Дата публикации: 01.03.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_01_23
УДК 615.825.6; 612.75

Publication date: 01.03.2024
DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_01_23
UDC 615.825.6; 612.75

ЭФФЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОС-МЕХАНОТЕРАПИИ ПОСЛЕ ПЛАСТИКИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА

Н.В. Лунина[1,2], К.А. Смирнова[1]

[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, Россия

[2]Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», г. Ессентуки, Россия

Аннотация. В статье представлены результаты применения механотерапии с биологической обратной связью (БОС) после пластики передней крестообразной связки (ПКС) коленного сустава (КС). Эффекты использования БОС-механотерапии после пластики ПКС отразились в увеличении обхвата бедра на 11%, улучшении результатов гониометрии: увеличении углов сгибания и разгибания КС на 35,1% и 6,6% соответственно, увеличении амплитуды движения КС на 40,7%, увеличении силы мышц КС при тестировании на механоаппарате «PrimusRS». Сила мышц-сгибателей и мышц-разгибателей улучшилась на 19% и 24% соответственно. По данным стабилометрии, на 122% увеличилась площадь зоны перемещения, отражая увеличение опороспособности нижних конечностей. По данным теста WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index), на 42,7% улучшилась субъективная оценка состояния КС. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности проведения БОС-механотерапии, проводимой после пластики передней крестообразной связки коленного сустава.

Ключевые слова: биологическая обратная связь, механотерапия, пластика передней крестообразной связки, коленный сустав.

EFFECTS OF BIOFEEDBACK MECHANOTHERAPY AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION

N.V. Lunina[1,2], K.A. Smirnova[1]

[1]Russian University of Sports “GTSOLIFK”, Moscow, Russia

[2]FSBI “North-Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency”, Essentuki, Russia

Abstract. The article presents the results of using mechanotherapy with biofeedback (BF) after the anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction. The effects of using biofeedback mechanotherapy after ACL reconstruction were reflected in an increase in hip girth by 11%, improvement of the goniometry results, increase of the angles of flexion and extension of the knee joint by 35.1% and 6.6% respectively, increase in the amplitude of the knee joint movement by 40.7%, increase in strength of the knee joint muscles when tested on the PrimusRS mechanical device. The strength of the flexor and extensor muscles improved by 19% and 24% respectively. According to the stabilometry data, the area of the movement zone increased by 122%, reflecting an improvement in the support ability of the lower limbs. According to WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index), the subjective assessment of the knee joint condition also improved by 42.7%. The results obtained indicate the effectiveness of biofeedback mechanotherapy performed after ACL reconstruction.

Keywords: biofeedback, mechanotherapy, anterior cruciate ligament reconstruction, knee joint.

Введение. Реконструкция передней крестообразной связки (ПКС), проводимая оперативным способом, ограничивает двигательную и опорную функции коленного сустава (КС). Это, в свою очередь, может привести к ряду осложнений в послеоперационном периоде: дефектам срастания ПКС, нестабильности сустава, гонартроза, возникновению воспалительных явлений в суставе в виде артритов и

бурситов, развитие которых замедляет процессы функционального восстановления коленного сустава и актуализирует вопросы выбора средств и форм физической реабилитации [1-2]. При этом комплексность и ранее начало реабилитационных мероприятий после пластики ПКС коленного сустава является залогом полного восстановления и улучшения качества жизни пациента [3-5]. Использование механотерапевтического оборудования, позволяющего выполнять процедуры по восстановлению нарушенных функций опорно-двигательного аппарата, с применением биологической обратной связи (БОС) является современным методом, пополняющимся научно-практическими данными, необходимыми для разработки эффективных подходов и программ в процессе реабилитации, в связи с чем представленное исследование является своевременным и актуальным.

Цель исследования: изучение эффектов использования биоуправляемой механотерапии в реабилитации после пластики передней крестообразной связки коленного сустава.

Методы и организация исследования. Исследование проведено на базе Московского Научно-Образовательного Центра МГУ им М.В. Ломоносова (МНОЦ МГУ, г. Москва). В исследовании приняли участие мужчины (n=10) в возрасте 40-45 лет после пластики передней крестообразной связки коленного сустава. Антропометрические показатели (обхватные размеры) травмированной нижней конечности оценивали с помощью сантиметровой ленты. Измерение окружности бедра (в см) проводится на уровне середины бедренной кости в исходном положении испытуемых – сидя на краю стула. Оценку амплитудных характеристик травмированного коленного сустава проводили с помощью гониометрии (сгибание-разгибание, в °), силовые характеристики травмированной нижней конечности оценивали на БОС-механоаппарате «PrimusRS» (в фунтах) (рис. 1).



Рис. 1. Проведение комплекса диагностико-реабилитационных мероприятий на БОС-механоаппарате «PrimusRS»

Координационная устойчивость оценивалась на стабилометрической платформе «Стабилан-01-2» по площади зоны перемещения ($м^2$). Оценивали субъективное состояние пациента, связанное с состоянием сустава по методике «WOMAC» (в баллах). Статистическую обработку данных проводили при использовании пакета анализа Statistica 13, вычисляли среднее значение (M) и стандартное отклонение (σ), достоверность различий показателей до и после исследования определяли с помощью Т-критерия Вилкоксона при уровне значений $p<0,05$.

Средняя продолжительность курса биоуправляемой механотерапии составила 15 занятий, который был распределен на 3 периода: вводный – 3 занятия, основной – 9 занятий и заключительный – 3 занятия. Примерное содержание периодов реабилитации с помощью биоуправляемой механотерапией представлен в таблице 1.

Таблица 1

Содержание БОС-механотерапии, используемой после пластики передней крестообразной связки коленного сустава

Содержание	Дозировка	Методические рекомендации
Вводный период (3 занятия). Время занятий – 20 мин.		
Упражнения на БОС-механоаппарате «PrimusRS»: 1. Ознакомление с тренажером и обучение простым упражнениям; 2. Выполнение упражнений в пассивном режиме; 3. Выполнение упражнений в активном режиме без сопротивления.	10 мин.	Занятие выполняется в ортезе без утяжеления или с малым утяжелением. И.п. – сидя в кресле, фиксация оперированной ноги ремнем на бедре и голеностопе, соблюдение совпадения осей насадки и коленного сустава. Амплитуда комфортная для пациента, с постепенным увеличением на 1-2°, при пассивном сгибании и разгибании КС.
Упражнения с БОС на стабилоплатформе: 1. Ознакомление с тренажером и обучение простым упражнениям; 2. Обучение методике самостраховки; 3. Выполенние простых упражнений стоя на стабилоплатформе: шаги, переступания, подшагивания, перенос веса тела, различные стойки.	10 мин.	В щадящем режиме выполняются одиночные упражнения. Особый акцент делается на обучение пациентов навыкам самостраховки и безопасной технике выполнения упражнений.
Основной период (9 занятий). Время занятий – 30 мин.		
Упражнения на БОС-механоаппарате «PrimusRS»: 1. Выполнение установленной тренировочной программы: сгибания-разгибания в КС с различной силой, скоростью и амплитудой; удержание колена под определенным, постепенно увеличивающимся углом; 2. Движения в голеностопном суставе; 3 Движения в тазобедренном суставе.	15 мин.	Занятие на «PrimusRS» выполняется без ортеза, величина нагрузки на аппарате устанавливается слабая, при хорошем темпе восстановления можно перейти на среднюю нагрузку. Ведется контроль болевой чувствительности и уровня усталости оперированной конечности по визуально-аналоговой шкале боли (до 3-4 баллов) И.п. – сидя в кресле, фиксация оперированной нижней конечности ремнем на бедре и голеностопе, соответствие оси насадки по фронтальной плоскости КС.

Продолжение таблицы 1

Упражнения с БОС на стабилоплатформе: 1. Выполняется программа развития координации простого уровня: выполнение движений на стабилоплатформе согласно установкам программы; 2. Выполнение простых упражнений на координацию и равновесие.	15 мин.	Первые несколько занятий выполняются в ортезе для лучшего ознакомления с новой методикой занятий, затем ортез снимается.
Заключительный период (3 занятия). Время занятий – 40 мин.		
Упражнения на БОС-механоаппарате «PrimusRS»: 1. Выполнение установленной тренировочной программы; 2. Выполнение упражнений на отстающие мышечные группы.	20 мин.	Нагрузка увеличивается постепенно в зависимости от индивидуальных темпов развития мускулатуры.
Упражнения с БОС на стабилоплатформе: 1. Выполняется программа развития координации среднего уровня.	20 мин.	В зависимости от индивидуальных успехов повышается сложность программы.

Примечание: И.п. – исходное положение; БОС – биологическая обратная связь; КС – коленный сустав

Результаты исследования и их обсуждение. Эффективность использования БОС-механотерапии в реабилитации после пластики передней крестообразной связки коленного сустава оценивалась в динамике изучаемых показателей (табл. 2).

Таблица 2

Динамика результатов изучаемых показателей при использовании БОС-механотерапии после пластики ПКС коленного сустава, M±σ

Тесты	До курса механотерапии с БОС	После курса механотерапии с БОС	Прирост показателя, %
Гониометрия			
Угол сгибания КС, °	73,6 ±5,3	47,8±4,26*	35,1
Угол разгибания КС, °	163,5±4,86	174,3±4,14*	6,6
Амплитуда движения КС, °	90±9,24	126,5±7,56*	40,7
Тестирования на аппарате «PrimusRS»			
Сила сгибателей КС, фунты	177,5±19,7	210,8±22,8*	19
Сила разгибателей КС, фунты	210±17,8	260,1±6,14*	24
Стабилометрия			
Площадь зоны перемещения, м^2	14,2±0,7	31,5±1,08*	122
Тест «WOMAC»			
Итоговое значение, баллы	28,6±1,5	16,4±1,45*	42,7

Примечание: БОС – биологическая обратная связь; ПКС – передняя крестообразная связка; КС – коленный сустав; * – достоверное изменение показателя при $p<0,05$

Исходные значения обхвата бедра постоперационной конечности составляли 54±6,53 см, после курса БОС-механотерапии значения увеличились до 60±4 см с динамикой в 11%. По исходным данным гониометрии, угол сгибания в коленном суставе составил 73,6±5,3° при нормированных значениях в 40-45°, указывая на значительные нарушения функции коленного сустава и невозможности осуществлять полное сгибание в суставе. После прохождения курса БОС-механотерапии динамика показателя составила 35%, достигнув значений в 47,8±4,26°. Исходный угол разгибания в коленном суставе составил 163,5±4,86° при норме в 176-180°, отражая умеренные проблемы с разгибанием в коленном суставе. После прохождения курса динамика улучшения показателя составила 6,6%, достигнув практически нормированных значений в 174,3±4,14°. Общая амплитуда движения в коленном суставе в исследуемой группе составила 90±9,24°, что значительно ниже нормы в 130-140°. Улучшение значений гониометрии при сгибании и разгибании коленного сустава способствовали увеличению общей амплитуды движения колена на 40,7%, до 126,5±7,56° (табл. 2).

Оценка силовых характеристик сгибателей и разгибателей колена проводилась на аппарате «PrimusRS» при исходных значениях силы сгибателей мышц коленного сустава в 177,5±19,7 фунтов, разгибателей – в 210±17,8 фунтов. После курса механотерапии с БОС значения улучшились на 19% и 24% соответственно, свидетельствуя об улучшении сократительной силы изучаемых мышц. Значения устойчивости нижних конечностей оценивались по площади зоны перемещения (м^2) при проведении стабилометрии. Исходные значения соответствовали 14,2±0,7 м^2 при норме ≥30 м^2. После курса механотерапии с БОС показатель превысил значения нормы, улучшившись на 122%. Субъективное состояние исследуемых, связанное с состоянием сустава, оценивалось по опроснику «WOMAC». До курса механотерапии с БОС общий итог составил 28,6±1,5 баллов, отражая

удовлетворительные значения с тенденцией к неудовлетворительному результату, что может быть связано с использованием ортеза на протяжении всей деятельности, однако без ортеза пациенты испытывали бы еще большие неудобства, что отразилось бы в более низких результатах проводимого тестирования (табл. 2). До прохождения курса пациенты указывали на выраженный болевой синдром при выполнении нагрузки даже с использованием ортеза, отмечали затруднения в бытовых действиях, связанных с перемещением и опорой. Повторный опрос после прохождения курса механотерапии с БОС выявил улучшение результатов теста на 42,7% при результате теста в 16,4±1,45 баллов, указывающий на значительное повышение субъективной оценки самочувствия, отмечаемой практически всеми исследуемыми, при этом болевой синдром возникал только при значительных нагрузках, о затруднениях в движениях оперированного сустава исследуемыми практически не сообщалось.

Заключение. Использование БОС-механотерапии после пластики ПКС коленного сустава способствовало улучшению функционального состояния постоперационной нижней конечности; улучшению трофических процессов, повышению мышечной силы травмированного сегмента; улучшению функции равновесия, координации и устойчивости нижних конечностей; улучшению субъективной оценки функциональности и самочувствия; уменьшению болезненности постоперационной конечности исследуемых, свидетельствуя об эффективности ее применения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахпашев, А. А. Морфологические аспекты несостоятельности аутотрансплантата передней крестообразной связки / А. А. Ахпашев, Н. В. Загородний, Н. Н. Щеголева // Вестник новых медицинских технологий. – 2007. – № 4. – С. 47-49.
2. Ульянов, И. В. Ранняя послеоперационная реабилитация пациентов после аутопластики передней крестообразной связки (ПКС) / И. В. Ульянов // Вестник науки. – 2022. – № 8 (53). – С. 78-80.
3. Баулина, О. В. Применение методики биологической обратной связи на основе стабилометрии в спортивной гимнастике / О. В. Баулина, Т. В. Истомина // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – №10 (159). – С. 210-219.
4. Комачева, О. А. Методика восстановления мужчин 45-50 лет после травм коленного сустава средствами адаптивной физической культуры / О. А. Комачева, М. Г. Ситкина, Н. И. Федорова // Ученые записки университета Лесгафта. – 2022. – № 1 (203). – С. 180-183.
5. Intersession Reliability of Isokinetic Strength Testing in Knee and Elbow Extension and Flexion Using the BTE PrimusRS / Törpel A., Becker T., Thiers A. [et al] / J Sport Rehabil. – 2017 – № 26(4). URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28338383/ (дата обращения: 16.02.2024)

REFERENCES

1. Akhpashev A.A., Zagorodnij N.V., Shchegoleva N.N. Morphological aspects of anterior cruciate ligament autograft failure. *Journal of New Medical Technologies*, 2007, no. 4, pp. 47-49. (in Russ.)
2. Ul'yanov I.V. Early postoperative rehabilitation of patients after autoplasty anterior cruciate ligament (ACL). *Vestnik nauki*, 2022, no. 8 (53), pp. 78-80. (in Russ.)
3. Baulina O.V., Istomina T.V. Application of methods biofeedback based on stabilometry in the sports gymnastics. *Izvestiya SFedU. Engineering sciences*, 2014, no. 10 (159), pp. 210-219. (in Russ.)
4. Komacheva O.A., Sitkina M.G., Fedorova N.I. Recovery methods for women 45-50 years old after knee joint injuries with adaptive physical culture. *Scientific Notes of the P.F. Lesgaft University*, 2022, no. 1 (203). pp. 180-183. (in Russ.)
5. Törpel A., Becker T., Thiers A., Hamacher D., Schega L. Intersession Reliability of Isokinetic Strength Testing in Knee and Elbow Extension and Flexion Using the BTE PrimusRS. *J Sport Rehabil*, 2017, no. 26(4). Available at: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28338383/ (accessed 16.02.2024)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Наталья Владимировна Лунина – кандидат биологических наук, доцент «Российский университет спорта (ГЦОЛИФК)», доцент кафедры физической реабилитации, массажа и оздоровительной физической культуры им. И.М. Саркизова-Серазини, Москва; старший научный сотрудник ЦМБТ ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, Ессентуки, e-mail: natalya-franc@mail.ru.
Ксения Александровна Смирнова – магистрант кафедры физической реабилитации, массажа и оздоровительной физической культуры им. И.М. Саркизова-Серазини, Российский университет спорта (ГЦОЛИФК); инструктор-методист ЛФК, Медицинский научно-образовательный центр Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Москва.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Natal'ya V. Lunina – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Rehabilitation, Massage and Health-Improving Physical Culture named after I.M. Sarkizov-Serazini, Russian University of Sports "GTSOLIFK", Moscow; Senior Researcher of the Center for Biomedical Technologies, FSBI "North-Caucasian Federal Research and Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency", Essentuki, e-mail: natalya-franc@mail.ru.
Ksenia A. Smirnova – Master's Student of the Department of Physical Rehabilitation, Massage and Health-Improving Physical Culture named after I.M. Sarkizov-Serazini, Russian University of Sports "GTSOLIFK"; Physical Therapy Instructor, Medical Research and Education Center, Moscow State University, Moscow.

Для цитирования: Лунина, Н. В. Эффекты использования БОС-механотерапии после пластики передней крестообразной связки коленного сустава / Н. В. Лунина, К. А. Смирнова // Современные вопросы биомедицины. – 2024. – Т. 8. – № 1. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_01_23

For citation: Lunina N.V., Smirnova K.A. Effects of biofeedback mechanotherapy after anterior cruciate ligament reconstruction. *Modern Issues of Biomedicine*, 2024, vol. 8, no. 1. DOI: 10.24412/2588-0500-2024_08_01_23