

<https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.1.1>

УДК: 364.048.6

Тип статьи: Оригинальное исследование / Original Article



Эффективность технологий активной медицинской реабилитации у паралимпийцев, занимающихся игровыми видами спорта

Р.А. Бодрова^{1,2}, А.Д. Закамырдина^{1,3,*}, А.М. Делян², Г.М. Каримова¹, Л.Ф. Васильева¹

¹ Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Казань, Россия

² ГАУЗ «Городская клиническая больница № 7», Казань, Россия

³ ГАУЗ «Госпиталь для ветеранов войн», Казань, Россия

РЕЗЮМЕ

Цель исследования: изучить эффективность технологий активной медицинской реабилитации у паралимпийцев, занимающихся игровыми видами спорта.

Материалы и методы: обследовали 48 пациентов мужского пола в возрасте $25,9 \pm 2,1$ года, имеющих травматическую болезнь спинного мозга поясничного отдела. Все обследованные были разделены на две группы: пациенты основной группы (19 человек) на фоне стандартной терапии получали курс активной медицинской реабилитации (АМР), включающий механотерапию и электростимуляцию с биологической обратной связью под контролем электромиографии (ЭМГ) мышц нижних конечностей и спины. Пациенты группы сравнения (29 человек) получали стандартную терапию. После курса АМР проводили комплексное обследование, включающее данные опросников: шкалу тяжести повреждения ASIA (American Spinal Injury Association), шкалу функциональной независимости FIM (Functional Independence Measure), модифицированную функциональную оценочную шкалу активности и качества жизни VFM (Valutazione Funzionale Mielolesi), психологический тест Спилбергера — Ханина, шкалу депрессии Бека; электронейрофизиологические исследования на аппарате «Нейро-ЭМГ-Микро» фирмы «Нейрософт», вариабельность сердечного ритма (ВСР) на компьютерном электрокардиографе «Поли-Спектр» фирмы «Нейрософт», показатели свободного движения при концентрических и эксцентрических сокращениях мышц на EN-TreeM.

Результаты: у пациентов основной группы достоверно уменьшилась полисимпатическая рефлекторная возбудимость (ПРВ). Также было выявлено улучшение вегетативной реактивности при проведении ортостатической пробы. При оценке по шкале ASIA было выявлено улучшение чувствительной функции на 13,4 % и двигательной функции на 17,4 %. По шкале VFM наблюдали увеличение показателей на 14,7 % и шкале FIM на 11,5 %. При оценке психоэмоциональной сферы по шкале Спилбергера — Ханина отмечали достоверное снижение уровня тревоги на 10,9 %, а уровня депрессии — на 30,5 %. Также наблюдали достоверное увеличение силы мышц на 18,1 % ($p < 0,001$) при концентрических сокращениях, средняя мощность увеличилась на 83,1 % ($p < 0,001$), средняя амплитуда увеличилась на 68,7 % ($p < 0,001$), средняя скорость — на 27,2 % ($p = 0,002$). При анализе показателей после проведенного лечения между основной и группой сравнения были получены достоверные различия ($p < 0,001$).

Заключение: применение технологий с биологической обратной связью под контролем электромиографии приводит к повышению эффективности медицинской реабилитации и улучшает качество жизни паралимпийцев с травматической болезнью спинного мозга.

Ключевые слова: паралимпийцы, активная медицинская реабилитация, биологическая обратная связь, электростимуляция, механотерапия

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бодрова Р.А., Закамырдина А.Д., Делян А.М., Каримова Г.М., Васильева Л.Ф. Эффективность технологий активной медицинской реабилитации у паралимпийцев, занимающихся игровыми видами спорта. *Спортивная медицина: наука и практика*. 2023;13(1):41–47. <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.1.1>

Поступила в редакцию: 13.12.2022

Принята к публикации: 10.04.2023

Online first: 18.05.2023

Опубликована: 16.06.2023

*Автор, ответственный за переписку

The effectiveness of active medical rehabilitation technologies among Paralympians engaged in playing sports

Rezeda A. Bodrova^{1,2}, Aigul D. Zakamyrdina^{1,3,*}, Arthur M. Delyan², Guzel M. Karimova¹, Lyudmila F. Vasilyeva¹

¹ Kazan State Medical Academy — branch of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Health of Russia, Kazan, Russia

² City Clinical Hospital № 7, Kazan, Russia

³ Hospital for War Veterans, Kazan, Russia

ABSTRACT

The purpose of the study: to study the effectiveness of active medical rehabilitation technologies among Paralympians engaged in playing sports.

Materials and methods: examined 48 male patients aged 25.9 ± 2.1 years with traumatic disease of the lumbar spinal cord. All examined were divided into 2 groups: patients of the main group (19 people) against the background of standard therapy received a course of active medical rehabilitation (AMR), including mechanotherapy and electrical stimulation with biofeedback under the control of electromyography (EMG) of the muscles of the lower extremities and back. Patients in the comparison group (29 people) received standard therapy. After the AMR course, a comprehensive examination was performed, including the data of the questionnaires: the ASIA classification (American Spinal Injury Association), the FIM (Functional Independence Measure) scale of functional independence, the modified functional assessment scale of activity and quality of life VFM (Valutazione Funzionale Mielolesi), State-Trait Anxiety Inventory, the Beck depression scale; electroneurophysiological studies on the Neurosoft Neuro-EMG-Micro device, heart rate variability (HRV) on the Neurosoft Poly-Spectrum computer electrocardiograph, indicators of free movement with concentric and eccentric muscle contractions on EN-TreeM.

Results: polysympathetic reflex excitability (PRV) significantly decreased in patients of the main group. There was also an improvement in vegetative reactivity (coefficient 30/15 is 1.45; $p < 0.001$) during the orthostatic test, indicating normalization of parasympathetic regulation and heart rate. The assessment on the ASIA scale revealed an improvement in sensory function by 13.4 % and motor function by 17.4 %. On the VFM scale, an increase in indicators was observed by 14.7 % and on the FIM scale by 11.5 %. When assessing the psycho-emotional sphere on the Spielberger-Khanin scale, a significant decrease in the level of reactive anxiety was noted by 10.9 %, and the level of depression by 30.5 %. A significant increase in muscle strength by 18.1 % ($p < 0.001$) was also observed during concentric contractions, the average power increased by 83.1 % ($p < 0.001$), the average amplitude increased by 68.7 % ($p < 0.001$), the average speed by 27.2 % ($p = 0.002$). When analyzing the indicators after the treatment, significant differences were obtained between the main and the comparison group ($p < 0.001$).

Conclusion: the use of biofeedback technologies under the control of electromyography leads to an increase in the effectiveness of medical rehabilitation and improves the quality of life in Paralympians with traumatic spinal cord disease.

Keywords: paralympians, active medical rehabilitation, biofeedback, electromyostimulation, mechanotherapy

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Bodrova R.A., Zakamyrdina A.D., Delyan A.M., Karimova G.M., Vasilyeva L.F. The effectiveness of active medical rehabilitation technologies among Paralympians engaged in playing sports. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika (Sports medicine: research and practice)*. 2023;13(1):41–47. (In Russ.) <https://doi.org/10.47529/2223-2524.2023.1.1>

Received: 13 December 2022

Accepted: 10 April 2023

Online first: 18 May 2023

Published: 16 June 2023

*Corresponding author

1. Введение

В настоящее время определяется тенденция увеличения популярности адаптивного спорта, приводящая к возрастанию количества спортсменов, участвующих в соревнованиях, и соответственно к росту конкуренции [1, 2]. Занятия спортом у лиц с ограниченными возможностями позволяют добиться высоких результатов. Успех спортсменов зависит от ежедневной физической активности, высокой мотивации и использования инновационных технологий реабилитации.

Реабилитация паралимпийцев должна быть системной, с целостным подходом к коррекции нарушенных

функций организма, активности и участия, а также к применению современных методов тренировочного и коррекционного процесса. Эффективность восстановительного лечения паралимпийцев возрастает при активной медицинской реабилитации (АМР) с учетом тяжести патологических нарушений и психоэмоциональных нарушений.

Для мобилизации резервных возможностей паралимпийцев широко используются немедикаментозные методы. Одним из перспективных реабилитационных методов, позволяющих активизировать утраченные движения, является лечебная физкультура [3–8],

в частности механотерапия [9]. Для оптимизации реабилитационного процесса спортсменов с поражением опорно-двигательного аппарата технологии механотерапии используются с целью восстановления статико-локомоторных нарушений и постурального баланса [10].

Применение биологической обратной связи (БОС) в реабилитации паралимпийцев с заболеваниями опорно-двигательного аппарата также является одним из перспективных методов АМР. Дальнейшие научные исследования в этой области позволят определить приемлемую продолжительность и кратность курсов реабилитации, оценить проводимую терапию и организовать реабилитационный процесс в соответствии с критериями эффективности. В настоящее время недостаточно исследований по применению БОС во время тренировочного периода паралимпийцев [11]. Метод активной электромиостимуляции с биологической обратной связью под контролем ЭМГ способствует восстановлению функции движения [12–15]. Метод ЭМГ позволяет осуществлять контроль за техникой выполнения движений, а также вносить необходимую корректировку в лечебно-реабилитационный процесс [1]. Индивидуальная программа медицинской реабилитации паралимпийцев с ТБСМ должна учитывать системность заболевания, многоуровневые нарушения структур центральной нервной системы (ЦНС), которые участвуют в контроле движений, вегетативном обеспечении деятельности и психоэмоциональной адаптации [16].

Разработка и совершенствование научно обоснованных, высокоэффективных программ реабилитации паралимпийцев с травмой спинного мозга остается одной из важных проблем современной медицины и адаптивной физической культуры и спорта.

Цель исследования — изучение эффективности технологий активной медицинской реабилитации у паралимпийцев, занимающихся игровыми видами спорта.

2. Материалы и методы

3. Исследование проводили на базах отделений медицинской реабилитации ГАУЗ «Госпиталь для ветеранов войн» г. Казани и ГАУЗ «Городская клиническая больница № 7» г. Казани. В исследовании принимали участие пациенты в позднем восстановительном периоде ТБСМ после травмы поясничного отдела (L1–L5), в возрасте $25,9 \pm 2,1$ года.

В основную группу вошли 19 пациентов, которые на фоне стандартной терапии получали курс АМР с применением механотерапии и электростимуляции с БОС под контролем ЭМГ. Курс активной механотерапии состоял из 10 процедур на аппаратном комплексе EN-TreeM (Нидерланды), проводимой с целью увеличения мышечной силы и выносливости мышц спины и нижних конечностей. Активно-пассивную электростимуляцию назначали с частотой воздействия импульсов 2,5–4 кГц премодулированным прерывистым переменным током в изопланарном векторном поле с частотой импульсов 20–40 Гц, с силой тока до 80 мА.

Группа сравнения состояла из 29 пациентов. Курс стандартной терапии включал лечебную гимнастику; лечебный массаж; электромиостимуляцию без БОС на аппарате «Стимул-1» (Россия) с частотой 30 Гц, с силой тока до 15–40 мА; пассивную механотерапию без БОС на верхние и нижние конечности на аппарате Artromot (Германия). Количество процедур составило 10–12 сеансов, с повторными курсами через 2–3 месяца.

Критериями включения пациентов были: возраст от 20 до 26 лет, диагноз ТБСМ, поздний восстановительный период ТБСМ (более 3 лет после полученной травмы), поражение поясничного отдела спинного мозга; паралимпийцы, занимающиеся игровым видом спорта, в частности баскетболом на колясках. Критериями невключения пациентов являлись соматические заболевания в стадии декомпенсации; острые инфекционные заболевания. Критерием исключения пациентов стал отказ пациентов от участия в исследовании.

Эффективность лечения оценивали по шкале тяжести повреждения спинного мозга ASIA; шкале функциональной независимости FIM (Functional Independence Measure); модифицированной функциональной оценочной шкале активности и качества жизни VFM (Valutazione Funzionale Mielolesi); психологическому тесту Спилбергера — Ханина; шкале депрессии Бека. Электронеурофизиологические исследования осуществлялись на аппарате «Нейро-ЭМГ-Микро» («Нейрософт», Россия). Исследование вегетативных функций проводили на электрокардиографе «Поли-Спектр-8/EX» («Нейрософт», Россия). Для составления индивидуального плана медицинской реабилитации и оценки его эффективности применяли для анализа движений аппаратный комплекс En-TreeM (Enraf-Nonius, Голландия), оценивали среднюю силу, амплитуду, скорость и мощность сокращений мышц нижних конечностей.

Статистические вычисления проводили на персональном компьютере под управлением операционной системы MS Windows 10 (Microsoft) с использованием программы для работы с электронными таблицами MS Excel из пакета Office 365 (Microsoft). Статистический анализ проводили с использованием критерия Манна — Уитни для независимых переменных, коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

3. Результаты и обсуждение

Проведено обследование 48 паралимпийцев с ТБСМ поясничного уровня поражения. Жалобы на хронические неспецифические боли в спине и в нижних конечностях предъявляли 7 пациентов (14,6 %). Тазовые нарушения наблюдались у 28 человек (58,3 %). Неврологический осмотр выявил асимметричный характер гипестезии по сегментарному и проводниковому типу. Двигательные нарушения с преимущественным двигательным дефицитом в одной нижней конечности выявлены у 22 человек (43,7 %), парапарез и атрофия нижних конечностей — у 26 паралимпийцев (56,3 %).

При обследовании пациентов по шкале тяжести повреждения ASIA были установлены у 25 % (12 чел.) в группе В, у 60,4 % (29 чел.) — в группе С и у 14,6 % (7 чел.) — в группе D.

После проведенного курса реабилитации была выявлена достоверная динамика по клинико-электрофизиологическим показателям (КЭП). При сегментарном типе (СТ) поражения спинного мозга в основной группе было установлено повышение КЭП на 12,5 % (до реабилитации $9,17 \pm 0,16$ ед., после — $10,32 \pm 0,26$ ед. ($p < 0,01$)). Для проводникового типа (ПТ) было увеличение КЭП на 16,4 % (до реабилитации $6,75 \pm 0,12$ ед., после — $7,86 \pm 0,18$ ед. ($p < 0,01$)) (табл.).

В процессе реабилитации в группе сравнения показатели СТ и ПТ достоверно не изменились. СТ до реабилитации составил $9,26 \pm 0,22$ ед., после — $9,53 \pm 0,25$ ед. ($p > 0,05$). ПТ до реабилитации имел показатели $6,71 \pm 0,11$ ед., после — $6,87 \pm 0,16$ ед. ($p > 0,05$).

У пациентов основной группы отмечали достоверное снижение длительности R2 компонента мигательного рефлекса на 7,4 % ($p < 0,01$); в группе сравнения не отмечали значимых изменений ПРВ, снижение R2 на 2,2 % ($p > 0,05$).

Сравнивая результаты ВРС, наблюдали достоверное повышение общей мощности спектра (до 3694 мс^2), спектра низких частот (до 845 мс^2), очень низких частот (до 1356 мс^2), высоких частот (до 823 мс^2) по сравнению с группой сравнения ($p < 0,001$).

После проведенного курса реабилитации по результатам ортостатической пробы отмечали достоверное улучшение вегетативной реактивности (коэффициент 30/15 равен 1,45; $p < 0,001$), что свидетельствовало о нормализации парасимпатической регуляции и сердечного ритма. Снижение соотношения LF/HF (до реабилитации — 3,5 Ме, после — 2,7 Ме, $p < 0,001$) при ортостатической

пробе показало снижение церебральных эрготропных и гуморально-метаболических влияний по результатам с группой сравнения ($p < 0,001$).

После курса реабилитации у пациентов основной группы отмечали положительную динамику по шкале ASIA на 13,4 % (до реабилитации $153,2 \pm 10,5$ балла, после — $173,7 \pm 13,5$ балла, $p = 0,029$), двигательной функции на 17,4 % (до реабилитации $67,2 \pm 4,1$ балла, после — $78,9 \pm 5,4$ балла; $p = 0,032$). В контрольной группе изменение данного показателя не было достоверным — двигательная функция улучшилась только на 3,9 % (до реабилитации $68,4 \pm 5,7$ балла, после — $71,1 \pm 6,4$ балла; $p = 0,18$) и чувствительная на 1,2 % (до реабилитации $152,6 \pm 11,8$ балла, после — $154,4 \pm 12,1$ балла, $p = 0,52$). При оценке качества жизни по функциональной оценочной шкале для пациентов с травмой спинного мозга VFM было установлено увеличение показателей на 14,7 % ($226,4 \pm 11,7$ балла, после — $259,6 \pm 12,3$ балла; $p < 0,001$) и шкале функциональной независимости FIM на 11,5 % (до $106,1 \pm 8,4$ балла, после — $118,3 \pm 7,9$ балла; $p < 0,001$). В группе сравнения в процессе реабилитации значения этих показателей статистически значимо не изменились. При оценке психоэмоциональных нарушений по шкале Спилбергера — Ханина пациенты основной группы отмечали снижение уровня тревоги на 10,9 % (до $33,1 \pm 1,5$ балла, после — $29,5 \pm 1,4$ балла; $p < 0,001$). При оценке уровня депрессии по шкале Бека в основной группе установлено снижение на 30,5 % (до $10,8 \pm 1,3$ балла, после — $7,5 \pm 1,2$ балла; $p < 0,001$). В группе сравнения не было установлено достоверных изменений (до $33,7 \pm 2,3$ балла, после — $32,7 \pm 2,1$ балла, $p = 0,27$) (до $10,6 \pm 0,9$ балла, после — $10,4 \pm 1,3$ балла, $p = 0,09$) соответственно.

В основной группе пациентов ТБСМ при оценке показателей свободного движения, в частности, на 18,1 %

Таблица

Динамика основных электрофизиологических показателей в процессе реабилитации паралимпийцев с ТБСМ на поясничном уровне повреждения ($M + \sigma$)

Table

The Main Electroneurophysiological Parameters in the Rehabilitation of Paralympians with Traumatic Spinal Cord Injury ($M + \sigma$)

Показатели	Группа				P_{1-3}	P_{2-4}
	основная ($n = 19$ чел.)		сравнения ($n = 29$ чел.)			
	до активной медицинской реабилитации	после активной медицинской реабилитации	до стандартной реабилитации	после стандартной реабилитации		
	1	2	3	4		
Реабилитационный потенциал РП СТ(ед.)	$9,17 \pm 0,16$ $P_{1-2} < 0,01$	$10,32 \pm 0,26$	$9,26 \pm 0,22$ $P_{3-4} > 0,05$	$9,53 \pm 0,25$	$> 0,05$	$< 0,01$
Реабилитационный потенциал РП ПТ(ед.)	$6,75 \pm 0,12$ $P_{1-2} > 0,05$ $P_{1-2} < 0,01$	$7,86 \pm 0,18$	$6,71 \pm 0,11$ $P_{3-4} > 0,05$ $P_{3-4} > 0,05$	$6,87 \pm 0,16$	$> 0,05$	$< 0,05$
Длительность R2 (мс)	$37,9 \pm 2,3$ $P_{1-2} < 0,05$ $P_{1-2} > 0,05$	$35,1 \pm 2,2$	$37,6 \pm 2,6$ $P_{3-4} > 0,05$ $P_{3-4} > 0,05$	$36,9 \pm 2,7$	$> 0,05$	$> 0,05$

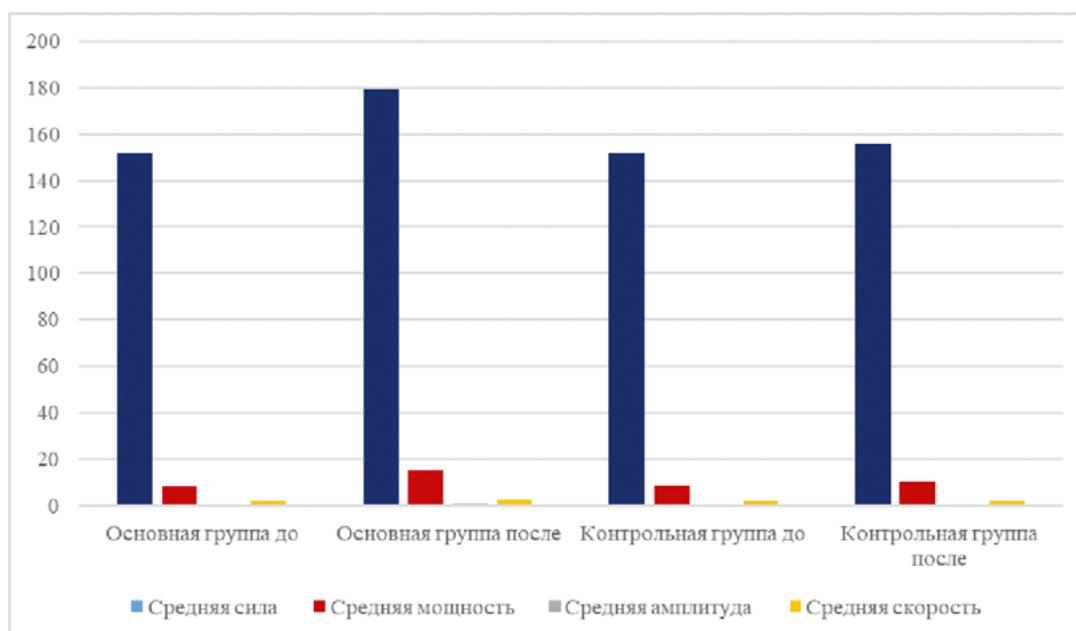


Рис. Динамика показателей свободного движения у пациентов с ТБСМ на поясничном уровне поражения до и после курса реабилитации
Fig. Dynamics of free movement parameters in patients with traumatic spinal cord injury before and after rehabilitation

($p < 0,001$) увеличился показатель силы мышц нижних конечностей, средняя мощность на 83,1 % ($p < 0,001$), средняя амплитуда на 68,7 % ($p < 0,001$), средняя скорость на 27,2 % ($p = 0,002$), что свидетельствовало о включении ресурсов нервной системы и процессов нейропластичности.

Динамика показателей свободного движения в группе сравнения носила менее значимый характер, что определило статистически достоверные различия между группами по большинству показателей ($p < 0,05$).

4. Заключение

Таким образом, повышение эффективности реабилитации у пациентов с последствиями травмы спинного мозга, в том числе паралимпийцев, может быть достигнуто применением методов АМР с учетом характера и тяжести патофункциональных нарушений. Во многом успех проводимых реабилитационных мероприятий определяется сохранившимися структурными и функциональными резервами нервной системы, включением механизмов нейропластичности в процессе многократного повторения физических упражнений. В клинической практике для повышения эффективности реабилитации паралимпийцев с ТБСМ на поясничном уровне поражения целесообразно проводить электронейрофизиологические исследования (ПРВ) с целью определения функционального состояния, степени нарушений супраспинальных систем.

Анализ результатов клинических, электрофизиологических и психологических исследований позволил установить важные патофизиологические особенности ТБСМ, поражение сегментарного аппарата спинного мозга обычно бывает неравномерным, мозаичным и асимметричным. При клиническом осмотре смешанный паралич в ногах достаточно часто представляется

более тяжелым, чем при электрофизиологическом исследовании. У пациента может и не быть активных движений в определенной мышечной группе, но электрофизиологические тесты дают информацию о сохранности нейронных структур и, следовательно, можно ожидать эффективность АМР. Патофункциональные реакции не ограничиваются спинальным уровнем, а распространяются на головной мозг, изменяют баланс процессов возбуждения и торможения в супрасегментарных нервных центрах, влияют на состояние ВНС со значительным напряжением адаптационных процессов, приводят к нарушениям психоэмоциональной сферы. Курс АМР с применением БОС достоверно снижает уровень психоэмоциональных нарушений.

В позднем периоде ТБСМ поясничного уровня поражения основное внимание уделяется восстановлению двигательных функций. Поскольку на современном этапе эффективная регенерация аксонов нисходящих двигательных путей и мотонейронов передних рогов спинного мозга не является достижимой, то на первое место выходит задача максимально полного использования оставшихся ресурсов нервной системы с формированием новых адаптивных двигательных стереотипов. Обязательным условием АМР является произвольное, волевое и целеустремленное участие пациента в процессе выполнения упражнений, направленное на восстановление контроля движений с формированием новых адаптивных паттернов движений. Активно-пассивная электростимуляция и активная механотерапия у паралимпийцев с ТБСМ на поясничном уровне повреждения позволяют достоверно повысить показатели свободного движения, соответственно эффективность реабилитации и качество жизни пациентов.

Вклад авторов:

Бодрова Резеда Ахметовна — редактирование, утверждение финальной версии статьи.

Закамырдина Айгуль Дамировна — написание текста статьи, сбор и обработка материала.

Делян Артур Маркосович — написание текста статьи, сбор и обработка материала.

Каримова Гузель Марсовна — написание текста статьи, редактирование.

Васильева Людмила Федоровна — написание текста статьи, редактирование.

Authors' contributions:

Rezeda A. Bodrova — editing, approval of the article final version

Aigul D. Zakamyrdina — article text writing, collection and processing of material

Arthur M. Delyan — article text writing, collection and processing of material

Guzel M. Karimova — article text writing, editing

Lyudmila F. Vasilyeva — article text writing, editing

Список литературы**References**

1. **Шишкин А.В., Митин А.Е., Филиппова С.О.** Проблема применения электромиографии с целью повышения эффективности тренировочного и соревновательного процессов в адаптивном спорте. Современные проблемы науки и образования. 2013;(6):276.

2. **Красюков А.В., Машковский Е.В., Ачкасов Е.Е., Кащенко Е.М.** Нарушения работы сердечно-сосудистой системы у людей с хронической травмой спинного мозга при занятиях адаптивной физической культурой и паралимпийским спортом. Вестник Российской академии медицинских наук. 2018;73(4):236–243. <https://doi.org/10.15690/vramn969>

3. **Adhikari S.P., Adhikari S., Rana C., Dev R.** Level of Exercise Participation in Individuals with Traumatic Spinal Cord Injury During Inpatient Rehabilitation: A Cross-sectional Study. J Nepal Health Res Counc. 2021 Apr 23;19(1):32-38. <https://doi.org/10.33314/jnhrc.v19i1.2912>.

4. **Епифанов В.А., Петрова М., Епифанов А. (ред.), и др.** Лечебная физическая культура в системе медицинской реабилитации: Национальное руководство. Москва: ГЭОТАР-Медиа; 2022.

5. **Horwath O., Paulsen G., Esping T., Seynnes O., Ols-son M.C.** Isokinetic resistance training combined with eccentric overload improves athletic performance and induces muscle hypertrophy in young ice hockey players. J. Sci. Med. Sport. 2019;22(7):821–826. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.12.017>

6. **Liu H., Li J., Du L., Yang M., Yang D., Li J., Gao F., Ma K.** Short-term effects of core stability training on the balance and ambulation function of individuals with chronic spinal cord injury: a pilot randomized controlled trial. Minerva Med. 2019;110(3):216–223. <https://doi.org/10.23736/S0026-4806.19.05952-4>

7. **Jo H.J., Perez M.A.** Corticospinal-motor neuronal plasticity promotes exercise-mediated recovery in humans with spinal cord injury. Brain. 2020;143(5):1368–1382. <https://doi.org/10.1093/brain/awaa052>

8. **Pulverenti T.S., Zaaya M., Knikou M.** Brain and spinal cord paired stimulation coupled with locomotor training affects polysynaptic flexion reflex circuits in human spinal cord injury. Exp. Brain Res. 2022;240(6):1687–1699. <https://doi.org/10.1007/s00221-022-06375-x>

9. **Макарова М.Р., Шаповаленко Т.В., Лядов К.В.** Значение механотерапии в комплексной реабилитации больных с травмой спинного мозга. Доктор.ру. 2011;(8):58–63.

10. **Загородный Г.М., Попова Г.В., Петрова О.В.** Механотерапия как аспект комплексной коррекции постуральных нарушений при травмах у спортсменов. Прикладная спортивная наука. 2015;(2):96–101.

1. **Shishkin A.V., Mitin A.E., Filippova S.O.** The problem of using electromyography to improve the effectiveness of training and competitive processes in adaptive sports. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern problems of science and education. 2013;(6):276 (In Russ.).

2. **Krasyukov A.V., Mashkovsky E.V., Achkasov E.E., Kashchenko E.M.** Disturbances of cardiovascular system in persons with chronic spinal cord injury during exercise and participation in paralympic sports. *Annals of the Russian academy of medical sciences*. 2018;73(4):236–243 (In Russ.). <https://doi.org/10.15690/vramn969>

3. **Adhikari S.P., Adhikari S., Rana C., Dev R.** Level of Exercise Participation in Individuals with Traumatic Spinal Cord Injury During Inpatient Rehabilitation: A Cross-sectional Study. *J Nepal Health Res Counc*. 2021 Apr 23;19(1):32-38. <https://doi.org/10.33314/jnhrc.v19i1.2912>.

4. **Epifanov V.A., Petrova M., Epifanov A. (eds.), et al.** Therapeutic physical culture in the system of medical rehabilitation: National guidelines. Moscow: GEOTAR-Media Publ.; 2022 (In Russ.).

5. **Horwath O., Paulsen G., Esping T., Seynnes O., Ols-son M.C.** Isokinetic resistance training combined with eccentric overload improves athletic performance and induces muscle hypertrophy in young ice hockey players. *J. Sci. Med. Sport*. 2019;22(7):821–826. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.12.017>

6. **Liu H., Li J., Du L., Yang M., Yang D., Li J., Gao F., Ma K.** Short-term effects of core stability training on the balance and ambulation function of individuals with chronic spinal cord injury: a pilot randomized controlled trial. *Minerva Med*. 2019;110(3):216–223. <https://doi.org/10.23736/S0026-4806.19.05952-4>

7. **Jo H.J., Perez M.A.** Corticospinal-motor neuronal plasticity promotes exercise-mediated recovery in humans with spinal cord injury. *Brain*. 2020;143(5):1368–1382. <https://doi.org/10.1093/brain/awaa052>

8. **Pulverenti T.S., Zaaya M., Knikou M.** Brain and spinal cord paired stimulation coupled with locomotor training affects polysynaptic flexion reflex circuits in human spinal cord injury. *Exp. Brain Res*. 2022;240(6):1687–1699. <https://doi.org/10.1007/s00221-022-06375-x>

9. **Makarova M.R., Shapovalenko T.V., Lyadov K.V.** The importance of mechanotherapy in the complex rehabilitation of patients with spinal cord injury. *Doctor.Ru*. 2011;(8):58–63 (In Russ.).

10. **Zagorodny G.M., Popova G.V., Petrova O.V.** Mechanotherapy as an aspect of complex correction of postural disorders in injuries in athletes. *Prikladnaya sportivnaya nauka* = Applied sports science. 2015;(2):96–101 (In Russ.).

11. Пинчук Д.Ю., Дудин М.Г. Биологически обратная связь по электромиограмме в неврологии и ортопедии: справочное руководство. Санкт-Петербург: Человек; 2002.

12. Cheung E.Y.Y., Yu K.K.K., Kwan R.L.C., Ng C.K.M., Chau R.M.W., Cheing G.L.Y. Effect of EMG-biofeedback robotic-assisted body weight supported treadmill training on walking ability and cardiopulmonary function on people with subacute spinal cord injuries — a randomized controlled trial. BMC Neurol. 2019;19(1):140. <https://doi.org/10.1186/s12883-019-1361-z>.

13. Белова А.Н., Балдова С.Н. Методы электростимуляции в восстановлении двигательных функций после позвоночно-спинномозговой травмы. Обзор литературы. Трудный пациент. 2014;12(6):42–48.

14. Varoto R., Cliquet A.Jr. Experiencing Functional Electrical Stimulation Roots on Education, and Clinical Developments in Paraplegia and Tetraplegia With Technological Innovation. Artif. Organs. 2015;39(10):E187–201. <https://doi.org/10.1111/aor.12620>

15. Rahimi M., Torkaman G., Ghabae M., Ghasem-Zadeh A. Advanced weight-bearing mat exercises combined with functional electrical stimulation to improve the ability of wheelchair-dependent people with spinal cord injury to transfer and attain independence in activities of daily living: a randomized controlled trial. Spinal Cord. 2020;58(1):78–85. <https://doi.org/10.1038/s41393-019-0328-7>

16. Иванова Г.Е., Крылов В.В., Цыкунов М.Б., Поляев Б.А. (ред.). Реабилитация больных с травматической болезнью спинного мозга. Москва: Московские учебники и картолитография; 2010.

11. Pinchuk D.Yu., Dudin M.G. Biologically feedback on an electromyogram in neurology and orthopedics. Saint Petersburg: Chelovek Publ.; 2002 (In Russ.).

12. Cheung E.Y.Y., Yu K.K.K., Kwan R.L.C., Ng C.K.M., Chau R.M.W., Cheing G.L.Y. Effect of EMG-biofeedback robotic-assisted body weight supported treadmill training on walking ability and cardiopulmonary function on people with subacute spinal cord injuries — a randomized controlled trial. BMC Neurol. 2019;19(1):140. <https://doi.org/10.1186/s12883-019-1361-z>

13. Belova A.N., Baldova S.N. Methods of electrical stimulation in the restoration of motor functions after spinal cord injury. Literature review. Trudnyi patsient [Difficult patient]. 2014;12(6):42–48 (In Russ.).

14. Varoto R., Cliquet A.Jr. Experiencing Functional Electrical Stimulation Roots on Education, and Clinical Developments in Paraplegia and Tetraplegia With Technological Innovation. Artif. Organs. 2015;39(10):E187–201. <https://doi.org/10.1111/aor.12620>

15. Rahimi M., Torkaman G., Ghabae M., Ghasem-Zadeh A. Advanced weight-bearing mat exercises combined with functional electrical stimulation to improve the ability of wheelchair-dependent people with spinal cord injury to transfer and attain independence in activities of daily living: a randomized controlled trial. Spinal Cord. 2020;58(1):78–85. <https://doi.org/10.1038/s41393-019-0328-7>

16. Ivanova G.E., Krylov V.V., Tsykunov M.B., Polyayev B.A. (eds.). Rehabilitation of patients with traumatic spinal cord disease / under the general. Moscow: Moscow textbooks and cartolithography; 2010 (In Russ.).

Информация об авторах:

Бодрова Резеда Ахметовна, д.м.н., доцент, заведующий кафедрой реабилитологии и спортивной медицины Казанской государственной медицинской академии — филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России. Россия, 420012, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Бутлерова, 36, bodrovarezeda@yandex.ru.

Закамырдина Айгуль Дамировна*, ассистент кафедры реабилитологии и спортивной медицины Казанской государственной медицинской академии — филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России. Россия, 420012, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Бутлерова, 36, aigul55@mail.ru.

Делян Артур Маркосович, главный врач ГАУЗ «Городская клиническая больница № 7» г. Казани. Россия, 420103, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Маршала Чуикова, 54.

Каримова Гузель Марсовна, к.м.н., доцент кафедры реабилитологии и спортивной медицины Казанской государственной медицинской академии — филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России. Россия, 420012, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Бутлерова, 36, altermed2004@mail.ru.

Васильева Людмила Федоровна, профессор кафедры реабилитологии и спортивной медицины Казанской государственной медицинской академии — филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России. Россия, 420012, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Бутлерова, 36.

Information about the authors:

Rezeda A. Bodrova, D.Sc. (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Rehabilitology and Sports Medicine of the Kazan State Medical Academy. 36 Butlerova str., Kazan, 420012, Republic of Tatarstan, Russia, bodrovarezeda@yandex.ru.

Aigul D. Zakamyrdina*, Assistant Professor of the Department of Rehabilitology and Sports Medicine of the Kazan State Medical Academy. 36 Butlerova str., Kazan, 420012, Republic of Tatarstan, Russia, aigul55@mail.ru.

Arthur M. Delyan, Chief Medical Officer of the City Clinical Hospital No. 7, Kazan. 54 Marshal Chuikov Str., Kazan, 420103, Republic of Tatarstan, Russia.

Guzel M. Karimova, Associate Professor of the Department of Rehabilitology and Sports Medicine of the Kazan State Medical Academy. 36 Butlerova str., Kazan, 420012, Republic of Tatarstan, Russia, altermed2004@mail.ru.

Lyudmila F. Vasilyeva, professor of the Department of Rehabilitology and Sports Medicine of the Kazan State Medical Academy. 36 Butlerova str., Kazan, 420012, Republic of Tatarstan, Russia

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author