



# Активная механотерапия в реабилитации лиц, занимающихся адаптивной физической культурой

Р. А. Бодрова, А. Д. Закамырдина

Казанская государственная медицинская академия — филиал Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Минздрава России

**Цель исследования:** оценка эффективности активной механотерапии с применением биологической обратной связи (БОС) у лиц с травматической болезнью спинного мозга (ТБСМ) с поясничным уровнем повреждения, занимающихся адаптивной физической культурой.

**Дизайн:** рандомизированное исследование.

**Материалы и методы.** Обследованы 48 пациентов мужского пола в возрасте  $25,8 \pm 2,1$  года с ТБСМ с поясничным уровнем повреждения различной степени тяжести. Больных рандомизировали на основную ( $n = 18$ ) и контрольную ( $n = 30$ ) группы. В обеих группах применяли стандартную терапию, в основной дополнительно проводили активную механотерапию с БОС под контролем электромиограммы. Оценивали клинические и инструментальные данные, а также показатели свободного движения при эксцентрических и концентрических сокращениях мышц по протоколу EN-TreeM.

**Результаты.** После лечения в основной группе при эксцентрических сокращениях мышц показатели силы увеличились на 15,5%, мощности — на 88,5%, амплитуды движения — на 79,2%, скорости — 18,2% (во всех случаях  $p < 0,001$ ). При концентрических сокращениях мышц обнаружена аналогичная достоверная динамика. В контрольной группе статистически значимых изменений рассмотренных показателей не наблюдалось ( $p > 0,05$ ).

**Заключение.** Использование активной механотерапии с БОС повышает эффективность медицинской реабилитации лиц с ТБСМ с поясничным уровнем повреждения, занимающихся адаптивной физической культурой.

**Ключевые слова:** медицинская реабилитация, механотерапия, биологическая обратная связь, адаптивная физическая культура.

## Active Mechanotherapy in Rehabilitation for People Doing Adaptive Physical Activity

R. A. Bodrova, A. D. Zakamyrdina

Kazan State Medical Academy, a branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education (a Federal State Government-funded Educational Institution of Advanced Professional Education), Russian Ministry of Health

**Study Objective:** To assess the effectiveness of active mechanotherapy with biological feedback for patients with traumatic lumbar spinal cord injuries who are doing adaptive physical activity.

**Study Design:** This was a randomized study.

**Materials and Methods:** Forty-eight male patients, aged  $25.8 \pm 2.1$ , with traumatic lumbar spinal cord injuries of varying severity were examined in this study. The patients were randomized into a main group ( $n = 18$ ) and a control group ( $n = 30$ ). In both groups, patients received standard therapy. In addition, the main group patients received active mechanotherapy with biological feedback, the results of which were assessed by electromyogram.

Other study assessments included clinical findings, data obtained from instrumental examinations, and unrestricted motion parameters registered during eccentric and concentric muscle contractions, using an En-treeM analyzer.

**Study Results:** In the main group this treatment led to an increase in the following parameters registered during eccentric muscle contractions: muscle strength (by 15.5%), power (by 88.5%), amplitude (by 79.2%), and speed (by 18.2%) ( $p < 0.001$  for all parameters). Parameters registered during concentric muscle contractions showed similar significant changes. In the control group, there were no statistically significant changes in these parameters ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion:** Active mechanotherapy with biological feedback improves the effectiveness of medical rehabilitation for patients with traumatic lumbar spinal cord injuries who are doing adaptive physical activity.

**Keywords:** medical rehabilitation, mechanotherapy, biological feedback, adaptive physical activity.

По данным ВОЗ, лица с ограниченными возможностями составляют около 10% населения земного шара. Несмотря на значительный прогресс медицинских технологий, число инвалидов продолжает расти. Вместе с тем увеличивается доля лиц, занимающихся адаптивной физической культурой. В нашей стране, по сообщению Минспорта России, за период 2000–2009 гг. «число лиц с инвалидностью, занимающихся физической культурой, выросло в 3 раза (с 64,1 до 192,3 тысячи взрослых и с 10,8 до 32,4 тысячи детей), количество физкультурно-спортивных клубов инвалидов — в 1,7 раза (с 688 до 1200), число субъектов РФ, осуществляющих развитие адаптивного физического воспитания и спорта, — в 2,8 раза (с 15 до 42)» [1]. В общем медальном зачете XI Паралимпийских зимних игр (2014 г.) отечественные спортсмены заняли первое место. В 2016 г. количество инвалидов, занимающихся физической

культурой и спортом, в России составило 977 600 человек, или 12,1% от общего числа инвалидов. На сегодняшний день проблемы реабилитации лиц, занимающихся адаптивной физической культурой и спортом, крайне актуальны [2, 3].

В последние десятилетия возможности реабилитации существенно расширились благодаря появлению инновационных аппаратно-программных комплексов с биологической обратной связью (БОС), помогающих дозировать механическую нагрузку при выполнении движений, моделировать локомоторные акты движения верхних и нижних конечностей, поддерживая устойчивое физическое состояние пациента.

К числу инновационных направлений в нейрореабилитации относится активная механотерапия с БОС под контролем электромиограммы (ЭМГ) [4, 5]. Механотерапия является одной из базовых форм лечебной физкультуры с большим опытом использования [6]. С точки зрения традиционных

Бодрова Резеда Ахметовна — к. м. н., доцент, заведующая кафедрой реабилитологии и спортивной медицины КГМА — филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России. 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 36. E-mail: kafedra-reabil-kgma@mail.ru

Закамырдина Айгуль Дамировна — ассистент кафедры реабилитологии и спортивной медицины КГМА — филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России. 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 36. E-mail: kafedra-reabil-kgma@mail.ru



классификаций содержание механотерапии составляли дозированные, ритмически повторяющиеся физические упражнения на специальных аппаратах и приборах, способствующие восстановлению подвижности и амплитуды движения в суставах, облегчению движений и увеличению силы мышц, повышению специальной и общей физической работоспособности, увеличению вентиляции легких, развитию основных физических качеств [6, 7]. Доказано, что локальные воздействия при применении аппаратов механотерапии через возбуждение проприоцепторов и центральных зон моторного анализатора оказывают общеукрепляющее, тренирующее влияние на организм в целом [8, 9].

**Целью исследования** явилось изучение эффективности активной механотерапии с применением БОС у лиц с травматической болезнью спинного мозга (ТБСМ) с поясничным уровнем повреждения, занимающихся адаптивной физической культурой.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Под наблюдением на базе Центра восстановительной медицины и реабилитации ГАУЗ «Госпиталь для ветеранов войн» г. Казани Министерства здравоохранения Республики Татарстан находились 48 пациентов мужского пола в возрасте  $25,8 \pm 2,1$  года с ТБСМ с поясничным уровнем повреждения различной степени тяжести (табл. 1). Давность заболевания составляла от 1,5 года до 6 лет.

Больные были рандомизированы на две группы: первую (основную) и вторую (контрольную).

В первую группу вошли 18 пациентов. Эти больные на фоне стандартной терапии (нейропротекторов, сосудистых препаратов, витаминов, физиотерапии, лечебной гимнастики, массажа) получали активную механотерапию с БОС под контролем ЭМГ мышц верхних и нижних конечностей и мышц спины. Занятия проводили с помощью аппаратно-программного комплекса EN-TreeM (Нидерланды), состоящего из уни-

версального тренажера с датчиком движения, компьютера с программным обеспечением и миографа для проведения синхронной поверхностной миографии. Первое занятие начинали с тестирования на EN-TreeM, после подбора адекватной нагрузки больные приступали к тренировкам. Длительность тренировок составляла 45–60 минут, продолжительность курса — 10–12 занятий на увеличение мышечной силы и 10–12 занятий на повышение выносливости мышц нижних конечностей (в зависимости от степени повреждения).

Вторая группа включала 30 пациентов, в ней проводилась только стандартная терапия.

Для оценки эффективности лечения использовали клинические показатели (шкалы Американской ассоциации спинальной травмы — англ. American Spinal Injury Association, ASIA; Шкалы функциональной независимости — англ. Functional Independence Measure, FIM; Опросника для оценки самочувствия, активности, настроения (САН); Шкалы депрессии Бека), инструментальные данные, а также результаты тестирования по протоколу EN-TreeM, отражающие силу, мощность, амплитуду, среднюю скорость свободного движения при концентрических и эксцентрических сокращениях мышц, которые являются одними из объективных критериев оценки.

Статистический анализ проводили на персональном компьютере под управлением операционной системы MS Windows 7 (Microsoft) с использованием программы для работы с электронными таблицами MS Excel из пакета Office 365 (Microsoft).

Статистическую значимость различий между основной и контрольной группами до и после проведения активной медицинской реабилитации оценивали с помощью непараметрического U-критерия Манна — Уитни в Microsoft Office Excel для независимых переменных. Для изучения связи между показателями с учетом характера распределения применяли коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Поражение поясничного отдела спинного мозга наблюдалось у 100% пациентов с ТБСМ ( $n = 48$ ). Для данного уровня поражения была характерна неравномерность двигательных нарушений с преимущественным поражением одной ноги у 45,8% пациентов ( $n = 22$ ) и преобладанием патологических симптомов в дистальных отделах нижних конечностей. Полные параличи были отмечены у 37,5% больных ( $n = 18$ ). В 41,7% наблюдений ( $n = 20$ ) определялись атрофии мышц нижних конечностей, локализация которых обуславливалась топикой поражения спинальных сегментов поясничного утолщения.

Наряду с нарушениями двигательной системы у больных имелись чувствительные нарушения, которые были преимущественно сегментарными и носили асимметричный характер. Болевой синдром в области конечностей и позвоночника беспокоил 12,5% пациентов ( $n = 6$ ). Нарушения функции тазовых органов наблюдались у 60,4% больных ( $n = 29$ ). Из осложнений фиксировались рецидивирующие воспалительные поражения мочеполовой системы у 14,6% больных ( $n = 7$ ), пролежни у 2,1% ( $n = 1$ ) и контрактуры суставов нижних конечностей у 20,8% пациентов ( $n = 10$ ).

Согласно данным, полученным по шкале ASIA, среди пациентов с поясничным уровнем поражения преобладали больные с повреждениями группы С — 58,3% (см. табл. 1).

Как следует из данных, приведенных на рисунке 1, после курса активной механотерапии с БОС у пациентов основной группы суммарный показатель по шкале FIM увеличился

Таблица 1

### Распределение пациентов с травматической болезнью спинного мозга по степени тяжести поражения (классификация American Spinal Injury Association)

Степень тяжести	Количество больных	
	абс.	%
Уровень повреждения спинного мозга — поясничный		
A	0	0
B	13	27,1
C	28	58,3
D	7	14,6
E	0	0
<b>Всего</b>	<b>48</b>	<b>100,0</b>

Примечание. А — полное нарушение проводимости: отсутствие сенсорных и моторных функций в сегментах S4–S5; В — неполное нарушение: наличие ниже уровня поражения (в том числе в сегментах S4–S5) чувствительности при отсутствии движений; С — неполное нарушение: наличие ниже уровня поражения движений при силе большинства ключевых мышц менее 3 баллов; D — неполное нарушение: наличие ниже уровня поражения движений при силе большинства ключевых мышц 3 балла и более; E — полная сохранность чувствительных и двигательных функций.

на 11,6% ( $p < 0,001$ ). В контрольной группе изменение этого показателя не имело статистической значимости: увеличение составило 4,2% ( $p = 0,19$ ).

При оценке по шкале САН в основной группе пациентов отмечался рост показателей на 17,7% (до реабилитации  $44,6 \pm 3,3$  балла, после —  $52,5 \pm 3,4$  балла;  $p = 0,007$ ), тогда как в контрольной группе — на 4,5%, достоверной динамики не выявлено (до реабилитации  $44,2 \pm 3,1$  балла, после —  $46,2 \pm 2,4$  балла;  $p = 0,08$ ) (рис. 2).

Показатели свободного движения при концентрических и эксцентрических сокращениях мышц, определенные у пациентов с ТБСМ поясничного уровня основной и контрольной групп при тестировании на аппаратно-программном комплексе EN-TreeM до и после лечения, представлены в таблице 2.

У больных основной группы установлено увеличение силы на 18,2% ( $p < 0,001$ ) при концентрических сокращениях мышц и на 15,5% ( $p < 0,001$ ) при эксцентрических сокращениях. В контрольной группе рост этого показателя составил 2,3% ( $p = 0,39$ ) и 1,4% ( $p = 0,09$ ) соответственно (см. табл. 2).

В основной группе выявлено повышение мощности на 84,1% ( $p < 0,001$ ) при концентрических сокращениях мышц и на 88,5% ( $p < 0,001$ ) при эксцентрических сокращениях. В контрольной группе в первом случае мощность повысилась на 14,6% ( $p = 0,31$ ), во втором — на 3,9% ( $p = 0,09$ ) (см. табл. 2).

Рис. 1. Динамика суммарного показателя Шкалы функциональной независимости у больных травматической болезнью спинного мозга с поясничным уровнем повреждения, баллы. \*  $P < 0,001$

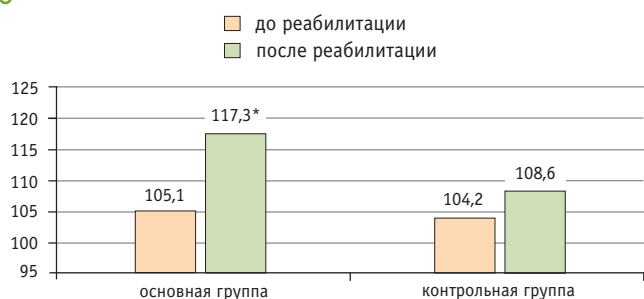


Рис. 2. Динамика переменной Опросника для оценки самочувствия, активности, настроения у больных травматической болезнью спинного мозга с поясничным уровнем повреждения до и после реабилитации, баллы ( $M \pm \sigma$ )

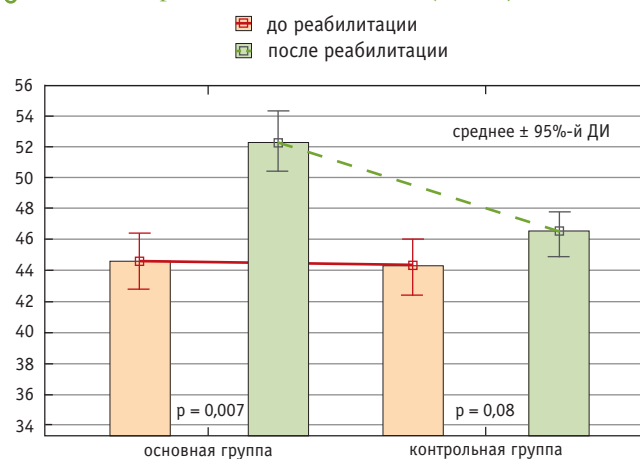


Таблица 2

Динамика показателей свободного движения при концентрических и эксцентрических сокращениях мышц по результатам тестирования на аппаратно-программном комплексе EN-TreeM

Показатель	Основная группа (n = 18)				p	Контрольная группа (n = 30)				p
	при поступлении		при выписке			при поступлении		при выписке		
	M	$\sigma$	M	$\sigma$		M	$\sigma$	M	$\sigma$	
Сила, Н										
При концентрических сокращениях	151,1	6,4	178,6	6,0	< 0,001	151,3	6,6	154,8	6,2	0,39
При эксцентрических сокращениях	155,2	6,1	179,3	5,4	< 0,001	155,4	5,7	157,6	6,4	0,09
Мощность, Вт										
При концентрических сокращениях	8,2	0,9	15,1	1,5	< 0,001	8,9	0,8	10,2	1,2	0,31
При эксцентрических сокращениях	10,4	1,1	19,6	2,1	< 0,001	10,3	0,9	10,7	1,3	0,09
Амплитуда, м										
При концентрических сокращениях	0,47	0,02	0,79	0,06	< 0,001	0,46	0,04	0,49	0,08	0,11
При эксцентрических сокращениях	0,48	0,01	0,86	0,03	< 0,001	0,50	0,02	0,53	0,08	0,82
Средняя скорость, м/с										
При концентрических сокращениях	2,01	0,03	2,58	0,05	0,002	2,03	0,05	2,06	0,06	0,07
При эксцентрических сокращениях	2,09	0,03	2,47	0,04	< 0,001	2,10	0,06	2,15	0,07	0,09

Примечание. Статистический анализ проведен с помощью U-критерия Манна — Уитни.

**Статистически значимые корреляционные связи исследуемых данных у больных травматической болезнью спинного мозга с поясничным уровнем повреждения**

Показатель	Шкала FIM	
	коэффициент корреляции Спирмена (r)	p
Мощность при concentрических сокращениях, Вт	0,79	< 0,001
Мощность при эксцентрических сокращениях, Вт	0,76	< 0,001
Амплитуда при concentрических сокращениях, м	0,91	< 0,001
Амплитуда при эксцентрических сокращениях, м	0,88	< 0,001
Шкала ASIA (двигательная функция), баллы	0,79	0,007
Шкала ASIA (чувствительная функция), баллы	0,87	< 0,001
Уровень депрессии, баллы	-0,84	< 0,001
Опросник САН, баллы	0,75	< 0,001

Примечание. Опросник САН — опросник для оценки самочувствия, активности, настроения; ASIA — American Spinal Injury Association (Американская ассоциация спинальной травмы); FIM — Functional Independence Measure (функциональная независимость).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Включение в комплексную реабилитацию активной механотерапии с биологической обратной связью под контролем электромиограммы позволяет объективно оценить восстановление двигательных функций, повысить эффективность реабилитации, улучшить качество жизни у пациентов с повреждением поясничного отдела спинного мозга, занимающихся адаптивной физической культурой.

Анализ динамики амплитуды движения в основной группе показал ее увеличение на 68,1% (p < 0,001) при concentрических сокращениях мышц и на 79,2% (p < 0,001) при эксцентрических сокращениях. В контрольной группе амплитуда стала больше на 6,5% (p = 0,11) и 6,0% (p = 0,82) соответственно (см. табл. 2).

При изучении средних скоростей при concentрических и эксцентрических сокращениях мышц в основной группе обнаружено повышение скорости на 28,3% (p = 0,002) и 18,2% (p < 0,001) соответственно, а в контрольной группе — на 1,5% (p = 0,06) и 2,4% (p = 0,07) (см. табл. 2).

Увеличение мощности, средней скорости и амплитуды при concentрических и эксцентрических сокращениях мышц в основной группе пациентов с ТБСМ на поясничном уровне связано с повышением эластичности и выносливости мышц нижних конечностей, что обусловлено многократной ежедневной тренировкой мышц, участвующих в ходьбе.

Полученные результаты подтверждают исследования ряда авторов, которые показали, что тренировка мышц с использованием аппаратов с БОС по ЭМГ с активным вовлечением пациента является перспективным и эффективным методом реабилитации данных больных [3, 8, 9].

Изучены наличие и сила влияния показателей тяжести повреждения структуры нервной системы (по шкале ASIA), самочувствия, активности, настроения (по опроснику САН), уровня депрессии (по шкале Бека) и основных данных механограммы на степень функциональной независимости, активности и участия в повседневной жизни по шкале FIM у исследуемых больных. Статистически значимые корреляционные связи этих показателей представлены в таблице 3.

В результате корреляционного анализа установлено, что у пациентов с ТБСМ на поясничном уровне на степень независимости в повседневной жизни по шкале FIM сильное влияние оказывают тяжесть повреждения структуры нервной системы (двигательная функция по шкале ASIA: r = 0,79; p = 0,007; чувствительная функция по шкале ASIA: r = 0,87; p < 0,001), уровень депрессии (r = -0,84; p < 0,001), самочувствие, активность и настроение (r = 0,75; p < 0,001), а также занятия лечебной гимнастикой и механотерапия, особенно упражнения, направленные на увеличение мощности (r = 0,79; p < 0,001) и амплитуды (r = 0,91; p < 0,001) движения при concentрических сокращениях мышц нижних конечностей.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Махов А. С. Управление развитием адаптивного спорта в России: Автореф. дисс. ... докт. пед. наук. М.; 2013. 41 с. [Makhov A.S. Upravlenie razvitiem adaptivnogo sporta v Rossii: Avtoref. diss. ... dokt. ped. nauk. M.; 2013. 41 s. (in Russian)]
2. Finch C.F., Talpey S., Bradshaw A., Soligard T., Engbreetsen L. Research priorities of international sporting federations and the IOC research centres. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2016; 2(1): e000168.
3. Falconi A., Flick D., Ferguson J., Glorioso J.E. Spinal cord injuries in wave-riding sports: the influence of environmental and sport-specific factors. *Curr. Sports Med. Rep.* 2016; 15(2): 116–20. DOI: 10.1249/JSR.0000000000000246.
4. Бодрова Р. А. Механотерапия с биологической обратной связью: эффективная реабилитация при травме спинного мозга. *Доктор.Ру.* 2012; 10 (78): 46–7. [Bodrova R.A. Mekhanoterapiya s biologicheskoi obratnoi svyaz'yu: effektivnaya reabilitatsiya pri travme spinnogo mozga. *Doctor.Ru.* 2012; 10(78): 46–7. (in Russian)]
5. Dobkin B.H. Bradley's neurology in clinical practice. *Principles and Practices of Neurological Rehabilitation.* 2012; 1(2): 852–94.

6. Довгань В. И., Темкин И. Б. Механотерапия. М.: Медицина; 1981. 128 с. [Dovgan' V.I., Temkin I.B. Mekhanoterapiya. M.: Meditsina; 1981. 128 s. (in Russian)]
7. Бернштейн Н. А. Физиология движений и активность. М.: Наука; 1966. 494 с. [Bernshtein N.A. Fiziologiya dvizhenii i aktivnost'. M.: Nauka; 1966. 494 s. (in Russian)]
8. Макарова М. Р., Шаповаленко Т. В., Лядов К. В. Значение механотерапии в комплексной реабилитации больных с травмой спинного мозга. *Доктор.Ру.* 2011; 8 (67): 58–62. [Makarova M.R., Shapovalenko T.V., Lyadov K.V. Znachenie mekhanoterapii v kompleksnoi reabilitatsii bol'nykh s travmoi spinnogo mozga. *Doctor.Ru.* 2011; 8(67): 58–62. (in Russian)]
9. Кузнецов А. Н., Даминов В. Д., Канкулова Е. А., Уварова О. А. Роботизированные технологии восстановления функции ходьбы в нейрореабилитации. *Вестн. восстанов. медицины.* 2011; 1: 46–9. [Kuznetsov A.N., Daminov V.D., Kankulova E.A., Uvarova O.A. Robotizirovannye tekhnologii vosstanovleniya funktsii khod'by v neiroreabilitatsii. *Vestn. vosstanov. meditsiny.* 2011; 1: 46–9. (in Russian)]

Библиографическая ссылка:

Бодрова Р. А., Закамырдина А. Д. Активная механотерапия в реабилитации лиц, занимающихся адаптивной физической культурой. *Доктор.Ру.* 2017. № 11 (140). С. 57–60.

Citation format for this article:

Bodrova R. A., Zakamyrdina A. D. Active Mechanotherapy in Rehabilitation for People Doing Adaptive Physical Activity. *Doctor.Ru.* 2017; 11(140): 57–60.