

Исследовательская статья

УДК 796.011.3

DOI: 10.24412/2076-9091-2026-161-196-205

**Марко Петрович^{1, 2},
Анна Николаевна Голикова³**

¹ Московский городской педагогический университет,
Москва, Россия

² Реабилитационный центр «Стимул»,
Москва, Россия

³ Национальный медицинский исследовательский центр
реабилитации и курортологии Минздрава России,
Москва, Россия

ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ НА КОРРЕКЦИЮ СКОЛИОТИЧЕСКОГО ИСКРИВЛЕНИЯ ПОЗВОНОЧНИКА В КОРОНАРНОЙ ПЛОСКОСТИ У ДЕТЕЙ СО СПИНАЛЬНОЙ МЫШЕЧНОЙ АТРОФИЕЙ

Аннотация. Дети со спинальной мышечной атрофией имеют повышенную вероятность появления у них сколиоза, поскольку они не могут самостоятельно поддерживать положение тела в пространстве и имеют слаборазвитую мускулатуру, так как некоторые мышечные группы могут быть менее атрофированы, что и будет способствовать деформациям позвоночного столба и его отдельных сегментов.

Для проведения исследования были использованы следующие методы: анализ научно-методической литературы, функциональный тест для диагностики искривления сколиоза, проведение педагогического эксперимента, метод математической статистики для обработки полученных данных. Исследование показало, что у пациентов со спинальной мышечной атрофией наблюдается положительная динамика при измерении угла Кобба после проведения эксперимента.

Данные, которые были получены после проведения эксперимента, свидетельствуют о том, что средством для коррекции сколиотических искривлений позвоночного столба в коронарной плоскости может служить метод функциональной электростимуляции.

Ключевые слова: степени сколиоза, угла Кобба, спинальная мышечная атрофия, двигательная коррекция, функциональная электростимуляция

Research article

UDC 796.011.3

DOI: 10.24412/2076-9091-2026-161-196-205

Marko Petrovich^{1, 2},
Anna Nikolaevna Golikova³¹ Moscow City University,
Moscow, Russia² Rehabilitation «Center Stimul»,
Moscow, Russia³ National Medical Research Center
for Rehabilitation and Balneology,
Moscow, Russia**THE EFFECT OF FUNCTIONAL ELECTRICAL STIMULATION
ON THE CORRECTION OF SCOLIOTIC SPINAL CURVATURE
IN THE CORONAL PLANE IN CHILDREN
WITH SPINAL MUSCULAR ATROPHY**

Abstract. Children with spinal muscular atrophy are more likely to develop scoliosis because they cannot independently maintain their body position in space and have underdeveloped muscles, as some muscle groups may be less atrophied, which will contribute to deformations of the spinal column and its individual segments.

The following methods were used to conduct the study: analysis of scientific and methodological literature, a functional test for diagnosing scoliosis curvature, conducting a pedagogical experiment, and a mathematical statistical method for processing the data obtained. The study showed that patients with spinal muscular pain have positive dynamics when measuring the Cobb angle after the experiment. The data obtained after the experiment indicate that the method of functional electrical stimulation can serve as a means for correcting scoliotic curvatures of the spinal column in the coronary plane.

Keywords: grades of scoliosis, spinal muscular atrophy, Cobb's corner, physical correction, functional electrical stimulation

Введение

Согласно статистическим данным на 2024 год, такое заболевание, как сколиоз, встречается у 50 миллионов граждан Российской Федерации. А если рассматривать и другие искривления разной степени тяжести, то они занимают одну из лидирующих позиций в списке нарушений опорно-двигательного аппарата. Наиболее часто искривления позвоночника начинаются в детском возрасте, виной тому могут быть различные факторы: неправильная осанка, неравномерные нагрузки одной стороны тела, несимметричный мышечный тонус и др.

Спинальная мышечная атрофия (СМА) — это генетическое нейромышечное заболевание, которое обусловлено прогрессирующей слабостью,

атрофией и параличом мышц в результате разрушения двигательных нейронов. Из-за повреждения моторных нейронов в спинном, а иногда и в головном мозге, происходит нарушение в процессе передачи сигнала от нервных центров к периферическим нервам, и именно по этой причине мышцы теряют свою силу. Среди аутосомно-рецессивных заболеваний спинальная мышечная атрофия занимает одну из лидирующих позиций, поскольку частота ее встречаемости составляет 1 на 6 000–10 000 новорожденных детей.

В связи со спецификой заболевания, обусловленного атрофией мышц, возможно появление различных сопутствующих заболеваний, вызванных низкой двигательной активностью и ослабленным мышечным тонусом. Одним из таких заболеваний может быть сколиоз.

Дети со спинальной мышечной атрофией имеют повышенную вероятность появления у них данного заболевания, поскольку они не могут самостоятельно поддерживать положение тела в пространстве и имеют слаборазвитую мускулатуру, так как некоторые мышечные группы могут быть менее атрофированы, что и будет способствовать деформациям позвоночного столба и его отдельных сегментов [1; 6].

Для коррекции и профилактики сколиоза используется большое количество средств и методов [4]. В проанализированных нами исследованиях рассматривается использование функциональной электростимуляции как метода коррекции сколиотического искривления позвоночника². Ведь при характерных деформациях позвоночного столба при данном заболевании одни мышцы могут обладать гипертонусом, а другие — гипотонусом. Таким образом, при выполнении физического упражнения мышцы будут находиться в состоянии работы, а метод функциональной стимуляции позволит влиять определенным образом на необходимые группы мышц. То есть одну мышечную группу можно стимулировать, тем самым укрепляя ее, а другую — расслаблять, что будет оказывать влияние на мышечный корсет и позволит постепенно скорректировать искривления позвоночника в коронарной плоскости [7; 8].

Целью нашего исследования являлось изучение влияния метода функциональной электростимуляции как средства коррекции сколиоза в коронарной плоскости у детей со спинальной мышечной атрофией в возрасте 2–4 лет при выполнении физических упражнений.

Материалы и методы исследования

Экспериментальная часть работы проводилась на базе реабилитационного центра «Стимул». В исследовании приняли участие 10 детей со спинальной

² Идиопатический сколиоз: клинические рекомендации / Ассоциация травматологов-ортопедов России, Союз реабилитологов России, Ассоциация хирургов-вертебрологов. 2024. URL: <https://diseases.medelement.com/disease/идиопатический-сколиоз-кр-рф-2024/18429> (дата обращения: 15.09.2025).

мышечной атрофией I типа, в возрасте от 2 до 4 лет, которые имели С-образный правосторонний сколиоз грудного отдела позвоночника, из них 4 ребенка имели II степень сколиоза, а 6 — III степень.

Педагогический эксперимент проводился на протяжении одного месяца и заключался в теоретическом обосновании и экспериментальной проверке комплексной программы коррекции сколиотической деформации в коронарной плоскости у детей раннего возраста со спинальной мышечной атрофией. В содержание программы входило применение функциональной электростимуляции в сочетании с механотерапией на аппарате МТОmed.

Технология функциональной электростимуляции предполагала дифференцированную стимуляцию различных мышечных групп туловища [8–11]. При этом левая косая мышца живота и левая мышца, выпрямляющая позвоночник, работали в режиме релаксации, а остальные мышцы стимулировались на укрепление. Для усиления мышечных групп использовался режим стимуляции, при котором сила тока варьировалась от 30 до 40 миллиампер (мА) с частотой 65 герц (Гц). Для расслабления мышц применялся режим релаксации с силой тока от 15 до 18 миллиампер (мА) с частотой 130 герц (Гц). Схема стимуляции представлена на рисунке 1.

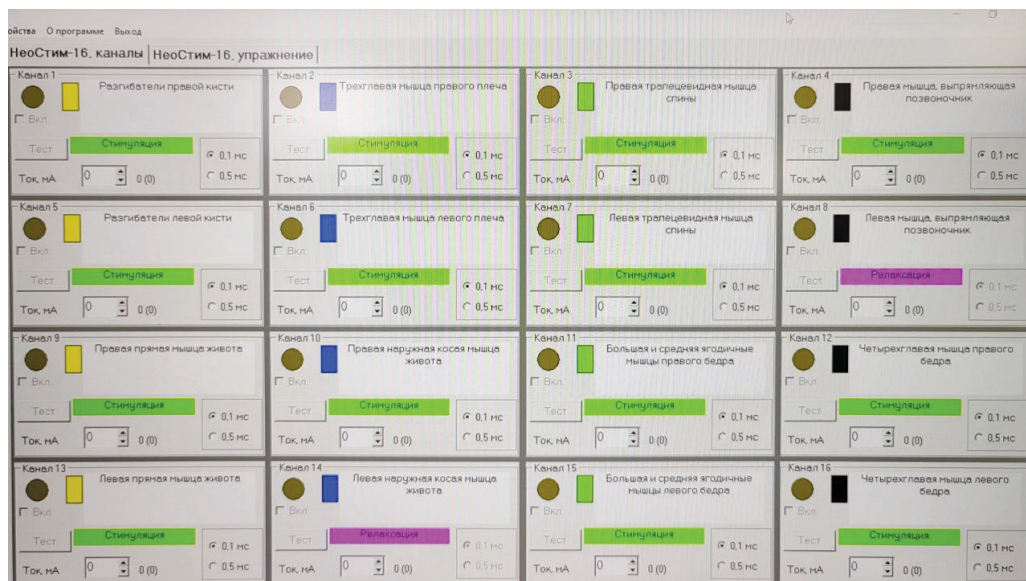


Рис. 1. Схема стимуляции для ребенка со спинальной мышечной атрофией при С-образном правостороннем сколиозе грудного отдела позвоночника

Работа на аппарате МТОmed заключалась в пассивном вращении рукояток тренажера с помощью рук. Время процедуры занимало 30 минут. За время эксперимента было проведено 24 процедуры для каждого испытуемого. Оценка угла искривления позвоночника осуществлялась до и после педагогического эксперимента с помощью измерения угла Кобба по рентгеновскому снимку

пациентов в коронарной плоскости, также использовались базовые принадлежности для подобного измерения, а именно: линейка, транспортир и карандаш. Степени сколиоза определяются по двум классификациям: рентгенологическая классификация по В. Д. Чаклину и измерение угла Кобба, что отображено в таблице 1 [5].

Таблица 1

Классификации степеней сколиоза по В. Д. Чаклину и углу Кобба [5]

Рентгенологическая классификация по В. Д. Чаклину		Классификация по углу Кобба	
№ степени	Угол искривления (в градусах)	Название степени	Угол искривления (в градусах)
I степень	Менее 10°	Не учитывает I степень	
II степень	11–25°	Легкая степень	10–25°
III степень	26–50°	Средняя степень тяжести	26–40°
IV степень	Более 50°	Сколиоз тяжелой степени	41–80°
Не подразделяется далее		Очень тяжелый сколиоз	Более 80°

Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием программы Statistica 10. Достоверность различий определялась с помощью *t*-критерия Стьюдента.

Результаты исследования

Основной целью проведения эксперимента было изучение применения метода функциональной электростимуляции как средства коррекции сколиоза в коронарной плоскости у детей со спинальной мышечной атрофией в возрасте 2–4 лет при выполнении физических упражнений. Фиксация указанных показателей выполнялась до проведения эксперимента и после. Для более удобного сравнения испытуемые были разделены на две группы по признаку степени сколиотического искривления позвоночника в коронарной плоскости. В первой группе были дети со II степенью искривления, а во второй группе — с III степенью.

Анализ результатов первой группы испытуемых с показателями угла Кобба до и после проведения исследования отображен в таблице 2.

Таблица 2

Показатели угла искривления позвоночника и степень сколиоза у детей первой группы со спинальной мышечной атрофией до и после проведения эксперимента

№ пациента	До эксперимента		После эксперимента		Процент прироста (в %)
	угол Кобба (в градусах)	степень сколиоза	угол Кобба (в градусах)	степень сколиоза	
1	25	II	21	II	16
2	19	II	13	II	31

№ пациента	До эксперимента		После эксперимента		Процент прироста (в %)
	угол Кобба (в градусах)	степень сколиоза	угол Кобба (в градусах)	степень сколиоза	
3	21	II	18	II	14
4	14	II	9	I	36

Исходя из данных, приведенных в таблице 2, мы можем сделать вывод, что в первой группе испытуемых со сколиозом II степени наблюдается уменьшение угла Кобба у всех пациентов в среднем на 24 %, что свидетельствует об уменьшении угла отклонения позвоночника от вертикальной оси. При этом у одного испытуемого с минимальными значениями отклонения позвоночника (угол Кобба — 14°) было выявлено максимальное (на 36 %) изменение данного показателя до 9° и уменьшение степени сколиоза со второй до первой.

Далее рассмотрим участников эксперимента из второй группы, у которых была изначально диагностирована III степень сколиоза в коронарной плоскости. Исходные и полученные данные отображены в таблице 3.

Таблица 3

Показатели угла искривления позвоночника детей второй группы со спинальной мышечной атрофией до и после проведения эксперимента

№ пациента	До эксперимента		После эксперимента		Процент прироста (в %)
	угол Кобба (в градусах)	степень сколиоза	угол Кобба (в градусах)	степень сколиоза	
1	28	III	24	II	14
2	47	III	42	III	11
3	36	III	33	III	8
4	32	III	27	III	16
5	41	III	35	III	15
6	39	III	37	III	5

Изменение показателей угла Кобба у всех испытуемых второй группы (с исходным сколиозом III степени) свидетельствуют об уменьшении искривления позвоночника в среднем на 11,5°. Это позволяет нам говорить об эффективной коррекции сколиотических изменений у пациентов со спинальной мышечной атрофией на фоне комплексной программы, сочетающей функциональную электростимуляцию и пассивную механотерапию. Среди участников второй группы у одного из исследуемых выявлено уменьшение степени искривления до второй.

На рисунке 2 представлены сравнения средних значений измерения угла Кобба обеих групп с С-образным правосторонним сколиозом грудного отдела позвоночника.

Анализируя полученные данные, можно сделать заключение, что достоверное изменение угла Кобба отмечалось у всех детей со спинальной мышечной атрофией, имеющих С-образный правосторонний сколиоз грудного отдела позвоночника независимо от степени выраженности искривления позвоночника.

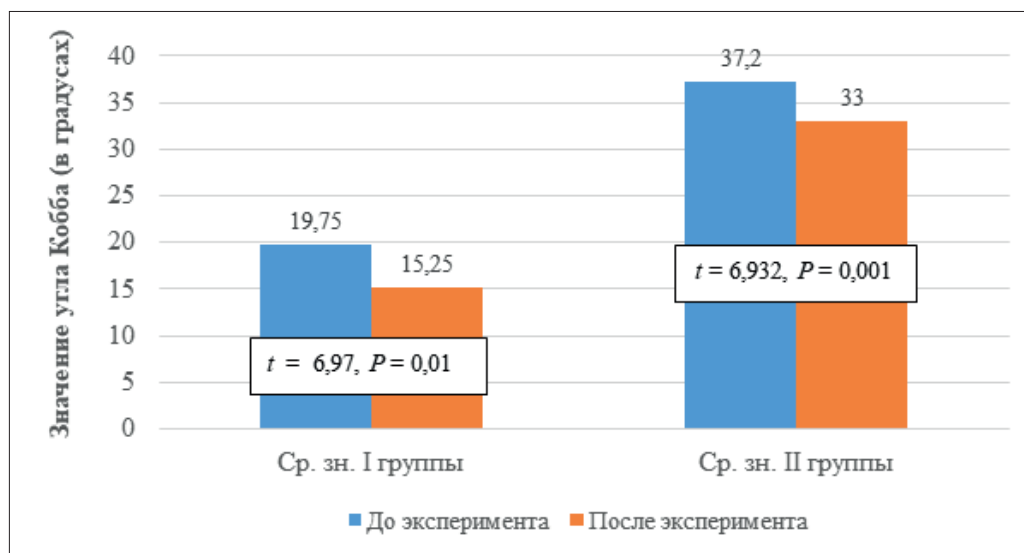


Рис. 2. Средние значения угла Кобба I и II групп до и после проведения эксперимента

А у двух (20 %) испытуемых наблюдалось уменьшение степени сколиоза. Вместе с тем необходимо отметить, что эффективность применения комплексной программы реабилитации в первой группе исследуемых выше (24 %), чем во второй (11,5 %). Следовательно, дифференцированное применение метода функциональной электростимуляции в сочетании с механотерапией на аппарате МОТОmed как средства коррекции сколиоза в коронарной плоскости у детей со спинальной мышечной атрофией в возрасте от 2 до 4 лет обосновано и эффективно.

Заключение

Таким образом, по результатам проведенного исследования мы можем сделать вывод о том, что применение метода функциональной электростимуляции при выполнении пассивных физических упражнений на аппарате МОТОmed позволяет уменьшить выраженность сколиотических изменений в коронарной плоскости у детей в возрасте 2–4 лет со спинальной мышечной атрофией.

Данные, полученные после проведения эксперимента, свидетельствуют о том, что метод функциональной электростимуляции с различными вариантами воздействия в виде стимуляции мышц на стороне выпуклости в сочетании с релаксирующим воздействием на мышцы-антагонисты необходимо включать в комплексные программы реабилитации детей со спинальной мышечной атрофией для коррекции сколиотических искривлений позвоночного столба в коронарной плоскости.

Однако следует отметить, что данный метод не является основным для получения постоянного эффекта, поскольку дополнительный способ воздействия в виде традиционной лечебной физической культуры будет способствовать укреплению мышц, стабилизирующих позвоночник. А также в совокупности с методами в процессе коррекции сколиоза помогут другие средства.

Необходимо понимать, что для детей со спинальной мышечной атрофией необходимы регулярные занятия с применением различных средств и методов для коррекции сколиотических изменений, в том числе функциональная электростимуляция. Несмотря на то что в исследовании наблюдалась положительная динамика исправления деформаций позвоночника в коронарной плоскости, из-за специфики заболевания при нерегулярных занятиях возможны регрессивные изменения. По этой причине метод применения функциональной электростимуляции как средство коррекции сколиоза в коронарной плоскости у детей со спинальной мышечной атрофией является дополнительным.

Список источников

1. Влодавец Д. В. Ретроспективный анализ естественного течения спинальной мышечной атрофии 1-го типа у детей / Д. В. Влодавец, Н. В. Ганина, Е. С. Ильина и др. // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2021. Т. 66. № 4. С. 64–73. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2021-66-4-64-73>. EDN: PHQHTG.
2. Дьяченко А. В., Скотникова Л. Н. Сколиоз. Влияние болезни на организм человека и помощь спорта при борьбе с болезнью // Вестник науки. 2024. Т. 3. № 11 (80). С. 1253–1259. EDN: AACHLZ.
3. Ераскин Д. А., Налобина А. Н. Перспективы совершенствования реабилитационной помощи больным с травматической болезнью спинного мозга на основе анализа зарубежных восстановительных стратегий // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2020. № 3 (39). С. 60–67. <https://doi.org/10.25688/2076-9091.2020.39.3.7>. EDN: RWYJGB.
4. Еремушкин М. А., Стяжкина Е. М. Лечебно-педагогические особенности применения отечественной программы коррекции сколиотической деформации позвоночника // Арбатские чтения: сборник научных трудов, Москва, 05 марта 2020 г. Т. 2. Москва: Знание-М, 2020. С. 29–33. <https://doi.org/10.38006/907345-21-8.2020.29.33>. EDN: IKCPWA.
5. Падалко М. А. Автоматическая система определения углов сколиотической деформации позвоночника человека / М. А. Падалко, С. В. Орлов, А. М. Наумов и др. // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Физико-математические и технические науки. 2019. № 3. С. 55–68. EDN: WMPJXX
6. Рябых С. О. Спинальная мышечная атрофия: особенности клиники и лечения деформаций позвоночника и конечностей протокол межгосударственного консенсуса / С. О. Рябых, Д. М. Савин, Е. Ю. Филатов и др. // Хирургия позвоночника. 2020. № 2. С. 79–94. <https://doi.org/10.14531/ss2020.2.79-94>. EDN: OOQXBN.
7. Стоцкая Е. С. Опыт коррекции двигательных нарушений детей с детским церебральным параличом / Е. С. Стоцкая, Ю. В. Самсонова, Д. А. Самсонов, А. Н. Налобина // Адаптивная физическая культура. 2019. № 4(80). С. 35–37. EDN: AAGINR.

8. Цивьян Я. Л., Аксенович И. В. Биомеханическое обоснование имплантируемой электростимуляции мышц для лечения сколиоза // Медицинская биомеханика: в 4-х т., Рига, 12–15 сентября 1986 года. Т. 2. Рига: Министерство здравоохранения ЛатвССР, 1986. С. 621–623. EDN: ZWFNZC.

9. Dikmen P. Ya. Intraoperative neuromonitoring practice patterns in spinal deformity surgery: a global survey of the Scoliosis Research Society / P. Ya. Dikmen, M. F. Halsey, A. Yucekul et al. // *Spine Deformity*. 2021. Vol. 9. № 2. P. 315–325. <https://doi.org/10.1007/s43390-020-00246-7>. EDN: YFFIRR.

10. Halsey M. F. Neurophysiological monitoring of spinal cord function during spinal deformity surgery: 2020 SRS neuromonitoring information statement / M. F. Halsey, K. S. Myung, A. Ghag et al. // *Spine Deformity*. 2020. Vol. 8. № 4. P. 591–596. <https://doi.org/10.1007/s43390-020-00140-2>. EDN: JRWYNG.

11. Kay D. M. Implementation of population-based newborn screening reveals low incidence of spinal muscular atrophy / D. M. Kay, C. F. Stevens, A. Parker et al. // *Genetics in Medicine*. 2020. Vol. 22. № 8. P. 1296–1302. <https://doi.org/10.1038/s41436-020-0824-3>. EDN: MXDBGF.

References

1. Vlodayets D. V., Ganina N. V., Ilyina E. S. et al. Retrospective analysis of the natural course of spinal muscular atrophy type 1 in children. *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2021;66(4):64–73. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2021-66-4-64-73>. EDN: PHQHTG. (In Russ.).

2. Dyachenko A. V., Skotnikova L. N. Scoliosis. The impact of the disease on the human body and the help of sports in the fight against the disease. *Herald of Science*. 2024;3(11):1253–1259. EDN: AACHLZ. (In Russ.).

3. Eraskin D. A., Nalobina A. N. Prospects for improving rehabilitation care for patients with traumatic spinal cord disease based on the analysis of foreign rehabilitation strategies. *MCU Journal of Natural Sciences*. 2020;39(3):60–67. <https://doi.org/10.25688/2076-9091.2020.39.3.7>. EDN: RWYJGB. (In Russ.).

4. Eremushkin M. A., Styazhkina E. M. Therapeutic and pedagogical features of the application of the domestic program for correction of scoliotic deformity of the spine. *Arbatskie chteniya: Collection of scientific papers*. Moscow: Znanie-M. 2020:29–33. <https://doi.org/10.38006/907345-21-8.2020.29.33>. EDN: IKCPWA. (In Russ.).

5. Padalko M. A., Orlov S. V., Naumov A. M. et al. Automatic system for determining the angles of scoliotic deformity of the human spine. *Bulletin of the Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Physical, Mathematical and Technical Sciences*. 2019;(3):55–68. EDN: WMPIXX. (In Russ.).

6. Ryabykh S. O., Savin D. M., Filatov E. Yu. et al. Spinal muscular atrophy: features of the clinic and treatment of spinal and limb deformities. *Interstate consensus protocol. Spinal surgery*. 2020;(2):79–94. (In Russ.). <https://doi.org/10.14531/ss2020.2.79-94>. EDN: OOQXBH.

7. Stotskaya E. S., Samsonova Yu. V., Samsonov D. A., Nalobina A. N. Experience of correction of movement disorders in children with cerebral palsy. *Adaptive physical education*. 2019;80(4):35–37. EDN: AAGINR. (In Russ.).

8. Tsivyan Ya. L., Aksenovich I. V. Biomechanical substantiation of implantable electrical muscle stimulation for the treatment of scoliosis. *Medical biomechanics*. Riga: Ministry of Health of the Latvian SSR. 1986:621–623. EDN: ZWFNZC. (In Russ.).

9. Dikmen P. Y., Halsey M. F., Yucekul A. et al. Intraoperative neuromonitoring practice patterns in spinal deformity surgery: a global survey of the Scoliosis Research Society. *Spine Deformity*. 2021;9(2):315–325. <https://doi.org/10.1007/s43390-020-00246-7>. EDN: YFFIRR.
10. Halsey M. F., Myung K. S., Ghag A. et al. Neurophysiological monitoring of spinal cord function during spinal deformity surgery: 2020 SRS neuromonitoring information statement. *Spine Deformity*. 2020;8(4):591–596. <https://doi.org/10.1007/s43390-020-00140-2>. EDN: JRWYNG.
11. Kay D. M., Stevens C. F., Parker A. et al. Implementation of population-based newborn screening reveals low incidence of spinal muscular atrophy. *Genetics in Medicine*. 2020;22(8):1296–1302. <https://doi.org/10.1038/s41436-020-0824-3>. EDN: MXDBGF.

Информация об авторах / Information about the authors:

Марко Петрович — аспирант Института естествознания и спортивных технологий, Московский городской педагогический университет; реабилитационной центр «Стимул», Москва, Россия.

Marko Petrovich — Postgraduate Student of the Department of Educational Design at the Institute of Natural Sciences and Sports Technologies, Moscow City University; Rehabilitation Center «Stimul», Moscow, Russia.

PetrovichM@mgpu.ru, <https://orcid.org/0009-0004-5497-9338>

Голикова Анна Николаевна — доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Национального медицинского исследовательского центра реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия.

Anna Nikolaevna Golikova — Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Scientific Officer National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia.

a.nalobina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6574-1609>

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Финансирование: исследование не имело финансовой поддержки.

Funding Statement: no funding was received for writing this manuscript.

Статья поступила в редакцию: 10.10.2025;
одобрена после доработки: 25.12.2025;
принята к публикации: 25.12.2025.

The article was submitted: 10.10.2025;
approved after reviewing: 25.12.2025;
accepted for publication: 25.12.2025.