УДК 612.741

ВЛИЯНИЕ СЕАНСА МЕХАНОТЕРАПИИ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА И ГЕМОДИНАМИКУ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ СПОРТСМЕНОВ ЛЕГКОАТЛЕТОВ

Абуталимов А.Ш., Абуталимова С.М.
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», Ессентуки, Россия

Ключевые слова: механотерапия, спортсмены, легкая атлетика, нервно-мышечный аппарат, гемодинамика, функциональное состояние, опорно-двигательный аппарат.

Аннотация. Цель работы – исследовать влияние сеанса механотерапии на функциональное состояние нервно-мышечного аппарата и гемодинамику нижних конечностей у легкоатлетов. Было выявлено, что в результате применения роботизированного биомеханического комплекса с биологически обратной связью у спортсменов нормализовались изначально повышенные показатели артериального кровотока (реографический индекс на правой стопе, правой голени, время распространения медленных волн на левой стопе). Однако, данные электронейромиографии и динамометрии показали лишь тенденцию улучшения показателей функционального состояния нервно-мышечного аппарата. Данная проблема требует дальнейших исследований, включающих курс занятий на роботизированном биомеханическом комплексе.

EFFECT OF A MECHANOTHERAPY SESSION ON THE FUNCTIONAL STATE OF THE NEUROMUSCULAR SYSTEM AND HEMODYNAMICS OF THE LOWER EXTREMITIES OF TRACK-AND-FIELD ATHLETES

Abutalimov A. Sh., Abutalimova S.M.
FSBI "North Caucasus Federal research and clinical center of the FMBA", Essentuki, Russia

Keywords: mechanotherapy, athletes, track-and-field athletics, neuromuscular system, hemodynamics, functional status, musculoskeletal system.

Annotation. The aim of the work is to study the effect of a mechanotherapy session on the functional state of the neuromuscular apparatus and hemodynamics of the lower extremities in athletes. It was found that as a result of the use of a robotic

biomechanical complex with biofeedback, initially increased arterial blood flow indicators (rheographic index on the right foot, right lower leg, time of propagation of slow waves on the left foot) were normalized in athletes. However, the data of electroneuromyography and dynamometry has shown only a tendency to improve the indicators of the functional state of the neuromuscular apparatus. This problem requires further research, including a course of classes with a robotic biomechanical complex.

Введение.

Достижение высоких результатов в современном спорте возможно только при максимальной отдаче во время тренировочного процесса. По этой причине спортсмены часто испытывают чрезмерные физические нагрузки, которые оказывают негативное влияние на функциональное состояние опорно-двигательного аппарата [1,2,3]. Исследование функционального состояния нервно-мышечного аппарата и гемодинамики в период интенсивных физических нагрузок спортсменов циклических видов спорта показывает значительное отклонение показателей от нормативных, в результате чего у спортсменов развиваются сначала функциональные, а затем структурные изменения, которые могут повлечь за собой возникновение усталостных травм и повреждений [4]. Учитывая высокий рост тренировочных и соревновательных нагрузок, необходимо применять новые программы для срочного восстановления спортсменов в период интенсивной тренировочной деятельности [5,6].

В последнее время, как в России, так и за рубежом, особую роль в восстановлении опорно-двигательного аппарата отводят механотерапии [7,8,9]. Наибольшими возможностями при этом обладает робототехника. Использование роботизированных биомеханических комплексов в спортивной медицине является новым, перспективным направлением, позволяющим спортсменам с заболеваниями и повреждениями опорно-двигательного аппарата восстанавливаться в максимально короткие сроки [10,11].

Аналитический обзор работ, проведенных специалистами разных отраслей, показал широкое применение робототехники в травматологии и ортопедии, неврологии, спортивной медицине [12,13]. Однако, необходимо указать на факт отсутствия исследований изменения гемодинамики и функционального состояния нервно-мышечного аппарата при применении биомеханических роботизированных комплексов у спортсменов.

Методы и организация исследования.

Исследование проводилось в Реабилитационно-восстановительном центре и Центре медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России на горе Малое седло в г. Кисловодске в период учебно-тренировочных сборов на базе ФГУП «Юг спорт». В исследовании приняли участие 10 спортсменов, члены сборной команды Российской Федерации по легкой атлетике квалификации МС-МСМК. Сеанс механотерапии и динамометрии были проведены на роботизированном биомеханическом комплексе с биологически обратной связью CON-TREX MJ. Гемодинамику нижних конечностей исследовали при помощи реографа (Реограф Валента ООО «Компания Нео», г. Санкт-Петербург). Стимуляционную электронейромиографию проводили с помощью 4-х канального аппаратно-программного комплекса Нейро-МВП («Нейрософт», г. Иваново). Исследовалась регистрация моторных ответов (М-ответов) с короткого разгибателя пальцев стопы, иннервируемого n. Peroneus. Статистическая обработка данных проводилась с помощью непараметрического критерия Вилкоксона программного обеспечения Statistica 6.0.

Результаты и их обсуждение.

Анализ показателей электронейромиографии достоверных изменений до и после занятия на роботизированном биомеханическом комплексе с биологически обратной связью не выявил, однако необходимо отметить тенденцию к снижению резидуальной латентности, латентности, увеличению скорости проведения импульса по нерву (таблица 1).

Таблица 1

Параметры М-ответа с короткого разгибателя пальцев стопы у высококвалифицированных спортсменов (легкая атлетика) до и после сеанса механотерапии

Показатели	правая нога		P	левая нога		P	Нормативные значения
	до	после		до	после		
Предплюсна							
Латентность мс	3,96±0,22	3,76±0,22	-	4,04±0,18	3,56±0,2	-	
Амплитуда, мВ	6,32±0,55	6,65±0,57	-	8,25±1,32	8,96±1,10	-	не менее 3 мВ
Длительность, мс	6,27±0,28	5,98±0,32	-	5,92±0,33	5,93±0,40	-	-
Площадь, мВ×мс	19,98±1,9	17,70±2,7	-	23,9±2,82	25,1±2,88	-	-
Рез.	2,68±0,19	2,46±0,21	-	2,65±0,19	2,14±0,20	-	-

латентность мс							
Головка малоберцовой кости							
Латентность мс	10,9±0,42	10,6±0,27	-	11,03±0,3	10,5±0,30	-	-
Амплитуда, мВ	6,68±0,88	6,35±0,57	-	7,90±1,33	8,44±1,15	-	не менее 3 мВ
Длительность, мс	7,02±0,42	6,75±0,45	-	6,42±0,39	6,39±0,37	-	-
Площадь, мВ×мс	22,7±2,69	19,1±2,99	-	24,6±3,12	25,9±2,66	-	-
Скорость, м/с	51,5±1,11	51,8±0,77	-	48,9±1,30	50,8±1,39	-	не менее 40 м/с
Подколенная ямка							
Латентность мс	12,4±0,51	12,0±0,33	-	12,4±0,38	11,7±0,29	-	-
Амплитуда, мВ	7,00±0,71	6,57±0,49	-	7,90±1,21	8,20±1,04	-	не менее 3 мВ
Длительность, мс	6,88±0,40	6,77±0,45	-	6,35±0,42	6,35±0,42	-	-
Площадь, мВ×мс	23,7±2,04	19,6±2,89	-	24,7±2,69	25,5±2,39	-	-
Скорость, м/с	56,6±1,65	59,9±2,50	-	57,2±2,43	65,0±2,56	-	не менее 40 м/с

Примечание: латентность – время между подачей электрического стимула и началом М-ответа, резидуальная латентность – время прохождения импульса по терминалям аксонов, амплитуда - амплитуда М-ответа (оценивается по негативной фазе), длительность – время М-ответа, площадь – площадь М-ответа, скорость – скорость проведения нервного импульса по нерву.

При исследовании кровотока было выявлено достоверное снижение показателя реографического индекса на правой стопе и правой голени у женщин, что приблизило данный показатель к нормативным значениям (таблица 2).

Таблица 2

Параметры РВГ легкоатлетов женского пола до и после механотерапии

Показатели	правая нога		P	левая нога		P	Нормативные значения
	до	после		до	после		
Стопа							
РИ	1,28±0,18	0,82±0,16	0,04	1,10±0,10	0,88±0,23	-	0,8-1,2
Qa	0, 29±0,01	0,29±0,01	-	0,28±0,01	0,30±0,01	-	0,25-0,27
Альфа	0,18±0,03	0,16±0,01	-	0,15±0,02	0,16±0,02	-	0,08-0,12

Альфа 2	0,13±0,03	0,12±0,01	-	0,11±0,01	0,12±0,02	-	0,05-0,07
МУ	18,6±3,97	15,2±1,28	-	14,60±1,89	15,2±0,73	-	11-16%
ВО	29,2±7,26	21,2±3,60	-	28,40±10,9	25,0±3,11	-	0-20%
ДКИ	0,45±0,08	0,45±0,06	-	0,43±0,08	0,40±0,06	-	0,4-0,6
ДСИ	0,51±0,07	0,45±0,08	-	0,47±0,04	0,45±0,08	-	0,30-0,55
КА	39,0±14,84	12,8±4,60	-	39,00±14,8	12,8±4,60	-	0-20%
ДЛНЖ	24,6±1,81	23,0±2,24	-	23,60±0,93	23,0±2,07	-	мм.рт.ст.
Голень							
РИ	2,15±0,27	1,44±0,14	0,04	2,06±0,43	1,45±0,13	-	0,90-1,25
Qa	0,27±0,01	0,27±0,01	-	0,27±0,01	0,26±0,01	-	0,23-0,26
Альфа	0,19±0,03	0,17±0,00	-	0,20±0,03	0,18±0,01	-	0,08-0,12
Альфа 2	0,13±0,02	0,11±0,00	-	0,13±0,03	0,11±0,01	-	0,05-0,06
МУ	19,2±3,89	15,6±1,33	-	20,0±4,39	16,6±0,75	-	11-15%
ВО	36,4±7,70	29,0±2,47	-	35,8±13,87	29,0±6,55	-	0-20%
ДКИ	0,50±0,07	0,48±0,04	-	0,53±0,09	0,54±0,06	-	0,4-0,6
ДСИ	0,51±0,08	0,50±0,05	-	0,57±0,07	0,57±0,07	-	0,45-0,75
КА	25,4±6,71	15,8±2,78	-	20,0±7,86	15,8±2,78	-	0-20%
ДЛНЖ	24,8±2,11	24,2±1,24	-	26,2±1,66	26,0±1,76	-	мм.рт.ст.

Примечание: Сравнение данных проводилось с помощью непараметрического критерия Вилкоксона. РИ – реографический индекс, Qa – время распространения реографических волн, Альфа – время максимального систолического наполнения сосудов, Альфа2 – время медленного наполнения, МУ – модуль упругости (показатель тонуса артерий), ВО – показатель венозного оттока, ДИК – дикротический индекс, ДИА – диастолический индекс, КА –коэффициент асимметрии.

При анализе показателей легкоатлетов мужского и женского пола были выявлены следующие достоверные изменения: снизился показатель времени распространения реографических волн на левой стопе; значительно снизился реографический индекс на правой голени (таблица 3).

Таблица 3

Параметры РВГ легкоатлетов до и после механотерапии

Показатели	правая нога		P	левая нога		P	Нормативные значения
	до	после		до	после		
Стопа							
РИ	1,63±0,33	0,99±0,17	-	1,45±0,27	1,29±0,24	-	0,8-1,2

Qa	0,29±0,01	0,29±0,01	-	0,29±0,01	0,30±0,01	0,04	0,25-0,27
Альфа	0,16±0,02	0,16±0,01	-	0,15±0,01	0,15±0,01	-	0,08-0,12
Альфа 2	0,11±0,02	0,11±0,01	-	0,10±0,01	0,11±0,01	-	0,05-0,07
МУ	16,0±2,62	15,6±1,62	-	13,9±1,39	14,6±1,78	-	11-16%
ВО	24,4±4,85	22,1±2,41	-	28,0±6,05	24,1±3,5	-	0-20%
ДКИ	0,39±0,07	0,42±0,05	-	0,37±0,07	0,40±0,04	-	0,4-0,6
ДСИ	0,44±0,05	0,42±0,05	-	0,41±0,05	0,44±0,05	-	0,30-0,55
КА	30,1±8,91	24,1±7,09	-	30,1±8,91	24,11±7,09	-	0-20%
ДЛНЖ	22,8±1,43	22,3±1,46	-	22,2±1,20	22,67±1,22	-	мм.рт.ст.
Голень							
РИ	2,49±0,42	1,58±0,11	0,04	2,48±0,46	1,98±0,25	-	0,90-1,25
Qa	0,26±0,01	0,27±0,01	-	0,27±0,01	0,26±0,01	-	0,23-0,26
Альфа	0,17±0,02	0,17±0,01	-	0,18±0,02	0,17±0,01	-	0,08-0,12
Альфа 2	0,11±0,01	0,11±0,01	-	0,12±0,02	0,11±0,01	-	0,05-0,06
МУ	16,9±2,41	16,3±1,6	-	18,11±2,60	16,8±1,72	-	11-15%
ВО	33,2±6,33	23,8±2,75	-	31,4±7,87	23,6±4,65	-	0-20%
ДКИ	0,47±0,05	0,47±0,03	-	0,48±0,06	0,49±0,04	-	0,4-0,6
ДСИ	0,49±0,04	0,47±0,04	-	0,52±0,04	0,52±0,04	-	0,45-0,75
КА	21,2±4,11	23,6±5,42	-	18,22±4,39	23,56±5,42	-	0-20%
ДЛНЖ	24,3±1,17	23,6±0,93	-	24,8±1,08	24,78±1,13	-	мм.рт.ст.

Примечание: Сравнение данных проводилось с помощью непараметрического критерия Вилкоксона. РИ – реографический индекс, Qa – время распространения реографических волн, Альфа – время максимального систолического наполнения сосудов, Альфа2 – время медленного наполнения, МУ – модуль упругости (показатель тонуса артерий), ВО – показатель венозного оттока, ДИК – дикротический индекс, ДИА – диастолический индекс, КА –коэффициент асимметрии.

Динамометрия на роботизированном биомеханическом комплексе с биологически обратной связью показала тенденцию к улучшению показателей мышечной силы, а также снижение коэффициента утомления, однако достоверных изменений выявлено не было.

Заключение.

Анализируя полученные данные, необходимо отметить положительное влияние сеанса механотерапии на функциональное состояние нервно-

мышечного аппарата и гемодинамику спортсменов. Отмечена тенденция к улучшению показателей нервно-мышечной передачи. Получены достоверные изменения, свидетельствующие о снижении и приближении к нормативным значениям показателей артериального кровотока. Однако, необходимы дальнейшие исследования, которые покажут влияние курсовых занятий на роботизированном биомеханическом комплексе с биологически обратной связью на функциональное состояние опорно-двигательного аппарата спортсменов.

Список литературы

1. Попова Л.С. Выявление перегрузки опорно-двигательного аппарата у легкоатлетов и любителей при нарушении техники в длительном беге по кругу в манежах / Л.С. Попова, С.С. Дедюкин, Н.П. Олесов // Актуальные проблемы физической культуры и спорта. – 2016. – С. 584-586.

2. Полуэктов Е.С. Влияние физических нагрузок на состояние опорно-двигательного аппарата бегунов на средние дистанции / Е.С. Полуэктов // Ученые записки университета им. ПФ Лесгафта. – 2013. – Т.106. – №12. – С. 120-123.

3. Бугаева К.Д. Нарушения опорно-двигательного аппарата у спортсменов различной специализации / К.Д. Бугаева // Символ науки. – 2015. – №11. – С. 16-19.

4. Абуталимова С.М. Применение роботизированного комплекса CON-TREX MJ для диагностики и коррекции дисбаланса мышц голени у спортсменов легкоатлетов / С.М. Абуталимова, Е.В. Костюк, Ю.В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2018. – Т.2. – №4. – С. 63-68.

5. Корягина Ю. В. К вопросу разработки эффективных стратегий восстановления для спортсменов в период нахождения на учебно-тренировочных сборах на федеральных базах спортивной подготовки / Ю.В. Корягина, С.М. Абуталимова, Л.Г. Рогулева, С.В. Нопин // Современные вопросы биомедицины. – 2020. – Т.4. – №1. – С. 35-39.

6. Корягина Ю.В. Разработка технологий восстановления высококвалифицированных спортсменов в период учебно-тренировочных сборов на федеральных базах спортивной подготовки / Ю.В. Корягина, Л.Г. Рогулева, С.М. Абуталимова // Физическая культура и спорт. Олимпийское образование Материалы международной научно-практической конференции. - Краснодар. – 2020. – С.214-216.

7. Larrat E. Isokinetic profile of knee flexors and extensors in a population of rugby players / E. Larrat, G. Kemoun, P. Carette, D. Teffaha, B. Dugue //Annales de readaptation et de medecine physique: revue scientifique de la Societe francaise

de reeducation fonctionnelle de readaptation et de medecine physique. – 2007. – V. 50. – №5. – P. 280-286.

8. Gadea F. Knee pain after anterior cruciate ligament reconstruction: evaluation of a rehabilitation protocol / F. Gadea, D. Monnot, B. Quélard, R. Mortati, M. Thaunat, J. M. Fayard, B. Sonnery-Cottet // European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology. – 2014. – V.24. – №5. – P. 789-795.

9. Костюк Е.В. Методика применение комплекса contrex mj для оптимизации баланса мышц голени у спортсменов легкоатлетов высокой квалификации при хронической ахиллотендопатии / Е.В. Костюк // Современные вопросы биомедицины. – 2018. – Т.2. – №2. – С. 33-39.

10. Корягина Ю.В. Технологии восстановления нейро-мышечного аппарата нижних конечностей спортсменов / Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов, С.В. Нопин, Л.Г. Рогулева, С.М. Абуталимова // Новые подходы к изучению классических проблем. – 2019. – 127 с.

11. Костюк Е.В. Особенности исследования функционального состояния ахиллова сухожилия и мышц голени с помощью комплекса CON-TREX MJ у спортсменов с признаками ахиллотендопатии / Е.В. Костюк, Ю.В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2018. – Т.2. – №1. – С. 70-77.

12. Кабаев Е.М. Применение биомеханической роботизированной механотерапии в системе повышения работоспособности спортсменов / Е.М. Кабаев // Медицина и высокие технологии. – 2020. – №1. – С. 17-26.

13. Кабаев Е.М. Возможности применения диагностическо-тренажерного комплекса с биологической обратной связью Con-trex в послеоперационной реабилитации при травмах плечевого сустава / Е.М. Кабаев, В.И. Трубников, А.Б. Малков // Медицина экстремальных ситуаций. – 2017. – Т.62. – №4. – С. 56-62.

References

1. Popova L.S. Revealing the overload of the musculoskeletal system in athletes and amateurs in violation of technique in a long run in a circle in arenas / L.S. Popova, S.S. Dedyukin, N.P. Olesov // Actual problems of physical culture and sport. – 2016. – P. 584-586.

2. Poluektov E.S. The influence of physical loads on the state of the musculoskeletal system of middle distance runners / E.S. Poluektov // Scientific Notes of the University. PF Lesgaft. – 2013. – V.106. – №12. – P. 120-123.

3. Bugaeva K.D. Musculoskeletal disorders in athletes of various specializations / K.D. Bugaeva // Symbol of Science. – 2015. – №11. – P. 16-19.

4. Abutalimova S.M. Application of the robotic complex CON-TREX MJ for diagnostics and correction of the imbalance of the leg muscles in athletes and athletes. Abutalimova, E.V. Kostyuk, Yu.V. Koryagina // Modern issues of biomedicine. – 2018. – V.2. – №4. – P. 63-68.

5. Koryagina Yu. V. On the issue of developing effective recovery strategies for athletes during the period of being at training camps at the federal bases of sports training / Yu.V. Koryagina, S.M. Abutalimova, L.G. Roguleva, S.V. Nopin // Modern issues of biomedicine. – 2020. – V.4. – №1. – P. 35-39.

6. Koryagina Yu.V. Development of technologies for the recovery of highly qualified athletes during training camps at federal sports training bases / Yu.V. Koryagina, L.G. Roguleva, S.M. Abutalimova // PHYSICAL CULTURE AND SPORT. OLYMPIC EDUCATION Materials of the international scientific-practical conference. - Krasnodar. – 2020. – P. 214-216.

7. Larrat E. Isokinetic profile of knee flexors and extensors in a population of rugby players / E. Larrat, G. Kemoun, P. Carette, D. Teffaha, B. Dugue // Annales de readaptation et de medecine physique: revue scientifique de la Societe francaise de reeducation fonctionnelle de readaptation et de medecine physique. – 2007. – V. 50. – №5. – P. 280-286.

8. Gadea F. Knee pain after anterior cruciate ligament reconstruction: evaluation of a rehabilitation protocol / F. Gadea, D. Monnot, B. Quélard, R. Mortati, M. Thaunat, J.M. Fayard, B. Sonnery-Cottet // European Journal of Orthopedic Surgery & Traumatology. – 2014. – V.24. – №5. – P. 789-795.

9. Kostyuk E.V. The methodology of using the contrex mj complex to optimize the balance of the leg muscles in highly qualified athletes with chronic achillotendopathy / E.V. Kostyuk // Modern issues of biomedicine. – 2018. – V.2. – №2. – P. 33-39.

10. Koryagina Yu.V. Technologies for the restoration of the neuro-muscular apparatus of the lower extremities of athletes / Yu.V. Koryagina, G.N. Ter-Akopov, S.V. Nopin, L.G. Roguleva, S.M. Abutalimova // New approaches to the study of classical problems. – 2019. – P. 127.

11. Kostyuk E.V. Features of the study of the functional state of the Achilles tendon and leg muscles using the CON-TREX MJ complex in athletes with signs of Achilles tendonopathy / E.V. Kostyuk, Yu.V. Koryagina // Modern issues of biomedicine. – 2018. – V.2. – №1. – P. 70-77.

12. Kabaev E.M. Application of biomechanical robotic mechanotherapy in the system of improving the performance of athletes / E.M. Kabaev // Medicine and high technologies. – 2020. – №1. – P. 17-26.

13. Kabaev E.M. Possibilities of using the Con-trex diagnostic and training complex with biological feedback in postoperative rehabilitation in case of shoulder

injuries / E.M. Kabaev, V.I. Trubnikov, A.B. Malkov // Medicine of extreme situations. – 2017. – V. 62. – №4. – P. 56-62.

Сведения об авторах: Абуталимов Али Шамильевич – врач травматолог-ортопед отделения спортивной медицины ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, e-mail: abutalimov05@mail.ru, **Абуталимова Сабина Маликовна** – научный сотрудник Центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России, e-mail: sabina190989@yandex.ru.

Information about the authors: Abutalimov Ali Shamilyevich – traumatologist and orthopedist of the department of sports medicine of the FSBI NCFRCC of the FMBA of Russia, e-mail: abutalimov05@mail.ru; **Abutalimova Sabina Malikovna** – researcher of the biomedical technology center of the FSBI NCFRCC of the FMBA of Russia, e-mail: sabina190989@yandex.ru.