекс, предварительно должен подготовить организм (коленный сустав) к физическим нагрузкам. Это достигается путем суставной разминки и циклической работы в аэробном режиме на велоэргометре при оборотах 60-70 об/мин. в течение 10 минут.

В исследовании разработана методика тренировки на РБК Кон-Трекс:

- с 1 по 5 день реабилитационно-восстановительного лечения, ориентировочное время работы составляет в среднем 17-18 минут (10 минут настройка РБК Кон-Трекс, работа на скорости 60 град/сек – 18,2%, на скорости 120 град/сек – 18,2%, на скорости 30 град/сек – 9,1%, отдых между подходами – 54,5%);

- с 8 по 12 день реабилитационно-восстановительного лечения, ориентировочное время работы составляет в среднем 21-23 минут (10 минут настройка РБК Кон-Трекс, работа на скорости 60 град/сек – 11,8%, на скорости 120 град/сек – 11,8%, на скорости 180 град/сек – 17,6%, на скорости 30 град/сек – 5,9%, отдых между подходами – 52,9%);

- с 15 по 19 день реабилитационно-восстановительного лечения, ориентировочное время работы составляет в среднем до 30 минут (10 минут настройка РБК Кон-Трекс, работа на скорости 60 град/сек – 8,7%, на скорости 120 град/сек – 8,7%, на скорости 180 град/сек – 13,0%, на скорости 30 град/сек – 13,0%, отдых между подходами – 52,2%).

Ниже приведены сведения о динамике состояния после травм и операций на коленном суставе у спортсменов на третьем этапе реабилитации в контрольной группе (n=14). Основное место в комплексной реабилитации спортсменов этой группы занимали физические упражнения по своей специфике, объему и интенсивности приближенные к тренировочным занятиям, у спортсменов этой группы отсутствовали тренировки на РБК Кон-Трекс.

Исходные значения медианы показателя «Пассивное сгибание» в данной группе мужчин составили  $153^0$ [127;155], к концу реабилитационно-восстановительного лечения значения достоверно увеличились ( $p<0,05$ ) и составили  $155^0$ [142;159], при этом отмечалось увеличение нижнеквартильного значения на 11,8%, а верхнеквартильного – на 2,5%. (рис. 3). При анализе значений показателя «Пассивное разгибание» отмечается снижение верхнеквартильного значения на 66,6%, при том, что нижнеквартильное значение осталось на прежнем уровне. Однако, значение медианы достоверно не изменилось и составило по окончании реабилитационно-восстановительного лечения  $-10^0$ [-10;-5].

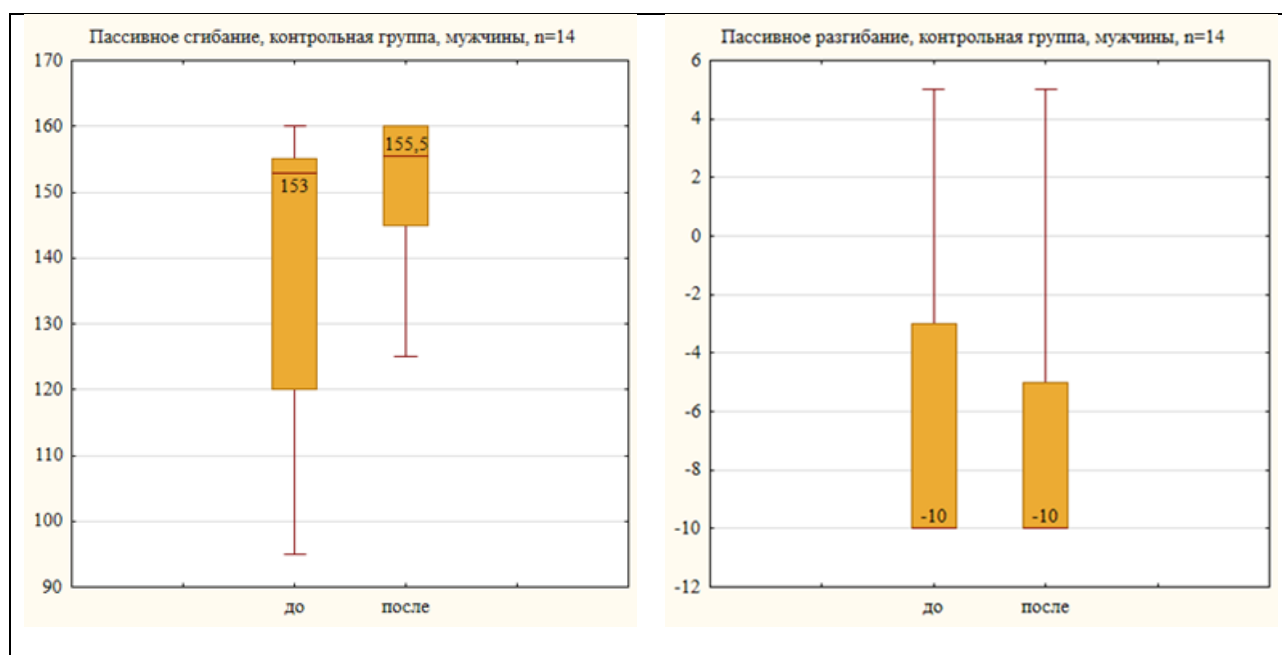


Рисунок 3 – Динамика значений показателей пассивного сгибания-разгибания в контрольной группе мужчин (Me[Q1–Q3]), n=14

Динамика значений показателей «Активное сгибание» и «Активное разгибание» в контрольной группе мужчин имела аналогичную тенденцию (рис. 4). Исходное значение медианы «Активное сгибание» было  $130,5^{\circ}$  [110;140], а после реабилитационно-восстановительного лечения составило  $135^{\circ}$  [130;140] при увеличении нижнеквартильного значения на 13,9%. При анализе динамики значений показателя «Активное разгибание» в этой группе на исходном уровне регистрируются значения медианы  $-5^{\circ}$  [-5;5]. К концу реабилитационно-восстановительного лечения значения достоверно ( $p \leq 0,05$ ) снизились на  $10^{\circ}$  и составили  $-5^{\circ}$  [-5;-5].

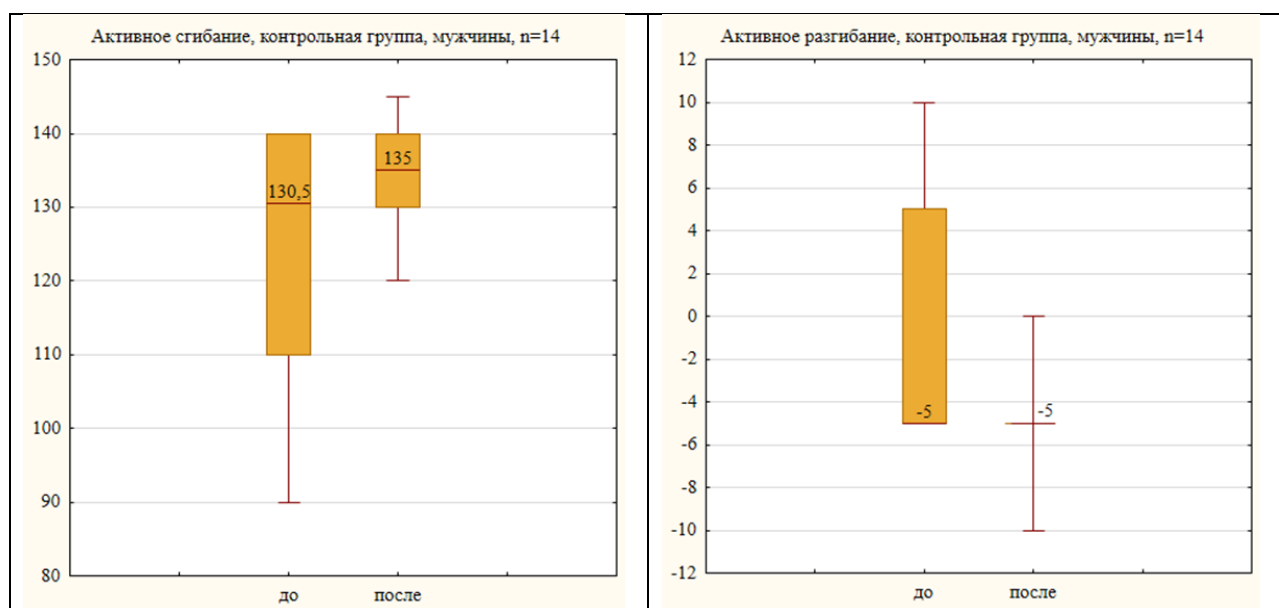


Рисунок 4 – Динамика значений показателей активного сгибания-разгибания в контрольной группе мужчин (Me [Q1–Q3]), n=14

При первичной диагностике значения показателя «Распределение нагрузки», полученные при помощи силовой платформы «Кобс», составили 48,75[45;51]%. После проведенных реабилитационно-восстановительных мероприятий эти значения находились в диапазоне 48,94[47;51]%, что говорит о незначительном смещении распределения нагрузки тела. Анализ значений показателя «Индекс симметрии» выявил достоверную ( $p<0,01$ ) положительную динамику, прирост составил 4,7% (рис. 5).

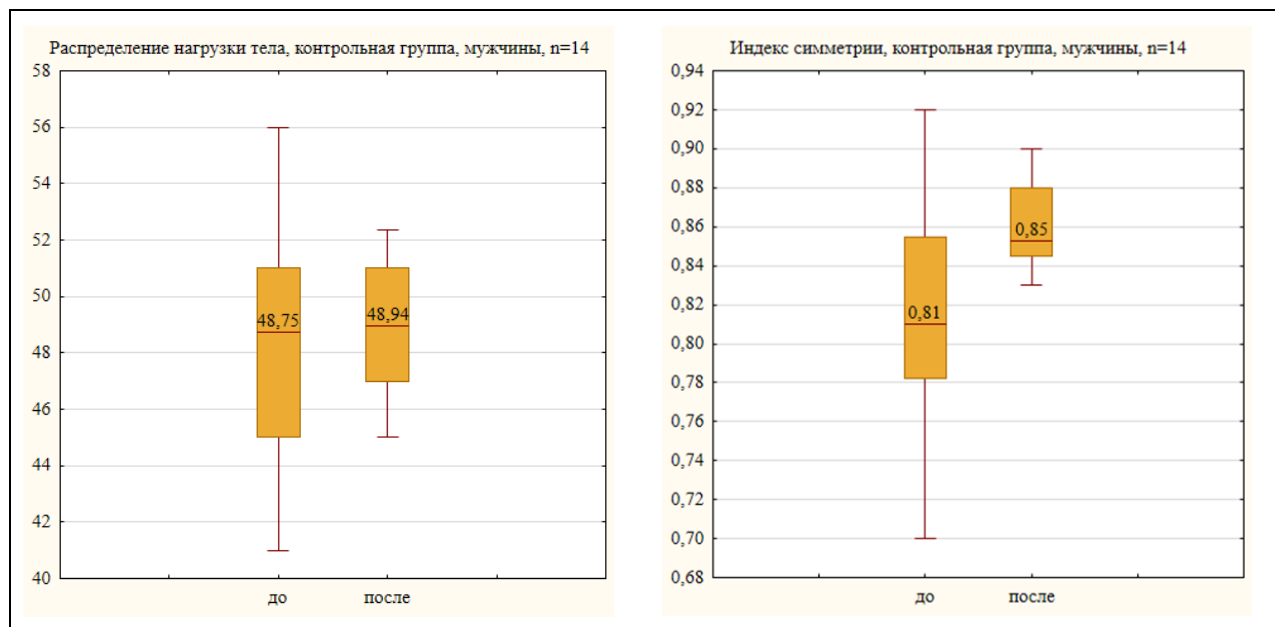


Рисунок 5 – Динамика значений показателей силовой платформы в контрольной группе мужчины (Me [Q1–Q3]), n=14

Для обеспечения эффективного восстановления функций ОДА и более раннего возвращения спортсменов к активным занятиям спортом был предложен комплексный подход к физической реабилитации коленного сустава после травм и операции, включающий физические упражнения, по своей специфике, объему и интенсивности приближенные к тренировочным занятиям, физиотерапевтические процедуры и тренировки с применением роботизированного биомеханического комплекса. Спортсмены, проходившие реабилитационно-восстановительное лечение на третьем этапе реабилитации по данной программе, в исследовании были объединены в «Основную» группу (n=16).

На рисунке 6 показана динамика значений показателя «Пассивного сгибания» и «Пассивного разгибания» в основной группе мужчин. По окончании реабилитационно-восстановительного лечения произошло достоверное ( $p<0,001$ ) увеличение значения показателя «Пассивного сгибания» с  $145^0$ [140;150,5] до  $155^0$ [150;157] и достоверное ( $p<0,01$ ) снижение значения показателя «Пассивного разгибания» с  $-6^0$ [-10;-3] до  $-10^0$ [-10;-8]. Такие данные отражают положительную динамику амплитуды пассивных движений – как сгибания, так и разгибания в основной группе мужчин.

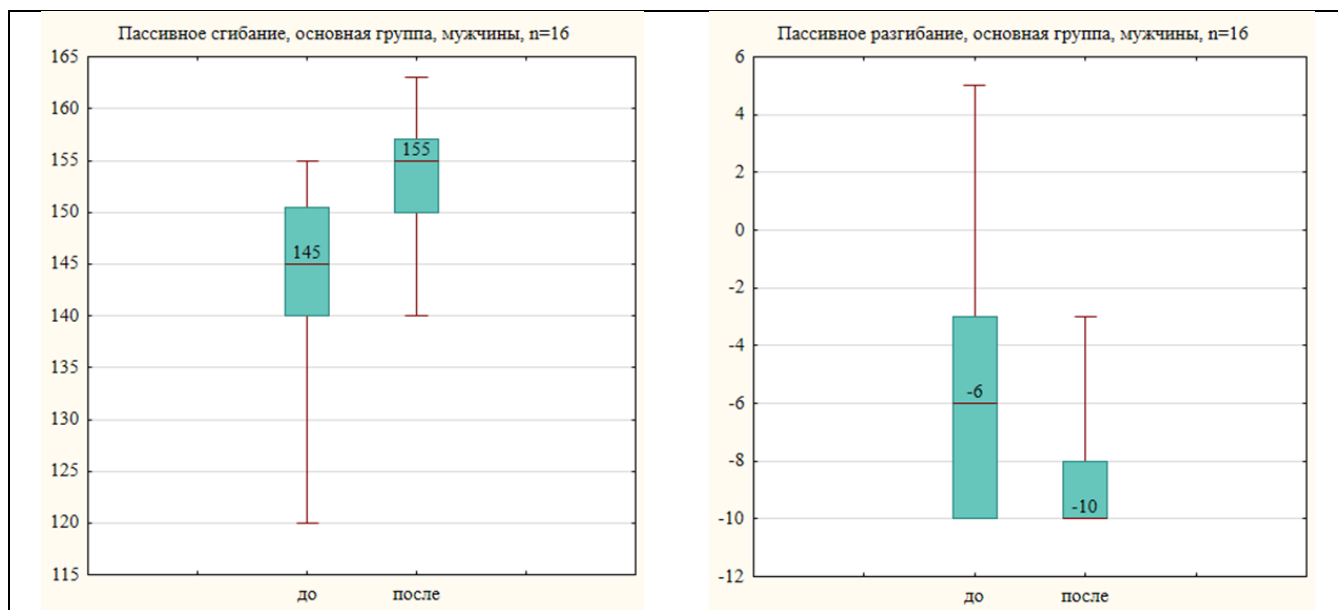


Рисунок 6 – Динамика значений показателей пассивного сгибания-разгибания в основной группе мужчин (Me[Q1–Q3]), n=16

При анализе динамики значений показателя «Активного сгибания» в основной группе мужчин выявлена достоверно положительная динамика: значения данного показателя достоверно ( $p < 0,05$ ) увеличились с  $130^0[123;133,5]$  до  $135^0[132;136]$ . Отмечается увеличение амплитуды активного разгибания в основной группе мужчин. Также достоверно ( $p < 0,05$ ) снизились значения показателя «Активного разгибания» с  $-2,5^0[-5;2]$  до  $-5^0[-5;-5]$  (рис. 7).

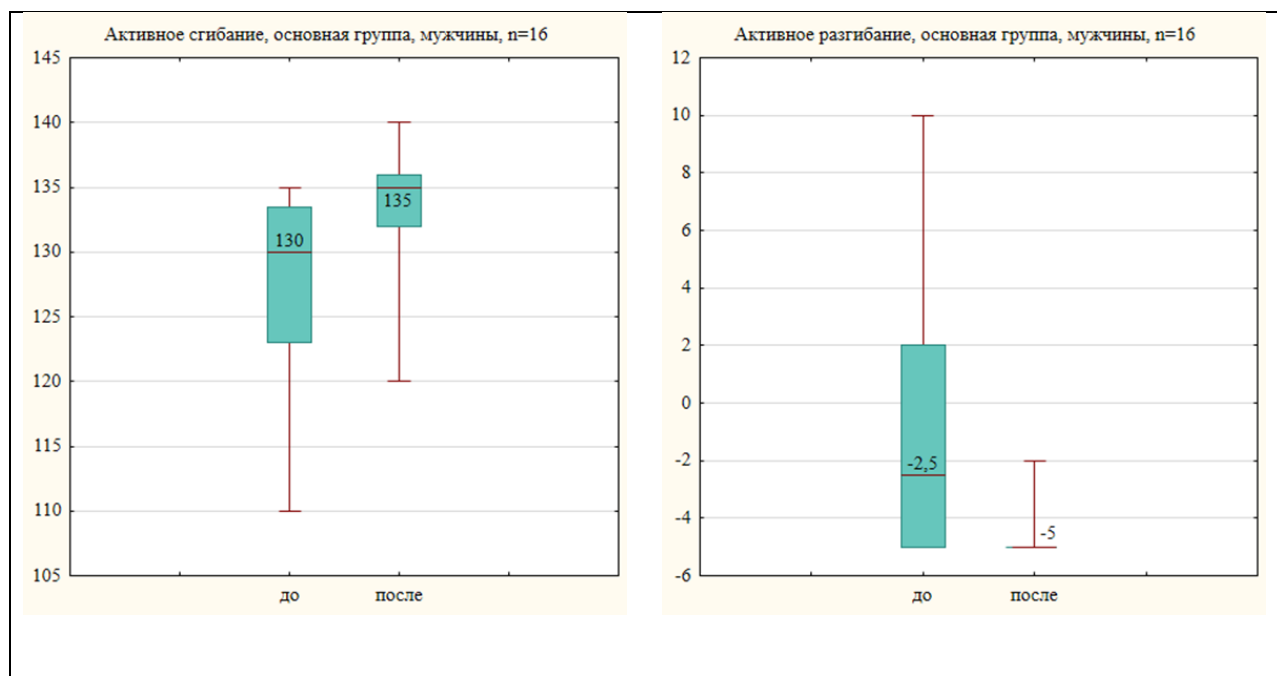


Рисунок 7 – Динамика значений показателей активного сгибания-разгибания в основной группе мужчин (Me[Q1–Q3]), n=16

При анализе данных, полученных с силовой платформы, в основной группе мужчин при первичной диагностике зафиксировано умеренное смещение значений показателя



«Распределение нагрузки» на здоровую ногу (48% при норме 49-51%). После проведенного реабилитационно-восстановительного лечения отмечалось незначительное улучшение. По значениям показателя «Индекс симметрии» выявлена достоверная ( $p < 0,001$ ) положительная динамика, прирост значений составил 8,8% (рис. 8).

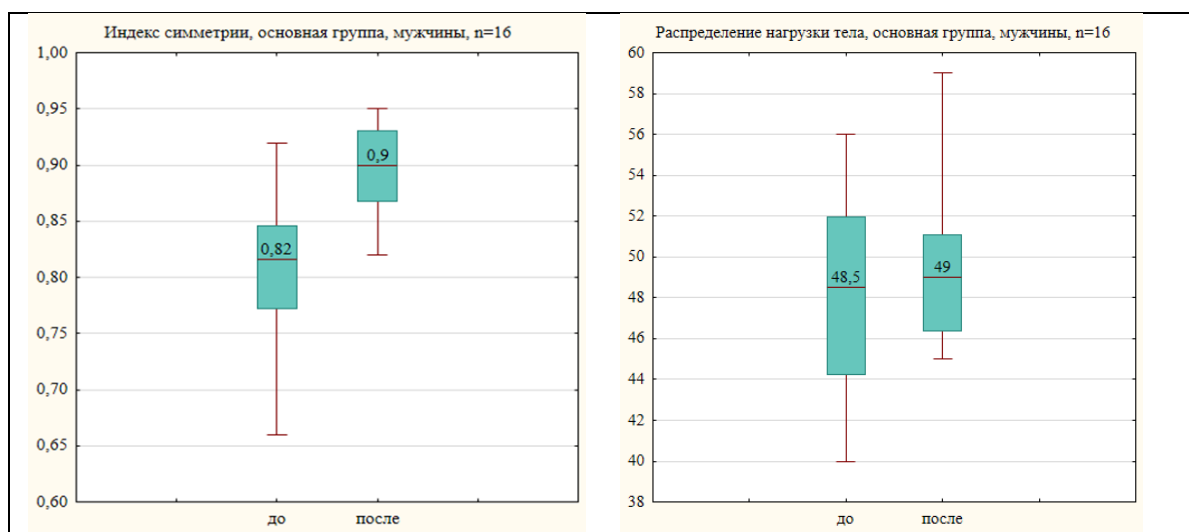


Рисунок 8 – Динамика значений показателей силовой платформы в основной группе мужчины (Me [Q1–Q3]), n=16

Аналогичные данные были получены у женщин.

Приведенные данные свидетельствуют, что вне зависимости от гендера динамика значений показателей «Активное сгибание» и «Активное разгибание» в контрольной группе имела тенденцию к сокращению межквартильного интервала, что говорит о восстановлении амплитуды движений у большей части выборки до физиологической нормы. Однако, данные полученные при помощи РБК Кон-Трекс говорят о незначительной положительной динамике, которая выражалась в увеличении силы и скоростной выносливости, при этом показатели, характеризующие состояния межмышечной координации улучшились в большей степени. Следует отметить, что полученные результаты можно считать недостаточными и это связано с тем, что данный подход в реабилитационно-восстановительном лечении спортсменов не учитывает их особенности ОДА и ограниченные сроки восстановления. В связи с вышесказанным, нами была предложена программа реабилитационно-восстановительного лечения с включением тренировочных занятий на РБК Кон-Трекс, спортсмены, проходившие тренировки были включены в основную группу.

В последующем в исследовании был проведен сравнительный анализ эффективности реабилитации спортсменов после травм и операций на коленном суставе с применением стандартной программы и роботизированных биомеханических комплексов.

Для выявления динамики изменений основных показателей комплексного обследования был проведен сравнительный анализ данных полученных после проведенного

реабилитационно-восстановительного лечения в обеих группах. В таблице 1 представлены данные спортсменов мужчин контрольной (n=14) и основной (n=16) групп на 3 этапе реабилитационно-восстановительных мероприятий после проведенного лечения, уровень спортивного мастерства не ниже КМС, возраст  $22,4 \pm 3,84$  и  $21,31 \pm 2,91$ , соответственно. Анализ наличия статистически значимых изменений в данных психологического обследования проводился с помощью непараметрического U-критерия Мана-Уитни. Статистически значимым различием считалось значение вероятности ошибки  $p \leq 0,05$ .

Значения показателя интенсивности болевого синдрома по «ВАШ» в контрольной и основной группах мужчин по завершении реабилитационно-восстановительного лечения достоверно ( $p < 0,01$ ) отличались и составляли  $0,5[0;3]$  и  $0[0;0,5]$  баллов. Это свидетельствует в пользу меньшей выраженности болевого синдрома в основной группе мужчин. По окончании реабилитационно-восстановительного лечения в основной и контрольной группе мужчин статистически значимых различий в значениях показателя «Отек» зафиксировано не было.

Таблица 1 – Средние значения показателей комплексного обследования спортсменов-мужчин основной и контрольной группы после проведенного реабилитационно-восстановительного лечения

| Метод         | Показатель             | Мужчины                                |   |
|---------------|------------------------|--|---|
|               |                        | Контрольная группа (n=14)              | Основная группа (n=16)                  |
|               |                        | $\overline{M \pm SD}$<br>$Me[Q1;Q3]$   |   |
|               | ВАШ                    | $1,21 \pm 1,48$<br>$0,5[0;3]$          | $0,38 \pm 0,81$<br>$0[0;0,5]$           |
|               | Отек                   | $0,39 \pm 0,49$<br>$0[0;1]$            | $0,38 \pm 0,62$<br>$0[0;1]$             |
| Антропометрия | Нижняя треть бедра     | $47 \pm 2,59$<br>$47,5[45;48]$         | $46,28 \pm 5,69$<br>$48[43,25;49,5]$    |
|               | Средняя треть бедра    | $57,05 \pm 3,39$<br>$58[56,25;59]$     | $55,78 \pm 5,84$<br>$57[52;59,5]$       |
|               | Колено                 | $41,21 \pm 2,11$<br>$42[39,25;43]$     | $40,44 \pm 4,52$<br>$40,75[36,75;43]$   |
| Пассивное     | Сгибание               | $151,29 \pm 10,79$<br>$155,5[145;160]$ | $153,38 \pm 6,03$<br>$155[150;157]$     |
|               | Разгибание             | $-7,36 \pm 4,47$<br>$-10[-10;-5]$      | $-8,81 \pm 2,01$<br>$-10[-10;-8]$       |
| Активное      | Сгибание               | $133,36 \pm 7,49$<br>$135[130;140]$    | $133,06 \pm 6,21$<br>$135[132;136]$     |
|               | Разгибание             | $-4,64 \pm 2,37$<br>$-5[-5;-5]$        | $-4,75 \pm 0,77$<br>$-5[-5;-5]$         |
| Медасс        | Фазовый угол           | $7,66 \pm 0,31$<br>$7,7[7,37;7,93]$    | $7,87 \pm 0,44$<br>$7,9[7,6;8,1]$       |
|               | Мышечная масса         | $54,72 \pm 0,78$<br>$54,84[54;55,25]$  | $54,98 \pm 1,44$<br>$54,95[54,6;55,65]$ |
| Кобс          | Распределение нагрузки | $49 \pm 2,25$<br>$48,94[47;51]$        | $49,5 \pm 3,48$<br>$49[46,38;51,06]$    |
|               | Индекс симметрии       | $0,86 \pm 0,02$<br>$0,85[0,85;0,88]$   | $0,9 \pm 0,04^{**}$<br>$0,9[0,87;0,93]$ |

Примечание: \*\* – отличие от значения того же показателя в группе без Кон-Трекса, U-критерий Мана-Уитни ( $p < 0,01$ )

По завершении реабилитационно-восстановительного лечения при сравнительном анализе значений показателей «Объем нижней трети бедра» в контрольной (47,5[45;48] см) и основной (48[43,25;49,5] см) группе мужчин достоверных отличий не выявлено.

В значениях показателей «Объем средней трети бедра» статистически значимых отличий в контрольной и основной группе мужчин не отмечалось (58[56,25;59] и 57[52;59,5] см соответственно).

При сравнительном анализе значений показателя «Обхвата колена» в контрольной и основной группе мужчин выявлено, что значения данного показателя составляли 42,0[39,25;43] см и 40,75[36,75;43] см, соответственно, что может свидетельствовать о меньшей степени выраженности отека в основной группе мужчин на фоне проведенного курса реабилитационно-восстановительного лечения с РБК.

Для показателя «Пассивного разгибания» регистрировались идентичные медианные значения, в то время как разница межквартильных интервалов свидетельствует в пользу более выраженного прироста угла пассивного разгибания в основной группе мужчин ( $-10^0$ [-10;-8]) по сравнению с контрольной ( $-10^0$ [-10;-5]). В значениях показателя «Пассивного сгибания» при сравнительном анализе в контрольной и основной группе мужчин статистически значимых отличий не отмечалось.

Статистически значимых отличий значений показателя «Активного разгибания» по окончании реабилитационно-восстановительного лечения в контрольной и основной группах мужчин зафиксировано не было. Аналогичные наблюдения зафиксированы и для значений показателей «Активного сгибания», однако обращает на себя внимание разница межквартильных интервалов, что говорит о более выраженной динамике прироста угла активного сгибания в основной группе мужчин (135<sup>0</sup>[132;136]) по сравнению с контрольной (135<sup>0</sup>[130;140]).

При сравнительном анализе значений показателей состава тела достоверных отличий не обнаружено. Однако, значения показателя «Фазовый угол» в основной группе на 2,5% выше (7,7[7,37;7,93] и 7,9[7,6;8,1] у.е., соответственно). Значения показателей «Мышечной массы» в основной группе 54,98±1,44%, а в контрольной 54,72±0,78%. При сравнительном анализе значений показателей состава тела достоверных отличий не обнаружено.

Данные, полученные с помощью силовой платформы, говорят о незначительном смещении распределения нагрузки тела (48,94[47;51]%) в контрольной группе спортсменов, тогда как в основной зафиксировано полностью сбалансированное распределение нагрузки (49[46,38;51,06]%).

Значения показателя «Индекс симметрии» в контрольной группе были зафиксированы на уровне 0,85[0,85;0,88] у.е., а в основной группе достоверно ( $p \leq 0,001$ ) отличались и находились в диапазоне 0,9[0,87;0,93] у.е., что на 5,5% больше, чем в контрольной группе.

При анализе значений показателей профиля силы после реабилитационно-восстановительного лечения в основной и контрольной группе мужчин достоверные отличия получены по показателям при разгибании КММ, УСМ и УСКМ, при сгибании по показателю УСКМ. Так, при разгибании значения показателя КММ в контрольной группе фиксировались в диапазоне  $109,91 \pm 21,93$  Н·м, а в основной составили  $118,73 \pm 23,49$  Н·м, что на 7,4% выше, чем в контрольной группе. Значения показателя УСМ при разгибании в контрольной группе ниже на 22,9%, чем в основной ( $0,37 \pm 0,12$  Н·м и  $0,48 \pm 0,13$  Н·м, соответственно). Значения показателей УСКМ при сгибании и разгибании в основной группе выше на 23,3%, чем в контрольной (таблица 2). Очевидно, что в основной группе после реабилитационно-восстановительного лечения все регистрируемые показатели имеют более значимую положительную динамику.

Таблица 2 - Значения показателей профиля силы,  $V=30^0/\text{сек}$  у спортсменов-мужчин основной ( $n=16$ ) и контрольной ( $n=14$ ) группы после реабилитационно-восстановительного лечения ( $M \pm SD$ )

| Показатель                                      |            | Мужчины                          |                               |
|---|------------|----------------------------------|-------------------------------|
|   |            | Контрольная группа<br>( $n=14$ ) | Основная группа<br>( $n=16$ ) |
|   |            | $M \pm SD$                       |                               |
| Крутящий момент максимальный (КММ), Н·м         | Сгибание   | $70,88 \pm 22,94$                | $77,64 \pm 22,1$              |
|   | Разгибание | $109,91 \pm 21,93$               | $118,73 \pm 23,49^*$          |
| Удельная средняя мощность (УСМ), Вт/кг          | Сгибание   | $0,24 \pm 0,09$                  | $0,29 \pm 0,09$               |
|   | Разгибание | $0,37 \pm 0,12$                  | $0,48 \pm 0,13^*$             |
| Удельный средний крутящий момент (УСКМ), Н·м/кг | Сгибание   | $0,69 \pm 0,26$                  | $0,9 \pm 0,25^*$              |
|   | Разгибание | $1,15 \pm 0,33$                  | $1,5 \pm 0,41^*$              |

Примечание: \* – отличие от значения того же показателя в основной и контрольной группе, U-критерий Мана-Уитни ( $p < 0,05$ )

Анализ значений показателей при скорости  $60^0/\text{сек}$  после реабилитационно-восстановительного лечения в основной и контрольной группе мужчин выявил достоверные отличия по показателям при разгибании УСМ и УСКМ, при сгибании по показателю УСКМ. При разгибании значения показателя УСМ в основной группе на 23,6% выше, чем в контрольной ( $0,89 \pm 0,27$  Вт/кг и  $0,68 \pm 0,22$  Вт/кг). Значения показателя УСКМ при сгибании в основной группе находились в диапазоне  $1,07 \pm 0,2$  Н·м/кг, что на 14,0% выше, чем в контрольной ( $0,92 \pm 0,16$  Н·м/кг). Значения показателей УСКМ при разгибании в основной группе фиксировались в диапазоне  $1,45 \pm 0,47$  Н·м/кг, а в контрольной в диапазоне  $1,07 \pm 0,37$  Н·м/кг (выше на 26,2%) (таблица 3). Такие данные отражают продуктивный и эффективный процесс восстановления в основной группе после реабилитационно-восстановительного лечения.

Таблица 3 - Значения показателей межмышечной координации,  $V=60^0/\text{сек}$  у спортсменов-мужчин основной ( $n=16$ ) и контрольной ( $n=14$ ) группы после реабилитационно-восстановительного лечения ( $M\pm SD$ )

| Показатель                                      |            | Мужчины                          |                               |
|---|------------|----------------------------------|-------------------------------|
|   |            | Контрольная группа<br>( $n=14$ ) | Основная группа<br>( $n=16$ ) |
|   |            | $M\pm SD$                        |                               |
| Крутящий момент максимальный (КММ), Н·м         | Сгибание   | 85,45±16,03                      | 89,38±11,41                   |
|   | Разгибание | 101,77±30,38                     | 113,61±34,67                  |
| Удельная средняя мощность (УСМ), Вт/кг          | Сгибание   | 0,64±0,13                        | 0,66±0,18                     |
|   | Разгибание | 0,68±0,22                        | 0,89±0,27*                    |
| Удельный средний крутящий момент (УСКМ), Н·м/кг | Сгибание   | 0,92±0,16                        | 1,07±0,2*                     |
|   | Разгибание | 1,07±0,37                        | 1,45±0,47*                    |

Примечание: \* – отличие от значения того же показателя в основной и контрольной группе, U-критерий Мана-Уитни ( $p<0,05$ )

Аналогичная динамика прослеживается по значениям показателей внутримышечной координации при скорости  $120^0/\text{сек}$ . Так, например, наиболее значимые изменения произошли со значениями показателей УСМ и УСКМ при разгибании. В основной группе значения показателя УСМ после реабилитационно-восстановительного лечения находились в диапазоне  $1,56\pm0,44$  Вт/кг, что на 23,7% выше, чем в контрольной группе, диапазон значений в которой составил  $1,19\pm0,43$  Вт/кг. Отмечается достоверный прирост значений (на 26,7%) и по показателям УСКМ при разгибании, в основной группе они фиксировались на уровне  $1,35\pm0,39$  Н·м/кг, а в контрольной  $0,99\pm0,37$  Н·м/кг (таблица 4). Соответственно, в основной группе за одинаковый период времени лечения прирост значений внутримышечной координации имеет ярко положительную динамику.

Таблица 4 - Значения показателей внутримышечной координации,  $V=120^0/\text{сек}$  у спортсменов-мужчин основной ( $n=16$ ) и контрольной ( $n=14$ ) группы после реабилитационно-восстановительного лечения ( $M\pm SD$ )

| Показатель                                      |            | Мужчины                          |                               |
|---|------------|----------------------------------|-------------------------------|
|   |            | Контрольная группа<br>( $n=14$ ) | Основная группа<br>( $n=16$ ) |
|   |            | $M\pm SD$                        |                               |
| Крутящий момент максимальный (КММ), Н·м         | Сгибание   | 74,28±11,39                      | 76,26±12,42                   |
|   | Разгибание | 97,53±27,72                      | 110,49±31,84*                 |
| Удельная средняя мощность (УСМ), Вт/кг          | Сгибание   | 0,95±0,23                        | 1,1±0,26*                     |
|   | Разгибание | 1,19±0,43                        | 1,56±0,44*                    |
| Удельный средний крутящий момент (УСКМ), Н·м/кг | Сгибание   | 0,79±0,18                        | 0,95±0,15**                   |
|   | Разгибание | 0,99±0,37                        | 1,35±0,39*                    |

Примечание: \* – отличие от значения того же показателя в основной и контрольной группе, U-критерий Мана-Уитни (\* –  $p<0,05$ , \*\* –  $p<0,01$ )

При анализе значений показателей скоростной выносливости ( $V=180^0/\text{сек}$ ) в обеих группах мужчин после реабилитационно-восстановительного лечения достоверные отличия обнаружены по показателям УСМ и УСКМ при сгибании и разгибании. Значения показателей

УСМ при сгибании в контрольной группе зафиксирован в диапазоне  $1,16 \pm 0,23$  Вт/кг, а в основной на 12,1% выше в диапазоне  $1,32 \pm 0,24$  Вт/кг. При разгибании значения показателя УСМ в контрольной группе составляли  $1,21 \pm 0,26$  Н·м/кг, а в основной были на 37,0% выше и фиксировались на уровне  $1,92 \pm 0,18$  Н·м/кг. Аналогичная тенденция прослеживается и по значениям показателей УСКМ при сгибании и разгибании (таблица 5). Такие данные показывают значительный прирост скоростной выносливости в основной группе по сравнению с контрольной у спортсменов-мужчин.

Таблица 5 - Значения показателей скоростной выносливости,  $V=180^\circ/\text{сек}$  у спортсменов-мужчин основной ( $n=16$ ) и контрольной ( $n=14$ ) группы после реабилитационно-восстановительного лечения ( $M \pm SD$ )

| Показатель                                      |            | Мужчины                          |                               |
|---|------------|----------------------------------|-------------------------------|
|   |            | Контрольная группа<br>( $n=14$ ) | Основная группа<br>( $n=16$ ) |
|   |            | $M \pm SD$                       |                               |
| Крутящий момент максимальный (КММ), Н·м         | Сгибание   | $60,64 \pm 11,54$                | $67,59 \pm 12,64$             |
|   | Разгибание | $86,29 \pm 25,8$                 | $94,07 \pm 23,37$             |
| Удельная средняя мощность (УСМ), Вт/кг          | Сгибание   | $1,16 \pm 0,23$                  | $1,32 \pm 0,24^{**}$          |
|   | Разгибание | $1,21 \pm 0,26$                  | $1,92 \pm 0,18^{**}$          |
| Удельный средний крутящий момент (УСКМ), Н·м/кг | Сгибание   | $0,63 \pm 0,17$                  | $0,82 \pm 0,12^{**}$          |
|   | Разгибание | $0,88 \pm 0,31$                  | $1,17 \pm 0,27^*$             |

Примечание: \* – отличие от значения того же показателя в основной и контрольной группе, U-критерий Мана-Уитни (\* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,01$ )

Таким образом, проводя сравнительный анализ эффективности двух вариантов реабилитационно-восстановительного лечения спортсменов на третьем этапе реабилитации, нами выявлено, что применение в программе реабилитации роботизированного биомеханического комплекса Кон-Трекс привело к более значимым позитивным изменениям в динамике состояния спортсменов. Это проявилось в более значимых положительных сдвигах значений показателей диагностических методик в основной группе по сравнению с контрольной. Например, достоверно снизилась интенсивность болевого синдрома по показателю ВАШ до  $0,5[0;3]$  баллов в контрольной группе и до  $0[0;0,5]$  баллов в основной группе мужчин; в основной группе достоверно более выражен прирост угла пассивного разгибания ( $-10^\circ[-10;-8]$ ) по сравнению с контрольной ( $-10^\circ[-10;-5]$ ), а также угла активного сгибания в основной группе мужчин ( $135^\circ[132;136]$ ) по сравнению с контрольной ( $135^\circ[130;140]$ ). Значения показателя «Индекс симметрии» в контрольной группе к концу лечения составил  $0,85[0,85;0,88]$  у.е., а в основной  $0,9[0,87;0,93]$  у.е. В основной группе мужчин по данным РБК Кон-Трекс наблюдались более выраженные положительные изменения в значениях показателей профиля силы, межмышечной и внутримышечной координации и скоростной выносливости. Аналогичная тенденция была характерна и для женщин-спортсменок. По ряду показателей у женщин в основной группе динамика показателей превышала аналогичные данные, полученные у мужчин.

## ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что преобладающей патологией у спортсменов являются травмы и заболевания нижних конечностей (не ниже 67,0% пациентов в год). При этом встречаемость нагрузочных травм и заболеваний коленного сустава составили 63,2%, острых травм – 36,8%. Наиболее часто встречающимися были бурсит/синовит коленного сустава (27,3%), повреждение внутренней/наружной боковых связок (19,2%), повреждение медиального мениска (13,0%), повреждение передней крестообразной связки ПКС (10,9%).

2. Показано, что применение в программе комплексного реабилитационно-восстановительного лечения при травмах и операциях на коленном суставе у спортсменов роботизированных биомеханических комплексов, основано на теоретических постулатах изокинетики и атравматичном принципе работы РБК, учитывает функциональное состояние опорно-двигательного аппарата спортсмена, а также особенности третьего этапа реабилитации, что в совокупности приводит к выраженной положительной динамике.

3. Использование разработанного алгоритма применения роботизированных биомеханических комплексов позволяет провести объективную диагностику кинетических и кинематических показателей движения в коленном суставе, а также состояния миоэнтезического аппарата травмированной области. Применение данного алгоритма в программе реабилитации способствует восстановлению и улучшению стабильности травмированной области, восстановлению полного объема движения в коленном суставе, а также сенсомоторному контролю в управлении движениями. Так болевой синдром в основной группе полностью купирован к концу второй недели, а в контрольной сохраняется у 17,9% спортсменов к 21-му дню; относительная выраженность отека в основной группе сохранилась у 6,7%, а в контрольной у 15,3% спортсменов; баланс тела в положении стоя в основной группе восстановился к 15-му дню, при этом в контрольной группе у 23,1% сохраняются проявления дисбаланса.

4. Доказано положительное влияние комплексной реабилитационно-восстановительной программы на показатели биомеханики движения в коленном суставе: у спортсменов основной группы (мужчины) значения показателей мощности по отношению к исходному уровню увеличились на 24,6%, значения показателей внутримышечной координации увеличиваются на 14,4%, а значения показателей скоростной выносливости увеличиваются 16,3% ( $p < 0,01$ ). В контрольной группе достоверно увеличились показатели межмышечной координации на 4,7% ( $p < 0,05$ ), динамика других показателей не носила достоверный характер. Сравнительный анализ данных основной и контрольной групп показал статистически достоверную эффективность применения роботизированной биомеханики ( $p < 0,01$ ). После проведенного реабилитационно-восстановительного лечения значения показателей силы при сгибании и разгибании в основной группе выше на 23,3%, чем в контрольной; значения показателей межмышечной координации при разгибании в основной группе выше на 26,2%; значения показателей внутримышечной координации в основной группе на 23,7% выше; значения показателей скоростной выносливости в основной были на 37,0% выше. Аналогичные тенденции наблюдались в группе спортсменов-женщин.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Программа реабилитационно-восстановительных мероприятий для спортсменов после травм и операций на коленном суставе, включающая комплекс физиотерапевтических процедур, занятий ЛФК и тренировки на роботизированных биомеханических комплексах, может быть рекомендована к применению на третьем этапе реабилитации в рамках медико-биологического сопровождения спорта высоких достижений.

2. При проведении реабилитационно-восстановительных мероприятий тренировки на РБК Кон-Трекс рекомендуется проводить по следующей схеме: начиная с 1 по 5 день время работы на РБК Кон-Трекс составляло менее 20 минут (на скорости 60 град/сек – 18% от занятия, на скорости 120 град/сек – 18%, на скорости 30 град/сек – 9%, отдых между подходами – 55%); с 8 по 12 день время занятия увеличивалось примерно до 25 минут (на скорости 60 град/сек – 12%, на скорости 120 град/сек – 12%, на скорости 180 град/сек – 18%, на скорости 30 град/сек – 6%, отдых между подходами – 52%); с 15 по 19 день время работы возрастает до 30 минут (работа на скорости 60 град/сек – 10%, на скорости 120 град/сек – 10%, на скорости 180 град/сек – 14%, на скорости 30 град/сек – 14%, отдых между подходами – 52%).

3. Для отслеживания динамики изменений основных индикаторов эффективности процесса физической реабилитации у спортсмена рекомендуется в первый и последний дни реабилитационно-восстановительного лечения проводить оценку уровня силовых, скоростных и мощностных показателей нижней конечности с использованием протокола диагностики сгибание/разгибание в коленном суставе на роботизированном биомеханическом комплексе.

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Хан, А.В. Применение изокинетических динамометров в реабилитации и восстановлении высококвалифицированных спортсменов после травм и операций коленного сустава (аналитический обзор) / А.В. Хан, В.В. Петрова, С.Е. Назарян, П.А. Шулепов, М.С. Петрова // Кремлевская медицина. Клинический вестник, 2023, Т.№4, С 69-72.

2. Травмы коленного сустава в структуре травматизма у спортсменов высших достижений / А.В. Хан, В.В. Петрова, С.Е. Назарян, П.А. Шулепов, А.А. Петров // Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, 2024, №3, С. 43-49.

3. Хан А.В. Применение роботизированных биомеханических комплексов в реабилитации спортсменов после травм и операций на коленном суставе на третьем этапе реабилитации / Самойлов А.С., Хан А.В., Петрова В.В., Труханова Д.И. //Лечебная физкультура и спортивная медицина, 2024, №3 (173), С 21-26.

4. Хан А.В. Реабилитация в спорте высших достижений / Разинкин С.М., Самойлов А.С., Петрова В.В., Хан А.В., Брагин М.А., Ерофеев Г.Г. // М.: Издательство: Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна. – 2022. – 356 с.

### Свидетельство о государственной регистрации базы данных

1. Хан А.В. Протокол восстановления после травмы коленного сустава с применением роботизированных биомеханических комплексов / Хан А.В., Петрова В.В., Назарян С.Е., Петров А.А., Самойлов А.С. // Патент на базу данных №2024624011, 09.09.2024. Заявка №2024623736 от 29.08.2024.

2. Хан А.В. Базы данных результатов восстановления после травмы коленного сустава с применением роботизированных биомеханических комплексов / Хан А.В., Петров А.А., Сапов Д.А., Петрова В.В., Назарян С.Е. // Патент на базу данных №2024624134, 17.09.2024. Заявка №2024623733 от 29.08.2024.