



Магнитная и электромиостимуляция в комплексной реабилитации при миелодисплазии у детей: клиническое рандомизированное исследование

Некрасова А.М.^{1,2,*}, Бодрова Р.А.², Нефедьева Д.Л.^{2,3}

¹ ОО «Казанский институт травматологии и ортопедии», Казань, Россия

² Казанская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Казань, Россия

³ Филиал Казанского (Приволжского) федерального университета в г. Джизаке, Джизак, Узбекистан

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Миелодисплазия (МД) у детей сопровождается нарушениями опорно-двигательного аппарата и тазовых функций, вызывая снижение активности и ограничение участия в жизни общества, приводя к инвалидизации и социальной изоляции. Реабилитационный потенциал, определяемый с помощью Международной классификации функционирования, ограничения жизнедеятельности и здоровья (МКФ), реализуется при осуществлении активности и участия ребенка в процессах жизнедеятельности. Актуальным остается совершенствование методов и технологий реабилитации детей с МД.

ЦЕЛЬ. Изучить влияние медицинской реабилитации у детей с МД на освоение двигательных навыков у всех детей и самообслуживание у детей в возрасте старше 1 года.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В исследование было включено 117 детей мужского и женского пола в возрасте с 6 месяцев до 13 лет 11 месяцев 30 дней (средний возраст — 6 лет 9 ± 6 месяцев) с установленным диагнозом МД. Диагностика функционирования организма выполнена в категориальном профиле МКФ с использованием системы ранжирования степени нарушений/ограничений функционирования. Исследуемые разделены на три группы. Пациенты I группы получали физическую реабилитацию, эрготерапию, магнитную стимуляцию (МС) спинного мозга (СМ) и электромиостимуляцию (ЭМС); II группы — физическую реабилитацию, эрготерапию и МС; III группы — стандартные методики лечебной физической культуры, массаж, эрготерапию, терапию синусоидальными модулированными токами (СМТ-терапия) на мышцы нижних конечностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Продемонстрирована эффективность у детей с МД последовательного применения МС, ЭМС во время выполнения физических упражнений для развития двигательных навыков, занятий с эрготерапевтом по обучению навыкам самообслуживания, что подтверждается положительной динамикой по навыкам мобильности и самообслуживания, оцененными с помощью функциональных шкал и опросников. Медицинская реабилитация повышает мышечную силу у детей с МД, а сочетанное применение МС с ЭМС во время выполнения целенаправленных упражнений способствует эффективному освоению двигательных функций. Освоение двигательных навыков и занятия с эрготерапевтом повышают уровень независимости у детей с МД.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Медицинская реабилитация с включением МС и ЭМС во время выполнения целенаправленных упражнений способствует лучшему освоению двигательных навыков и улучшению самообслуживания у детей с МД.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: миелодисплазия, дети, Международная классификация функционирования, ограничения жизнедеятельности и здоровья, реабилитация, spina bifida, магнитная стимуляция, электромиостимуляция

Для цитирования / For citation: Некрасова А.М., Бодрова Р.А., Нефедьева Д.Л. Магнитная и электромиостимуляция в комплексной реабилитации при миелодисплазии у детей: клиническое рандомизированное исследование. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(5):87-96. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-5-87-96> [Nekrasova A.M., Bodrova R.A., Nefedeva D.L. Magnetic and Electrical Stimulation in Complex Rehabilitation for Myelodysplasia in Children: a Clinical Randomized Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(5):87-96. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-5-87-96> (In Russ.).]

* Для корреспонденции: Некрасова Анна Михайловна, E-mail: kafedra-reabil-kgma@mail.ru

Статья получена: 19.06.2024

Статья принята к печати: 05.08.2024

Статья опубликована: 16.10.2024

Magnetic and Electrical Stimulation in Complex Rehabilitation for Myelodysplasia in Children: a Clinical Randomized Study

 Anna M. Nekrasova^{1,2,*},  Rezeda A. Bodrova²,  Darya L. Nefedeva^{2,3}

¹ «Kazan Institute of Traumatology and Orthopedics» LLC, Kazan, Russia

² Kazan State Medical Academy — Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Kazan, Russia

³ Branch of the Kazan (Volga Region) Federal University in the city of Jizzakh, Jizzakh, Uzbekistan

ABSTRACT

INTRODUCTION. Myelodysplasia (MD) in children is accompanied by disorders of the musculoskeletal system and pelvic functions, causing a decrease in activity and restriction of participation in society, leading to disability and contributing to social isolation. The rehabilitation potential, determined by the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF), is realized when the child is active and participates in the processes of life. The improvement of methods and technologies for the rehabilitation of children with MD remains relevant.

AIM. To study the effect of medical rehabilitation in children with MD on the development of motor skills in all children and self-care in children over the age of 1 year.

MATERIALS AND METHODS. The study included 117 children diagnosed with male and female MD between the ages of 6 months and 13 years, 11 months and 30 days (average age 6 years and 9 ± 6 months). The diagnosis of the functioning of the body was performed in the categorical profile of the ICF using a ranking system for the degree of disorders / limitations of functioning. The subjects are divided into three groups. Patients of group I received physical rehabilitation, ergotherapy, magnetic stimulation of the spinal cord (MS) and electromyostimulation (EMS); group II — physical rehabilitation, ergotherapy and MS; group III — standard physical therapy techniques, massage, ergotherapy, therapy with sinusoidal modulated currents (SMT-therapy) on the muscles of the lower extremities.

RESULTS AND DISCUSSION. The effectiveness of consistent use of MS, EMS during physical exercises for the development of motor skills, classes with an occupational therapist on self-service skills has been demonstrated in children with MD, which is confirmed by positive dynamics in mobility and self-service skills assessed using functional scales and questionnaires. Medical rehabilitation increases muscle strength in children with MMD, and the combined use of MS with EMS during targeted exercises contributes to the effective development of motor functions. The development of motor skills and classes with an occupational therapist increase the level of independence in children with MD.

CONCLUSION. Medical rehabilitation with the inclusion of MS and EMS during the performance of targeted exercises contributes to the better development of motor skills and improves self-care in children with MD.

KEYWORDS: myelodysplasia, children, International Classification of Functioning, Disability and Health, rehabilitation, spina bifida, magnetic stimulation, electromyostimulation

For citation: Nekrasova A.M., Bodrova R.A., Nefedeva D.L. Magnetic and Electrical Stimulation in Complex Rehabilitation for Myelodysplasia in Children: a Clinical Randomized Study. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(5):87-96. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-5-87-96> (In Russ.).

* **For correspondence:** Anna M. Nekrasova, E-mail: kafedra-reabil-kgma@mail.ru

Received: 19.06.2024

Accepted: 05.08.2024

Published: 16.10.2024

ВВЕДЕНИЕ

Миелодисплазия (от греч. *myelos* — спинной мозг, *dys* — нарушение, *plasis* — формирование) (МД) встречается у 1–2 детей из 1500 новорожденных (3–4 на 10 тыс. новорожденных в мире, примерно 1,5 тыс. детей с МД рождаются в России каждый год) [1]. Заболевание диагностируется на пренатальном УЗИ-скрининге после рождения сразу или со временем, когда начинают манифестировать нарушения при скрытой форме порока. По МКБ-Х МД кодируется как Q05.0–Q05.9 *spina bifida* (SB) на разном уровне с гидроцефалией и без гидроцефалии, Q76.0 SB *occulta*, Q06.1 гипоплазия и дисплазия спинного мозга, Q06.2 диастематомия, Q06.3 другие пороки развития конского хвоста, Q06.8 другие уточненные пороки развития спинного мозга (СМ).

Клиническая картина формируется в результате поражения СМ и его корешков. При МД у детей часто

наблюдаются парезы мышц нижних конечностей, нарушение чувствительности и контрактуры суставов нижних конечностей, нарушения тазовых функций. Реабилитационные возможности пациента складываются из ряда факторов: выраженности клинических проявлений, которые определяются уровнем и глубиной поражения СМ; правильного реабилитационного плана, позволяющего снизить риски формирования вторичных нарушений; факторов среды, в которой живет ребенок, то есть доступом к своевременной медицинской и реабилитационной помощи; наличия технических средств реабилитации, возможностей семьи оказывать помощь и поддержку ребенку.

В комплекс реабилитационных мероприятий у детей с МД рекомендуют включать физические упражнения, эрготерапию, подбор и обучение пользованию техническими средствами реабилитации, наблюдение ортопеда

и уролога, медикаментозную терапию и хирургическое вмешательство для устранения вторичных двигательных нарушений и сопутствующих заболеваний, связанных с ургентными нарушениями нейрохирургического, урологического и проктологического характера [2–5]. Реабилитационный потенциал ребенка, определяемый с помощью Международной классификации функционирования, ограничения жизнедеятельности и здоровья (МКФ), реализуется при осуществлении активности и участия ребенка в процессах жизнедеятельности.

В литературе описано положительное влияние применения транскраниальной МС при неполном повреждении СМ на активизацию проведения нервных импульсов по кортикоспинальным путям. В других исследованиях сообщалось, что МС может способствовать нейропластичности, усиливать миелинизацию, снижать воспаление и апоптоз в нервной ткани [6, 7]. Повторяющаяся МС мышц во время тренировки способствует сокращению мышц и стимулирует проприорецепторы, вызывая больший эффект, чем ЭМС [8]. Единичные данные о положительном эффекте имеются при ЭМС четырехглавой мышцы бедра у детей с МД в сочетании с ходьбой и стоянием в течение 30 минут на эти функции [9]. В связи с этим актуальным представляется изучение эффективности и безопасности применения методик МС и ЭМС в комплексной реабилитации детей с МД.

ЦЕЛЬ

Изучить влияние медицинской реабилитации на освоение двигательных навыков и самообслуживание у детей с МД.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено проспективное контролируемое нерандомизированное исследование. Всего в исследование включено 117 детей мужского и женского пола в возрасте с 6 месяцев до 13 лет 11 месяцев 30 дней (средний возраст — 6 лет 9 ± 6 месяцев) с установленным диагнозом МД (шифр МКБ-Х — Q05-Q06), наблюдающихся в ГАУЗ «Детская республиканская клиническая больница» Минздрава Республики Татарстан с 2020 по 2022 г.

Для сравнительного анализа выделено 3 группы пациентов. В I группу вошло 42 пациента, во II группу включено 35 детей, в III группу — 40 детей. Дети I группы получали физическую реабилитацию, эрготерапию, МС и ЭМС. Пациенты II группы получали физическую реабилитацию, эрготерапию и МС. Пациенты III группы получали стандартные методики лечебной физической культуры, массаж, эрготерапию, терапию синусоидальными модулированными токами (СМТ-терапию) на мышцы нижних конечностей. В каждой группе было выделено три подгруппы в зависимости от возраста ребенка: подгруппа А — пациенты в возрасте от 6 месяцев до 3 лет 11 месяцев ($n=42$); подгруппа В — от 4 лет 0 месяцев до 8 лет 11 месяцев ($n=40$); подгруппа С — от 9 лет до 13 лет 11 месяцев ($n=35$).

Критерии включения

Дети с установленным диагнозом МД на нижегрудном, поясничном, пояснично-крестцовом уровнях и со следующими формами порока: менингомиелоцеле,

менингоградикулоцеле, липоменингоградикулоцеле, липомиеломиелоцеле, рахизис, диастематомия, липома СМ, фиксированный СМ) в возрасте от 6 месяцев до 13 лет 11 месяцев 30 дней (средний возраст — 6 лет 9 ± 6 месяцев), получившие нейрохирургическое лечение по поводу порока СМ. От родителей пациентов, участвующих в исследовании, получено информированное согласие на проведение исследования, соответствующее этическим нормам Хельсинкской декларации (2013 г.), также исследование одобрено локальным этическим комитетом Казанской государственной медицинской академии — филиала ФГБОУ ДПО «РАМНПО» Минздрава России (протокол № 3/10 от 22.10.2020).

Критерии исключения

Невозможность пациента следовать требованиям протокола на протяжении всего периода участия в программе исследования.

Пациенты имели жалобы на снижение мышечной силы и чувствительности в нижних конечностях, отставание в психомоторном развитии и тазовые нарушения. Всем пациентам было выполнено обследование, включающее сбор жалоб и анамнеза, были применены клинико-инструментальные и лабораторные методы. Проведена комплексная диагностика функционирования организма, выраженная в категориальном профиле МКФ с использованием системы ранжирования степени нарушений / ограничений функционирования.

Оценка функций, активности и участия проводилась с помощью стандартизированных шкал и опросников: шкалы оценки больших моторных функций (The Gross Motor Function Measure — GMFM) (Dianne J. Russell, Marilyn Wright, Peter L. Rosenbaum, Lisa M. Avery, 2021) [10], шкалы оценки психоневрологических функций по Сквицовой (нервно-психическое развитие, НПР) [11], клинического адаптивного теста / клинической шкалы лингвистических и слуховых показателей (The Clinical Adaptive Test / Clinical Linguistic and Auditory Milestone Scale — CAT / CLAMS) (Pasquale J. Accardo, Arnold J. Capute Paul H., 2005) [12, 13], измерителя независимости при повреждениях СМ (Spinal Cord Independence Measure version III — SCIM III) (A. Catz, 1997) [14]. Эффективность реабилитации оценивалась с помощью МКФ (World Health Organization, 2001).

Степень пареза мышц определяется по шкале Комитета медицинских исследований. Двигательные функции позволяет оценить GMFM, включающая 88 пунктов, сгруппированных по пяти измерениям: лежание и перекачивание, сидение, ползание, стояние, ходьба, бег и прыжки; применялась у детей с 3 лет. Оценка с помощью НПР позволяет оценить крупную моторику, зрительное и слуховое восприятие, экспрессивную и импрессивную речь, интеллект, конструирование, эмоции и коммуникацию, самообслуживание и игру; применялась у детей в возрасте с 3 до 7 лет. При выполнении задания, соответствующего возрасту ребенка по шкале оценки НПР, присваивался 1 балл. Шкала CAT / CLAMS, состоящая из 3 параметров (CLAMS (язык / речь), CAT (решение задач), GM (моторика)) позволяет оценить развитие ребенка с 6 месяцев до 3 лет. Шкала SCIM включает 17 пунктов, оценивает мобильность и самообслуживание у детей с 7 лет. COPM, включающая 3 параметра (важность задачи, способность выполнять задачу и удовлетворенность

выполнением), применялась для всех пациентов с помощью интервьюирования родителей.

Оценка эффективности проводимой терапии основывалась на динамике балльной оценки по диагностическим шкалам GMFM, НПР, CAT/CLAMS, SCIM.

Распределение в группах по характеру и уровню поражения СМ представлено в таблице 1.

Пояснично-крестцовый уровень поражения СМ был диагностирован у 74,4 % детей (n = 87), преимущественным типом поражения было менингоградикулоцеле у 33,3 % (n = 39). Межгрупповой статистически значимой разницы по уровню поражения и характеру патологии не установлено.

Распределение в группах и возрастных подгруппах по характеру нарушения функций представлено в таблице 2.

Двигательные нарушения в виде снижения мышечной силы установлены у 82,9 % детей с МД (n = 97), ограничения подвижности — у 42,7 % (n = 50), тазовые нарушения — у 79,5 % (n = 93) детей в виде нарушения дефекации и у 97,4 % (n = 114) детей в виде нарушения мочеиспускания. Чувствительность была нарушена у 86,3 % (n = 101) детей. Исходя из таблицы 2, ведущими нарушениями во всех группах были нарушения мышечной силы, чувствительности и мочеиспускания. По результатам комплексного уродинамического исследования

Таблица 1. Распределение в группах по характеру и уровню поражения спинного мозга
Table 1. Distribution in groups according to the nature and level of spinal cord injury

Показатели / Indicators	Категории / Categories	Группа / Group		
		I (n = 42)	II (n = 35)	III (n = 40)
Характер патологии / The nature of the pathology	Рахизизис / Rachisis	4 (9,5)	5 (14,3)	3 (7,5)
	Менингомиелоцеле / Meningomyelocele	6 (14,3)	11 (31,4)	13 (32,5)
	Липоменингомиелоцеле / Lipomeningomyelocele	4 (9,5)	2 (5,7)	2 (5,0)
	Менингоградикулоцеле / Meningoradiculocoele	13 (31,0)	11 (31,4)	15 (37,5)
	Липоменингоградикулоцеле / Lipomeningoradiculocoele	4 (9,5)	2 (5,7)	0 (0,0)
	Диастематомия / Diastatomyelia	4 (9,5)	2 (5,7)	4 (10,0)
	Киста СМ / Spinal cord cyst	1 (2,4)	0 (0,0)	0 (0,0)
	Липома терминальной нити / Lipoma of the terminal filament	3 (7,1)	1 (2,9)	1 (2,5)
	Фиксация СМ / Spinal cord fixation	3 (7,1)	1 (2,9)	2 (5,0)
Уровень поражения / The level of defeat	Нижний грудной / Lower thoracic	3 (7,1)	7 (20,0)	3 (7,5)
	Поясничный / Lumbar	6 (14,3)	2 (5,7)	9 (22,5)
	Пояснично-крестцовый / Lumbosacral	33 (78,6)	26 (74,3)	28 (70,0)

Примечание: данные представлены в виде абсолютного значения и процентного распределения (n).
Note: the data is presented in the form of an absolute value and a percentage distribution (n).

Таблица 2. Распределение в группах по нарушению функции
Table 2. Distribution in groups by functional impairment

Категории / Indicators	Группа/ Group			Подгруппа/ Subgroup		
	I (n = 42)	II (n = 35)	III (n = 40)	A (n = 42)	B (n = 40)	C (n = 35)
b730 Функции мышечной силы / b730 Muscle power functions	54 (96,4)	45 (100)	49 (96)	40 (95,2)	38 (95)	35 (100)
b710 Функции подвижности сустава / b710 Mobility of joint functions	32 (40,9)	30 (57,1)	40 (72,5)	21 (50)	19 (47,5)	27 (77,1)
b2702 Тактильная чувствительность / b2702 Sensitivity to pressure	47 (78,6)	43 (94,3)	46 (92,7)	36 (85,7)	33 (82,5)	32 (91,4)
b620 Функции мочеиспускания / b620 Urination functions	56 (100)	43 (93,7)	50 (97,5)	42 (100)	38 (95)	34 (97,1)
b525 Функции дефекации / b525 Defecation functions	45 (73,5)	41 (88,6)	42 (77,5)	29 (69)	34 (85)	30 (85,7)

Примечание: данные представлены в виде абсолютного значения и процентного распределения (n).
Note: the data is presented in the form of an absolute value and a percentage distribution (n).

у 55,17 % детей ($n = 16$) диагностирован нейрогенный мочевого пузырь, преимущественно это арефлекторный или гиперактивный мочевого пузырь. Межгрупповой статистически значимой разницы в нарушенных функциях не установлено.

Курс физической реабилитации включал лечебные упражнения, вертикализацию, обучение пользованию техническими средствами реабилитации: ортезами, ходунками, колясками. Занятия проводились индивидуально каждый день в течение 30 минут, подбирались задания таким образом, чтобы дети максимально были включены в тренировку и выполняли их самостоятельно. Для детей до возраста 1 года упражнения были направлены на проприоцептивную стимуляцию нижних конечностей, включение их в схему тела и развитие двигательных навыков (переходы из положения лежа, сидение, вставание).

Задача эрготерапии для детей в возрасте до 1 года — подбор развивающих игр, занятий на моторику кистей, развитие зрения и слуха, выбор технических средств реабилитации для занятий. Обучение самостоятельному приему пищи, пользованию приборами, включение в процесс одевания и раздевания начиналось у детей после достижения ими возраста 1 года. С 2-летнего возраста начиналось обучение смене подгузника, а обучению катетеризации начинали с 6-летнего возраста.

МС проводилась на грудном и пояснично-крестцовом уровне в проекции поражения СМ на аппарате «Нейро МС/Д Расширенный Терапевтический» (ООО «Нейрософт», Россия) ритмично с частотой 5 Гц, длительностью 20 минут 5 раз в неделю на протяжении 2 недель (общее количество процедур за курс — 10). Для ЭМС использовался COMPEX SP 2.0 (COMPEX, Швейцария) частотой 50 Гц, силой тока до 1 мА и длительностью стимуляции 20 минут. Мышцы-мишени для ЭМС подбирались индивидуально: для детей с грудным уровнем поражения — паравертебральные мышцы, для детей с поясничным уровнем — мышцы ягодиц, аддукторы бедер, сгибатели и разгибатели бедра, для пояснично-крестцового уровня — ягодичные мышцы, аддукторы бедер, сгибатели и разгибатели голени.

Оценка двигательных и когнитивных нарушений, ограничения активности и участия проводилась с использованием МКФ, представлена в таблице 3.

Статистическая обработка результатов

Статистические вычисления были произведены с использованием программы StatTech v. 4.2.6

(разработчик — ООО «Статтех», Россия). Количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей [Q1, Q3]. Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U -критерия Манна — Уитни. Сравнение трех групп по количественному показателю, распределение которого считалось ненормальным, выполнялось с помощью Краскела — Уоллиса. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Все пациенты ($n = 117$) прошли полный курс медицинской реабилитации длительностью 30 дней, разделенный на 3 сессии по 10 дней. Промежуток между сессиями составлял 13 недель. Была проведена оценка функционирования и ограничения жизнедеятельности до и после реабилитации.

Анализ показателей двигательной функции (b730 Функции мышечной силы) до и после реабилитации представлен в таблице 4.

Межгрупповой статистически значимой разницы в категории b730 Функции мышечной силы при поступлении на реабилитацию не выявлено. Как следует из таблицы 4, во всех 3 группах отмечена положительная динамика в изменении мышечной силы в результате проведенной реабилитации. Различия в изменениях были статистически значимы между группами I и II ($p = 0,046$) и I и III ($p = 0,002$). Не было установлено статистической разницы между возрастными подгруппами внутри групп.

Динамика развития детей до 3 лет по шкале CAT / CLAMS представлена в таблице 5.

При сравнительном анализе категорий CAT / CLAMS при поступлении на реабилитацию не выявлено межгрупповой статистически значимой разницы. Как следует из таблицы 5, показатели моторного и когнитивного развития по CAT / CLAMS у детей с МД в исследуемой когорте имеют статистически значимые изменения на фоне реабилитации. Медицинская реабилитация детей с МД до 3-летнего возраста, получающих реабилитацию по разным протоколам, способствует развитию речевых функций, навыков решения задач, освоению моторики рук и крупных моторных навыков.

Динамика мобильности по GMFM представлена в таблице 6 и независимости по шкале SCIM — в таблице 7.

Таблица 3. Использование МКФ для оценки тяжести двигательных и когнитивных нарушений
Table 3. The use of ICF to assess the severity of motor and cognitive impairments

Степень нарушений по МКФ (в %) / The degree of violations according to the ICF (in %)	Определитель по МКФ/ The ICF determinant	MMFC	НПР (в %)/ NPR (in %)	SCIM (в %)	GMFM (в %)	CAT / CLAMS (в %)
0–24	0–1	4–3	> 75	> 75	> 75	> 75
25–49	2	2	51–75	51–75	51–75	51–75
50–95	3	1	5–50	5–50	5–50	5–50
96–100	4	0	0–4	0–4	0–4	0–4

НЕКРАСОВА А.М. И ДР. | ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Таблица 4. Динамика мышечной силы по шкале Комитета медицинских исследований на фоне реабилитации (b730 Функции мышечной силы)
Table 4. Dynamics of muscle strength according to the scale of the Committee for Medical Research on the background of rehabilitation (b730 Muscle strength functions)

Параметры / Parameters	Группа / Group					
	I (n = 42)		II (n = 35)		III (n = 40)	
	До / Before	После / After	До / Before	После / After	До / Before	После / After
b730 Функции мышечной силы / b730 Muscle Strength Functions	1,85 [1,60; 4,29]	2,85 [1,90; 3,93]	1,57 [0,64; 2,50]	2,00 [1,21; 3,00]	1,71 [1,00; 2,43]	1,79 [1,00; 2,50]
Уровень значимости до и после реабилитации в группе p / The significance level in the group before and after rehabilitation, p	< 0,001		< 0,001		0,005	

Примечание: данные представлены в виде медианы баллов по шкале и межквартильное расстояние (Median [Q1–Q3]). Различия в изменениях показателей между группами I и II — $p = 0,046$, II и III — $p = 0,360$, I и III — $p = 0,002$. При сравнении показателей 3 групп после реабилитации выявлены статистически значимые различия ($p = 0,007$).
Note: the data is presented in the form of the median score on the scale and the interquartile distance (Median [Q1–Q3]). Differences in changes in indicators between groups I and II — $p = 0.046$, II and III — $p = 0.360$, I and III — $p = 0.002$. When comparing the indicators of 3 groups after rehabilitation, statistically significant differences were revealed ($p = 0.007$).

Таблица 5. Динамика нервно-психического развития по шкале CAT / CLAMS, в баллах по шкале
Table 5. Dynamics of neuropsychic development on the CAT / CLAMS scale, in points on the scale

Параметры / Parameters	Группа / Group					
	I (n = 14)		II (n = 14)		III (n = 8)	
	До / Before	После / After	До / Before	После / After	До / Before	После / After
CLAMS	6,00 [5,00; 9,00]	17,00 [14,00; 21,00]	6,00 [4,25; 6,00]	15,00 [10,25; 18,00]	5,00 [4,00; 6,00]	17,00 [9,75; 18,00]
Уровень значимости в группе до и после реабилитации p / The significance level in the group before and after rehabilitation, p	< 0,001		< 0,001		0,008	
CAT	6,00 [5,00; 9,05]	16,00 [12,00; 21,00]	5,00 [3,25; 6,00]	13,00 [12,00; 18,00]	5,50 [3,00; 6,00]	14,00 [10,75; 18,00]
Уровень значимости в группе до и после реабилитации p / The significance level in the group before and after rehabilitation, p	< 0,001		< 0,001		0,008	
GM	5,50 [4,00; 9,00]	11,00 [11,00; 15,00]	5,00 [3,00; 6,00]	11,00 [11,00; 12,00]	5,00 [2,00; 6,00]	11,00 [7,00; 12,25]
Уровень значимости в группе до и после реабилитации p / The significance level in the group before and after rehabilitation, p	0,002		< 0,001		0,018	

Примечание: данные представлены в виде медианы баллов по шкале и межквартильного расстояния (Median [Q1–Q3]). Различия в изменениях показателей в категории CLAMS между группами I и II — $p = 0,187$, II и III — $p = 0,890$, I и III — $p = 0,318$; в категории CAT между группами I и II — $p = 0,296$, II и III — $p = 0,890$, I и III — $p = 0,271$; в категории GM между группами I и II — $p = 0,683$, II и III — $p = 0,726$, I и III — $p = 0,251$. При сравнении показателей 3 групп после реабилитации не выявлены статистически значимые различия ($p = 0,617$).
Note: the data is presented in the form of the median score on the scale and the interquartile distance (Median [Q1–Q3]). Differences in changes in indicators in the CLAMS category between groups I and II — $p = 0.187$, II and III — $p = 0.890$, I and III — $p = 0.318$; in CAT indicators between groups I and II — $p = 0.296$, II and III — $p = 0.890$, I and III — $p = 0.271$; in indicators in the GM category between groups I and II — $p = 0.683$, II and III — $p = 0.726$, I and III — $p = 0.251$. When comparing the indicators of the 3 groups after rehabilitation, no statistically significant differences were found ($p = 0.617$).

Таблица 6. Динамика мобильности по шкале GMFM, в баллах по шкале
Table 6. Dynamics of mobility on the GMFM scale, in points on the scale

Параметры / Parameters	Группы / Group					
	I (n = 42)		II (n = 35)		III (n = 40)	
	До	После	До	После	До	После
GMFM	76,00 [56,42; 94,45]	85,47 [60,20; 100]	60,82 [49,66; 91,25]	56,00 [50,82; 93,16]	62,20 [54,47; 85,16]	59,05 [54,09; 86,91]
Уровень значимости в группе до и после реабилитации, p / The significance level in the group before and after rehabilitation, p	< 0,001		0,001		0,101	

Примечание: данные представлены в виде медианы баллов по шкале и межквартильного расстояния (Median [Q1–Q3]). Различия в изменениях показателей по шкале GMFCS между группами I и II — $p = 0,050$, II и III — $p = 0,826$, I и III — $p = 0,010$. При сравнении показателей 3 групп после реабилитации выявлены статистически значимые различия ($p = 0,026$).

Note: the data is presented in the form of the median score on the scale and the interquartile distance (Median [Q1–Q3]). Differences in changes in GMFCS scores between groups I and II — $p = 0.050$, II and III — $p = 0.826$, I and III — $p = 0.010$. When comparing the indicators of 3 groups after rehabilitation, statistically significant differences were revealed ($p = 0.026$).

Таблица 7. Динамика независимости по шкале SCIM на фоне реабилитации, в баллах по шкале
Table 7. Dynamics of independence on the SCIM scale against the background of rehabilitation, in points on the scale

Параметры / Parameters	Группы / Group					
	I (n = 42)		II (n = 35)		III (n = 42)	
	До / Before	После / After	До / Before	После / After	До / Before	После / After
SCIM	65;00 [50,00; 80,00]	75,00 [62,00; 91,00]	57,00 [45,50; 85,50]	60,00 [54,00; 88,50]	65,00 [50,50; 78,50]	66,00 [51,50; 79,00]
Уровень значимости SCIM в группе до и после реабилитации, p / The significance level of SCIM in the group before and after rehabilitation, p	< 0,001		0,018		0,091	

Примечание: данные представлены в виде медианы баллов по шкале и межквартильного расстояния (Median [Q1–Q3]). Различия в изменениях показателей по шкале SCIM между группами I и II — $p = 0,214$, II и III — $p = 0,631$, I и III — $p = 0,127$. При сравнении показателей 3 групп после реабилитации не выявлены статистически значимые различия ($p = 0,261$).

Note: the data is presented in the form of the median score on the scale and the interquartile distance (Median [Q1–Q3]). Differences in changes in SCIM scores between groups I and II — $p = 0.214$, II and III — $p = 0.631$, I and III — $p = 0.127$. When comparing the indicators of the 3 groups after rehabilitation, no statistically significant differences were found ($p = 0.261$).

При сравнительном анализе данных по GMFM при поступлении на реабилитацию не выявлено межгрупповой статистически значимой разницы. Как следует из таблицы 6, при диагностике по GMFM отмечается достоверное улучшение крупных моторных навыков в I и II группах. Достоверно реабилитация повлияла больше на моторные функции в I группе, чем в II и III группах. Таким образом, можно сделать вывод, что применение ЭМС во время проведения упражнений при реабилитации детей с МД имеет положительное влияние на двигательную активность, а сочетанное применение МС с ЭМС усиливает эффект.

При сравнительном анализе данных по шкале SCIM при поступлении на реабилитацию не выявлено статистически значимых межгрупповых различий. Как следует из таблицы 7, при диагностике по шкале SCIM отмечается достоверное улучшение независимости в I и II группах. Межгрупповой статистически значимой разницы в динамике независимости не установлено. Таким образом, нельзя сказать, что какая-то из этих программ достоверно имеет преимущество для повышения независимости у детей с МД.

В настоящем исследовании сравнивались три протокола медицинской реабилитации у детей с МД. Во всех группах тренировки были направлены на укрепление и оптимизацию сохраненных моторных функций. Целенаправленное обучение, поддержание собственной двигательной активности и стимулирование сенсорных систем позволяет успешно осваивать навыки в раннем возрасте [15]. Вероятно, акцентирование внимания на нижние конечности во время тренировок позволило достичь лучших результатов в двигательных навыках, это согласуется с мнением о том, что повышение внимания к парализованным частям тела может быть эффективным методом у детей с МД, позволяющим улучшить их понимание и узнавание своего тела [16]. Впервые была описана и применена программа реабилитации при МД у детей, включающая сочетанное применение МС и ЭМС во время выполнения физических упражнений.

Установлено, что медицинская реабилитация повышает мышечную силу вне зависимости от возраста пациентов с МД и используемых технологий, но сочетанное применение МС с ЭМС во время выполнения целенаправленных упражнений более эффективно [6, 9, 17]. Вероятно, воздействие МС на СМ облегчает проведение афферентных и эфферентных импульсов по нему, способствуя лучшему ответу мышц на МС

и ЭМС [17]. Повышение мышечной силы у детей с МД подтверждает мнение, что периферическая МС запускает массивные проприоцептивные афференты при воздействии на мышцы, способствуя повышению мышечной массы и силы [18, 19]. Вероятно, повышение мышечной силы в тренируемых мышечных группах позволило достичь лучших результатов моторного развития, отмеченного динамикой показателей GMFM у детей старше 3-летнего возраста в I и II группах. Таким образом, можно сделать вывод, что применение МС в сочетании с ЭМС во время проведения упражнений при реабилитации детей с МД имеет положительное влияние на двигательные навыки.

Занятия с эрготерапевтом и освоение двигательных функций способствуют овладению навыками самообслуживания. Двигательное обучение способствует независимости при выполнении самообслуживания, что продемонстрировано динамикой показателей SCIM у всех пациентов, при этом у детей, получающих лечение в I и II группах, результаты лучше.

В данном исследовании не стояло задачи оценить изменение тазовых функций в результате медицинской реабилитации. Известно, что МС применяют при лечении гиперактивного мочевого пузыря [17]. Опубликованы результаты исследования и описано положительное влияние применения МС при гиперактивном мочевом пузыре у детей, но нет доступных исследований применения МС при МД у детей.

Данное исследование ограничено малой выборкой и неравномерным распределением пациентов по типу и уровню поражения СМ между группами, длительностью реабилитации. Исследование будет продолжено, что расширит возможности для анализа данных и увеличит в дальнейшем статистическую значимость результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Медицинская реабилитация способствует освоению двигательных навыков у детей с МД с раннего возраста и улучшению самообслуживания у детей в возрасте старше 1 года. Реабилитация с включением МС и ЭМС во время выполнения целенаправленных упражнений способствует лучшему освоению двигательных навыков. Принимая во внимание высокую эффективность программы комплексной реабилитации у пациентов I и II группы, рекомендуется включать сочетанное применение физических упражнений с ЭМС, МС, эрготерапией в реабилитационный план у детей с МД.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Некрасова Анна Михайловна, врач физической и реабилитационной медицины, ООО «Казанский институт травматологии и ортопедии», аспирант кафедры реабилитологии и спортивной медицины, Казанская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО «РМАНПО» Минздрава России.

E-mail: kafedra-reabil-kgma@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8632-6236>

Бодрова Резеда Ахметовна, доктор медицинских наук, главный внештатный специалист по медицинской реабилитации Минздрава Республики Татарстан, доцент, заведу-

ющая кафедрой реабилитологии и спортивной медицины, Казанская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО «РМАНПО» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3540-0162>

Нефедьева Дарья Леонидовна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры реабилитологии и спортивной медицины, Казанская государственная медицинская академия — филиал ФГБОУ ДПО «РМАНПО» Минздрава России, доцент, филиал Казанского (Приволжского) федерального университета в г. Джизаке.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0609-3178>

Вклад авторов. Все авторы подтверждают свое автор-

ство в соответствии с международными критериями ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации). Наибольший вклад распределен следующим образом: Некрасова А.М. — научное обоснование, методология, проведение исследования, анализ данных, написание черновика рукописи; Бодрова Р.А. — курирование научного проекта, научное обоснование исследования; Неведьева Д.Л. — верификация данных, редактирование текста статьи.

Источники финансирования. Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическое утверждение. Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом Казанской государственной медицинской академии — филиала ФГБОУ ДПО «РАМНПО» Минздрава России (протокол № 3/10 от 22.10.2020).

Доступ к данным. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по обоснованному запросу у корреспондирующего автора.

ADDITIONAL INFORMATION

Anna M. Nekrasova, Physician of Physical and Rehabilitation Medicine, «Kazan Institute of Traumatology and Orthopedics» LLC, Postgraduate Student of the Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Kazan State Medical Academy — Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education.

E-mail: kafedra-reabil-kgma@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8632-6236>

Rezeda A. Bodrova, D.Sc. (Med.), Chief Freelance Specialist in Medical Rehabilitation of the Ministry of Health of the Republic of Tatarstan, Associate Professor of the Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Head of the Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Kazan State Medical Academy — Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3540-0162>

Darya L. Nefedeva, Ph.D. (Med.), Associate Professor of the Department of Rehabilitation and Sports Medicine, Kazan State Medical Academy — Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Associate Professor, Branch of the Kazan (Volga Region) Federal University in the city of Jizzakh.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0609-3178>

Author Contributions. All authors acknowledge authorship according to the ICMJE international criteria (all authors made significant contributions to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication). The largest contribution was distributed as follows: Nekrasova A.M. — collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text, Bodrova R.A. — general guidance, Nefedeva D.L. — editing the article.

Funding. This study was not supported by any external funding sources.

Disclosure. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Ethics Approval. The authors declare that all procedures used in this article are in accordance with the ethical standards of the institutions that conducted the study and are consistent with the 2013 Declaration of Helsinki. The study was approved by the Local Ethics Committee of the Kazan State Medical Academy — Branch Campus of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Protocol No. 3/10 dated 22.10.2020.

Data Access Statement. The data that support the findings of this study are available on reasonable request from the corresponding author.

Список литературы / References

1. Avagliano L., Massa V., George T.M., et al. Overview on neural tube defects: From development to physical characteristics. *Birth Defects Res.* 2019; 111(19): 1455–1467. <https://doi.org/10.1002/bdr2.1380>
2. Ivanyi B., Schoenmakers M., van Veen N., et al. The effects of orthoses, footwear, and walking aids on the walking ability of children and adolescents with spina bifida: A systematic review using International Classification of Functioning, Disability and Health for Children and Youth (ICF-CY) as a reference framework. *Prosthet Orthot Int.* 2015; 39(6): 437–443. <https://doi.org/10.1177/0309364614543550>
3. Smythe T., Freeze L., Cuthel A., et al. Provision of rehabilitation for congenital conditions. *Bull World Health Organ.* 2022; 100(11): 717–725. <https://doi.org/10.2471/BLT.22.288147>
4. Harris C.J., Lemack G.E. Neurourologic dysfunction: evaluation, surveillance and therapy. *Curr Opin Urol.* 2016; 26(4): 290–294. <https://doi.org/10.1097/MOU.0000000000000290>
5. Phillips L.A., Burton J.M., Evans S.H. Spina Bifida Management. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care.* 2017; 47(7): 173–177. <https://doi.org/10.1016/j.cppeds.2017.06.007>
6. Chipchase L.S., Schabrun S.M., Hodges P.W. Peripheral electrical stimulation to induce cortical plasticity: a systematic review of stimulus parameters. *Clin Neurophysiol.* 2011; 122(3): 456–463. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2010.07.025>
7. Bonfert M.V., Meuche A., Urban G., et al. Feasibility of Functional Repetitive Neuromuscular Magnetic Stimulation (frNMS) Targeting the Gluteal Muscle in a Child with Cerebral Palsy: A Case Report. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2023; 43(3): 338–350. <https://doi.org/10.1080/01942638.2022.2138732>
8. Aizawa C.Y., Morales M.P., Lundberg C., et al. Conventional physical therapy and physical therapy based on reflex stimulation showed similar results in children with myelomeningocele. *Arq Neuropsiquiatr.* 2017; 75(3): 160–166. <https://doi.org/10.1590/0004-282X20170009>
9. Karmel-Ross K., Cooperman D.R., Van Doren C.L. The effect of electrical stimulation on quadriceps femoris muscle torque in children with spina bifida. *Phys Ther.* 1992; 72(10): 723–730. <https://doi.org/10.1093/ptj/72.10.723>

10. Russell D.J., Wright M., Rosenbaum P.L., Avery L.M. Gross Motor Function Measure (GMFM-66 & GMFM-88) User's Manual 2nd Edition Clinics in Developmental Medicine. *Dev Med Child Neurol*, 2024; 57: 1188–1188. <https://doi.org/10.1111/dmcn.12547>
11. Скворцов И.А. Иллюстрированная неврология развития. Москва: МЕДпресс-информ, 2014; 352 с. [Skvorcov I.A. *Ilyustrirovannaya nevrologiya razvitiya*. Moskva: MEDpress-inform, 2014; 352 s. (In Russ.)]
12. Capute A.J., Palmer F.B., Shapiro B.K., et al. Clinical linguistic and auditory milestone scale: Prediction of cognition in infancy. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 1986; 28(6): 762–771. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1986.tb03930.x>
13. Pasquale J. Accardo, Arnold J. Capute, Paul H. The Capute Scales: Cognitive Adaptive Test/clinical Linguistic & Auditory Milestone Scale (CAT/CLAMS). Brookes Publishing Company; 1st edition. 2005; 136 p.
14. Catz A., Itzkovich M. Spinal Cord Independence Measure: Comprehensive ability rating scale for the spinal cord lesion patient. *J Rehabil Res Dev*. 2007; 44(1): 65–68. <https://doi.org/10.1682/jrrd.2005.07.0123>
15. Blauw-Hospers C.H., Dirks T., Hulshof L.J., et al. Pediatric physical therapy in infancy: from nightmare to dream? A two-arm randomized trial. *Phys Ther*. 2011; 91(9): 1323–1338. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100205>
16. Mano H., Fujiwara S., Yabuki S., et al. Visual attention to their own paralytic limbs in children with spina bifida: Measurement of gaze direction using eye tracking. *Pediatr Int*. 2022; 64(1): e15037. <https://doi.org/10.1111/ped.15037>
17. Wang Y., Dong, T., Li X., et al. Research progress on the application of transcranial magnetic stimulation in spinal cord injury rehabilitation: a narrative review. *Front Neurol*. 2023; 14: 1219590. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1219590>
18. Beaulieu L.D., Schneider C. Effects of repetitive peripheral magnetic stimulation on normal or impaired motor control. A review. *Neurophysiol Clin*. 2013; 43(4): 251–260. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2013.05.003>
19. Baek J., Park N., Lee B., et al. Effects of Repetitive Peripheral Magnetic Stimulation Over Vastus Lateralis in Patients After Hip Replacement Surgery. *Ann Rehabil Med*. 2018; 42(1): 67–75. <https://doi.org/10.5535/arm.2018.42.1.67>