УДК 616.831-009.12-053.2+616.832:615,84(048.8)

# ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ И СПИНАЛЬНАЯ СТИМУЛЯЦИЯ В КОМПЛЕКСНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ДЦП

**[1]Звозиль А.В., [1]Моренко Е.С., [1]Виссарионов С.В., [1]Умнов В.В., [2,3]Мошонкина Т.Р., [2,3]Герасименко Ю.П., [1]Баиндурашвили А.Г.**

*[1]ФГБУ «Научно-исследовательский детский ортопедический институт им. Г.И. Турнера» Министерства здравоохранения РФ, Санкт-Петербург, e-mail: turner01@mail.ru;*
*[2]ФГБУН «Институт физиологии им. И.П. Павлова» Российской академии наук, Санкт-Петербург;*
*[3]ООО «Косима», Санкт-Петербург,*
*e-mail: partgerm@yandex.ru*

Проведен литературный обзор по применению электростимуляции спинного мозга в клинической практике. Представлен механизм воздействия электрического тока на спинной мозг при стимуляции, а также результаты исследователей по применению электростимуляции при спастических состояниях. Даны сведения и перспективы по использованию электростимуляции.

**Ключевые слова: стимуляция, детский церебральный паралич, спастичность**

# FUNCTIONALIS AND SPINAL STIMULATOIN IN THE COMPLEX REHABILITATION OF PATIENTS WITH CEREBRAL PALSY

**[1]Zvozil A.V., [1]Morenko E.S., [1]Vissarionov S.V., [1]Umnov V.V., [2,3]Moshonkina T.R., [2,3]Gerasimenko Y.P., [1]Baindurashvili A.G.**

*[1]The Turner Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics' of Ministry of Health of the Russian Federation, Saint-Petersburg, e-mail: turner01@mail.ru;*
*[2]Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg;*
*[3]«Kosima» LLC, Saint-Petersburg, e-mail: partgerm@yandex.ru*

The literary review on application of electrostimulation of a spinal cord in clinical practice is lead. The mechanism of influence of an electric current on a spinal cord is submitted at stimulation, and also results of researchers on application of electrostimulation at spastic conditions. Data and prospects on use of electrostimulation are given.

**Keywords: stimulation, cerebral palsy, spasticity**

В последние десятилетия проблема лечения детского церебрального паралича (ДЦП) приобрела большую актуальность и социальную значимость в связи с распространенностью этого заболевания, приводящего к тяжелой и пожизненной инвалидизации [2]. Согласно статистическим данным научно-исследовательского детского ортопедического института им. Г.И. Турнера [12, 19] больные с ДЦП составляют 2% среди всех детей ортопедического профиля, а его распространённость в России – 1,7–5,9:1000 новорожденных [20]. Частота этого заболевания имеет отчетливую тенденцию к увеличению данной категории пациентов по мере выхаживания детей с небольшой массой тела. Эта ситуация связана с тем, что среди родившихся детей с массой менее 1001 грамм доля пациентов с ДЦП составляет 24% [28]. Значительный уровень инвалидизации больных данной категории отмечен всеми авторами и составляет до 70% [12]. Среди различных форм ДЦП до 80% составляют спастические формы [2].

Спастичность мышц у пациентов с ДЦП приводит к ограничению объема активных и пассивных движений, что вызывает нарушения моторного развития ребенка, затрудняя формирование новых двигательных навыков. В дальнейшем спастичность ведет к формированию тонических, а затем и фиксированных контрактур.

Двигательная реабилитация детей с ДЦП является многокомпонентной и включает занятия лечебной физкультурой, специальные методики массажа, физиотерапевтическое лечение, терапию специальными положениями конечностей с использованием различных укладок, применение фиксирующих аппаратов для ходьбы, специальных облегчающих двигательную активность ребенка костюмов. В последнее время в восстановительной терапии пациентов с ДЦП для обучения ходьбе используются роботизированные комплексы-тренажёры. Несмотря на достигнутые успехи, эти больные нуждаются в применении новых эффективных методик реабилитации.

Учитывая наличие у больных ДЦП значительного количества функционально ослабленных мышц, представляется актуальным применение дополнительно

к остальным процедурам различных способов их электростимуляции. Наиболее распространённые среди них – электростимуляция мышц, нервов, а также спинного мозга, которые могут оказывать дополнительное влияние в общей структуре комплексного лечения различных двигательных расстройств.

Целью данного исследования явился анализ результатов функциональной и спинальной стимуляции у пациентов с ДЦП в комплексной структуре восстановительного лечения по литературным источникам.

В последние годы появились исследования, свидетельствующие о возможностях эффективной нейрореабилитации больных с патологией центральной нервной системы путем стимуляции центральных нервных структур [4, 14]. Воздействие на нервную систему производят с помощью деструкции, хронической электростимуляции, локального подведения биологически активных веществ и тканевой терапии (нейротрансплантации).

Важность способа лечения с применением электрического тока с целью повышения активности или восстановления функций поврежденных органов и тканей была показана во многих работах по стимуляции глубинных структур мозжечка, спинного мозга, периферических нервных стволов и корешков [4, 24].

В настоящее время накоплен достаточный опыт использования электростимуляции в лечении последствий заболеваний и травм спинного мозга, проявляющихся двигательными нарушениями, повышением мышечного тонуса и тазовыми расстройствами [6, 10]. Появились сообщения о положительном влиянии электростимуляции спинного мозга и его корешков и на результаты лечения дискогенной радикуломиелоишемии [22].

Под электростимуляцией двигательных нервов и мышц понимают применение электрического тока с целью возбуждения или усиления деятельности указанных структур. Электрический ток изменяет концентрацию тканевых ионов клеточной оболочки и меняет ее проницаемость, таким образом, действует по типу естественных биотоков. Лечебное действие электростимуляции связывают с усилением притока крови к сокращающимся мышцам и улучшением венозного оттока, что сопровождается местным усилением обменных и пластических процессов, а также с повышением функциональной активности центральной нервной системы. Положительное влияние определенных параметров импульсного тока на течение репаративных процессов в нервной ткани послужило толчком для широкого применения электростимуляции различных структур центральной и периферической нервной системы [5, 18]. Электрические стимулы определенных параметров, воздействуя на нервную ткань, имитируют в известной степени собственные нервные импульсы и тем самым улучшают проводимость нерва [4, 22, 30].

Основой для широкого применения терапевтической электростимуляции в клинической практике является ее способность влиять на состояние мембран нейронов и миоцитов, когда искусственный электрический сигнал заменяет естественный нервный импульс и вызывает мышечное сокращение [1, 31]. Предполагается, что электростимуляция изменяет функциональное состояние нейронов спинного мозга, ускоряет регенерацию сохранных его структур, уменьшает явления «спинального шока» и этим способствует улучшению неврологических функций [4, 5, 7].

Экспериментальные и клинические данные свидетельствуют о позитивном влиянии электростимуляции спинного мозга на спинальное и периферическое кровообращение. Доказано, что электростимуляция спинного мозга оказывает сосудистые эффекты, сходные с симпатэктомией, вследствие чего способствует вазодилатации, улучшает микроциркуляцию в стимулируемых сегментах спинного мозга, повышает уровень периферического кровообращения, что создает благоприятные условия для развития регенеративных процессов [9, 11, 29]. Исследователи доказали, что электростимуляция оказывает положительное воздействие на трофику и регенерацию нервной ткани за счет улучшения микроциркуляции, что способствовало повышению устойчивости нейрональных структур к повреждающему воздействию биологически активных веществ и аутоантител. В результате запуска этих процессов облегчается реализация аксонального транспорта и синаптическая передача [4, 5, 7, 16, 17, 33].

Несмотря на то, что более конкретный механизм действия электростимуляции спинного мозга еще не ясен, этот метод лечения активно внедряется в клиническую практику [17, 21, 33]. В настоящее время в литературе имеются немногочисленные исследования, посвященные вопросам функциональной и спинальной электро-

стимуляции у пациентов детского возраста с ДЦП. Большинство из этих работ оценивают влияние электростимуляции на состояние мышц нижних конечностей и баланса туловища с точки зрения двигательной активности данной категории больных.

Электрическая стимуляция была впервые применена для лечения спастических параличей еще Дюшеном в 1871 году. С тех пор при лечении пациентов с мышечным гипертонусом путем электростимуляции мышц и нервных структур используется накожное, подкожное, эпидуральное расположение электродов, а также их перонеальная имплантация.

Доказана эффективность поверхностной электростимуляции у больных с постинсультной спастической гемиплегией. Механизм влияния электростимуляции на повышенный мышечный тонус связывают с нейротрансмиттерной модуляцией на сегментарном уровне. Снижение мышечного тонуса обычно временное, наблюдается в пределах нескольких часов после проведения процедуры. Режимы воздействия, как и параметры электростимулирующего тока, зависят от этиологии и локализации паралича.

Электростимуляция мышц при спастических параличах проводится главным образом с целью создания целенаправленной интенсивной афферентации со стимулируемых мышц, что способствует растормаживанию временно инактивированных нервных элементов вблизи очага деструкции, а также помогает в тренировке новых двигательных навыков, улучшает трофику мышечной ткани. При спастических параличах рекомендуется стимуляция антагонистов спастичных мышц, поскольку «электрогимнастика» гипертоничных мышц может вызвать дополнительное повышение мышечного тонуса. Чаще всего стимуляцию проводят токами повышенных частот, поскольку низкочастотные токи, обладая значительным раздражающим действием на кожу, вызывают болезненные ощущения, что может также способствовать усилению гипертонуса.

После того как A. Cook и S. Weinstein впервые сообщили в 1973 году о снижении спастичности во время электростимуляции спинного мозга, началось клиническое применение данной методики для лечения спастичности. Лучшие результаты в лечении пациентов со спастическими параличами на начальном этапе применения методики электростимуляции были достигнуты J.M. Waltz, который в 1985 году наряду с другими положительными эффектами ее воздействия, отметил исчезновение или значительное снижение спастичности аддукторов у всех без исключения больных [34].

Наиболее бурно и интенсивно научные исследования, посвященные стимуляции мышц и нервных структур у пациентов с различными формами ДЦП, начинаются развиваться в 2000 годах.

По данным научно-исследовательского института нейрохирургии им. академика Н.Н. Бурденко 6 пациентам с ДЦП, у которых имел место фармакорезистентный спастический синдром, была применена методика спинальной стимуляции путем хирургической имплантации электродов. У 4 детей отмечался нижний спастический парапарез, у 2 – тетрапарез. Все пациенты имели перекрест нижних конечностей и тоническую эквинусную контрактуру стоп. Этой группе больных была осуществлена имплантация электродов в заднее эпидуральное пространство спинного мозга на уровне Th10 – Th12 позвонков. В послеоперационном периоде на фоне сеансов высокочастотной электростимуляции спинного мозга 1–2 раза в сутки у всех пациентов отмечено устойчивое снижение мышечного тонуса в нижних и верхних конечностях. В течение ближайшей недели прослеживался регресс эквинусной установки стоп и перекреста нижних конечностей. В катамнезе у всех больных сохранялся стойкий клинический эффект. По данным стимуляционной миографии у всех больных отмечалось торможение Н-рефлекса и снижение соотношения Н/М до уровня нормы (60–80 %). Согласно этому исследованию установлено, что в среднем для поддержания мышечного тонуса на близком к норме уровне было достаточно 1 сеанса электростимуляции спинного мозга в сутки [25].

А.В. Декопов и А.Г. Бриль, оценив результаты своих исследований, пришли к выводу, что для эффективного снижения мышечного тонуса больным со спастическими формами ДЦП требуется от 3 до 6 сеансов электростимуляции спинного мозга в сутки. Длительность одного сеанса в среднем составляет примерно 10–20 мин. У части больных ДЦП (около 20 %) через 1–2 года после операции возможна полная отмена процедуры ввиду нормализации мышечного тонуса. В том случае, если через полгода после прекращения электростимуляции спинного мозга мышечный тонус сохраняется на уровне нормы, возможно удаление

нейростимулятора [8]. Положительные результаты в виде появления возможности стоять, ходить или производить другие действия, необходимые в повседневной жизни, были зафиксированы у 73 % пациентов, при этом никаких улучшений не было замечено лишь у 15 % больных. Максимальный эффект был получен при имплантации электродов в цервикальной области на уровне C2–C4 позвонков [8].

K.S. Xu с соавторами опубликовали результаты рандомизированного исследования, посвященного влиянию электростимуляции периферических нервов, иннервирующих мышцы нижних конечностей, на улучшение двигательной функции у детей с ДЦП. В исследовании участвовало 78 детей в возрасте от 36 до 58 месяцев. В течение 6 недель дети из первой группы (40 человек) получали не только комплекс упражнений для укрепления мышц нижних конечностей, но также курс электростимуляции мышц. Дети из второй группы (30 человек контрольной группы) получили лишь комплекс упражнений. Согласно полученным результатам, у детей из первой группы отмечалось значительное снижение уровня спастичности в нижних конечностях, а также улучшение двигательной функции по сравнению с контрольной группой [35].

С.Н. Барбаева опубликовала результаты своего исследования, целью которого было повышение эффективности лечения больных ДЦП в форме спастической диплегии. Под наблюдением находилось 130 пациентов с данным диагнозом в возрасте от 3 до 14 лет, из них 76 мальчиков и 54 девочки. На основании полученных данных авторы считают целесообразным включение нейроэлектростимуляции в комплекс реабилитационных мероприятий больных ДЦП в связи с тем, что этот метод способствует улучшению состояния больного, увеличивает количество положительных эффектов в клинической картине, что подтверждалось результатами электрофизиологических исследований [3].

Позднее в 2009 году К.А. Петрушанская и А.С. Витензон описали методику исследования биомеханических и электромиографических параметров ходьбы больных с диплегической формой ДЦП, а также выявили показания для функциональной электростимуляции мышц при ходьбе. Авторами были обследованы 25 пациентов с диплегической формой ДЦП, для которых была типична комбинация пареза, преимущественно мышц-разгибателей, со спастичностью мышц-сгибателей нижних конечностей. Больные ходили на полусогнутых, приведенных и ротированных внутрь нижних конечностях с опорой на передние отделы стоп. При этом передвижение сопровождалось сильными раскачиваниями туловища относительно фронтальной, сагиттальной и горизонтальной плоскостей. Важнейший элемент патологической походки – сгибательная контрактура нижних конечностей в течение опорной фазы шага – почти в 2/3 наблюдений имела установочный характер и только у 1/3 пациентов была обусловлена фиксированными деформациями в суставах нижних конечностей. Для оценки двигательной активности пациентов в процессе ходьбы исследователями был применен комплекс биомеханических и электрофизиологических методов: электроподография, электрогониография, электродинамография и количественная электромиография [23]. В ходе проведенной работы установлено, что наилучший лечебный эффект достигался при комбинированной четырехканальной электростимуляции больших ягодичных мышц в первой половине опорной фазы и электростимуляции передних большеберцовых мышц в конце опорной и в течение переносной фаз. В результате курса электростимуляции мышц при ходьбе продемонстрировано положительное влияние лечения на процесс двигательной реабилитации больных с диплегической формой ДЦП [23].

Положительный эффект от функциональной электростимуляции мышц у детей с ДЦП также был получен S.S. Alabdulwahab и M. Al-Gabbani. В своей работе они изучали влияние электростимуляции мышц-аддукторов на уменьшение их спастичности и, как следствие, улучшение походки у детей со спастической диплегией. В результате проведенного исследования отмечалось уменьшение спастичности в мышцах-аддукторах, а также улучшение походки у детей с спастической диплегией [26].

Вопрос эффективности и целесообразности совместного применения у детей с ДЦП электростимуляции мышц и курса физиотерапии в своей работе обсуждали также и B.K. Arya с соавторами. В исследовании участвовали 10 пациентов в возрасте от 7 лет до 14 лет с диагнозом спастическая диплегия, гемипарез, которые были разделены на две группы. В обеих группах дети получали физиотерапевтическое лечение, направленное на укрепление мышц ниж-

них конечностей. В дополнение к этому пациенты второй группы получали электростимуляцию четырехглавой мышцы бедра и передней большеберцовой мышцы голени в течение четырех недель. Результаты данного исследования показали, что совместное использование электростимуляции мышц и физиотерапии более эффективно улучшает двигательную функцию у детей, по сравнению с обычным использованием физиотерапии [27].

Т.В. Кулишова и А.Н. Каркавина оценили эффективность комплексного лечения детей с ДЦП, получавших кроме традиционного комплекса консервативного лечения функциональную стимуляцию мышц нижних конечностей. Под их наблюдением находилось 45 пациентов с ДЦП со спастической диплегией. На фоне комплексной терапии, включающий занятия лечебной физкультурой, массаж, ортопедические укладки, пациенты получали многоканальную программируемую низкочастотную электростимуляцию мышц нижних конечностей при ходьбе в медленном темпе. В результате проведенного исследования установлено, что при использовании сочетанной терапии, включающей стимуляцию мышц, были получены результаты, свидетельствующие об улучшении вертикальной устойчивости больных [13].

M.T. Yıldızgören совместно со своими коллегами оценивали в работе влияние электростимуляции мышц на амплитуду движений в суставах кисти у детей с ДЦП. В исследовании приняли участие 24 пациента (14 мальчиков и 10 девочек) в возрасте от 5 лет до 14 лет. Пациентов разделили на две группы (исследуемую и контрольную). В течение 6 недель дети исследуемой группы, кроме обычных упражнений на увеличение амплитуды движений в суставах кисти, получали 30-минутные ежедневные сеансы электростимуляции мышц. На основании полученных результатов было установлено, что по сравнению с контрольной группой пациентов, дети которой не получали электростимуляцию мышц, у больных из исследуемой группы произошло значительное увеличение амплитуды движений в суставах кисти, а также отмечалось снижение спастичности во всех группах мышц верхней конечности [36]. Подобный положительный эффект получили N. Postans, P. Wright, которые исследовали результат применения электростимуляции мышц для уменьшения контрактур в лучезапястном и локтевом суставах у детей с ДЦП [32].

В последние годы, как показали исследования, физиологическая активность электростимуляции может быть усилена при использовании автоматического стимулятора с биологической обратной связью, что уже находит широкое применение у детей с ДЦП и последствиями полиомиелита [15].

Таким образом, в результате проведенного анализа работ, посвященных электростимуляции мышц и нервных структур у пациентов детского возраста с ДЦП, установлено, что во всех исследованиях отмечена положительная эффективность этой методики в комплексном лечении больных со спастическими параличами. Улучшения в двигательной сфере у пациентов с ДЦП после проведенной электростимуляции заключались в снижении спастичности и увеличении силы мышц, на которые осуществлялось воздействие, увеличение амплитуды движений как в суставах нижних, так и верхних конечностей после проведенного лечения, а также улучшение баланса туловища в пространстве и появление возможности к самостоятельному передвижению. Несомненно, представленные результаты исследований различных авторов требуют дальнейшего уточнения и проведения дополнительных исследований в этой области. Немногочисленные работы в области электростимуляции мышц и нервных структур у пациентов с ДЦП лишний раз доказывают актуальность и значимость этой проблемы, а также нерешенность многих вопросов и необходимость поиска дальнейших путей ее развития.

*Работа выполнена в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» по лоту шифр 2014-14-576-0057-5010.*

**Список литературы**

1. Багель Г.Е. Электростимуляция и электродиагностика синусоидальными модулированными токами при центральных и периферических парезах: Автореф. дисс. ... к.м.н. – СПб., 1983.

2. Бадалян Л.О. Детская неврология. – М.: МЕДпресс-информ, 2001. – 608 с.

3. Барбаева С.Н. Применение нейроэлектростимуляции в комплексной реабилитации больных детским церебральным параличом // Физиотерапия Бальнеология Реабилитация. – 2007. – № 3. – С. 37–39.

4. Бехтерева Н.П. Электрическая стимуляция мозга и нервов у человека. – Л.: Наука, 1990. – 263 с.

5. Благоразумова Г.П. Электростимуляция спинного мозга при спондилогенных миелорадикулоишемиях: Автореф. дисс. ...к.м.н. – СПб., 1998.

6. Гусева Н.Б. Коррекция нарушений функции мочевого пузыря в консервативном и оперативном лечении детей

с недержанием мочи при миелодисплазии: Автореф. дисс. ... д. м. н. – М., 2007.

7. Даминов М.Р., Кокин Г.С. Даминов Р.Г. О пользе электростимуляции / Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А.Л. Поленова. – СПб., 1999. – С. 23–28.8. Декопов А.В., Бриль А.Г., Виноградов А.В., Куренков А.В. Нейрохирургическое лечение спастического синдрома у детей с детским церебральным параличом // Журнал неврологии и психиотрии. – 2012. – № 7. – С. 34–39.

9. Иванова Т.Н., Тиходеев С.А. Методические аспекты изучения спинального и периферического кровообращения у больных с заболеваниями и травмами позвоночника, осложненными спинномозговыми расстройствами // Туберкулез как объект научных исследований: Сб. тр. НИИФ. – СПб, 1994. – Т. 11. – С. 161–165.

10. Игнатьев Р.О. Эффективность малоинвазивных хирургических методов лечения расстройств эвакуаторной функции толстой кишки у детей с миелодисплазией: Автореф. дисс. ... к.м.н. – М., 2003.

11. Кандель Э.И. Лечение болевых синдромов методом хронической электростимуляции задних столбов спинного мозга // Вопр. нейрохир. – 1986. – № 2. – С. 41–47.

12. Клименко В.А. Двигательные нарушения и сопутствующие синдромы у детей с церебральными параличами, их коррекция и профилактика в условиях ортопедического стационара: Автореф. дис. … д-ра мед. наук. – СПб., 1993. – 78 с.

13. Кулишова Т.В., Каркавина А.Н. Стабилографическая оценка эффективности комплексного лечения больных детским церебральным параличом в форме спастической диплегии в поздней резидуальной стадии // Теория и практика науки третьего тысячилетия: сборник статей. – 2014. – С. 301–307.

14. Лившиц А.В. Электростимуляция спинного мозга // Вопр. нейрохир. – 1977. – № 5. – С. 7–13.

15. Лукша Л.В. Лазеротерапия и электростимуляция в лечении больных остеохондрозом позвоночника с двигательными нарушениями: Автореф. дисс. ... к.м.н. – Томск, 2003.

16. Макаровский А.Н. Электроспинонейрография и электростимуляция спинного мозга в диагностике и хирургическом лечении спинномозговых расстройств при туберкулезе позвоночника: Автореф. дисс. ... к.м.н. – СПб., 1992.

17. Макаровский А.Н., Гарбуз А.Е., Герасименко Ю.П., Митусов А.Д. Комплексное электронейрофизиологическое лечение спинальных больных (туберкулез, остеомиелит, последствие вертебро-спинальной травмы): Метод. рекоменд, 1996. – 21 с.

18. Медведев СВ., Гурчин Ф.А., Хилько В.А. и др. Лечебные электростимуляции спинного мозга при его поражениях // Вопр. нейрохир. – 1989. – № l. – С. 48–49.

19. Мирзоева И.И.., Конюхов М.П. – Ортопедия детей первого года жизни. – Л.: Медицина, 1983. – 128 с.

20. Никитина Н.М. Детский церебральный паралич. – М.: Медицина, 1979. – 116 с.

21. Нинель В.Г. Электростимуляция спинного мозга в лечении тяжких синдромов туловища и конечностей нейрогенной природы: Автореф. дисс. ... д. м. н. – М., 1994.

22. Олейник А.Д. Электростимуляция корешков спинного мозга при дискогенных пояснично-крестцовых радикуломиелоишемиях: Автореф. дисс. ... к.м.н. – Л., 1990.

23. Петрушанская К.А., Витензон А.С. Восстановительное лечение больных детским церебральным параличом посредством функциональной электростимуляции мышц при ходьбе // Журнал неврологии и психиатрии. – 2009. – № 1. – С. 27–34.

24. Степаненко И.В. Восстановительная электростимуляция нервных структур у больных с нарушением двигательных функции при поражениях нервной системы: Автореф. дисс. … к.м.н. – Киев.

25. Шабалов В.А., Декопов А.В., Трошина Е.М. Предварительные результаты лечения спастических форм детского церебрального паралича методом хронической эпидуральной нейростимуляции поясничного утолщения спинного мозга // Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко. – 2006. – № 3. – С. 10–13.

26. Alabdulwahab S., Al-Gabbani Transcutaneous electrical nerve stimulation of hip adductors improves gait parameters of children with spastic diplegic cerebral palsy // NeuroRehabilitation. – 2010. – Vol. 26. – P. 155.

27. Arya B. K., Mohapatra J., Subramanya K., Prasad H., Kumar R., Mahadevappa M. Surface EMG analysis and changes in gait following electrical stimulation of quadriceps femoris and tibialis anterior in children with spastic cerebral palsy // Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. – 2012.

28. Blitz R.K. et al. (1997). – In: Скворцов И.А., Ермоленко Н.А. Развитие нервной системы у детей в норме и патологии. – М.: МЕДпресс-информ, 2003. – 368 с.

29. Caneschi G., Messina A.L., Cazzaniga P., Frigeni G. Cervical spinal cord stimulation in experimental vasospasm // Stereotact. Func. Neurosurg. Appl. Neurophysiol. – 1992. – Vol. 59, № 1. – P. 80–83.

30. North R.B., Campbell J.N., James C.S. et al. Failed back surgery syndrome; five year follow – up in 102 patients reoperation //Neurosurgery. – 1991. – Vol. 28. – P. 685–691.

31. Norsch S., Claeys L. Spinal cord stimulation an innovative method in the treatment: Darmstadt, 1994. – 198 p.

32. Postans N., Wright P., Bromwich W., Wilkinson I., Farmer S.E., Swain I. The combined effect of Dynamic splinting and Neuromuscular electrical stimulation in reducing wrist and elbow contractures in six children with Cerebral palsy // Prosthet Orthot Int. – 2010. – Vol. 34. – P. 9–10.

33. Visocchi M., Cioni B., Pentimalli. L. et al. Increase of cerebral Mood flow and improvement of brain motor control following spinal cord stimulation in ischemic spastic hemiparesis //Stereotact. Func. Neurosurg. – 1994. – Vol. 62, № 4. – P. 103– 07.

34. Waltz J.M., Scorrari C.A., Hunt D.P. Spinal cord stimulation in the treatment of spasmodic torticollis //Appl. Neurophysiol. – 1985. – Vol. 48, № 6. – P. 324–338.

35. Xu K.S., He L., Li J.L., Mai J.N. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on motor function in ambulant children with spastic cerebral palsy: a randomized trial // Zhonghua Er Ke Za Zhi. – 2007. – Vol. 45, № 8. – P. 564–571.

36. Yıldızgören M.T., Nakipoğlu Yüzer G.F., Ekiz T., Ozgirgin N. Effects of neuromuscular electrical stimulation on the wrist and finger flexor spasticity and hand functions in cerebral palsy // Pediatric Neurology. – 2014. – Vol. 53. – P. 360–364.

## References

1. Bagel G.E. Elektrostimulyatsiya i elektrodiagnostika sinusoidalnymi modulirovannymi tokami pri tsentralnykh i periphericheskikh parezakh: Avtoref. diss. ... k.m.n. SPb., 1983.

2. Badalyan L.O. Detskaya nevrologiya. M.: MEDpress-inform, 2001. 608 p.

3. Barbaeva S.N. Primenenie neyroelektrostimulyatsii v kompleksnoy reabilitatsii bol'nykh detskim tserebralnym paralichom // Fizioterapiya Balneologiya Reabilitatsiya. 2007. no. 3. pp. 37–39.

4. Bekhtereva N.P. Elektricheskaya stimulyatsiya mozga i nervov u cheloveka. L.: Nauka, 1990. 263 p.

5. Blagorazumova G.P. Elektrostimulyatsiya spinnogo mozga pri spondilogennykh mieloradikuloishemiyakh: Avtoref. diss. ... k.m.n. SPb., 1998.

6. Guseva N.B. Korrektsiya narusheniy funktsii mochevogo puzyrya v konservativnom i operativnom lechenii detey s nederzhaniem mochi pri mielodisplazii: Avtoref. diss. ... d.m.n. M., 2007.

7. Daminov M.R., Kokin G.S. Daminov R.G. O polze elektrostimulyatsii // Rossiyskiy nauchno-issledovatelskiy neyrokhirurgicheskiy institut im. prof. A.L. Polenova. SPb., 1999. pp. 23–28.

8. Dekopov A.V., Bril A.G., Vinogradov A.V., Kurenkov A.V. Neyrokhirurgicheskoe lechenie spasticheskogo sindroma u detey s detskim tserebral'nym paralichom // Zhurnal nevrologii i psikhiotrii. 2012. no. 7. pp. 34–39.

9. Ivanova T.N., Tikhodeev S.A. Metodicheskie aspekty izucheniya spinalnogo i perifericheskogo krovoobrashcheniya u bolnykh s zabolevaniyami i travmami pozvonochnika, oslozhnennymi spinnomozgovymi rasstroystvami // Tuberkulez kak obekt nauchnykh issledovaniy: Sb. tr. NIIF. SPb, 1994. T.11. pp.161–165.

10. Ignatev R.O. Effektivnost maloinvazivnykh khirurgicheskikh metodov lecheniya rasstroystv evakuatornoy funktsii tolstoy kishki u detey s mielodisplaziey: Avtoref. diss. ... k.m.n. M., 2003.

11. Kandel E.I. Lechenie bolevykh sindromov metodom khronicheskoy elektrostimulyatsii zadnikh stolbov spinnogo mozga // Vopr. neyrokhir. 1986. no. 2. pp. 41–47.

12. Klimenko V.A. Dvigatelnye narusheniya i soputstvuyushchie sindromy u detey s tserebral'nymi paralichami, ikh korrektsiya i profilaktika v usloviyakh ortopedicheskogo statsionara: Avtoref. dis. … d-ra med. nauk. SPb., 1993. 78 p.

13. Kulishova T.V., Karkavina A.N. Stabilograficheskaya otsenka effektivnosti kompleksnogo lecheniya bolnykh detskim tserebralnym paralichom v forme spasticheskoy diplegii v pozdney rezidual'noy stadii // Teoriya i praktika nauki tret'ego tysyachiletiya: sbornik statey. 2014. pp. 301–307.

14. Livshits A.V. Elektrostimulyatsiya spinnogo mozga // Vopr. neyrokhir. 1977. no. 5. pp. 7–13.

15. Luksha L.V. Lazeroterapiya i elektrostimulyatsiya v lechenii bolnykh osteokhondrozom pozvonochnika s dvigatel'nymi narusheniyami: Avtoref. diss. ... k.m.n. Tomsk, 2003.

16. Makarovskiy A.N. Elektrospinoneyrografiya i elektrostimulyatsiya spinnogo mozga v diagnostike i khirurgicheskom lechenii spinnomozgovykh rasstroystv pri tuberkuleze pozvonochnika: Avtoref. diss. ... k.m.n. SPb., 1992.

17. Makarovskiy A.N., Garbuz A.E., Gerasimenko Y.P., Mitusov A.D. Kompleksnoe elektroneyrofiziologicheskoe lechenie spinalnykh bolnykh (tuberkulez, osteomielit, posledstvie vertebro spinalnoy travmy) // Metod. rekomend. 1996. 21 p.

18. Medvedev SV., Gurchin F.A., Khilko V.A. i dr. Lechebnye elektrostimulyatsii spinnogo mozga pri ego porazheniyakh //Vopr. neyrokhir. 1989. no. l. pp. 48–49.

19. Mirzoeva I.I.., Konyukhov M.P. Ortopediya detey pervogo goda zhizni. L.: Meditsina, 1983. 128 p.

20. Nikitina N.M. Detskiy tserebralnyy paralich. M.: Meditsina, 1979. 116 p.

21. Ninel V.G. Elektrostimulyatsiya spinnogo mozga v lechenii tyazhkikh sindromov tulovishcha i konechnostey neyrogennoy prirody: Avtoref. diss. ...d. m. n. M., 1994.

22. Oleynik A.D. Elektrostimulyatsiya koreshkov spinnogo mozga pri diskogennykh poyasnichno kresttsovykh radikulomieloishemiyakh: Avtoref. diss. ... k.m.n. L., 1990.

23. Petrushanskaya K.A., Vitenzon A.S. Vosstanovitel'noe lechenie bolnykh detskim tserebralnym paralichom posredstvam funktsionalnoy elektrostimulyatsii myshts pri khodbe // Zhurnal nevrologii i psikhiotrii. 2009. no. 1. pp. 27–34.

24. Stepanenko I.V. Vosstanovitelnaya elektrostimulyatsiya nervnykh struktur u bolnykh s narusheniem dvigatelnykh funktsii pri porazheniyakh nervnoy sistemy: Avtoref. diss. ... k.m.n. Kiev.

25. Shabalov V.A., Dekopov A.V., Troshina E.M. Predvaritelnye rezultaty lecheniya spasticheskikh form detskogo tserebralnogo paralicha metodom khronicheskoy epiduralnoy neyrostimulyatsii poyasnichnogo utolshcheniya spinnogo mozga // Voprosy neyrokhirurgii imeni N.N. Burdenko. 2006. no. 3. pp. 10–13.

26. Alabdulwahab S., Al-Gabbani Transcutaneous electrical nerve stimulation of hip adductors improves gait parameters of children with spastic diplegic cerebral palsy // NeuroRehabilitation. 2010. Vol. 26. p. 155.

27. Arya B.K., Mohapatra J., Subramanya K., Prasad H., Kumar R., Mahadevappa M. Surface EMG analysis and changes in gait following electrical stimulation of quadriceps femoris and tibialis anterior in children with spastic cerebral palsy // Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2012.

28. Blitz R.K. et al. (1997). In: Skvortsov I.A., Ermolenko N.A. Razvitie nervnoy sistemy u detey v norme i patologii. M.: MEDpress-inform, 2003. 368 p.

29. Caneschi G., Messina A.L., Cazzaniga P., Frigeni G. Cervical spinal cord stimulation in experimental vasospasm // Stereotact. Func. Neurosurg. Appl. Neurophysiol. 1992. Vol. 59, no. 1. pp. 80–83.

30. North R.B., Campbell J.N., James C.S. et al. Failed back surgery syndrome; five year follow up in 102 patients reoperation //Neurosurgery. 1991. Vol. 28. pp.685–691.

31. Norsch S., Claeys L. Spinal cord stimulation an innovative method in the treatment: Darmstadt, 1994. 198 p.

32. Postans N., Wright P., Bromwich W., Wilkinson I., Farmer S.E., Swain I. The combined effect of Dynamic splinting and Neuromuscular electrical stimulation in reducing wrist and elbow contractures in six children with Cerebral palsy // Prosthet Orthot Int. 2010. Vol. 34. pp. 9–10.

33. Visocchi M., Cioni B., Pentimalli. L. et al. Increase of cerebral Mood flow and improvement of brain motor control following spinal cord stimulation in ischemic spastic hemiparesis //Stereotact. Func. Neurosurg. 1994. Vol. 62, no. 4. pp.103–107.

34. Waltz J.M., Scorrari C.A., Hunt D.P. Spinal cord stimulation in the treatment of spasmodic torticollis // Appl. Neurophysiol. 1985. Vol. 48, no. 6. pp. 324–338.

35. Xu K.S., He L., Li J.L., Mai J.N. Effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on motor function in ambulant children with spastic cerebral palsy: a randomized trial // Zhonghua Er Ke Za Zhi. 2007. Vol. 45, no. 8. pp. 564–571.

36. Yıldızgören M.T., Nakipoğlu Yüzer G.F., Ekiz T., Ozgirgin N. Effects of neuromuscular electrical stimulation on the wrist and finger flexor spasticity and hand functions in cerebral palsy // Pediatric Neurology. 2014. Vol. 53. pp. 360–364.