

© Коллектив авторов
УДК616.61-004
DOI - https://doi.org/10.24412/2304-0343-2024_1_41

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПОЛЯРИЗАЦИИ ГОЛОВНОГО И СПИННОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ, СОБСТВЕННЫЙ ОПЫТ)

¹Долгих Г. Б., ²Гуляев В. Ю., ^{2,3}Федоров А. А., ²Телегина Е. В., ⁴Хаитов Р. Р., ⁴Ситников А. В., ⁴Заяц Л. В., ²Ладьгин Д. А.

¹Медицинский центр «OSSIS», г. Казань, Россия

²ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Екатеринбург, Россия

³ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора, г. Екатеринбург, Россия

⁴ГАУЗ Областная клиническая больница № 3, г. Челябинск, Россия

APPLICATION OF DIRECT CURRENT STIMULATION OF THE BRAIN AND SPINAL CORD WITH PRESCHOOL CHILDREN (LITERATURE REVIEW, OWN EXPERIENCE)

¹Dolgikh G. B., ²Gulyaev V. Yu., ^{2,3}Fedorov A. A., ²Telegina E. V., ⁴Khaitov R. R., ⁴Sitnikov A. V., ⁴Zayats L. V., ²Ladygin D. A.

¹Medical center «OSSIS», Kazan, Russia

²FSBEI HE «Urals State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Yekaterinburg, Russia

³FBIS 'Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers', Yekaterinburg, Russia

⁴SAHI Regional Clinical Hospital No. 3, Chelyabinsk, Russia

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена актуальным вопросам применения методик микрополяризации головного и спинного мозга. Приводятся литературные и собственные данные использования данной медицинской технологии в восстановительном лечении детей раннего возраста с темповой задержкой нервно-психического развития, мозговой дисфункцией и различными нарушениями праксиса. Раскрыт ряд механизмов лечебного действия методики микрополяризации головного мозга в компенсации поврежденных структур и нейропластичности на макро- и микроуровне. Приводятся сведения о топике зон воздействия по оценке произвольной двигательной активности. Отражены вопросы преимущества использования двухканальных аппаратов с возможностью симметричного расположения электродов.

Ключевые слова. Микрополяризация головного и спинного мозга, дети раннего возраста, мозговая дисфункция.

ABSTRACT

The article is devoted to topical issues of using direct current stimulation techniques of the brain and spinal cord. There have been presented literature and our own data on the use of this medical technology in the rehabilitation treatment of young children with delayed neuropsychic development, brain dysfunction and various praxis disorders. A number of mechanisms of the therapeutic effect of direct current stimulation of the brain in compensation of the damaged structures and neuroplasticity at the macro- and micro level have been revealed. There is information on the topic of impact zones for assessing voluntary motor activity. The advantages of using two-channel devices with the possibility of symmetrical arrangement of electrodes have been shown.

Keyword. Direct current stimulation of the brain and spinal cord, young children, brain dysfunction

Для цитирования: Долгих Г. Б., Гуляев В. Ю., Федоров А. А., Телегина Е. В., Хаитов Р. Р., Ситников А. В., Заяц Л. В., Ладьгин Д. А. ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПОЛЯРИЗАЦИИ ГОЛОВНОГО И СПИННОГО МОЗГА У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ, СОБСТВЕННЫЙ ОПЫТ). Курортная медицина. 2024; 1: 41-50
https://doi.org/10.24412/2304-0343-2024_1_41

For citation: Dolgikh G. B., Gulyaev V. Yu., Fedorov A. A., Telegina E. V., Khaitov R. R., Sitnikov A.V., Zayats L. V., Ladygin D. A. APPLICATION OF DIRECT CURRENT STIMULATION OF THE BRAIN AND SPINAL CORD WITH PRESCHOOL CHILDREN (LITERATURE REVIEW, OWN EXPERIENCE). Resort medicine. 2024; 1: 41-50 https://doi.org/10.24412/2304-0343-2024_1_41

Темповая задержка развития головного мозга у детей раннего возраста может быть связана, с одной стороны, с нарушением развития наиболее молодых церебральных функциональных систем, с другой, – механизмом негрубого органического церебрального повреждения, нарушением структурных и функциональных зон, необходимых для осуществления высокого уровня развития интеллектуальных процессов [1, 2, 3, 4].

В настоящее время наиболее широко применяемым способом коррекции минимальных мозговых дисфункций (ММД) является сочетание медикаментозной терапии и физических факторов с психотерапевтическими, педагогическими и логопедическими практиками. При этом целесообразно использовать простые методы нейропсихологической диагностики и контроля за лечением в поликлинических условиях или в реабилитационных центрах. В данном случае интересным представляется объединение оценки произвольной двигательной активности по методике Т. Г. Горячевой и Ю. В. Кузнецовой [5] с проведением транскраниальной и трансвертебральной микрополяризации (ТКМП и ТВМП) [6].

Цель работы. Провести анализ научных публикаций, посвященных актуальным вопросам использования методик микрополяризации головного и спинного мозга в восстановительном лечении детей раннего возраста с темповой задержкой нервно-психического развития, церебральной дисфункцией и различными нарушениями моторики.

В первые годы жизни, в силу незрелости нервной системы у детей, чаще наблюдаются особенности созревания двигательных и психоречевых функций [2, 7]. Причем в раннем детстве можно говорить об общей задержке развития с преобладанием нарушений психоэмоциональной или психоречевой сферы [8, 9]. У детей старше 3 лет клиническая картина становится более очевидной. То есть, при клиническом осмотре отмечается запаздывание развития моторики, речи, социального поведения, эмоциональная незрелость. Задержка темпового развития перечисленных выше признаков встречалась у 50,8% детей в возрасте 2-3 лет, из них у трети – речь отсутствовала полностью и у 70,2% прослушивались только отдельные слова. У детей с данными расстройствами достоверно чаще выявлялись тактильные нарушения и проблемы слуховой перцепции, а к 6 годам у большинства из них на первый план выходили нарушения поведения [10].

У детей с темповой задержкой нервно-психического развития отмечается нарушение стволовых механизмов регуляции уровня бодрствования, надсегментарных механизмов вегетативного и гемодинамического обеспечения, корково-подкорковых механизмов регуляции эмоций и поведения, в основе которых может лежать ММД, встречающаяся у 5-20% детей в популяции, при этом грубой органической патологии не выявляется [11]. ММД проявляется эмоционально-поведенческими расстройствами [12], гиперактивным поведением, часто совпадает с периодом преречевоего развития в 1-2 года, когда идет развитие корковых речевых зон и начинается становление фразовой речи к 3-м годам, а также совершенствуются память и внимание [13, 14].

У детей, особенно раннего возраста, огромную роль в восстановлении и компенсации поврежденных структур играет пластичность центральной нервной системы (ЦНС) на макро- и микроуровне. Макроуровень предполагает связь нейрональной структуры мозга с внутри- и межполушарными связями. Микроуровень обеспечивается молекулярными изменениями в нейронах и синапсах, а функционирование (синаптическая пластичность) обеспечивается различными нейротрансмиттерными системами (глутаматергической, моноаминергической, ГАВА-рецепторами и пр.) [15].

По данным Т. С. Каменской, синдром задержки психоречевого развития не обладает нозологической самостоятельностью и имеет значительный клинический полиморфизм, где большую

часть этой когорты составляют пациенты с отягощенным перинатальным анамнезом. У детей с задержкой психоречевого развития проявляется различная структура нарушений когнитивных функций и эмоциональной сферы, однако всегда в структуре дефицита доминируют нарушения речи, слухоречевой, зрительно-пространственной памяти и произвольного внимания [16].

Выявленные нарушения высшей нервной деятельности зачастую сочетаются с диспраксией, выражающейся в изменении сферы произвольных движений у детей при отсутствии патологии мышечного тонуса, параличей и прочих отклонений (неуклюжий ребенок), при позднем выявлении которых нарушается качество жизни ребенка и его самооценка. Причем у мальчиков она встречается в 4-7 раз чаще, чем у девочек, однако у последних она протекает в более тяжелой форме [17, 18]. Дети с двигательными нарушениями, координаторными расстройствами в подростковом возрасте, кроме трудностей с исполнительными функциями, влияющими на их повседневную деятельность, часто имеют и проблемы в обучении и нарушение внимания [19, 20].

При этом в диагностике ММД используются пробы с различным набором заданий для правой и левой руки, что дает возможность убрать влияние «научения». Воздействие на корковые зоны мозга и пробы проводятся в зависимости от возраста ребенка и возможности его воспроизвести тот или иной тест. Особенно интересными являются пробы, выявляющие нарушение праксиса (целенаправленных, координированных и сознательных движений), за развитие которых отвечают специфические нейроны коры головного мозга (корковые центры зрения, слуха, моторные и сенсорные зоны) – это первичные поля, занимающие небольшие площади в коре мозга. Вторичные поля крупнее, их нейроны менее специфичны, поэтому и коррекции они поддаются лучше [18]. При поражении этих полей нет возможности дифференцировать услышанное или увиденное. Третичные поля – большие сенсорные системы, воздействие на которые, если время не упущено, дает возможности для хорошей коррекции и компенсации нарушенных функций.

При этом важно верифицировать форму диспраксии, что позволит топически «точно» воздействовать на соответствующие поля ЦНС. Так, кинестетическая диспраксия возникает при поражении средних участков постцентральной коры, которая в эмбриогенезе закладывается как часть единой сенсомоторной области, проявляется нарушением уклада позы, в том числе артикуляционных функций, и соматогнозиса (восприятие своего тела). В развитие диспраксии кистей вовлечена нижняя теменная область левого полушария. Кинетическая (эфферентная) диспраксия вызывает трудности контроля и выполнения согласованных движений, требующих быстрого темпа, а также нарушение мелкой моторики пальцев рук с переключением движения. Кинетическая диспраксия связана с поражением нижних отделов премоторной области – 6-го и 8-го полей. Идеомоторная диспраксия протекает с нарушением программы действий и связана по локализации с премоторной областью головного мозга. Важную роль в праксисе играет тактильная чувствительность (постцентральная извилина), которая распознает качество и локализацию внешнего стимула, особенно поступающего с кончиков пальцев рук, где наиболее высока плотность чувствительных рецепторов. Пространственная диспраксия возникает при поражении теменно-затылочных отделов, особенно левого полушария. В ее основе лежит оптико-пространственная агнозия. Наблюдается диспраксия позы, ухудшается выполнение сложных пространственно-организованных действий, при которых усиление зрительного контроля не помогает.

ТКМП и ТВМП является одним из методов выбора для коррекции нейропсихических и моторных нарушений у взрослых и детей [6, 21, 22, 23]. При проведении ТКМП выбор корковых зон обусловлен тем, что лобная и теменная кора отвечают за управление высшими когнитивными функциями (зрение, слух, моторные функции и сенсорное восприятие), височная область – за слух и анализ полученных звуков [24]. При воздействии ТКМП на лобные доли за счет кортикофугальных и транссинаптических связей вовлекается в системный эффект таламус, гипоталамус, гиппокамп, миндалевидное тело, при этом лимбическая система является ведущей эмоциогенной структурой

мозга. Воздействие на височные доли улучшает и закрепляет процесс памяти, причем первой зоной реагирующей на ТКМП является глия, а затем нейроны и синапсы [25].

При использовании ТКМП применяется постоянный (гальванический) ток (силой до 1 мА) направленного воздействия (с малыми по площади электродами, располагаемыми в топически значимых зонах), который влияет не только на собственно корковые поля, но и на более глубоко расположенные структуры за счет нисходящих корково-фугальных импульсов. В процессе процедуры возникает поляризация клеточной и синаптической мембран – то есть сдвиг мембранного потенциала клеток предваряется запуском биохимических реакций на цитоплазматической мембране нейронов с интенсификацией обмена ионов кальция, с повышением активности протеолитических ферментов, повышением активности «фазических» (обеспечивающих нейродинамические информационные процессы) и «тонических» (обеспечивающих регуляцию межнейронных связей) синапсов, с последующей активацией внутриклеточных метаболических процессов, эффектом «мембранного усиления» и в целом – к оптимизации состояния нервной ткани [26].

Экспериментальные исследования, проведенные японскими авторами А. Morivaki et al. (1991), свидетельствуют о том, что анодная поляризация коры головного мозга изменяет генерацию и аккумуляцию основного посредника действия катехоламинов – циклического аденозинмонофосфата [27]; Y. Такао обнаружил, что после анодной стимуляции фронтального кортекса крыс в нем повышается нейрональная активность, а в связанных с ним регионах среднего мозга – увеличивается концентрация внутриклеточного дофамина [28].

В клинических экспериментах установлено, что ТКМП префронтального кортекса дистанционно вызывает нейрональную активацию в среднем мозге, что непосредственно оказывает положительную коррекцию поведения больного при нервно-психических нарушениях [29]; показано также, что ТКМП модулирует функциональную связь кортико-полосатых и таламо-кортикальных цепей (подчеркивается способность анодной стимуляции изменять активность элементов кортико-стриато-таламо-кортикальной функциональной двигательной цепи) [30].

Таким образом, слабый постоянный электрический ток является активным фактором, стимулирующим функциональную активность ЦНС и рост корковой клеточной архитектуры, что позволяет использовать ТКМП в качестве метода лечебного воздействия при функциональных и органических нарушениях деятельности мозга [22, 23].

Следует отметить, что ТКМП и ТВМП нашли широкое применение в педиатрии. Так, у детей 2,5-4,5 лет с нарушениями экспрессивной речи и остеопатией применение ТКМП на фоне медикаментозных препаратов в 40% случаев привело к улучшению артикуляции после одного курса терапии (через месяц) и в 60% – через 6 месяцев, что было соответственно в 2,4 и 1,5 раза больше, по сравнению лишь с фармакотерапией, при этом «Динамическое наблюдение выявило стойкий и продолжительный лечебный эффект в отношении не только номинативной функции речи и активного словаря, но и в отношении произносительной стороны речи» [31]; отмечена также успешная коррекция когнитивных нарушений у детей с прогрессирующей мышечной дистрофией Дюшенна [32]; получены позитивные результаты при применении ТКМП в комплексной терапии различных неврологических/речевых расстройств, а также при лечении амблиопии и алалии [33]; кроме того, в группе детей с двусторонним спастическим церебральным параличом транскраниальная стимуляция постоянным током привела к достоверно более высокой скорости походки и длины шага по сравнению с пациентами, занимавшимися по методу виртуальной реальности [34].

По данным Ф. М. Анаевой с соавт., ТКМП у дошкольников с синдромом дефицита внимания и гиперактивности в базисной комплексной программе реабилитации повышает эффективность медицинских мероприятий по всем исследуемым показателям (общий балл, невнимательность, импульсивность/гиперактивность, невнимательность без гиперактивности) до 82%. При этом положительный эффект сохраняется до 3-4 месяцев, трехкратное назначение увеличивает этот срок до года [35]. У детей с синдромом Дауна в возрасте от 3 до 5 лет без тяжелой сопутствующей

декомпенсированной патологии со стороны других органов и систем результаты тестирования по 10-балльным шкалам оценки речевой функции через 6 мес после процедур ТКМП выявили достоверное улучшение показателей экспрессивной и импрессивной речи, а также речевого внимания, улучшение навыков опрятности. В единичных случаях наблюдались нежелательные эффекты в виде нарушения сна или возбуждения [36]. Аналогичные результаты получила Е. Ю. Костина при лечении неврологической патологии у детей от 3 до 14 лет с улучшением речевой активности, увеличением активного словаря и речевого внимания, а также с положительной динамикой показателей электроэнцефалографии в 94% случаев [37]. Кроме того, у детей с расстройствами аутистического спектра (возраст до 6 лет) после курса ТКМП отмечено смещение в сторону более легкой степени проявления патологии [38]. Следует отметить работу Т. С. Каменской, по результатам которой она пришла к следующему выводу «При доминировании нарушений речи и памяти желательнее сделать выбор в пользу транскраниальной микрополяризации, а при нарушении и восприятия внимания – биоакустической коррекции» [39].

Позитивные результаты получены у детей дошкольного возраста с ММД (преимущественно с расстройствами поведения). Так, Р. М. Альборовой и Т. И. Алиевым, у таких пациентов зарегистрировано появление устойчивого познавательного интереса, повышение уровня активности, усиление положительных эмоций, коммуникабельности и социальной адаптации [40]; Г. А. Суловой с соавт., выявлена достоверная коррекция когнитивных нарушений по шкале САН (самочувствие, активность, настроение) [41]. Кроме того, у детей более старшего возраста (школьники) А. Б. Петровым с соавт., зарегистрировано повышение эффективности тренировочного процесса при применении микрополяризации в развитии силовых способностей методом непредельных усилий до предельного утомления в одном подходе [42]; П. А. Тимченко отмечает большой интерес в возможностях применения метода ТКМП в спортивной медицине для улучшения спортивных результатов [33].

Следует отметить большой интерес авторов [43] к дозированию лечебного фактора и направлению тока). По данным ряда исследователей, при проведении ТКМП с силой постоянного тока более 100 мкА и длительности воздействия более 20 мин у детей в возрасте от 2 до 7 лет с последствиями перинатального поражения ЦНС и темповой задержкой нервно-психического развития выявлено углубление астенизации, повышение возбудимости, тревожности и агрессивности. Данные авторы рекомендуют проведение сеансов ТКМП с силой тока 0,03-0,08 мА и экспозицией по 15-20 мин [43].

Другие авторы рекомендуют проводить ТКМП для дошкольников («возраст ребенка ± 1 год») с силой тока 60-130 мкА, школьникам – 100-200 мкА, по 10-12 процедур на курс, при частоте сеансов – 1-3 в неделю. Расположение электродов продольное: катод (-) – на сосцевидном отростке, затылочной кости рядом с затылочным отверстием, анод (+) – на одноименном полушарии топически по схемам черепно-мозговой топографии Р. Кренлейна [21].

Следует отметить результаты исследования К. Г. Сирбиладзе с соавт., которые доказали, по данным транскраниальной ультразвуковой доплерографии с цветным картированием кровотока, наличие признаков нарушения гемо- и ликвородинамики у детей с психологическими, умственными и поведенческими проблемами. При использовании ТВМП (катод располагался латеральнее от остистого отростка С₆₋₇, а анод – на уровне остистых отростков L₅-S₁; сила тока 100-200 мкА; длительность процедуры 30-40 мин; курс – 3-5 процедур) была выявлена нормализация гемо- и ликвородинамики у 71% и ее улучшение – еще у 23% детей [44].

Следует отметить, что ТВМП дополняет курс лечения при наличии сосудистых нарушений и их клинических проявлений (головные боли, головокружения, метеочувствительность, энурез, слабость в руках или ногах и т.п.). При этом раздвоенные аноды накладываются топически в области С₃₋₄ паравертебрально (область шейного утолщения и позвоночной артерии), катод – на межостистые промежутки Th₁₋₂, одномоментно раздвоенные аноды ориентируют паравертебрально на область Th₈₋₉

(поясничное утолщение и зона васкуляризации артерии А. В. Адамкевича), а катод – на межкостистый промежуток L₄₋₅. То есть анод рекомендуют располагать на позвоночнике роstralно, а катод – каудально [26].

Обращает на себя внимание мнение многих авторов о том, что для оптимального выполнения методик, с целью синхронизации тормозно-возбудительных процессов ЦНС, следует располагать электроды на оба полушария [45]. Следует отметить, что у детей с темповыми задержками развития и ММД наблюдаются пограничные состояния, поэтому у них реже выявляется очаговая симптоматика, чаще – общемозговые нарушения. Им рекомендуется именно такое симметричное наложение электродов с учетом наиболее выраженных нарушений праксиса (общий, кистевой, пальцевой, идеомоторный, моторный, пространственный, сенсомоторная алалия) или общей моторики, которые определяются по методу Т. Г. Горячевой и Ю. В. Кузнецовой [5]. При этом процедуры удобно проводить от двухканальных аппаратов, в частности, такими характеристиками обладают приборы серии «Магنون 2-ДКС», «Магنون-СЛИП» и «Магنون-29», в комплектацию которых входит 2 двоянных анода и катода (по 2 выходам), что позволяет располагать электроды симметрично [45].

Собственные исследования. На базе ГБУЗ Свердловской области «Детская клиническая больница восстановительного лечения «Научно-практический центр «Бонум» в течение 2022-2023 гг. сотрудниками кафедры физической и реабилитационной медицины ФПК УГМУ наблюдались дети с синдромом повышенной нервно-рефлекторной возбудимости и с признаками слабости нервной системы, включая синдром астенизации, и соматовегетативные нарушения. Клинически данный синдром у детей проявлялся непродолжительным сном, двигательным и речевым беспокойством.

Произвольную двигательную активность оценивали в начале, середине и конце курса лечения по баллам: «0» – выполнение правильное без дополнительных разъяснений; «1» – мелкие погрешности исправляются практически без участия экспериментатора; «2» – задание выполняется после нескольких попыток и подсказок; «3» – задание недоступно даже после разъяснения.

ТКМП назначали на фоне медикаментозной поддержки (ноотропы, антиоксиданты, сосудистые препараты, полипептиды коры головного мозга), массажа и остеопатии.

При проведении процедур ТКМП электроды от аппарата «Магنون-СЛИП» (регистрационное удостоверение РЗН 2020/12308 от 27.10.2020) располагали следующим образом: раздвоенный анод (+) фиксировался на коже средней трети лба, а раздвоенный катод (-) – в ретромастоидальной области. Лечение начинали с плавного увеличения силы тока до появления под электродами ощущения легкого покалывания или жжения, после чего силу тока плавно снижали до полного исчезновения неприятных ощущений. Рекомендуемая сила тока от 100 до 300 мкА (для детей раннего возраста). Время одной процедуры составляло от 20 до 40 мин. Весь курс состоял из 15 сеансов, проводимых ежедневно или через день, чередуя с ТВМП. При воздействии ТВМП гальваническим током сверхмалой плотности анод (+) располагался между остистыми отростками С₃₋₄, катод (-) – между остистыми отростками L₄₋₅. Сила гальванического тока регулировалась от 300 до 700-800 мкА, экспозиция – от 15 до 40 мин. Эффективность процедур (по балльной оценке) в виде улучшения была достигнута в 75% случаев.

Заключение. Таким образом, обобщая вышеизложенные литературные данные отечественных и зарубежных источников, а также собственные исследования, можно сделать следующие выводы:

- коррекцию минимальных мозговых дисфункций и более тяжелых расстройств ЦНС, в том числе с двигательными нарушениями, с использованием ТКМП и ТВМП необходимо проводить в максимально ранние сроки развития/диагностики патологии, что обеспечивает лучший эффект от проводимой терапии;

- в диагностическом паттерне неврологической патологии у данной категории детей целесообразно использовать верификацию формы вида диспраксии, что позволяет топически «точно» воздействовать ТКМП на соответствующие поля ЦНС;

- применение ТКМП и ТВМП у детей с широким спектром психоневрологических заболеваний (от ММД до синдрома Дауна и прогрессирующей мышечной дистрофии Дюшенна) позволяет существенно улучшить когнитивные и локомоторные функции ребенка, а также его качество жизни;

- эффективное использование ТКМП и ТВМП у данной категории пациентов во многом зависит от оптимальных параметров тока и расположения электродов, а также применение современных аппаратов, обладающих в комплектации сдвоенных анодов и катодов (по 2 выходам), позволяющих симметрично располагать электроды.

Участие авторов: дизайн исследования, сбор материалов – Л. В. Заяц, Д. А. Ладыгин А. В. Ситников, Р. Р. Хаитов; концепция – Г. Б. Долгих, А. А. Федоров; написание текста – В. А. Дробышев; математическая обработка материалов – В. Ю. Гуляев, Е. В. Телегина; методологическая поддержка, анализ полученных данных – В. Ю. Гуляев, Г. Б. Долгих, А. А. Федоров; редактирование – А. А. Федоров.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емелина Д. А., Макаров И. В. Задержки темпа психического развития у детей (обзор литературных данных). Обзорение психиатрии и медицинской психологии им. В. М. Бехтерева. 2011; 3: 11-16.
2. Журба Л. Т., Мастюкова Е. М. Нарушение психомоторного развития детей первого года жизни. М.: Медицина, 1981; 272 с.
3. Гусева Е. И. Неврология: национальное руководство: в 2-х т. Под ред. Е. И. Гусева, А. Н. Коновалова, В. И. Скворцовой. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2022. Т. 1. 880 с.
4. Каминская Т. С., Хачатрян Л. Г., Касанаве Е. В., Каминский И. В. Когнитивный «портрет» детей с задержкой психоречевого развития. Лечащий Врач. 2022; 4(25): 19-26.
5. Горячева Т. Г., Кузнецова Ю. В. Методы диагностики произвольной двигательной активности у детей. Диагностика в медицинской (клинической) психологии: современное состояние и перспективы. М.: ООО «Сам Полиграфист», 2016; С. 166-176.
6. Шелякин А. М., Преображенская И. Г., Богданов О. В. Микрополяризационная терапия в детской неврологии. Практическое руководство. М: Медкнига, 2018; 120 с.
7. Скоромец А. П., Крюкова И. А., Семичова И. Л. [и др.] Задержки психического развития у детей и принципы их коррекции. Лечащий врач. 2011; 5: 53-57.
8. Бобылова М. Ю., Браудо Т. Е., Казакова М. В., Винярская И. В. Задержка речевого развития у детей: введение в терминологию. Русский журнал детской неврологии. 2019; 12(1): 56-62. <https://doi.org/10.17650/2073-8803-2017-12-1-56-62>
9. Чиж Д. И., Петрова Е. В., Бофанова Н. С. Избранные вопросы детской неврологии: учеб. Пособие. Пенза: Изд-во ПГУ, 2021; 126 с.
10. Поздняк В. В. Динамика речевых расстройств и нарушений поведения у детей. Научно-практический журнал. 2018; 21(2): 100-106.
11. Дашенко И. Б. ММД и эмоционально-поведенческие расстройства у детей и принципы их дифференциальной коррекции. Международный медицинский журнал. 2007; 1: 28-35.
12. Галицкая О. С., Грибова Н. П. Клинический полиморфизм минимальной мозговой дисфункции. Смоленский медицинский альманах. 2019; 3: 27-32.
13. Морозова Е. А., Мадыкина А. А. Синдром дефицита внимания и гиперактивности: новое в понимании и подходах к лечению. Русский журнал детской неврологии. 2019; 14(1): 14-25. <https://doi.org/10.17650/2073-8803-2019-14-1-14-25>
14. Заваденко Н. Н., Суворинова Н. Ю. Задержки развития речи у детей: причины, диагностика и лечение. РМЖ. 2016; 6: 362-366.
15. Баранов А. А., Ключкова О. А., Куренков А. Л. [и др.] Роль пластичности головного мозга в функциональной адаптации организма при детском церебральном параличе с поражением рук. Педиатрическая фармакология. 2012; 9 (6): 24-32.
16. Каминская Т. С., Хачатрян Л. Г., Касанаве Е. В., Каминский И. В. Когнитивный «портрет» детей с задержкой психоречевого развития. Лечащий врач. 2022; 4: 19-26.
17. Садовская Ю. Е., Ковязина М. С., Троицкая Н. Б., Блохин Б. М. Проблема постановки диагноза «диспраксия развития» в детском возрасте. Лечебное дело. 2021; 2: 79-86.
18. Усольцева Е. В., Ефимова Е. В. Артикуляционная диспраксия. Инновационная наука. 2020; 12: 104-106.
19. Lachambre C, Proteau-Lemieux M, Lepage J F. [et al.]. Attentional and executive functions in children and adolescents with developmental coordination disorder and the influence of comorbid disorders: A systematic review of the literature. PLoS One, 2021; 231 p.
20. Marialivia B, Hayley C, Elisabeth L H, Lucy B. Executive functions in children with developmental coordination disorder: a 2-year follow-up study. Dev. Med. Child Neurol. 2018; 60 (3): 306-313. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13640>
21. Кожушко Н. Ю. Использование локальных воздействий на мозг у детей с нарушением психического развития. Вопросы психического здоровья детей и подростков. 2017; 17 (3): 42-51.

22. Санаторно-курортное лечение: национальное руководство. Под ред. А. Н. Разумова, В. И. Стародубова, Г. Н. Пономаренко. М.: GEOTAR-Медиа, 2021; 752 с.
23. Физиотерапия: национальное руководство. Под ред. Г. Н. Пономаренко. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013; 864 с.
24. Лурия А. Р. Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга. М.: Изд-во Московского университета, 1962; 432 с.
25. Вартанян Г. А., Гальдинов Г. В., Акимова И. М. Организация и модуляция процессов памяти / Г. А. Вартанян. Л.: Медицина, 1981; 208 с.
26. Шелякин А. М., Преображенская И. Г. Микрополяризация мозга. Вчера. Сегодня. Завтра: монография. СПб: Страта, 2021; 377 с.
27. Morivaki A. Polarizing currents increase noradrenaline – elicited accumulation of cyclic AMF in rat cerebral cortex. *Brain Research*. 1991; 544: 248-252.
28. Takano Y, Yokawa T, Masuda A. [et al] A rat model for measuring the effectiveness of transcranial direct current stimulation using fMRI. *Neurosci. Lett*. 2011; 491(1): 40-43. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.01.004>
29. Chib V S, Yun K, Takahashi H. Noninvasive remote activation of the ventral midbrain by transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex. *Transl. Psychiatry*. 2013; 3(6): 268. <https://doi.org/10.1038/tp.2013.44>
30. Polanía R, Paulus W, Nitsche M A. Modulating cortico-striatal and thalamo-cortical functional connectivity with transcranial direct current stimulation. *Hum. Brain Mapp*. 2012; 33(10): 2499-2508. <https://doi.org/10.1002/hbm.21380>
31. Князева О. В., Белоусова М. В., Прусаков В. Ф., Зайкова Ф. М. Применение транскраниальной микрополяризации в комплексной реабилитации детей с расстройствами экспрессивной речи. *Вестник современной клинической медицины*. 2019; 12 (1): 64-69. [https://doi.org/10.20969/VSKM.2019.12\(1\).64-69](https://doi.org/10.20969/VSKM.2019.12(1).64-69)
32. Петельгузова Т. Г., Конова О. М. Оценка эффективности применения транскраниальной микрополяризации в коррекции когнитивных нарушений у детей с мышечной дистрофией Дюшенна. *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры*. 2022; 99(3-2): 166-167.
33. Тимченко П. А. Анализ применения транскраниальной микрополяризации в модуляции нервной деятельности. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки*. 2023; 3: 237-241. <https://doi.org/10.37882/2223-2966.2023.03.35>
34. Radwan A, Eltalawy H A, Abdelzlem F H. Noninvasive remote activation of the ventral midbrain by transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex. *Transl. Psychiatry*. 2013; 11, 3 (6): 268.
35. Анаева Ф. М., Анаева Р. М., Курашинова М. Р. Роль транскраниальной микрополяризации в лечении детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности. В сборнике: *Актуальные вопросы медицины «Материалы 51-й научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 55-летию медицинского факультета КБГУ»*. Нальчик, 2021; С. 19-22.
36. Колчева Ю. А., Непомнящая С. А., Адрианов А. В. Неврологические нарушения и возможности комплексной абилитации с применением транскраниальной микрополяризации при синдроме Дауна у детей. *Медико-социальная экспертиза и реабилитация*. 2021; 24(4): 5-12. <https://doi.org/10.17816/MSER88640>
37. Костина Е. Ю. Эффективность транскраниальной микрополяризации при лечении неврологической патологии у детей. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2020; 65(4): 288-289.
38. Кузенкова Л. М., Лашкова А. В., Конова О. М., Петельгузова Т. Г. Опыт применения транскраниальной микрополяризации у детей с расстройствами аутистического спектра. *Неврологический журнал им. Л. О. Бадаляна*. 2021; 2(1): 22-28. <https://doi.org/10.46563/2686-8997-2021-2-1-22-28>
39. Каминская Т. С. Дифференцированный подход к аппаратной коррекции когнитивного дефицита у детей с задержкой психоречевого развития. Сборник тезисов к VI всероссийской научно-практической конференции «Клинические и теоретические аспекты современной медицины-2021». М.: РУДЕН, 2021; С. 103-104.
40. Альборова Р. М., Алиев Т. И. Роль транскраниальной микрополяризации в лечении детей дошкольного возраста. *Вестник науки*. 2022; 4, 10 (55): 149-152.
41. Сулова Г. А., Суслов В. М., Царёв Г. П. [и др.] Транскраниальная микрополяризация в коррекции когнитивных нарушений у пациентов дошкольного возраста. *Медицина: теория и практика*. 2023; 8(1): 41-46. <https://doi.org/10.56871/MTP.2023.27.40.005>
42. Петров А. Б., Ершов М. А., Мельников Д. С. [и др.] Повышение эффективности тренировочного процесса методом микрополяризации. *Теория и практика физической культуры*. 2020; 3: 32.
43. Илюхина В. А., Кожушко Н. Ю., Матвеев Ю. К. [и др.] Транскраниальные микрополяризации в комплексном лечении темповой задержки речевого и общего психомоторного развития у детей старшего дошкольного возраста. *Журн. неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова*. 2004; 11: 34-41.
44. Сирбиладзе Г. К., Сулова Г. А., Пинчук Д. Ю., Сирбиладзе Т. К. Возможность применения трансспинальной микрополяризации для коррекции церебрального кровообращения. *Педиатрия*. 2017; 8 (6): 50-55.
45. Гуляев В. Ю., Матвеев В. А. Трансцеребральная электротерапия. *Классические и современные технологии*. Екатеринбург: Из-во «ТАЙМЕР», 2015; 43 с.

REFERENCES

1. Emelina D A, Makarov I V. Delays in the rate of mental development in children (review of literature data). *Obozrenie psihiatrii i medicinskoj psihologii im. V. M. Bekhtereva*. 2011; 3: 11-16. (in Russian)
2. ZHurma L T, Mastjukova E M. Narushenie psihomotornogo razvitiya detej pervogo goda zhizni. М.: Medicina, 1981. (in Russian)
3. Guseva E I. *Nevrologiya: nacional'noe rukovodstvo: v 2-h t. Ed. by E I Gusev, A N Kononov, V I. Skvorcova*. Moskva: GEOTAR-Media, 2022. (in Russian)

4. Kaminskaya T S, Hachtryan L G, Kasanave E V, Kaminskij I V. Cognitive “portrait” of children with delayed psycho-speech development. *Lechashchij Vrach.* 2022; 4(25): 19-26. (in Russian)
5. Goryacheva T G, Kuznecova YU V. *Metody diagnostiki proizvol'noj dvigatel'noj aktivnosti u detej. Diagnostika v medicinskoj (klinicheskoy) psihologii: sovremennoe sostoyanie i perspektivy.* M.: OOO «Sam Poligrafist», 2016. (in Russian)
6. SHelyakin A M, Preobrazhenskaya I G, Bogdanov O V. *Mikropolyarizatsionnaya terapiya v detskoj nevrologii. Prakticheskoe rukovodstvo.* M: Medkniga, 2018. (in Russian)
7. Skoromec A P, Kryukova I A, Semichova I L. [et al.] Mental development delays in children and principles of their correction. *Lechashchij vrach.* 2011; 5: 53-57. (in Russian)
8. Bobylova M YU, Braudo T E, Kazakova M V, Vinyarskaya I V. Delayed speech development in children: an introduction to terminology. *Russkij zhurnal detskoj nevrologii.* 2019; 12(1): 56-62. <https://doi.org/10.17650/2073-8803-2017-12-1-56-62>. (in Russian)
9. CHizh D I, Petrova E V, Bofanova N S. *Izbrannye voprosy detskoj nevrologii: ucheb. Posobie.* Penza: Izd-vo PGU, 2021. (in Russian)
10. Pozdnyak V V. Dynamics of speech disorders and behavioral disorders in children. *Nauchno-prakticheskij zhurnal.* 2018; 21(2): 100-106. (in Russian)
11. Dacenko I B. MMD and emotional-behavioral disorders in children and principles of their differential correction. *Mezhdunarodnyj medicinskij zhurnal.* 2007; 1: 28-35. (in Russian)
12. Galickaya O S, Gribova N P. Clinical polymorphism of minimal brain dysfunction. *Smolenskij medicinskij al'monah.* 2019; 3: 27-32. (in Russian)
13. Morozova E A, Madyakina A A. Attention deficit hyperactivity disorder: new understanding and approaches to treatment. *Russkij zhurnal detskoj nevrologii.* 2019; 14(1): 14-25. (in Russian) <https://doi.org/10.17650/2073-8803-2019-14-1-14-25>
14. Zavadenko N N, Suvorinova N YU. Speech development delays in children: causes, diagnosis and treatment. *RMZH.* 2016; 6: 362-366. (in Russian)
15. Baranov A A, Klochkova O A, Kurenkov A L. [et al.] The role of brain plasticity in the functional adaptation of the body in cerebral palsy with hand damage. *Pediatricheskaya farmakologiya.* 2012; 9 (6): 24-32. (in Russian)
16. Kaminskaya T S, Hachtryan L G, Kasanave E V, Kaminskij I V. Cognitive “portrait” of children with delayed psycho-speech development. *Lechashchij vrach.* 2022; 4: 19-26. (in Russian)
17. Sadovskaya YU E, Kovyazina M S, Troickaya N B, Blohin B M. The problem of diagnosing developmental dyspraxia in childhood. *Lechebnoe delo.* 2021; 2: 79-86. (in Russian)
18. Usol'ceva E V, Efimova E V. Articulatory dyspraxia. *Innovatsionnaya nauka.* 2020; 12: 104-106. (in Russian)
19. Lachambre C, Proteau-Lemieux M, Lepage J F. [et al.]. Attentional and executive functions in children and adolescents with developmental coordination disorder and the influence of comorbid disorders: A systematic review of the literature. *PLoS One,* 2021; 231 r. (in Russian)
20. Marialivia B, Hayley S, Elisabeth L N, Lucy V. Executive functions in children with developmental coordination disorder: a 2-year follow-up study. *Dev. Med. Child Neurol.* 2018; 60 (3): 306-313. <https://doi.org/10.1111/dmcn.13640>
21. Kozhushko N YU. The use of local influences on the brain in children with mental development disorders. *Voprosy psicheskogo zdorov'ya detej i podrostkov.* 2017; 17 (3): 42-51. (in Russian)
22. *Sanatorno-kurortnoe lechenie: nacional'noe rukovodstvo.* Ed. by A N Razumov, V I Starodubov, G N. Ponomarenko. M.: GEOTAR-Media, 2021. (in Russian)
23. *Fizioterapiya: nacional'noe rukovodstvo.* Ed. by G. N. Ponomarenko. M.: GEOTAR-Media, 2013. (in Russian)
24. Luriya A R. *Vysshie korkovye funkcii cheloveka i ih narusheniya pri lokal'nyh porazheniyah mozga.* M: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1962. (in Russian)
25. Vartanyan G A, Gal'dinov G V, Akimova I M. *Organizatsiya i modulyatsiya processov pamyati / G. A. Vartanyan. L.: Medicina, 1981.* (in Russian)
26. SHelyakin A M, Preobrazhenskaya I G. *Mikropolyarizatsiya mozga. Vchera. Segodnya. Zavtra: monografiya.* SPb: Strata, 2021. (in Russian)
27. Morivaki A. Polarizing currents increase noradrenaline – elicited accumulation of cyclic AMF in rat cerebral cortex. *Brain Research.* 1991; 544: 248-252.
28. Takano Y, Yokawa T, Masuda A. [et al] A rat model for measuring the effectiveness of transcranial direct current stimulation using fMRI. *Neurosci. Lett.* 2011; 491(1): 40-43. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2011.01.004>
29. Chib V S, Yun K, Takahashi H. Noninvasive remote activation of the ventral midbrain by transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex. *Transl. Psychiatry.* 2013; 3(6): 268. <https://doi.org/10.1038/tp.2013.44>
30. Polania R, Paulus W, Nitsche M A. Modulating cortico-striatal and thalamo-cortical functional connectivity with transcranial direct current stimulation. *Hum. Brain Mapp.* 2012; 33(10): 2499-2508. <https://doi.org/10.1002/hbm.21380>
31. Knyazeva O V, Belousova M V, Prusakov V F, Zajkova F M. Application of transcranial micropolarization in complex rehabilitation of children with expressive speech disorders. *Vestnik sovremennoj klinicheskoy mediciny.* 2019; 12 (1): 64-69. (in Russian) [https://doi.org/10.20969/VSKM.2019.12\(1\).64-69](https://doi.org/10.20969/VSKM.2019.12(1).64-69)
32. Petel'guzova T G, Konova O M. Evaluation of the effectiveness of transcranial micropolarization in the correction of cognitive impairment in children with Duchenne muscular dystrophy. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoj fizicheskoy kul'tury.* 2022; 99(3-2): 166-167. (in Russian)
33. Timchenko P A. Analysis of the use of transcranial micropolarization in the modulation of nervous activity. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki.* 2023; 3: 237-241. (in Russian) <https://doi.org/10.37882/2223-2966.2023.03.35>
34. Radwan A, Eltalawy H A, Abdelzlem F H. Noninvasive remote activation of the ventral midbrain by transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex. *Transl. Psychiatry.* 2013; 11, 3 (6): 268.
35. Anaeva F M, Anaeva R M, Kurashinova M R. Rol' transkraniyal'noj mikropolyarizatsii v lechenii detej s sindromom deficita vnimaniya i giperaktivnosti. [The conference proceedings] *Aktual'nye voprosy mediciny «Materialy 51-j nauchno-prakticheskoy*

- konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh, posvyashchennoj 55-letiyu medicinskogo fakul'teta KBGU». Nal'chik, 2021. (in Russian)
36. Kolcheva YU A, Nepomnyashchaya S A, Adrianov A V. Neurological disorders and possibilities of complex habilitation using transcranial micropolarization for Down syndrome in children. Mediko-social'naya ekspertiza i reabilitaciya. 2021; 24(4): 5-12. (in Russian) <https://doi.org/10.17816/MSER88640>
37. Kostina E YU. The effectiveness of transcranial micropolarization in the treatment of neurological pathology in children. Rossijskij vestnik perinatologii i pediatrii. 2020; 65(4): 288-289. (in Russian)
38. Kuzenkova L M, Lashkova A V, Konova O M, Petel'guzova T G. Experience of using transcranial micropolarization in children with autism spectrum disorders. Nevrologicheskij zhurnal im. L. O. Badalyana. 2021; 2(1): 22-28. (in Russian) <https://doi.org/10.46563/2686-8997-2021-2-1-22-28>
39. Kaminskaya T S. Differencirovannyj podhod k apparatnoj korrekcii kognitivnogo deficita u detej s zaderzhkoj psihorechevogo razvitiya. [The conference proceedings] VI vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Klinicheskie i teoreticheskie aspekty sovremennoj mediciny-2021». M.: RUDEN, 2021; C. 103-104. (in Russian)
40. Al'borova R M, Aliev T I. The role of transcranial micropolarization in the treatment of preschool children. Vestnik nauki. 2022; 4, 10 (55): 149-152. (in Russian)
41. Suslova G A, Suslov V M, Caryov G P. [i dr.] Transcranial micropolarization in the correction of cognitive impairment in preschool patients. Medicina: teoriya i praktika. 2023; 8(1): 41-46. (in Russian) <https://doi.org/10.56871/MTP.2023.27.40.005>
42. Petrov A B, Ershov M A, Mel'nikov D S. [i dr.] Increasing the effectiveness of the training process using the micropolarization method. Teoriya i praktika fizicheskoj kul'tury. 2020; 3: 32. (in Russian)
43. Ilyuhina V A, Kozhushko N YU, Matveev YU K. [i dr.] Transcranial micropolarizations in the complex treatment of tempo delays in speech and general psychomotor development in children of senior preschool age. ZHurn. nevrologii i psichiatrii im. S. S. Korsakova. 2004; 11: 34-41. (in Russian)
44. Sirbiladze G K, Suslova G A, Pinchuk D YU, Sirbiladze T K. Possibility of using transspinal micropolarization for correction of cerebral circulation. Pediatriya. 2017; 8 (6): 50-55. (in Russian)
45. Gulyaev V YU, Matveev V A. Transcerebral'naya elektroterapiya. Klassicheskie i sovremennye tekhnologii. Ekaterinburg: Iz-vo «TAJMER», 2015; 43 s. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Долгих Галина Борисовна, д-р мед. наук, детский невролог Медицинского центра «OSSIS», г. Казань; e-mail: medgeo@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0002-2886-3927>

Гуляев Виктор Юрьевич, д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры физической и реабилитационной медицины, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Екатеринбург; e-mail: gulyaeva@e1.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1567-7113>

Федоров Андрей Алексеевич, д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры физической и реабилитационной медицины, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Екатеринбург; ведущий научный сотрудник, заведующий НПО восстановительного лечения физиотерапии и курортологии ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих предприятий», г. Екатеринбург; e-mail: aafedorov@e1.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9695-2959>

Телегина Елена Владимировна, канд. мед. наук, доцент кафедры анатомии человека, кафедры физической и реабилитационной медицины, ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Екатеринбург; e-mail: telegalena@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9779-1624>

Хаитов Руслан Рахимбаевич, врач-травматолог, ГАУЗ Областная клиническая больница № 3 г. Челябинска; e-mail: okb3@okb3-74.ru; <https://orcid.org/0009-0004-6713-2664>

Ситников Александр Владимирович, врач-травматолог, ГАУЗ Областная клиническая больница № 3 г. Челябинска; e-mail: okb3@okb3-74.ru; <https://orcid.org/0009-0007-9169-5571>

Заяц Лия Варисовна, врач физической и реабилитационной медицины, ГАУЗ Областная клиническая больница № 3 г. Челябинска; e-mail: okb3@okb3-74.ru; <https://orcid.org/0009-0008-6498-0403>

Ладыгин Дмитрий Александрович, главный врач ГБУЗ СО «Нижнетуринская ЦГБ», г. Нижняя Тура; e-mail: dmitry.ladygin@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6523-1596>