

Эффективность активной медицинской реабилитации у пациентов с травматической болезнью спинного мозга

Р. А. Бодрова, Э. И. Аухадеев, Р. А. Якупов, А. Д. Закамырдина

Казанская государственная медицинская академия Минздрава России

Цель исследования: оценка эффективности активной медицинской реабилитации с применением биологической обратной связи (БОС) под контролем электромиографии (ЭМГ) у пациентов с травматической болезнью спинного мозга (ТБСМ).

Дизайн: рандомизированное исследование.

Материалы и методы. Обследованы 212 больных (39 женщин и 173 мужчины) с ТБСМ в возрасте $32,3 \pm 10,7$ года и с давностью травмы от 1,5 до 6 лет. Пациенты основной группы ($n = 103$) помимо стандартной терапии получали активно-пассивную электростимуляцию и активную механотерапию с БОС под контролем ЭМГ, тренировку ходьбы на телескопическом подъемнике. В контрольной группе ($n = 109$) проводили стандартную терапию, электромиостимуляцию и пассивную механотерапию без БОС.

Для определения уровня и степени тяжести травматического поражения спинного мозга применяли классификацию Американской ассоциации спинальной травмы, для оценки активности и участия в повседневной и социальной жизни — шкалу функциональной независимости и модифицированную функциональную оценочную шкалу активности и качества жизни.

Результаты. В основной группе у пациентов с ТБСМ с тяжелыми и абсолютными нарушениями активности и участия по Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья после курса активной медицинской реабилитации степень самообслуживания и независимости в повседневной жизни увеличилась при шейном уровне повреждения у 36,4% пациентов ($p < 0,001$), при грудном — у 55,6% ($p < 0,001$) и при пояснично-крестцовом — у 71,4% пациентов ($p < 0,001$). В контрольной группе после реабилитации статистически значимые изменения не выявлены.

Заключение. Использование активной медицинской реабилитации с БОС под контролем ЭМГ повышает эффективность реабилитации пациентов с ТБСМ при различных уровнях спинального поражения.

Ключевые слова: травматическая болезнь спинного мозга, эффективность медицинской реабилитации, биологическая обратная связь, механотерапия с биологической обратной связью под контролем электромиографии.

Efficacy of Active Medical Rehabilitation in Patients with Trauma-Related Spine Conditions

R. A. Bodrova, E. I. Aukhadееv, R. A. Yakupov, A. D. Zakamyrdina

Kazan State Medical Academy of the Ministry of Health of Russia

Objective: to evaluate efficacy of active medical rehabilitation with the use of biofeedback (BFB) under electromyography (EMG) in patients with trauma-related spine conditions (TRSC).

Design: randomized study.

Materials and methods. 212 patients (39 women and 173 men) with TRSC of 32.3 ± 10.7 years of age were examined. They had the trauma from 1.5 to 6 years ago. The main group ($n = 103$) received standard treatment with active-passive electrical stimulation and active mechanotherapy with BDB under EMG, and gait training on a telescopic patient lift. The control group ($n = 109$) received standard therapy, electromyostimulation, and passive mechanotherapy without BFB.

Level and severity of the traumatic spinal cord injury were described according to the classification developed by American Spinal Cord Injury Association. Patient activity and involvement in everyday and social life was assessed with the Functional Independence Measure and modified functional rating scale of activity and quality of life.

Results. The level of self-service and independence in everyday life increased by 36.4% in patients with cervical injury ($p < 0.001$), by 55.6% in patients with thoracic injury ($p < 0.001$), and by 71.4% in patients with lumbosacral injury ($p < 0.001$) after the course of active medical rehabilitation in the main group of patients with TRSC with severe and absolute disorders of activity and involvement according to the International Classification of Functioning, Disability, and Health (ICF). No statistically significant changes were seen in the control group after the rehabilitation.

Conclusion. Active medical rehabilitation with BFB under EMG increases efficacy of rehabilitation of patients with TRSC with injury at different levels of the spinal cord.

Keywords: trauma-related spine condition, efficacy of medical rehabilitation, biofeedback, mechanotherapy with biofeedback under electromyography.

Травматическая болезнь спинного мозга (ТБСМ) в последние десятилетия является серьезнейшей медико-социальной и финансово-экономической проблемой [6, 9]. В мире за период с 1950 по 2012 г. произошел рост

заболеваемости и распространенности травмы спинного мозга более чем в 30 раз [12]. В России по частоте встречаемости ТБСМ занимает третье место среди всех видов травм [4].

Аухадеев Эрик Ильясевич — д. м. н., профессор кафедры реабилитологии и спортивной медицины ГБОУ ДПО КГМА Минздрава России. 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 36. E-mail: kafedra-reabil-kgma@mail.ru

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

Якупов Радик Альбертович — д. м. н., профессор кафедры неврологии, рефлексотерапии и остеопатии ГБОУ ДПО КГМА Минздрава России. 420012, г. Казань, ул. Бутлерова, д. 36. E-mail: kafedra-reabil-kgma@mail.ru

Разработка эффективных технологий медицинской реабилитации лиц с травматическими поражениями спинного мозга актуальна для современной нейрохирургии, травматологии и неврологии [15, 16]. Реабилитация пациентов при ТБСМ должна быть системной, непрерывной и длительной [3, 6].

Инновационным направлением в нейрореабилитации является активная механотерапия с биологической обратной связью (БОС) под контролем электромиографии (ЭМГ) [2, 11]. В работах ряда авторов показана целесообразность длительных многократных повторений однотипных движений с помощью механотерапии и электростимуляции [5, 10]. Одним из доказанных методов активной реабилитации является электростимуляция с БОС под контролем ЭМГ [13]. В работе U. S. Hofstoetter и соавт. показано, что чрескожная стимуляция спинного мозга у пациентов с ТБСМ, имеющих частично сохраненную двигательную функцию, увеличивает произвольную двигательную активность [14]. Разработка комплекса активной медицинской реабилитации в зависимости от уровня, степени повреждения и реабилитационного потенциала является одной из важнейших задач нейрореабилитации.

Один из критериев эффективности современных технологий реабилитации — повышение реабилитационного потенциала и степени независимости больных в повседневной жизни. В число основных методологий, позволяющих оценить эффективность медицинской реабилитации, в настоящее время входит применение Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья (МКФ) [1, 6–8]. МКФ представляет собой объективный инструмент оценки качества жизни пациента на медицинском, социальном и психологическом уровнях и позволяет определить степень восстановления нарушенных функций и уровень здоровья в целом.

Целью настоящей работы явилась оценка эффективности активной медицинской реабилитации с применением БОС под контролем ЭМГ у пациентов с ТБСМ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В отделении медицинской реабилитации ГАУЗ «Госпиталь для ветеранов войн» г. Казани Министерства здравоохранения Республики Татарстан обследованы 212 пациентов с ТБСМ: 39 женщин и 173 мужчины, средний возраст которых составил $32,3 \pm 10,7$ года. Больные находились в позднем восстановительном периоде после перенесенной травмы (от 3 месяцев до 6 лет).

Пациенты были рандомизированы на две группы: основную (103 чел.) и контрольную (109 чел.). Характеристика групп по уровням поражения спинного мозга представлена в *таблице 1*.

У больных основной группы на фоне стандартной терапии, включавшей медикаментозное лечение, лечебную гимнастику и массаж, применяли активно-пассивную электростимуляцию с применением БОС под контролем ЭМГ на аппарате Endomed 682id (Нидерланды), активную механотерапию

с БОС под контролем ЭМГ с помощью комплекса EN-TreeM (Нидерланды), а также тренировку ходьбы на телескопическом подъемнике «ТРАМ» (Великобритания).

Пациентам *основной группы с поражением шейного отдела* (n = 47) проводили активно-пассивную электростимуляцию с БОС под контролем ЭМГ мышц спины, дельтовидной мышцы, мышц верхних конечностей с несущей частотой воздействия импульсов 2,5–4,0 кГц премодулированным прерывистым переменным током в изопланарном векторном поле с частотой 10–30 Гц, соотношением интервала 1 : 2, при волновой программе интенсивностью 4–5 мА/мин, максимальной силе тока 35 мА до появления безболезненного видимого сокращения. Длительность процедур составляла от 6–8 до 10–12 минут на поле, количество процедур — 10–12 с повторными курсами через 2–3 месяца.

Активная механотерапия назначалась при наличии активных движений и адекватной реакции на тестирование. При разработке тренировочной программы проводили тест на однократное максимальное усилие. После этого на тренировочной системе устанавливали нагрузку меньше ожидаемой предельной величины и предлагали пациенту повторить упражнение с данной нагрузкой максимально возможное число раз. Интенсивность подхода при выполнении упражнений согласовывали с задачами тренировки. Длительность тренировки составляла 10–20 минут, продолжительность курса — 8–12 занятий на увеличение мышечной силы и 10–12 занятий на повышение выносливости (длительность тренировки и продолжительность курса зависели от степени повреждения).

В *основной группе с поражением грудного отдела* (n = 30) пациенты получали активно-пассивную электростимуляцию с БОС под контролем ЭМГ мышц спины, ягодич, четырехглавых мышц с несущей частотой воздействия импульсов 2,5–4,0 кГц премодулированным прерывистым переменным током в изопланарном векторном поле с частотой 20–40 Гц, соотношением интервала 1 : 2, при волновой программе интенсивностью 5–6 мА/мин, максимальной силе тока 50 мА до появления безболезненного видимого сокращения. Длительность процедур — от 8–10 до 12 минут на поле, количество процедур — 10–12 с повторными курсами через 2–3 месяца.

После предварительного тестирования проводили активную механотерапию с БОС под контролем ЭМГ мышц спины и нижних конечностей. Длительность тренировки — 15–25 минут, продолжительность курса — 10–12 занятий на увеличение мышечной силы и 10–12 занятий на повышение выносливости (длительность тренировки и продолжительность курса зависели от степени повреждения).

Обучение ходьбе выполняли на телескопическом подъемнике «ТРАМ» с электронным доводчиком. Во время ходьбы пациента с помощью подъемника проводили электростимуляцию, для которой применяли аппарат Cefar Rehab (Швейцария), частота импульсов составляла 2–10 Гц,

Таблица 1

Распределение больных в основной и контрольной группах по уровням поражения спинного мозга

Группы	Уровни поражения спинного мозга						Всего (n = 212)	
	шейный (n = 93)		грудной (n = 62)		пояснично-крестцовый (n = 57)			
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Основная	47	50,5	30	48,4	26	45,6	103	48,6
Контрольная	46	49,5	32	51,6	31	54,4	109	51,4

продолжительность импульса — 120 мс. Процедуры длились по 8–10 минут, количество ежедневных процедур — 10–15.

Пациенты *основной группы с поражением пояснично-крестцового отдела* ($n = 26$) получали активно-пассивную электростимуляцию с БОС под контролем ЭМГ мышц спины, нижних конечностей с несущей частотой воздействия импульсов 2,5–4,0 кГц преמודулированным прерывистым переменным током в изопланарном векторном поле с частотой 30–50 Гц, соотношением интервала 1 : 2, при волновой программе интенсивностью 5–6 мА/мин, максимальной силе тока 60 мА до появления безболезненного видимого сокращения. Длительность процедур — 10–12 минут на поле, количество процедур — 10–12 с повторными курсами через 2–3 месяца.

Активную механотерапию с БОС под контролем ЭМГ мышц спины и нижних конечностей проводили при длительности тренировки 45–60 минут, продолжительности курса 10–12 занятий на увеличение мышечной силы и 10–12 занятий на повышение выносливости (длительность тренировки и продолжительность курса зависели от степени повреждения).

Длительность тренировок ходьбы на телескопическом подъемнике «ТРАМ» составляла 15–40 минут, количество ежедневных процедур — 10–15.

Больные *контрольной группы* ($n = 109$) получали стандартную медикаментозную терапию, электромиостимуляцию без БОС с помощью аппарата «Стимул-1» (Россия) с частотой 30 Гц и силой тока 15–20 мА, пассивную механотерапию без БОС голеностопного или коленного сустава с применением аппарата Artromot (Германия) в течение 20–30 минут, индивидуальную и групповую лечебную гимнастику, массаж.

Для оценки статистической значимости различий между показателями до и после проведения активной медицинской реабилитации с БОС в основной группе и реабилитации без БОС в контрольной группе использовали непараметрический критерий Вилкоксона для зависимых переменных.

Статистическую значимость различий между показателями основной и контрольной групп до и после проведения реабилитации оценивали с использованием непараметрического U-критерия Манна — Уитни.

Для всех сравнений выбранный уровень статистической значимости составлял 5% ($p \leq 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Клинико-инструментальная оценка выявила поражение шейного утолщения у 43,9% пациентов с ТБСМ ($n = 93$), из них у 81,7% ($n = 76$) отмечались симметричные парезы и параличи в верхних конечностях по типу смешанных. Обращало на себя внимание наличие гипотрофий и атрофий мышц верхних конечностей, которые преобладали в дистальных отделах. При этом атрофии и выраженные гипотрофии имели место у пациентов с параличами и встречались у 55,9% пациентов ($n = 52$) при грубых парезах (1 балл по шестибальной оценке мышечной силы) и у 53,7% ($n = 50$) — при выраженных парезах (2 балла). При умеренных парезах (3 балла) определялись умеренные гипотрофии мышц.

У всех пациентов с поражением шейного отдела были выявлены проводниковые двигательные нарушения с развитием центральных парезов и параличей в нижних конечностях. В большинстве (88,2%) наблюдений определялись симметричные грубые парезы и параличи.

Наряду с двигательными нарушениями у всех пациентов с шейным уровнем повреждения определялись расстройства поверхностной и глубокой чувствительности. На руках они были преимущественно сегментарными, часто имели

асимметричный характер, преобладая на одной из сторон. На туловище и ногах начиная с уровня на 2 сегмента ниже поврежденного сегмента спинного мозга отмечались чувствительные расстройства проводникового типа. В 18,3% наблюдений ($n = 17$) регистрировались гиперестезии и гиперпатии, больше в дистальных отделах конечностей. Болевой синдром в области конечностей и позвоночника беспокоил 4,3% больных ($n = 4$). Нарушения функции тазовых органов были отмечены в 49,5% наблюдений ($n = 46$). Рецидивирующие воспалительные поражения мочеполовой системы (15,0%), пролежни (3,2%) и контрактуры суставов конечностей (20,4%) расценивались как осложнения основного заболевания.

Поражение грудного отдела спинного мозга наблюдалось у 29,2% пациентов с ТБСМ ($n = 62$), из них у 93,5% ($n = 58$) имели место симметричные центральные парезы и параличи в нижних конечностях, причем в 62,9% случаев ($n = 39$) отмечалось преобладание полных пlegий. У всех пациентов определялись проводниковые расстройства поверхностной и глубокой чувствительности начиная с уровня на 2 сегмента ниже поврежденного сегмента. Болевой синдром в области нижних конечностей и позвоночника беспокоил 11,3% больных ($n = 7$). Нарушения функции тазовых органов регистрировались в 46,8% наблюдений ($n = 29$). Определялись рецидивирующие воспалительные поражения мочеполовой системы (17,7%), пролежни (6,4%) и контрактуры суставов нижних конечностей (17,7%).

Поражение пояснично-крестцового отдела спинного мозга отмечалось у 26,9% пациентов с ТБСМ ($n = 57$). Для данного уровня поражения была характерна неравномерность двигательных нарушений с преимущественным поражением одной ноги (45,6% больных, $n = 26$) и существенным преобладанием патологических симптомов в дистальных отделах нижних конечностей. Отмечалось относительное уменьшение доли полных пlegий по сравнению с другими уровнями поражения спинного мозга. Так, если при патологии на шейном уровне полные параличи наблюдались у 88,2% пациентов, то при грудном уровне повреждения их доля составила уже 62,9%, а при пояснично-крестцовом только 40,4%, причем различия между всеми уровнями повреждения были статистически значимыми ($p < 0,001$).

В 42,1% наблюдений ($n = 24$) у пациентов с поражением пояснично-крестцового отдела имелись атрофии мышц нижних конечностей, локализация которых определялась топикой поражения спинальных сегментов поясничного утолщения. Наряду с двигательными нарушениями диагностировались расстройства чувствительности — преимущественно сегментарные и часто асимметричного характера. Болевой синдром в области конечностей и позвоночника беспокоил 12,3% пациентов ($n = 7$). Нарушения функции тазовых органов регистрировались в 61,4% наблюдений ($n = 35$). Из осложнений наблюдались рецидивирующие воспалительные поражения мочеполовой системы (14,0%), пролежни (3,5%) и контрактуры суставов нижних конечностей (21,0%).

Таким образом, обследованный контингент больных характеризовался значительной тяжестью поражения. Наиболее тяжелыми были неврологические нарушения у пациентов с шейным и грудным уровнями поражения. Это подтверждается интегративной оценкой неврологического статуса пациентов на основе классификации Американской ассоциации спинальной травмы (American Spinal Cord Injury Association) (табл. 2). Так, тяжесть повреждения нервной системы у пациентов с шейным уровнем поражения (преоб-

ладает группа В, имеется группа А) статистически значимо выше, чем у пациентов с пояснично-крестцовым уровнем (преобладает группа С) ($p < 0,05$).

С целью количественного определения нарушений функций (двигательных и интеллектуальных), активности, участия пациентов в повседневной и социальной жизни использовали шкалу функциональной независимости (Functional Independence Measure — FIM) и функциональную оценочную шкалу (Valutazione Funzionale Mielolesi — VFM). Показатели активности в сфере самообслуживания и мобильности пациентов зависели от уровня поражения спинного мозга (табл. 3).

При исследовании с помощью шкал FIM и VFM большие степени функциональной зависимости в повседневной жизни были выявлены при шейном уровне поражения спинного мозга, а меньшие — при пояснично-крестцовом уровне. Все различия в группах между всеми уровнями повреждения были статистически значимы ($p < 0,001$).

У всех пациентов с ТБСМ оценивали нарушения функционирования по МКФ. Для оценки нарушений активности и участия были отобраны наиболее характерные категории кодов, используемых при травме спинного мозга. Основные различия выявлены между пациентами с поражением шейного и пояснично-крестцового отделов позвоночника ($p < 0,001$). Пациенты с шейным уровнем поражения испытывали значительные ограничения при обучении и применении знаний в 65,6% случаев, а пациенты с повреждением пояснично-крестцового отдела — лишь в 22,8%. В домене «мобильность» тяжелые и абсолютные нарушения встречались у 54,8% больных с шейным уровнем поражения против 26,3% больных с пояснично-крестцовым уровнем. Ограничения при самообслуживании чаще возникали у пациентов с шейным уровнем поражения (71,0%) по сравнению с пациентами

с травмой пояснично-крестцового отдела спинного мозга (26,3%). Серьезные проблемы выявлены при анализе домена «бытовая жизнь» у 82,8% пациентов с поражением шейного отдела, тогда как больные с повреждением пояснично-крестцового отдела испытывали тяжелые и абсолютные нарушения в данном домене лишь в 28,1% случаев (табл. 4).

С целью оценки реабилитационного потенциала с позиции сохранности нервных центров и проводящих путей, резервов нейропластичности, процессов реиннервации у всех больных применяли электрофизиологическое исследование. Анализировали показатели амплитуды, частоты биоэлектрической активности в состоянии покоя и при максимальном произвольном сокращении, а также тип глобальной ЭМГ по Ю. С. Юевич (1963). В мышцах в зоне центрального пареза в покое регистрировалась тоническая активность, обусловленная повышением тонуса мышц при спастическом параличе; при максимальном произвольном усилии ЭМГ-потенциалы характеризовались сниженной амплитудой или отсутствовали.

У пациентов с поражением спинного мозга на шейном и пояснично-крестцовом уровнях в зоне пареза наблюдались II и IV типы ЭМГ-активности, характеризовавшие последовательные степени двигательных нарушений. Из них II тип ЭМГ-активности прогностически благоприятен, так как он отражает сохранность большого количества мотонейронов, достаточного для реализации произвольного движения. Это особенно важно у больных с видимым отсутствием движений. А IV тип ЭМГ-активности характеризует тяжелое нарушение произвольных движений, при поражении сегментов спинного мозга он обычно регистрируется в атрофированных мышцах. Можно предположить, что данный тип активности объективно свидетельствует о неблагоприятном прогнозе восстановительных мероприятий ввиду

Таблица 2

Распределение больных с травматической болезнью спинного мозга по степени повреждения (классификация ASIA) в зависимости от уровня поражения

Степени повреждения	Уровни поражения спинного мозга						Всего	
	шейный		грудной		пояснично-крестцовый			
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
A	6	6,5	0	0	0	0	6	2,8
B	79	84,9	45	72,6	16	28,1	140	66,0
C	5	5,4	15	24,2	33	57,9	53	25,0
D	3	3,2	2	3,2	8	14,0	13	6,2
E	0	0	0	0	0	0	0	0
Итого	93	43,9	62	29,2	57	26,9	212	100,0

Примечание. ASIA (American Spinal Cord Injury Association) — Американская ассоциация спинальной травмы.

Таблица 3

Суммарные оценки нарушений функций, активности и участия по шкалам FIM и VFM у пациентов основной группы с травматической болезнью спинного мозга в зависимости от уровня поражения, баллы

Шкалы	Уровни поражения спинного мозга					
	шейный (n = 47)		грудной (n = 30)		пояснично-крестцовый (n = 26)	
	M	σ	M	σ	M	σ
FIM	54,1	6,8	74,2	11,3	105,1	9,4
VFM	120,3	5,2	153,1	7,4	227,4	11,8

Примечание. FIM (Functional Independence Measure) — шкала функциональной независимости; VFM (Valutazione Funzionale Mielolesi) — функциональная оценочная шкала.

исчерпания реабилитационного потенциала на соответствующем нейрометамерном уровне нервной системы.

У пациентов с шейным уровнем поражения асимметрия средней амплитуды ЭМГ в соответствующих мышцах рук с правой и левой стороны отмечалась в 100% наблюдений (n = 93), у больных с пояснично-крестцовым уровнем в соответствующих мышцах ног — в 96,8% наблюдений (n = 60), тогда как у больных с грудным уровнем поражения и центральным парезом в ногах асимметрия была выявлена только в 36,8% случаев (n = 21). Статистически значимые различия обнаружены между всеми уровнями повреждения (p < 0,001).

Проанализировано применение активной медицинской реабилитации (АМР) у больных основной группы в сравнении с группой контроля, в которой применялась стандартная медицинская реабилитация. У пациентов с ТБСМ с шейным уровнем поражения в основной группе было установлено увеличение показателей по шкале VFM на 6,5% (до реабилитации — 120,3 ± 5,2 балла, после — 128,1 ± 7,4 балла; p < 0,001) и по шкале FIM на 15,3% (до реабилитации — 54,1 ± 6,8 балла, после — 62,4 ± 7,7 балла; p < 0,001), тогда как в контрольной группе изменение данных показателей не имело статистической значимости — 3,0% по VFM (со 118,1 ± 5,7 до 121,6 ± 4,5 балла; p > 0,05) и 3,1% по FIM (с 54,6 ± 6,9 до 56,3 ± 7,1 балла; p > 0,05).

В основной группе было установлено увеличение показателей по шкале VFM на 15,3% (до реабилитации — 153,1 ± 7,4 балла, после — 176,5 ± 8,1 балла; p = 0,003) и шкале FIM на 17,1% (до реабилитации — 74,2 ± 11,3 балла, после — 86,9 ± 16,4 балла; p = 0,002), тогда как в контрольной группе изменение данных показателей не было статистически значимым — 2,4% и 2,6% соответственно (до курса — 156,3 ± 5,8 балла, после — 160,1 ± 6,3 балла (p = 0,24) и до курса — 73,8 ± 12,6 балла, после — 75,7 ± 13,9 балла (p = 0,21) соответственно).

В основной группе у пациентов с пояснично-крестцовым уровнем поражения после курса АМР отмечали увеличение показателей по шкале VFM на 13,7% (до курса — 227,4 ± 11,8

балла, после — 258,6 ± 12,1 балла; p < 0,001) и по шкале FIM на 11,6% (до курса — 105,1 ± 9,4 балла, после — 117,3 ± 8,9 балла; p < 0,001). В контрольной группе в процессе реабилитации значения этих показателей статистически значимо не изменились: по шкале VFM рост составил 3,7% (225,8 ± 10,3 и 234,2 ± 9,5 балла соответственно; p > 0,05) и по шкале FIM — 4,2% (104,2 ± 6,1 и 108,6 ± 7,2 балла соответственно; p > 0,05).

Динамика нарушений активности и участия по МКФ в основной группе у пациентов с шейным уровнем повреждения показала уменьшение тяжелых и абсолютных нарушений в доменах «общие задачи и требования» у 33,4%, «общение» у 45,0%, «самообслуживание» у 36,4%, «жизнь в сообществах, общественная и гражданская жизнь» на 30,5% (рис. А).

У пациентов с поражением грудного отдела после курса АМР количество тяжелых и абсолютных нарушений в домене «межличностные взаимодействия и отношения» уменьшилось на 57,2%, в доменах «мобильность» и «самообслуживание» — на 40,0% и 55,6% соответственно (рис. Б).

У пациентов с поражением пояснично-крестцового отдела отмечали статистически значимо большие изменения во всех доменах, чем при других уровнях повреждения. После курсов АМР наибольшие изменения выявлены в доменах «общие задачи и требования» (у 85,7%), «общение» (у 75,0%), «самообслуживание» (у 71,4%), «бытовая жизнь» (у 53,9%), «жизнь в сообществах, общественная и гражданская жизнь» (у 83,4%) (рис. В).

В контрольной группе после реабилитации значения рассмотренных показателей активности и участия по доменам первого уровня МКФ статистически значимых изменений не продемонстрировали (p > 0,05).

Программа исследования ЭМГ включала регистрацию мигательного полисинаптического рефлекса (МПР) у 212 больных ТБСМ. После проведенной реабилитации в основной группе по сравнению с контрольной отмечался статистически значимый положительный эффект по ведущим клиничко-

Таблица 4

Частота встречаемости тяжелых и абсолютных нарушений активности и участия у пациентов с травматической болезнью спинного мозга

Домены 1-го уровня	Названия доменов	Уровни поражения спинного мозга					
		шейный (n = 93)		грудной (n = 62)		пояснично-крестцовый (n = 57)	
		абс.	%	абс.	%	абс.	%
d1	Обучение и применение знаний	61	65,6	34	54,8	13	22,8
d2	Общие задачи и требования	49	52,7	29	46,8	13	22,8
d3	Общение	39	41,9	22	35,5	8	14,0
d4	Мобильность	51	54,8	32	51,6	15	26,3
d5	Самообслуживание	66	71,0	38	61,3	15	26,3
d6	Бытовая жизнь	77	82,8	40	64,5	16	28,1
d7	Межличностные взаимодействия и отношения	42	45,2	27	43,5	7	12,3
d8	Главные сферы жизни	47	50,5	29	46,8	14	24,6
d9	Жизнь в сообществах, общественная и гражданская жизнь	45	48,4	27	43,5	13	22,8

Примечания.

1. МКФ — Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья.

2. Тяжелые и абсолютные нарушения — нарушения уровней 3 и 4. Активность и участие оценены по доменам первого уровня МКФ.

Рис. Динамика нарушений активности и участия тяжелой и абсолютной степени (уровней 3, 4) после активной медицинской реабилитации у больных основной группы с поражениями шейного (А), грудного (Б) и пояснично-крестцового (В) отделов спинного мозга (по доменам первого уровня Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья), n



электрофизиологическим показателям. Из трех компонентов МПР наиболее значительными в аспекте данного исследования явились изменения показателей R2-компонента.

Полисинаптическая рефлекторная возбудимость (ПРВ) ствола головного мозга в основной группе у пациентов с шейным уровнем поражения после курса АМР достоверно уменьшилась (длительность R2-компонента МПР до АМР — $45,4 \pm 1,7$ мс, после — $40,7 \pm 1,8$ мс; $p < 0,05$), что отражало улучшение баланса возбуждения и торможения в ЦНС. В контрольной группе статистически значимых различий между ПРВ до и после реабилитации не установлено ($45,9 \pm 1,5$ мс и $45,8 \pm 1,6$ мс соответственно; $p > 0,05$).

У пациентов с поражением грудного отдела ПРВ ствола головного мозга в основной группе после курса АМР достоверно уменьшилась (длительность R2-компонента МПР до АМР — $38,5 \pm 1,7$ мс, после — $35,5 \pm 1,1$ мс; $p < 0,01$). В контрольной группе статистически значимой динамики ПРВ в ходе реабилитации не выявлено (с $38,2 \pm 1,5$ мс до $37,7 \pm 1,6$ мс; $p > 0,05$).

При анализе ПРВ в основной группе у пациентов с пояснично-крестцовым поражением позвоночника после курса АМР обнаружено достоверное снижение длительности R2-компонента МПР (до курса АМР — $37,9 \pm 1,3$ мс, после — $35,2 \pm 1,1$ мс; $p < 0,01$). В контрольной группе

показатели ПРВ до и после реабилитации статистически значимых различий не продемонстрировали (длительность R2-компонента составила $37,8 \pm 1,6$ мс и $36,9 \pm 1,7$ мс соответственно; $p > 0,05$).

Данные, полученные при тестировании на комплексе EN-TreeM до и после курса АМР, представлены в *таблицах 5–7*.

После проведенного курса АМР в основной группе у пациентов с поражением шейного отдела спинного мозга было отмечено увеличение концентрической силы на 27,5% и эксцентрической силы на 28,0% (в каждом случае $p < 0,001$), а в контрольной группе — увеличение концентрической силы на 3,2% и эксцентрической силы на 3,3% (по каждому показателю $p > 0,05$). Рост преимущественно эксцентрической силы у пациентов с травмой шейного отдела связан с целенаправленным укреплением разгибателей предплечья и предотвращением сгибательных контрактур обоих лучезапястных суставов и запястья (см. *табл. 5*).

При анализе динамики концентрических и эксцентрических амплитуд в основной группе больных с шейным уровнем поражения выявлено увеличение этих показателей в 1,9 и 1,9 раза, т. е. на 88,4% и 86,7%, соответственно (в обоих случаях $p < 0,001$), а в контрольной группе — только на 2,3% и 4,6% (по обоим показателям $p > 0,05$). Увеличение амплитуды при эксцентрических сокращениях лучеза-

Таблица 5

Динамика показателей свободного движения до и после реабилитации у пациентов с шейным уровнем повреждения при травматической болезни спинного мозга

Показатели	Основная группа — активная медицинская реабилитация (n = 47)					Контрольная группа — стандартная медицинская реабилитация (n = 46)				
	до		после		p	до		после		p
	M	σ	M	σ		M	σ	M	σ	
Сила концентрическая, Н	65,2	3,4	83,1	4,8	< 0,001	65,8	3,7	67,9	3,8	0,07
Сила эксцентрическая, Н	68,3	3,5	87,4	5,6	< 0,001	68,9	5,2	71,2	4,3	0,09
Мощность концентрическая, Вт	23,1	2,8	45,7	3,1	< 0,001	24,3	2,9	25,0	2,7	0,12
Мощность эксцентрическая, Вт	25,5	2,7	45,6	3,4	< 0,001	25,3	3,1	26,5	2,9	0,15
Амплитуда концентрическая, м	0,43	0,01	0,81	0,04	< 0,001	0,44	0,03	0,45	0,02	0,33
Амплитуда эксцентрическая, м	0,45	0,02	0,84	0,05	< 0,001	0,43	0,03	0,45	0,04	0,07
Средняя скорость концентрическая, м/с	1,68	0,04	2,09	0,05	< 0,001	1,69	0,03	1,71	0,06	0,31
Средняя скорость эксцентрическая, м/с	1,84	0,01	2,14	0,03	0,002	1,83	0,05	1,85	0,02	0,08

пястных суставов объективно демонстрирует уменьшение тонуса сгибателей и улучшение функции кисти (см. табл. 5).

В отношении показателей средних концентрических и эксцентрических скоростей в основной группе пациентов с шейным уровнем поражения выявлено повышение на 24,4% ($p < 0,001$) и 16,3% ($p = 0,002$) соответственно, тогда как в контрольной группе — только на 1,2% и 1,1% (для обоих показателей $p > 0,05$). Существенная положительная динамика показателей концентрических и эксцентрических скоростей у пациентов основной группы связана с ежедневными тренировками, в результате которых на фоне АМР повышаются эластичность и выносливость тренируемых мышц (см. табл. 5).

У больных ТБСМ с грудным уровнем поражения по сравнению с пациентами с травмами шейного отдела до лечения были выявлены более высокие показатели силы при концентрических и эксцентрических сокращениях: в основной группе разница составила 98,2% и 95,5% соответственно (см. табл. 6).

Увеличение силы и мощности при концентрических сокращениях связано с укреплением мышечного корсета, повышением выносливости мышц спины и нижних конечностей (табл. 6).

У пациентов с пояснично-крестцовым уровнем поражения спинного мозга выявлялись самые высокие показатели силы при концентрических и эксцентрических сокращениях нижних конечностей (см. табл. 7).

Увеличение мощности, средней скорости и амплитуды при концентрических сокращениях связано с повышением эластичности и выносливости мышц нижних конечностей, что обусловлено многократной ежедневной тренировкой мышц, участвующих в ходьбе. Это подтверждается исследованиями ряда авторов [5, 10].

Выводы

1. В результате АМР, проведенной у пациентов с ТБСМ при шейном уровне повреждения, достигнуто снижение длительности R2-компонента МПР по ЭМГ на 10,4%, что отражает улучшение баланса возбуждения и торможения в ЦНС, а по механограмме — увеличение показателей силы, преимущественно при эксцентрических сокращениях верхних конечностей ($p < 0,001$), и средней скорости концентрической ($p < 0,001$), что позволило повысить степень самообслуживания и независимости в повседневной жизни у 36,4% пациентов.

Таблица 6

Динамика показателей свободного движения до и после реабилитации у пациентов с грудным уровнем повреждения при травматической болезни спинного мозга

Показатели	Основная группа — активная медицинская реабилитация (n = 30)					Контрольная группа — стандартная медицинская реабилитация (n = 32)				
	до		после		p	до		после		p
	M	σ	M	σ		M	σ	M	σ	
Сила концентрическая, Н	129,2	6,2	151,4	6,1	0,006	130,9	6,6	131,8	7,0	0,21
Сила эксцентрическая, Н	133,5	5,3	154,3	5,2	< 0,001	135,1	5,4	136,4	5,7	0,13
Мощность концентрическая, Вт	3,9	0,2	5,6	0,2	0,002	4,1	0,3	4,3	0,4	0,18
Мощность эксцентрическая, Вт	5,0	0,3	6,1	0,2	< 0,001	5,0	0,4	5,0	0,4	0,06
Амплитуда концентрическая, м	0,43	0,01	0,83	0,02	< 0,001	0,44	0,04	0,47	0,05	0,09
Амплитуда эксцентрическая, м	0,48	0,03	0,80	0,05	< 0,001	0,49	0,04	0,51	0,04	0,19
Средняя скорость концентрическая, м/с	1,78	0,04	2,25	0,04	< 0,001	1,79	0,07	1,81	0,06	0,15
Средняя скорость эксцентрическая, м/с	1,94	0,06	2,34	0,07	< 0,001	1,97	0,11	2,09	0,08	0,055

Таблица 7

Динамика показателей свободного движения до и после реабилитации у пациентов с пояснично-крестцовым уровнем повреждения при травматической болезни спинного мозга

Показатели	Основная группа — активная медицинская реабилитация (n = 26)					Контрольная группа — стандартная медицинская реабилитация (n = 31)				
	до		после		p	до		после		p
	M	σ	M	σ		M	σ	M	σ	
Сила концентрическая, Н	150,9	6,4	176,6	6,0	< 0,001	151,4	6,6	153,1	6,2	0,39
Сила эксцентрическая, Н	154,6	6,1	178,2	5,4	< 0,001	155,3	5,7	157,8	6,4	0,09
Мощность концентрическая, Вт	8,1	0,9	16,9	1,5	< 0,001	8,7	0,8	10,1	1,2	0,31
Мощность эксцентрическая, Вт	10,2	1,1	20,7	2,1	< 0,001	10,8	0,9	11,2	1,2	0,09
Амплитуда концентрическая, м	0,45	0,02	0,75	0,06	< 0,001	0,47	0,04	0,51	0,08	0,11
Амплитуда эксцентрическая, м	0,49	0,01	0,85	0,03	< 0,001	0,51	0,02	0,54	0,08	0,82
Средняя скорость концентрическая, м/с	2,02	0,03	2,64	0,05	0,002	2,04	0,05	2,08	0,06	0,06
Средняя скорость эксцентрическая, м/с	2,14	0,03	2,53	0,04	< 0,001	2,15	0,06	2,17	0,07	0,07

2. При грудном уровне повреждения у пациентов с ТБСМ выявлено снижение длительности R2-компонента МПР по ЭМГ на 7,8%, а по механограмме — увеличение силы и мощности, преимущественно при концентрических сокращениях мышц спины ($p = 0,006$ и $p = 0,002$ соответственно) и при эксцентрических сокращениях ($p = 0,001$); это позволило повысить степень самообслуживания и независимости в повседневной жизни у 58,9% пациентов, активности и участия — у 55,6%.


3. При пояснично-крестцовом уровне повреждения у пациентов с ТБСМ обнаружено снижение длительности R2-компонента МПР по ЭМГ на 7,1%, а по механограмме — увеличение мощности и амплитуды при концентрических сокращениях нижних конечностей ($p < 0,001$) и средней скорости ($p =$

0,002), что дало возможность улучшить мобильность и степень независимости в повседневной жизни у 71,4% пациентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использование технологий активной медицинской реабилитации с биологической обратной связью под контролем электромиографии повышает активность и участие по Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья, в частности степень самообслуживания и независимости в повседневной жизни, у пациентов с травматической болезнью спинного мозга при шейном, грудном и пояснично-крестцовом уровнях спинального поражения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аухадеев Э. И., Бодрова Р. А. Новый методологический подход к реабилитации пациентов на основе Международной классификации функционирования // *Вестн. восстанов. медицины*. 2014. № 1. С. 6–10.
2. Бодрова Р. А. Механотерапия с биологической обратной связью: эффективная реабилитация при травме спинного мозга // *Доктор.Ру*. 2012. № 10 (78). С. 46–47.
3. Даминов В. Д., Зимица Е. В., Кузнецова А. И. Роботизированная реконструкция ходьбы в промежуточном периоде позвоночно-спинномозговой травмы // *Материалы II междунар. конгресса «Нейрореабилитация-2010»*. М., 2010. С. 97.
4. Лебедев В. В., Крылов В. В., Халчевский В. М. Компьютерная томография в неотложной нейрохирургии. М.: Медицина, 2005. 360 с.
5. Макарова М. Р., Шаповаленко Т. В., Лядов К. В. Значение механотерапии в комплексной реабилитации больных с травмой спинного мозга // *Доктор.Ру*. 2011. № 8 (67). С. 58–63.
6. Реабилитация больных с травматической болезнью спинного мозга / Под общ. ред. Г. Е. Ивановой, В. В. Крылова, М. Б. Цыкунова, Б. А. Поляева. М.: Московские учебники и Картолиотография, 2010. 640 с.
7. Смычек В. Б. Основы МКФ. Минск, 2015. 432 с.
8. Ястребцева И. П., Бакулин А. Е., Кочетков А. В. Использование Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья в неврологической практике // *Доктор.Ру*. 2014. № 13 (101). С. 44–49.
9. Biluts H., Abebe M., Laeke T., Tirsit A. et al. Pattern of spine and spinal cord injuries in tikur annessa hospital, ethiopia // *Ethiop. Med. J.* 2015. Vol. 53. N 2. P. 75–82.
10. Dimyan M. A., Cohen L. G. Neuroplasticity in the context of motor rehabilitation after stroke // *Nat. Rev. Neurol.* 2011. Vol. 7. N 2. P. 76–85.
11. Dobkin B. H. Bradley's neurology in clinical practice // *Principles and Practices of Neurological Rehabilitation*. 2012. Vol. 1. Part 2. P. 852–894.
12. Furlan J. C., Sakakibara B. M., Miller W. C., Krassioukov A. V. Global incidence and prevalence of traumatic spinal cord injury // *Can. J. Neurol. Sci.* 2013. Vol. 40. N 4. P. 456–464.
13. Gondin J., Guette M., Ballay Y., Martin A. Electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture // *Med. Sci. Sports Exerc.* 2005. Vol. 37. N 8. P. 1291–1299.
14. Hofstoetter U. S., Krenn M., Danner S. M., Hofer C. et al. Augmentation of voluntary locomotor activity by transcutaneous spinal cord stimulation in motor-incomplete spinal cord-injured individuals // *Artif. Organs*. 2015. Vol. 39. N 10. P. E176–186.
15. Kou Z., Sun D. New era of treatment and evaluation of traumatic brain injury and spinal cord injury // *Neural. Regen. Res.* 2016. Vol. 11. N 1. P. 6.
16. 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. Vol. 39. N 10. P. E187–201. 

Библиографическая ссылка:

Бодрова Р. А., Аухадеев Э. И., Якупов Р. А., Закамырдина А. Д. Эффективность активной медицинской реабилитации у пациентов с травматической болезнью спинного мозга // *Доктор.Ру*. 2016. № 12 (129). Часть II. С. 31–38.