ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ НА ПАССИВНОЙ ПОДВЕСНОЙ СИСТЕМЕ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОСТУРАЛЬНОЙ МУСКУЛАТУРЫ ПАЦИЕНТОВ С ПОВРЕЖДЕНИЕМ СПИННОГО МОЗГА НА ШЕЙНОМ УРОВНЕ

INFLUENCE OF EXERCISES ON THE PASSIVE SUSPENSION SYSTEM ON THE ELECTRICAL ACTIVITY OF POSTURAL MUSCLES IN PATIENTS WITH CERVICAL SPINAL CORD INJURY

Коновалова Н.Г. **Konovalova N.G.**
Дедикова Т.Н. **Dedikova T.N.**
Хохлова О.И. **Khokhlova O.I.**
Филатов Е.В. **Filatov E.V.**
Макаров Д.Н. **Makarov D.N.**

ФГБУ «Новокузнецкий научно-практический центр медико-социальной экспертизы и реабилитации инвалидов» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации,

г. Новокузнецк, Россия

Novokuznetsk Scientific and Practical Centre for Medical and Social Evaluation and Rehabilitation of Disabled Persons,

Novokuznetsk, Russia

Актуальность работы определяется необходимостью объективной информации о методах восстановления управления работой постуральных мышц инвалидов с травматической болезнью спинного мозга (ТБСМ) для специалистов, работающих с данным контингентом.

Цель исследования — изучить влияние занятий на пассивной подвесной системе на электрическую активность постуральной мускулатуры пациентов с повреждением спинного мозга на шейном уровне.

Материал и методы. Курс реабилитации на пассивной подвесной системе прошли 46 человек с ТБСМ, повреждением на шейном уровне (с полным нарушением проводимости — 20 человек, с неполным — 26). Пациентам проводили электромиографию: первично при поступлении в клинику, повторно — после курса реабилитации. Исследованные мышцы: прямая живота (уровни Th9, Th11), наружная косая, средняя и большая ягодичные. Учитывали среднюю и максимальную амплитуду, частоту. Пациентов разделили на группы по типам нарушения проводимости по спинному мозгу: A, B и C, D. Значимость различий между группами оценивали по критерию Манна – Уитни, внутри групп — по критерию Вилкоксона. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. Различия величин средней, максимальной электрической активности, частоты сигналов всех исследованных мышц между группами на обоих этапах обследования были статистически значимы. В результате курса реабилитации у пациентов с нарушением проводимости типа A, B возросла частота сигнала при произвольном сокращении прямой мышцы живота на уровне Th9. У пациентов с нарушением проводимости типа C, D повысилась средняя и максимальная амплитуда электрической активности мышц брюшного пресса, частота сигнала от прямой мышцы живота на уровне Th11.

The relevance of this study is determined by the need for objective information on methods of restoring control over the work of postural muscles of disabled people with traumatic spinal cord injury (TSCI) for specialists working with this contingent.

Objective — to examine the influence of exercises on the passive suspension system on the electrical activity of postural muscles in patients with cervical spinal cord injury.

Materials and methods. 46 persons with cervical TSCI (20 with complete conduction disorder and 26 with incomplete conduction disorder) underwent a course of rehabilitation on the passive suspension system. The patients had electromyography at admission and following the rehabilitation course. We studied the rectus abdominis muscle at the levels Th9 and Th11, external abdominal oblique muscle, gluteus medius and gluteus maximus. We considered the mean and maximum amplitude and frequency. The patients were divided into groups according to the type of spinal cord conduction disorder: A and B or C and D. The significance of differences between the groups was assessed with the Mann-Whitney U test and the significance of differences within the groups, with the Wilcoxon test. The results were considered statistically significant if p was below 0.05.

Results. The differences in the mean and maximum electrical activity and in the frequency of signals of all the muscles between the groups were statistically significant at both time points. As a result of the rehabilitation course, the patients with type A and B conduction disorder experienced an increase in the frequency of signals with voluntary contraction of the rectus abdominis muscle at the level Th9. The patients with type C and D conduction disorder experienced an increase in the mean and maximum amplitude of the electrical activity of the prelum abdominale muscles and in the frequency of signals from rectus abdominis muscle at the level Th11.

Для цитирования: Коновалова Н.Г., Дедикова Т.Н., Хохлова О.И., Филатов Е.В., Макаров Д.Н. ВЛИЯНИЕ ЗАНЯТИЙ НА ПАССИВНОЙ ПОДВЕСНОЙ СИСТЕМЕ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОСТУРАЛЬНОЙ МУСКУЛАТУРЫ ПАЦИЕНТОВ С ПОВРЕЖДЕНИЕМ СПИННОГО МОЗГА НА ШЕЙНОМ УРОВНЕ //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2025. № 1. С. 34-40.

Режим доступа: http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/586

DOI: 10.24412/1819-1495-2025-1-34-40

Заключение. Занятия на пассивных подвесных системах способствуют формированию произвольного управления работой постуральных мышц у инвалидов с ТБСМ, с повреждением спинного мозга на шейном уровне, с неполным нарушением проводимости.

Ключевые слова: травматическая болезнь спинного мозга; шейный уровень повреждения; электромиограмма

Conclusion. Exercises on the passive suspension system contribute to the formation of the voluntary control of postural muscles in patients with TSCI, cervical injury and incomplete conduction disorder.

Keywords: traumatic spinal cord injury; cervical injury; electromyogram

Восстановление постуральной регуляции — одна из основных задач восстановительного лечения пациентов с повреждением спинного мозга на шейном уровне, поскольку удержание позы открывает возможность как полноценной реализации мануальных функций, так и перемещения.

Сложность восстановления движений инвалидов с тяжелым повреждением спинного мозга на шейном уровне состоит в том, что они не могут произвольно управлять работой мышц, поэтому основная группа методов лечебной физкультуры для них малодоступна. Занятия на пассивных подвесных системах, в частности на «Экзарте», с одной стороны, уравновешивают тело в поле тяжести, поэтому для выполнения движения бывает достаточно силы мышц, не превышающей 2 баллов, с другой стороны — создают неустойчивое положение, которое в условиях дефицита нисходящих влияний запускает безусловные рефлексы, активирующие постуральную мускулатуру и пребывающие у здоровых людей под контролем вышележащих координаций, но проявляющиеся при патологии головного мозга [1, 2]. Применение «Экзарты» для восстановления постуральной регуляции и движений у пациентов с ТБСМ недостаточно изучено. Встречаются лишь единичные публикации, описывающие клинические результаты. Однако клиническая оценка содержит компонент субъективности, поэтому она должна быть подтверждена результатами объективных инструментальных исследований. Электромиография (ЭМГ) — один из методов количественной оценки функции мышц [3]. Она используется для объективизации состояния пациентов с ТБСМ [4].

Многие авторы анализируют амплитуду ЭМГ для оценки влияния нейрореабилитации на мышечную активацию в ответ на произвольное максимальное усилие или снижение спонтанной мышечной активности [3–5]. Динамика поверхностной электрической активности объективно характеризует возможность произвольного управления мускулатурой [6]. Имеются публикации, посвященные влиянию занятий на пассивных подвесных системах на электрическую активность мышц туловища здоровых людей [7], но результатов исследования электрической активности постуральной мускулатуры пациентов с ТБСМ, с повреждением на шейном уровне нам не встретилось, что определило новизну данного исследования.

Актуальность исследования определяется необходимостью объективной информации о методах восстановления произвольного управления работой постуральных мышц инвалидов с ТБСМ для неврологов и специалистов по восстановительной медицине, работающих с данным контингентом.

Цель исследования — изучить влияние занятий на пассивной подвесной системе на электрическую активность постуральной мускулатуры пациентов с повреждением спинного мозга на шейном уровне.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на базе нейрохирургического отделения ФГБУ ННПЦ МСЭ и РИ Минтруда России в 2023–2024 гг. в соответствии с правилами Хельсинкской декларации с изменениями, внесенными на 64-й Генеральной ассамблее Всемирной медицинской ассоциации в Форталезе (Бразилия, октябрь 2013 г.), протокол заседания этического комитета ФГБУ ННПЦ МСЭ и РИ Минтруда России № 3 от 11.09.2023. Наблюдали пациентов с травматической болезнью спинного мозга (ТБСМ), с повреждением на шейном уровне, поступивших на восстановительное лечение.

Критерии включения в исследование: шейный уровень повреждения спинного мозга; давность заболевания до 3 лет; информированное согласие на участие в исследовании. Критерии исключения: наличие заболеваний, служащих противопоказанием к выполнению физической нагрузки.

Критериям включения удовлетворяло 46 человек (35 мужчин и 11 женщин), из которых 20 (43,5 %) имели полное повреждение спинного мозга, 26 (56,5 %) — неполное (соответственно типы A, B и C, D по шкале Американской ассоциации спинальной травмы AIS (American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment Scale). Медиана возраста обследованных — 35 (28–46) лет.

Для определения влияния тяжести повреждения спинного мозга на динамику электрической активности мышц пациентов разделили на группы: в одну группу вошли лица с типами нарушения проводимости по спинному мозгу A и B, в другую — с типами C и D.

ЭМГ проводили на 4-канальном электро-нейромиографе НЕЙРО-МВП-4 (производства «Нейрософт», г. Иваново). Измеряли активность мышц: прямой живота на двух уровнях — Th9 и Th11, наружной косой, средней и большой ягодичных — поверхностными электродами при произвольном усилии в положении пациентов лежа на спине. Исследование проводили билатерально, поэтому количество обследованных мышц составило в 2 раза больше, чем пациентов. Инвалидам предлагали совершить три попытки сокращения каждой исследуемой мышцы с небольшим отдыхом между ними, регистрировали максимальный результат. Как правило, пациенты данной категории имеют низкие значения электрической активности при произвольном усилии, поэтому использовали учитываемый турн 50 мкВ. Регистрировали среднюю амплитуду (мкВ), максимальную амплитуду (мкВ) и частоту (Гц).

Курс реабилитации включал 10 занятий на пассивной подвесной

системе в положении на спине и базовое восстановительное лечение. Первичное обследование (1-й этап) проводилось на следующий день после поступления пациента в клинику, повторное (2-й этап) — на следующий день после прекращения занятий на «Экзарте».

Результаты обработаны с помощью пакета прикладных программ Statistica (версия 10.0.1011.0) и представлены в виде абсолютных значений и медианы с интерквартильным разбросом: Me (25 % — 75 %). Значимость различий показателей электрической активности между группами оценивали по критерию Манна — Уитни, значимость различий внутри групп на разных этапах обследования — по критерию Вилкоксона. Результаты считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При первичном исследовании удалось получить электрическую активность наружных косых мышц у 7 инвалидов с полным нарушением проводимости по спинному мозгу, у 3 из них она была получена только на одной стороне. Электрическая активность прямых мышц живота на уровне Th9 была получена у 4 человек: у 3 — билатерально, у 1 пациента — с одной стороны. По одному человеку смогли напрячь большие и средние ягодичные мышцы (табл. 1). У 13 пациентов этой группы электрическую активность исследованных мышц получить не удалось.

Инвалиды с типом нарушений C могли произвольно напрягать все исследованные мышцы живота с обеих сторон, два человека не смогли напрячь большие ягодичные мышцы, четыре — средние ягодичные мышцы. Инвалиды с нарушением проводимости по типу D произвольно напрягали все исследованные мышцы.

В случаях, когда активность была получена билатерально, различия по амплитуде между правой и левой сторонами составляли от 5 до 230 %.

Различия величин средней, максимальной электрической активности и частоты осцилляций всех исследованных мышц между группами инвалидов до курса реабилитации были статистически значимы.

После курса занятий на пассивной подвесной системе у 5 из 16 инвалидов с типами нарушения проводимости A и B, не имевших электрической активности прямых мышц при попытке их произвольного сокращения на 1-м этапе исследования, она появилась в зоне иннервации Th9. У инвалидов с электрической активностью мышц с одной стороны она стала определяться билатерально, у пациентов с электрической активностью с обеих сторон уменьшилась разница амплитуд между показателями одноименных мышц правой и левой половин тела. У 5 инвалидов с тип нарушения проводимости A и B была зарегистрирована электрическая активность мышц тазового пояса (табл. 1).

Из 30 человек, имевших электрическую активность исследуемых мышц до начала курса реабилитации, у 24 отмечено ее возрастание после окончания курса. Прирост средней, максимальной амплитуды и частоты электромиограммы прямой мышцы живота в зоне иннервации Th9 и максимальной амплитуды наружной косой мышцы живота в общей выборке был статистически значим: $p = 0,0003$, $p = 0,0011$, $p = 0,0022$ и $p = 0,0370$ соответственно.

Таблица 1

Число инвалидов с повреждением позвоночника и спинного мозга на шейном уровне с наличием электрической активности мышц до и после занятий на пассивной подвесной системе

Table 1

Number of disabled persons with cervical spinal cord injury with electrical activity before and after the exercises on the passive suspension system

Тип нарушения проводимости Conduction disorder type	Этапы исследования Study stage	Прямая мышца живота, уровень Th9, человек (%) Rectus abdominis muscle, level Th9, persons (%)	Прямая мышца живота, уровень Th11, человек (%) Rectus abdominis muscle, level Th11, persons (%)	Наружная косая мышца живота, человек (%) External abdominal oblique muscle, persons (%)	Большая ягодичная мышца, человек (%) Gluteus maximus muscle, persons (%)	Средняя ягодичная мышца, человек (%) Gluteus medius muscle, persons (%)
A, B (n = 20)	1	4 (20.1)	2 (10.0)	7 (35.0)	1 (0.5)	1 (0.5)
	2	9 (45.0)	6 (30.0)	9 (45.0)	4 (23.1)	3 (15.0)
C, D (n = 26)	1	26 (100.0)	26 (100.0)	26 (100.0)	24 (92.3)	22 (84.6)
	2	26 (100.0)	26 (100.0)	26 (100.0)	24 (92.3)	22 (84.6)
Всего / Total (n = 46)	1	30 (65.2)	28 (60.9)	33 (71.7)	25 (54.3)	25 (54.3)
	2	35 (76.1)	32 (69.6)	35 (76.1)	29 (63.0)	28 (60.9)

Примечание: n – число обследованных; 1 – до курса занятий на пассивной подвесной системе; 2 – после курса занятий на пассивной подвесной системе.

Note: n – the number of persons examined; 1 – before the exercises on the passive suspension system; 2 – after the exercises on the passive suspension system.

Анализ динамики показателей ЭМГ по группам не выявил статистически значимого прироста амплитуды и частоты сигнала в группе пациентов с полным нарушением проводимости по спинному мозгу, кроме увеличения частоты сигнала с прямой мышцы живота в зоне иннервации Th9 (табл. 2).

В группе пациентов с типами нарушения проводимости C и D возросли средняя и максимальная амплитуды электрической активности прямой мышцы живота в зонах иннервации Th9, Th11, наружной косой мышцы живота и частота сигнала с наружной косой мышцы живота (табл. 3).

Статистическая значимость различий амплитуды средней и максимальной электрической активности, частоты осцилляций всех исследованных мышц между группами инвалидов после курса реабилитации сохранилась.

Проведенное исследование выявило увеличение средней и максимальной амплитуд электрической активности постуральных мышц при произвольном усилии у инвалидов с повреждением спинного мозга на шейном уровне с типами нарушения проводимости C и D после курса занятий на пассивной подвесной системе.

ОБСУЖДЕНИЕ

ЭМГ — важный метод объективизации остаточных возможностей управления сегментами ниже уровня поражения спинного мозга, который информативен, если клинически не удается отчетливо установить наличие двигательной активности [8], она дает более точное и объективное представление о функциональном состоянии нервной системы пациентов с ТБСМ, чем классический клинический подход [9], что нашло подтверждение в данном исследовании.

Возможность произвольного управления постуральными мышцами у 7 инвалидов с типами нарушения проводимости A и B при первичном обследовании и увеличение их числа до 9 после курса реабилитации свидетельствует о наличии проводимости по спинному мозгу у этих пациентов. К аналогичному выводу пришли P. Sharma и соавт., получившие по результатам ЭМГ активацию парализованных мышц верхних конечностей у пациентов с ТБСМ, с повреждением на шейном уровне, с полным нарушением проводимости при работе мышц выше уровня травмы в преодолевающем режиме [10].

В данной работе результат получен на мышцах туловища. В настоящее время много внимания уделяется изучению роли этих мышц в реабилитации пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой. По данным миографии, активность мышц туловища в положении сидя у пациентов с травмой спинного мозга выше, чем у здоровых [11], что связано со снижением участия нижних конечностей в регуляции

Таблица 2

Динамика показателей электрической активности мышц пациентов с полным нарушением проводимости по спинному мозгу (типы A и B) (n = 40)

Table 2

Changes in the parameters of the electrical activity of muscles in patients with complete spinal cord conduction disorder (types A and B) (n = 40)

Мышца Muscle	Электрическая активность Electrical activity					
	До курса лечения Before treatment			После курса лечения After treatment		
	Средняя амплитуда, мкВ Mean amplitude, mkV	Максимальная амплитуда, мкВ Maximum amplitude, mkV	Частота, Гц Frequency, Hz	Средняя амплитуда, мкВ Mean amplitude, mkV	Максимальная амплитуда, мкВ Maximum amplitude, mkV	Частота, Гц Frequency, Hz
Прямая мышца живота, Th9 Rectus abdominis muscle, Th9	0 (0–93)	69 (3–157)	3 (0–68)	0 (0–84)	101 (40–199)	16 (0–90)*
Прямая мышца живота, Th11 Rectus abdominis muscle, Th11	0 (0–0)	44 (20–68)	0 (0–3)	0 (0–60)	53 (21–91)	0 (0–27)
Наружная косая мышца живота External abdominal oblique muscle	0 (0–102)	13 (47–216)	0 (0–125)	34 (0–108)	70 (30–212)	6 (0–113)
Большая ягодичная мышца Gluteus maximus muscle	0 (0–0)	12 (12–39)	0 (0–0)	0 (0–0)	18 (12–48)	0 (0–0)
Средняя ягодичная, мышца Gluteus medius muscle	0 (0–0)	13 (10–60)	0 (0–0)	0 (0–0)	13 (2–27)	0 (0–0)

Примечание: n – число мышц; * – статистически значимые различия между этапами; данные представлены в виде медианы (1-й – 3-й квартили).

Note: n – the number of muscles; * – statistically significant differences between the stages; the data are presented as median (1st – 3rd quartiles).

Таблица 3
Динамика показателей электрической активности мышц пациентов с неполным нарушением проводимости по спинному мозгу (типы C и D) (n = 52)
Table 3
Changes in the parameters of the electrical activity of muscles in patients with incomplete spinal cord conduction disorder (types C and D) (n = 52)

Мышца Muscle	Электрическая активность Electrical activity					
	До курса лечения Before treatment			После курса лечения After treatment		
	Средняя амплитуда, мкВ Mean amplitude, mkV	Максимальная амплитуда, мкВ Maximum amplitude, mkV	Частота, Гц Frequency, Hz	Средняя амплитуда, мкВ Mean amplitude, mkV	Максимальная амплитуда, мкВ Maximum amplitude, mkV	Частота, Гц Frequency, Hz
Прямая мышца живота, Th9 Rectus abdominis muscle, Th9	146 (104–184)	364 (194–513)	230 (137–285)	189 (122 –252)*	427 (270–771)*	248 (140–317)
Прямая мышца живота, Th11 Rectus abdominis muscle, Th11	106 (89–150)	231 (171–413)	129 (79–181)	117 (91–165)*	308 186–467)*	142 (89–204)*
Наружная косая мышца живота External abdominal oblique muscle	109 (82–155)	241 (140–377)	143 (77–201)	131 (91–153)	307 (190–416)	109 (82–155)
Большая ягодичная мышца Gluteus maximus muscle	101 (51–129)	207 (88–327)	132 (47–206)	101 (43–134)	241 (85–365)	101 (51–129)
Средняя ягодичная мышца Gluteus medius muscle	68 (0–125)	107 (56–288)	55 (0–204)	76 (0–133)	142 (71–410)	68 (0–125)

Примечание: n – число мышц; * – статистически значимые различия между этапами; данные представлены в виде медианы (1-й – 3-й квартили).
Note: n – the number of muscles; * – statistically significant differences between the stages; the data are presented as median (1st – 3rd quartiles).

позы. В то же время пациенты с повреждением спинного мозга на шейном уровне испытывают как сложности удержания позы, так и дефицит компенсаторных стратегий [12], поэтому освоение произвольного управления постуральной мускулатурой для них особенно важно.

Занятия на пассивных подвесных системах доказали свою эффективность для оптимизации постуральных стереотипов у лиц с ортопедической и соматической патологиями [13]. В теле, уравновешенном в гравитационном поле и пребывающем в то же время в положении неустойчивого равновесия, происходит активация глубоких мышц, которые обеспечивают стабилизацию биокинематической цепи с последующей коактивацией поверхностных мышц, непосредственно выполняющих движения [14]. В частности, занятия на пассивной подвесной системе «Экзарта» тренируют глубокие мышцы, обеспечивающие стабилизацию суставов нижних конечностей и позвоночника, вовлекают в работу расслабленные, выключенные из постуральной активности мышцы, создают условия для снятия спазма с поверхностных мышц, перегруженных статической работой вследствие неоптимальных постуральных стереотипов, характерных для пациентов с патологией опорно-двигательного аппарата [15].

В представленном исследовании показано, что занятия на пассивной подвесной системе способствуют освоению произвольного управления мышцами брюшного пресса у инвалидов с нарушением проводимости по спинному мозгу с шейного уровня. Пациенты с менее выраженным неврологическим дефицитом в результате курса реабилитации показали лучший результат, чем те, у кого патология более выражена, однако некоторым лицам с типами нарушения проводимости A и B тоже удалось освоить произвольное сокращение постуральных мышц.

Мышцы брюшного пресса лучше поддавались произвольному управлению, чем мышцы тазового пояса, хотя в отдельных случаях удалось включить в работу и ягодичные мышцы.

Данное исследование пилотное, оно имеет следующие ограничения: отсутствие контрольной группы, небольшое число наблюдений. Тем не менее его результаты вносят определенный вклад в понимание влияния занятий на пассивной подвесной системе на электрическую активность постуральной мускулатуры при произвольном усилии пациентов с повреждением спинного мозга на шейном уровне

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Занятия на пассивных подвесных системах способствуют формированию произвольного управления работой постуральных мышц у инвалидов с ТБСМ, с повреждением спинного мозга на шейном уровне, с неполным нарушением проводимости.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

1. Nevar SF. Comparative analysis of the technologies of passive suspension systems in rehabilitation. *Health for Everybody*. 2021; (1): 13-17. Russian (Невар С. Ф. Сравнительный анализ технологий пассивных подвесных систем в реабилитации // Здоровье для всех. 2021. № 1. С. 13-17.)
2. Petrov KB, Mitichkina TV. Primitive reflexes at the spinal and stem level and their significance for the rehabilitation of patients with stroke: a short communication. *Comorbid Neurology*. 2024; 1(2): 90-96. Russian (Петров К. Б., Митичкина Т. В. Примитивные рефлексы спинально-стволового уровня и их реабилитационное значение у постинсультных больных: краткое сообщение // Коморбидная неврология. 2024. Т. 1, № 2. С. 90-96.)
3. Michalik D, Herman U, Stangel-Wojcikiewicz K. Quantitative tools to assess pelvic floor muscle function – systematic review. *Ginekol Pol*. 2024; 95(9): 718-728.
4. Zu Y, Luo L, Chen X, Xie H, Yang CR, Qi Y, et al. Characteristics of corticomuscular coupling during wheelchair Tai Chi in patients with spinal cord injury. *J Neuroeng Rehabil*. 2023; 20(1): 79.
5. Balbinot G, Wiest MJ, Li G, Pakosh M, Furlan JC, Kalsi-Ryan S, et al. The use of surface EMG in neurorehabilitation following traumatic spinal cord injury: a scoping review. *Clin Neurophysiol*. 2022; 138: 61-73.
6. Alcan V, Zinnuroğlu M. Current developments in surface electromyography. *Turk J Med Sci*. 2023; 53(5): 1019-1031.
7. Li X, Liu H, Lin K-Y, Miao P, Zhang B-F, Lu S-W, et al. Effects of different sling settings on electromyographic activities of selected trunk muscles: a preliminary research // *BioMed Research International*. 2020;Jan 5; 2945952.
8. Leszczyńska K, Huber J. Comparing Parameters of motor potentials recordings evoked transcranially with neuroimaging results in patients with incomplete spinal cord injury: assessment and diagnostic capabilities. *Biomedicines*. 2023; 11(10): 2602.
9. Jung MK, Muceli S, Rodrigues C, Megia-Garcia A, Pascual-Valdunciel A, Del-Ama AJ, et al. Intramuscular EMG-driven musculoskeletal modelling: towards implanted muscle interfacing in spinal cord injury patients. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2022; 69(1): 63-74.
10. Sharma P, Naglah A, Aslan S, Khalifa F, El-Baz A, Harkema S, et al. Preservation of functional descending input to paralyzed upper extremity muscles in motor complete cervical spinal cord injury. *Clin Neurophysiol*. 2023; 150: 56-68.
11. Silverman JD, Balbinot G, Masani K, Zariffa J, Eng P. Validity and reliability of surface electromyography features in lower extremity muscle contraction in healthy and spinal cord-injured participants. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 2021; 27(4): 14-27.
12. Castillo-Escario Y, Kumru H, Valls-Solé J, García-Alen L, Jané R, Vidal J. Quantitative evaluation of trunk function and the StartReact effect during reaching in patients with cervical and thoracic spinal cord injury. *J Neural Eng*. 2021; 18(4).
13. Mansur LL, Shakula AV, Gulevaty GV, Sobolev AV, Kuznetsov VM. Introducing the kinesitherapeutic device Exarta in comprehensive medical rehabilitation programs for patients with dorsopathies. *Issues of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2022; 99(3-2): 128. Russian (Мансур Л. Л., Шакула А. В., Гулеватый Г. В., Соболев А. В., Кузнецов В. М. Внедрение кинезиотерапевтической технологии «Экзарта» в комплексные программы медицинской реабилитации пациентов с дорсопатиями // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2022. Т. 99, № 3-2. С. 128.)
14. Vitenko UE, Medvedeva EN, Levenkov AE. Using exercises in suspension systems for restoring highly skilled sportsmen with myofascial disorders. *Scientific Notes of the Lesgaft University*. 2021; 7(197): 45-49. Russian (Витенко Ю. Э., Медведева Е. Н., Левенков А. Е. Использование физических упражнений в подвесных системах для восстановления высококвалифицированных спортсменов с миофасциальными нарушениями // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2021. № 7 (197). С. 45-49.)
15. Bondareva EA, Mozol VV. Neuromuscular activation according to the Exarta methodology in rehabilitation. Current issues in sanatorium-and-spa treatment. In: *Collected scientific and practical articles dedicated to the 40th anniversary of Belagrozdravnitsa and the 25th anniversary of the Radon Sanatorium*. Grodno, 2020. P. 181-184. Russian (Бондарева Е. А., Мозоль В. В. Нейромышечная активация по методике «Экзарта» в реабилитации пациентов // Актуальные проблемы санаторно-курортного лечения. сборник научно-практических работ, посвящённых 40-летию ОАО «Белагроздравница» и 25-летию филиала «Санаторий «Радон» ОАО «Белагроздравница». Гродно, 2020. С. 181-184.)

Сведения об авторах:

Коновалова Н.Г., д.м.н., ведущий научный сотрудник отдела медицинской и социально-профессиональной реабилитации ФГБУ ННПЦ МСЭ и РИ Минтруда России, г. Новокузнецк, Россия.

Дедикова Т.Н., заведующий отделением функциональной диагностики ФГБУ ННПЦ МСЭ и РИ Минтруда России, г. Новокузнецк, Россия.

Хохлова О.И., д.м.н., ведущий научный сотрудник отдела медицинской и социально-профессиональной реабилитации ФГБУ ННПЦ МСЭ и РИ Минтруда России, г. Новокузнецк, Россия.

Филатов Е.В., к.м.н., заведующий нейрохирургическим отделением, врач-нейрохирург, научный сотрудник отдела медицинской и

Information about authors:

Konovalova N.G., MD, PhD, leading researcher of department of medical and sociovocational rehabilitation, Novokuznetsk Scientific and Practical Centre for Medical and Social Evaluation and Rehabilitation of Disabled Persons, Novokuznetsk, Russia.

Dedikova T.N., head of department of functional diagnostics, Novokuznetsk Scientific and Practical Centre for Medical and Social Evaluation and Rehabilitation of Disabled Persons, Novokuznetsk, Russia.

Khokhlova O.I., MD, PhD, leading researcher of department of medical and sociovocational rehabilitation, Novokuznetsk Scientific and Practical Centre for Medical and Social Evaluation and Rehabilitation of Disabled Persons, Novokuznetsk, Russia.

Filatov E.V., candidate of medical sciences, neurosurgeon, head of neurosurgery unit, researcher of department of medical and sociovo-

социально-профессиональной реабилитации ФГБУ ННПЦ МСЭ и РИ Минтруда России, г. Новокузнецк, Россия.

Макаров Д.Н., заведующий отделением анестезиологии-реанимации, младший научный сотрудник отдела медицинской и социально-профессиональной реабилитации ФГБУ ННПЦ МСЭ и РИ Минтруда России, г. Новокузнецк, Россия.

Адрес для переписки:
Коновалова Нина Геннадьевна, ул. Малая, 7, г. Новокузнецк, Россия, 654055
Тел: +7 (3843) 36-91-26
E-mail: root@reabil-nk.ru; konovalovang@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 03.02.2025
Рецензирование пройдено 11.02.2025
Подписано в печать 15.02.2025

cational rehabilitation, Novokuznetsk Scientific and Practical Centre for Medical and Social Evaluation and Rehabilitation of Disabled Persons, Novokuznetsk, Russia.

Makarov D.N., head of department of anesthesiology and resuscitation, junior scientific worker of department of medical and sociovocational rehabilitation, Novokuznetsk Scientific and Practical Centre for Medical and Social Evaluation and Rehabilitation of Disabled Persons, Novokuznetsk, Russia.

Address for correspondence:
Konovalova Nina Gennadievna, Malaya St., 7, Novokuznetsk, Russia, 654055
Tel: +7 (3843) 36-91-26
E-mail: root@reabil-nk.ru; konovalovang@yandex.ru

Received 03.02.2025
Review completed 11.02.2025
Passed for printing 15.02.2025