

СРОЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ МЕХАНОТЕРАПИИ В ПЕРИОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСЛЕ ИНТЕНСИВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК У ЛЕГКОАТЛЕТОВ

А.Ш. Абуталимов, abutalimov05@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2098-3134>

С.М. Абуталимова, sabina190989@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1722-0774>

Г.Н. Тер-Акопов, наука@skfmbs.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7432-8987>

С.В. Нопин, work800@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9406-4504>

Ю.В. Корягина, наука@skfmbs.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5468-0636>

Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки, Россия

Аннотация. Цель: оценить срочные эффекты сеанса лечебной гимнастики на роботизированном биомеханическом комплексе Con-trex MJ с биологической обратной связью на функциональное состояние нервно-мышечного аппарата и гемодинамику нижних конечностей легкоатлетов в период интенсивной тренировочной деятельности. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 23 спортсмена мужского пола, специализирующихся в легкой атлетике, квалификация спортсменов – МС, МСМК. Для оценки функционального состояния нервно-мышечного аппарата и периферического кровотока применялись методы стимуляционной электронейромиографии, реовазографии, динамометрии. Спортсмены были разделены на две группы (основная, контрольная) и получали комплексы процедур: 1) гидро-, пресси-, магнитотерапию; 2) гидро-, пресси-, магнитотерапию и индивидуальную лечебную гимнастику в изокинетическом баллистическом режиме с концентрическим и эксцентрическим сопротивлением на роботизированном биомеханическом комплексе Con-trex MJ с биологической обратной связью. **Результаты.** Результаты исследования показали уменьшение резидуальной латентности, нормализацию реографического индекса, увеличение силы мышц-разгибателей левого коленного сустава, а также значительное снижение коэффициента утомления справа у спортсменов основной группы. В контрольной группе было отмечено снижение параметров реографического индекса в сегменте «голень» справа, а также нормализация показателя времени распространения реографических волн в сегменте «стопа» слева. **Заключение.** Применение механотерапии в комплексе с гидротерапией, магнитотерапией и прессотерапией способствует снижению времени проведения электрического импульса по терминалям аксонов не имеющих миелиновой оболочки, коррекции мышечного дисбаланса, нормализации показателей артериального кровотока.

Ключевые слова: легкая атлетика, восстановление спортсменов, мышечный баланс, опорно-двигательный аппарат, роботизированная механотерапия Con-trex, нервно-мышечный аппарат, гемодинамика

Для цитирования: Срочные эффекты применения роботизированной механотерапии в период восстановления после интенсивных физических нагрузок у легкоатлетов / А.Ш. Абуталимов, С.М. Абуталимова, Г.Н. Тер-Акопов и др. // Человек. Спорт. Медицина. 2023. Т. 23, № 2. С. 193–199. DOI: 10.14529/hsm230223

IMMEDIATE EFFECTS OF THE ROBOT-ASSISTED THERAPY ON TRACK-AND-FIELD ATHLETES DURING RECOVERY FROM INTENSE EXERCISE

A.Sh. Abutalimov, *abutalimov05@mail.ru*, <https://orcid.org/0000-0002-2098-3134>
S.M. Abutalimova, *sabina190989@yandex.ru*, <https://orcid.org/0000-0003-1722-0774>
G.N. Ter-Akopov, *nauka@skfmba.ru*, <https://orcid.org/0000-0002-7432-8987>
S.V. Nopin, *work800@yandex.ru*, <https://orcid.org/0000-0001-9406-4504>
Yu.V. Koryagina, *nauka@skfmba.ru*, <https://orcid.org/0000-0001-5468-0636>
*North Caucasian Federal Scientific and Clinical Center
of the Federal Medical and Biological Agency, Yessentuki, Russia*

Abstract. Aim. This study aims to evaluate the immediate effects of exercise therapy with the Con-trex MJ biomechanical therapy system with biofeedback on the functional status of the neuromuscular system and hemodynamics of the lower extremities. **Materials and methods.** The study involved 23 male track-and-field athletes (Masters of Sports, International Class Masters of Sports). The neuromuscular system and peripheral circulation were evaluated with electroneuromyography, rheovasography, and dynamometry. The athletes were divided into treatment and control groups and received the following procedures: 1) hydro-, pressure-, and magnet therapy; 2) hydro-, pressure-, and magnet therapy and an individual course of therapeutic exercises on the Con-trex MJ biomechanical therapy system with biofeedback. **Results.** The results obtained in the treatment group demonstrate decreased residual latency, a balanced rheographic index, increased strength of the left knee joint extensor muscles, as well as a significant decrease in the fatigue coefficient on the right. In the control group, a decrease in the rheographic index in the “calf” segment on the right as well as a normalization of the wave transmission time in the “foot” segment on the left were recorded. **Conclusion.** The biomechanical therapy system combined with hydro-, magnet-, and pressure therapy contributes to a decrease in the time of electric pulse transmission through axon terminals that do not have myelin sheaths, as well as normalization of the arterial blood flow and improvement of muscular imbalance.

Keywords: track-and-field, recovery of athletes, muscle balance, musculoskeletal system, Con-trex MJ biomechanical therapy, neuromuscular system, hemodynamics

For citation: Abutalimov A.Sh., Abutalimova S.M., Ter-Akopov G.N., Nopin S.V., Koryagina Yu.V. Immediate effects of the robot-assisted therapy on track-and-field athletes during recovery from intense exercise. *Human. Sport. Medicine*. 2023;23(2):193–199. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm230223

Введение. В течение многолетнего тренировочного процесса растет уровень резервных возможностей функциональных систем организма спортсменов. В первую очередь, подобную перестройку в организации и функционировании можно наблюдать в опорно-двигательном аппарате [14]. При этом она менее выражена в пассивной его части – скелете, а наиболее ярко представлена в активной – мышечно-сухожильной системе и связочном аппарате [8]. Под действием интенсивных физических нагрузок меняется баланс мышц синергистов и антагонистов, а также меняется их кровоснабжение – начинают расти и увеличивать свою пропускную способность уже имеющиеся капилляры [3, 9, 11, 13]. Кроме того, происходит изменение иннервации –

увеличивается частотная активность мотонейронов и степень миелинизации нервных волокон, что способствует росту как внутримышечной, так и межмышечной координации [1, 12].

Современная подготовка спортсменов в условиях высокой конкуренции сопровождается воздействием максимальных, а иногда и экстремальных физических нагрузок. В результате тренировочный процесс может как расширять резервные возможности организма, так и снижать их при возникновении состояний переутомления и перенапряжения [6]. Так, действие максимальных однотипных нагрузок может приводить к несогласованности между мышечной силой и прочностью сухожилий, а также дисбалансу мышц-сгибателей

и разгибателей, из-за которого меняется биомеханика движений в суставе, в результате чего происходит перенапряжение и ослабление связочного аппарата и значительно увеличивается риск повреждения слабого звена в кинематической цепи [4, 10].

В поисках способов восстановления опорно-двигательного аппарата и в условиях жестких антидопинговых правил предпочитают немедикаментозные методы, среди которых особенно актуальны современные роботизированные биомеханические комплексы с биологической обратной связью (Con-trex, Biodex, Primus RS), позволяющие не только проводить диагностическую динамометрию разных мышечных групп, но и корректировать их дисбаланс, а также дисфункцию кинематической цепи [2, 5, 7, 15].

Цель исследования – оценить срочные эффекты сеанса лечебной гимнастики на роботизированном биомеханическом комплексе Con-trex MJ с биологической обратной связью на функциональное состояние нервно-мышечного аппарата и гемодинамику нижних конечностей легкоатлетов в период интенсивной тренировочной деятельности.

Материалы и методы исследования.

Исследование проводилось на базе Центра медико-биологических технологий ФГБУ СКФНКЦ ФМБА России и отделения спортивной медицины реабилитационно-восстановительного центра МЦ «Юность» ФФГБУ СКФНКЦ ФМБА России. В исследовании приняли участие 23 спортсмена мужского пола, специализирующихся в легкой атлетике (бег на короткие и средние дистанции). Средний возраст спортсменов – $24,6 \pm 3,8$ года. Квалификация спортсменов – МС, МСМК. Спортсмены рандомизированно были распределены на 2 группы.

Диагностика функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов контрольной и исследуемой групп проводилась с помощью стимуляционной электромиографии (регистрация моторного ответа с короткого разгибателя пальцев стопы при стимуляции глубокого малоберцового нерва в точках «предплюсна», «головка малоберцовой кости», «подколенная ямка» (сила тока – 15–30 мА, время стимула – 0,2 с) и динамометрического исследования на роботизированном биомеханическом комплексе Con-trex MJ с биологической обратной связью (исследование мышечного баланса нижних конеч-

ностей проводилось в направлении сгибания-разгибания в изокинетическом баллистическом режиме концентрического сопротивления, 20 повторений, ограничение по скорости – 60° в секунду). Амплитуда движений задавалась индивидуально и не превышала 90° в коленном суставе и 30° в голеностопном суставе. Исследование гемодинамики нижних конечностей осуществлялось с помощью диагностического реографического комплекса Валента (г. Санкт-Петербург).

Комплекс процедур для восстановления функционального состояния нервно-мышечного аппарата и гемодинамики спортсменов после интенсивных физических нагрузок был согласован врачами отделения спортивной медицины – терапевтом, травматологом-ортопедом, физиотерапевтом и врачом спортивной медицины. В группе сравнения было 11 человек, которые получали комплекс процедур:

– магнитотерапию, которая проводилась на аппарате Physiomed Mag-Expert (катушка 60 см, область воздействия – коленный и голеностопный сустав, время воздействия – 15 мин, плотность магнитного потока – 0,006 Тл, частота – 25 Гц);

– прессотерапию с помощью 12-канального аппарата VTL-6000 LYMPHASTIM 12, режим Physiological (физиологическая терапия), область процедуры – нижние конечности, время процедуры – 30 мин, давление манжеты – 60 мм рт. ст.;

– гидротерапию – четырехкамерная струйно-контрастная ванна для рук и ног Века hospites, время процедуры – 10 мин, температура горячей воды – 38°C , холодной – 14°C , цикличность – 45 с, поток – 220 л/мин, давление – 1 атм.

Исследуемая группа, включающая 12 легкоатлетов, помимо вышеперечисленных процедур выполняла индивидуальную лечебную гимнастику в изокинетическом баллистическом режиме с концентрическим и эксцентрическим сопротивлением на роботизированном биомеханическом комплексе Con-trex MJ с биологической обратной связью, разработанную на основании проведенного динамометрического исследования мышц-сгибателей и разгибателей коленного сустава и стопы. До и после работы в активном режиме проводилась пассивная мобилизация без активного сокращения мышц – СРМ-терапия (20 повторений).

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета программ Microsoft Excel и Statistica 6.0, применялись непараметрические методы (Т-критерий Вилкоксона и U-критерий Манна – Уитни).

Результаты исследования. Результаты исследования параметров нервно-мышечной передачи показали, что до проведения восстановительных процедур данные параметров моторного ответа не имели статистически значимых отличий у спортсменов контрольной и основной групп и укладывались в рамки нормативных значений амплитуды, резидуальной латентности и скорости распространения возбуждения по нервному волокну. При проведении повторного исследования после восстановительных процедур нами было выявлено снижение показателя резидуальной латентности у спортсменов основной группы справа (до: $2,31 \pm 0,17$ мс, после: $1,98 \pm 0,14$ мс, $p \leq 0,05$), в результате чего мы можем сделать вывод об увеличении скорости прохождения электрического импульса по терминалам аксонов, не имеющих миелиновой оболочки. Анализ гемодинамических показателей позволил выявить статистически значимое снижение параметров реографического индекса в сегменте «стопа» (до: $1,36 \pm 0,17$ усл. ед., после: $0,92 \pm 0,14$ усл. ед., $p \leq 0,04$) и «голень» (до: $2,13 \pm 0,21$ усл. ед., после: $1,4 \pm 0,12$ усл. ед., $p \leq 0,04$) справа у спортсменов исследуемой группы, что свидетельствует о нормализации у них пульсового кровенаполнения.

Исследование показателей кровотока у спортсменов контрольной группы, получавших гидро-, магнито- и прессотерапию, позволило выявить снижение параметров реографического индекса в сегменте «голень» справа (до: $2,51 \pm 0,33$ усл. ед., после: $1,46 \pm 0,14$ усл. ед., $p \leq 0,04$), а также нормализацию показателя времени распространения реографических волн в сегменте «стопа» слева (до: $0,28 \pm 0,01$ мс, после: $0,26 \pm 0,01$ мс, $p \leq 0,04$).

Диагностика и механотерапия на роботизированном биомеханическом комплексе Sotrex MJ проводилась в изокинетическом режиме, при этом предел скорости задавался системой тестирования, которую спортсмен не мог превысить, даже прилагая максимальные усилия. Механотерапия проводилась в режимах «кон-кон» – спортсмен самостоятельно выполняет сгибание-разгибание в сус-

таве, «кон-экс» – спортсмен постоянно прикладывает силу в направлении разгибания в суставе, «экс-кон» – спортсмен постоянно прикладывает силу в направлении сгибания в суставе, «экс-экс» – режим постоянного сопротивления, при движении аппарата на сгибание или разгибание в суставе спортсмен совершает противоположное действие. Для сеанса механотерапии нами был выбран синусоидальный профиль, когда скорость увеличивается по синусоиде до ограничивающего значения, а затем снижается до нуля. Из-за плавного увеличения и уменьшения скорости именно этот тип движения максимально приближен к движениям, совершаемым в реальной жизни.

Данные, полученные в результате динамометрического исследования мышц-сгибателей и разгибателей коленного сустава, показали увеличение силы мышц-разгибателей левого коленного сустава (до: $68,9 \pm 11,8$ Нм, после $70,1 \pm 9,4$ Нм, $p \leq 0,02$), а также значительное снижение коэффициента утомления справа (разгибатели до $0,52 \pm 0,12$ Дж/с, после $0,37 \pm 0,09$ Дж/с $p \leq 0,04$; сгибатели до $0,52 \pm 0,13$ Дж/с, после $0,17 \pm 0,02$ Дж/с $p \leq 0,03$).

При анализе динамометрических показателей мышечного аппарата голеностопного сустава нами не было выявлено никаких статистически значимых изменений, однако имелась тенденция к уменьшению коэффициента утомления, в результате чего можно сделать вывод о необходимости исследований влияния курсового применения механотерапии на функциональное состояние нервно-мышечного аппарата и гемодинамику нижних конечностей высококвалифицированных спортсменов.

Заключение. Данные исследования показали, что изокинетический режим тренировки обеспечивает оптимальную нагрузку на мышцы, так как он автоматически регулирует сопротивление. Снижение прикладываемого спортсменом усилия из-за утомления и перенапряжения опорно-двигательного аппарата приводит к немедленному снижению сопротивления роботизированной системой. Подобная адаптация сопротивления обеспечивает максимальную динамическую нагрузку по всей амплитуде движений и оптимальный тренировочный стимул для мышцы. Графики изменения сопротивления дают возможность выявить слабость мышечных групп и силовой дисбаланс. Переключение между нагрузками,

сопровождающимся сопротивлением концентрического и эксцентрического характера, обеспечивают максимальную эффективность развития мышечной силы, мощности и выносливости. Кроме того, регулируя нагрузку на разные мышечные группы, мы можем повысить стабильность сустава, оптимизировать мышечные функции и укрепить связочный аппарат коленного и голеностопного суставов.

Нами было установлено, что применение механотерапии на роботизированном биомеханическом комплексе способствует снижению времени проведения электрического импульса по терминалям аксонов, не имеющих миелиновой оболочки. Применение лечебной гимнастики в комплексе с гидротерапией, магнитотерапией и прессотерапией способствует нормализации показателей артериального кровотока.

Список литературы

1. Башкин, В.М. Коррекция тренировочной нагрузки с отягощениями на основе функционального состояния нервно-мышечного аппарата спортсменов / В.М. Башкин // Вестник С.-Петерб. ун-та МВД России. – 2009. – № 2. – С. 180–184.
2. 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. – № 4 (62). – С. 56–62.
3. Кирьянова, М.А. Реографические показатели спортсменов циклических видов спорта / М.А. Кирьянова, И.Н. Калинина, Л.Г. Харитонова // Человек. Спорт. Медицина. – 2010. – № 24 (200). – С. 125–128.
4. Костюк, Е. В. Методика применение комплекса Con-trex MJ для оптимизации баланса мышц голени у спортсменов легкоатлетов высокой квалификации при хронической ахиллотендопатии / Е.В. Костюк // Современные вопросы биомедицины. – 2018. – Т. 2, № 2 (3). – С. 33–39.
5. Костюк, Е.В. Методика оптимизации нейро-мышечного баланса мышечного корсета позвоночника у спортсменов на роботизированной системе «КЕНТАВР» / Е.В. Костюк, Ю.В. Корягина // Современные вопросы биомедицины. – 2017. – Т. 1, № 1. – С. 23–30.
6. Кузнецова, Н.Л. Перенапряжение опорно-двигательного аппарата у спортсменов и его профилактика с использованием криологических технологий / Н.Л. Кузнецова // Вестник спортивной науки. – 2014. – № 1. – С. 43–46.
7. Методика консервативного лечения ахиллотендопатии у спортсменов на основе сочетанного воздействия лечебной гимнастики, эндомассажа и магнитотерапии / Е.В. Костюк, Ю.В. Корягина, Г.Н. Тер-Акопов, С.В. Нопин // Курортная медицина. – 2018. – № 4. – С. 73–77.
8. Федоров, С.С. Выявление методов восстановления спортсменов после травм опорно-двигательного аппарата / С.С. Федоров // Современное образование: актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2017. – С. 144–146.
9. Acute effects of proprioceptive neuromuscular facilitation on peak torque and muscle imbalance / C.V. Ruas, R.T. McManus, C.M. Bentes, P.B. Costa // Journal of Functional Morphology and Kinesiology. – 2018. – Vol. 3, № 4. – P. 63. DOI:10.3390/jfmk3040063
10. Effectiveness of kinesiology tape on sports performance abilities in athletes: A systematic review / J.C. Reneker, L. Latham, R. McGlawn, M.R. Reneker // Physical Therapy in Sport. – 2018. – Vol. 31. – P. 83–98. DOI: 10.1016/j.ptsp.2017.10.001
11. Ketelhut, S. Hemodynamics in young athletes following high-intensity interval or moderate-intensity continuous training / S. Ketelhut, T. Kirchenberger, R.G. Ketelhut // The journal of sports medicine and physical fitness. – 2020. – Vol. 60, no. 9. – P. 1202–1208. DOI: 10.23736/s0022-4707.20.10814-4
12. Ping, N. Projection of fatigue and neuromuscular changes caused by different excises / N. Ping, H. Li // Revista Brasileira de Medicina do Esporte. – 2022. – Vol. 28. – P. 565–568. DOI: 10.1590/1517-8692202228052022_0061
13. Stastny, P. Muscle imbalances: Testing and training functional eccentric hamstring strength in athletic populations / P. Stastny, M. Lehnert, J.J. Tufano // Journal of Visualized Experiments. – 2018. – No. 135. – P. e57508. DOI: 10.3791/57508

14. *The benefits of strength training on musculoskeletal system health: practical applications for interdisciplinary care* / L. Maestroni, P. Read, C. Bishop et al. // *Sports Medicine*. – 2020. – Vol. 50, no. 8. – P. 1431–1450. DOI: 10.1007/s40279-020-01309-5

15. *Visualization and Analysis of the Shoulder Joint Biomechanics in Postoperative Rehabilitation* / E. Kabaev, Y. Hamad, K. Simonov, A. Zotin // *SibDATA*. – 2020. – С. 34–41.

References

1. Bashkin V.M. [Correction of Training Load with Weights Based on the Functional State of the Neuromuscular Apparatus of Athletes]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii* [Bulletin of the St. Petersburg University of the Ministry of Internal Affairs of Russia], 2009, no. 2, pp. 180–184. (in Russ.)

2. Kabaev E.M., Trubnikov V.I., Malkov A.B. [The Possibilities of Using the Diagnostic and Training Complex with Biological Feedback Con-trex in Postoperative Rehabilitation for Shoulder Joint Injuries]. *Medicina ekstremal'nyh situatsiy* [Medicine of Extreme Situations], 2017, no. 4 (62), pp. 56–62. (in Russ.)

3. Kir'yanova M.A., Kalinina I.N., Kharitonova L.G. Reographic Indices in Cyclic Sport Athletes. *Human. Sport. Medicine*, 2010, no. 24, pp. 125–128. (in Russ.)

4. Kostyuk E.V. [The Method of Using the Contrex Mj Complex to Optimize the Balance of the Lower Leg Muscles in Highly Qualified Athletes with Chronic Achillotendopathy]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2018, vol. 2, no. 3, pp. 33–39. (in Russ.)

5. Kostyuk E.V., Koryagina Yu.V. [Methodology for Optimizing the Neuro-Muscular Balance of the Muscular Spine Corset in Athletes Using the CENTAUR Robotic System]. *Sovremennyye voprosy biomeditsiny* [Modern Issues of Biomedicine], 2017, vol. 1, no. 1, pp. 23–30. (in Russ.)

6. Kuznetsova N.L. [Overstrain of the Musculoskeletal System in Athletes and its Prevention Using Cryological Technologies]. *Vestnik sportivnoy nauki* [Bulletin of Sports Science], 2014, no. 1, pp. 43–46. (in Russ.)

7. Kostyuk E.V., Koryagina Yu.V., Ter-Akopov G.N., Nopin S.V. [Methods of Conservative Treatment of Achillotendopathy in Athletes Based on the Combined Effects of Therapeutic Gymnastics, Endomassage and Magnetotherapy]. *Kurortnaya medicina* [Spa medicine], 2018, no. 4, pp. 73–77. (in Russ.)

8. Fedorov S.S. [Determination of Methods of Recovery of Athletes After Injuries of the Musculoskeletal System]. *Sovremennoe obrazovanie: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii* [Modern Education. Current Issues, Achievements and Innovations], 2017, pp. 144–146. (in Russ.)

9. Ruas C.V., McManus R.T., Bentes C.M., Costa P.B. Acute Effects of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation on Peak Torque and Muscle Imbalance. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 2018, vol. 3 (4), p. 63. DOI: 10.3390/jfmk3040063

10. Reneker J.C., Latham L., McGlawn R., Reneker M.R. Effectiveness of Kinesiology Tape on Sports Performance Abilities in Athletes: A Systematic Review. *Physical Therapy in Sport*, 2018, vol. 31, pp. 83–98. DOI: 10.1016/j.ptsp.2017.10.001

11. Ketelhut S., Kirchenberger T., Ketelhut R.G. Hemodynamics in Young Athletes Following High-Intensity Interval or Moderate-Intensity Continuous Training. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2020, no. 60 (9), pp. 1202–1208. DOI: 10.23736/s0022-4707.20.10814-4

12. Ping N., Li H. Projection of Fatigue and Neuromuscular Changes Caused by Different Excises. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 2022, vol. 28, pp. 565–568. DOI: 10.1590/1517-8692202228052022_0061

13. Stastny P., Lehnert M., Tufano J.J. Muscle Imbalances: Testing and Training Functional Eccentric Hamstring Strength in Athletic Populations. *Journal of Visualized Experiments*, 2018, no. 135, e57508. DOI: 10.3791/57508

14. Maestroni L., Read P., Bishop C. et al. The Benefits of Strength Training on Musculoskeletal System Health: Practical Applications for Interdisciplinary Care. *Sports Medicine*, 2020, no. 50 (8), pp. 1431–1450. DOI: 10.1007/s40279-020-01309-5

15. Kabaev E., Hamad Y., Simonov K., Zotin A. Visualization and Analysis of the Shoulder Joint Biomechanics in Postoperative Rehabilitation. *SibDATA*, 2020, pp. 34–41.

Информация об авторах

Абуталимов Али Шамильевич, врач травматолог-ортопед Медицинского центра «Юность», Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки, Россия.

Абуталимова Сабина Маликовна, научный сотрудник Центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки, Россия.

Тер-Акопов Гукас Николаевич, кандидат экономических наук, генеральный директор, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки, Россия.

Нопин Сергей Викторович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки, Россия.

Корягина Юлия Владиславовна, доктор биологических наук, профессор, руководитель центра медико-биологических технологий, Северо-Кавказский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Ессентуки, Россия.

Information about the authors

Ali Sh. Abutalimov, orthopedic traumatologist, Medical Center “Yunost”, North Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Yessentuki, Russia.

Sabina M. Abutalimova, Researcher, Center for Medical and Biological Technologies, North Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Yessentuki, Russia.

Gukas N. Ter-Akopov, Candidate of Economic Sciences, General Director, North Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Yessentuki, Russia.

Sergey V. Nopin, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Center for Medical and Biological Technologies, North Caucasian Federal Research and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Yessentuki, Russia.

Yuliya V. Koryagina, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Center for Medical and Biological Technologies, North Caucasian Federal Scientific and Clinical Center of the Federal Medical and Biological Agency, Yessentuki, Russia.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.11.2022

The article was submitted 12.11.2022