

1
2023

ИНСТИТУТ ВОЗРАСТНОЙ ФИЗИОЛОГИИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ

НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Возрастная нейрофизиология

Возрастная физиология

Школа и здоровье

Педагогика

МОСКВА

NOVYE ISSLEDOVANIA



Founder:
The Federal State Budget Scientific Institution
«Institute of Developmental Physiology of the Russian Academy of Education»

№ 1 (73) 2023

Published since 2001

Publication frequency — 4 issues per year

Editor-in-chief Pristupa E. N., BD, prof., Moscow
Deputy editor-in-chief Moskvina E. V., Cand. Sc., Moscow

EDITORIAL BOARD

Adamovskaya O. N., Cand. Sc., Moscow
Dogadkina S. B., Cand. Sc., Moscow
Doluev I. U., Cand.Sc.
Zukov O. F. Cand.Sc.
Krivolapchuk I. A., BD, Moscow
Lyakh, V. I., PD., prof., Cracow, Poland
Macarova L. V., Cand Sc. Moscow
Moskvina E. V., Cand. Sc., Moscow
Paranicheva T. M., Cand. Sc., Moscow

EDITORIAL COUNCIL

Bajkovskij Yu.V. PD, Cand. Sc., Moscow
Barantsev S. A., PD, prof., Moscow
Kuchma V. R. PD, prof., Moscow
Levushkin S. P., BD, prof., Moscow
Machinskaya R. I., BD, member-corr. RAE,
Moscow
Sonkin V. BD, prof., Moscow
Stukalenko Nina V., PhD, Prof., Kokshetau,
Kazakhstan

The subscription index is 48656
registration certificate PI № 77-13217 dated July 29 2002

Editorial office address: 119121 Moscow, Pogodinskaya st. 8, bld. 2,
tel. (499) 245-04-33, E-mail: almanac@mail.ru

CONTENT

NEUROMARKERS OF THE DYNAMICS OF INTERHEMISPHERIC ASYMMETRY IN THE NORM AND IN MENTAL DEVELOPMENT DISORDERS. Kozhushko N.Yu., Evdokimov S.A	5
ADAPTIVE CAPABILITIES OF AUTONOMOUS NERVOUS REGULATION IN SCHOOLCHILDREN AGED 8 YEARS WHEN USING DIGITAL DEVICES. Dogadkina S.B.	15
FEATURES OF THE USE OF CT AND OTHER TYPES OF OUTSIDE SCHOOL HOURS ACTIVITIES IN STUDENTS OF GRADES 4-5. Lukyanets G.N., Makarova L.V., Shibalova M.S.	25
PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL SUPPORT OF A FAMILY RAISING A CHILD WITH A LIFE-THREATENING DISEASE: THEORETICAL UNDERSTANDING AND PRACTICE OF IMPLEMENTATION. Doluev I. Y., Zorina E. S., Makarova O.V.	33
EXPANSION OF THE CONCEPT OF "INCLUSIVE EDUCATION" TAKING INTO ACCOUNT THE NEW CHALLENGES OF THE EDUCATION SYSTEM. Tereshchenko O. V.	46
THE POINT OF GROWTH. GENERAL SECONDARY SCHOOL №. 72 RURAL CHILDREN GET GREAT LEARNING OPPORTUNITIES Lobazova T. S.	50

УДК 612.821

DOI: 10.46742/2072-8840-2023-73-1-5-14

НЕЙРОМАРКЕРЫ ДИНАМИКИ МЕЖПОЛУШАРНОЙ АСИММЕТРИИ В НОРМЕ И ПРИ НАРУШЕНИЯХ ПСИХОРЕЧЕВОГО РАЗВИТИЯ

Кожушко Н.Ю., Евдокимов С.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой РАН

Санкт-Петербург

kozhuskko@ihb.spb.ru

evdokimov@ihb.spb.ru

Проведено исследование изменений межполушарной асимметрии спектральной мощности ЭЭГ в тета-диапазоне (4-7.5 Гц) у детей с нарушениями психоречевого развития под влиянием левополушарной гальванизации мозга. В лобных отделах коры больших полушарий выявлено уменьшение исходной асимметрии до значений возрастной нормы (значимая положительная корреляция с количеством курсов транскраниальных микрополяризаций).

Ключевые слова: ЭЭГ, перинатальная патология ЦНС, нарушения психического развития, транскраниальные микрополяризации — ТКМП.

Neuromarkers of the dynamics of interhemispheric asymmetry in the norm and in mental development disorders. In children with mental development disorders, a significant positive correlation was found. A linear dependence of the dynamics of interhemispheric asymmetry of spectral power in the EEG theta range (4-7.5 Hz) in the posterior frontal areas vs the numbers of tDCS courses was revealed. A decrease in asymmetry to the values of the age norm was revealed.

Keywords: EEG, tDCS, mental development disorders

Изучение механизмов межполушарной асимметрии является одним из ключевых пунктов оценки ролей правой и левой гемисферы в обеспечении высших психических функций и речи. При интерпретации полученных данных наиболее важным оказывается используемый при этом инструмент, экспериментальная модель [1, 3, 23, 24, 28, 29]. В частности, в случаях инсультов, опухолей, травм и др. органических процессов у детей и взрослых речь идет о повреждении/выпадении, утрате ранее сформированной нормативной функции [4, 7, 12, 13, 17, 18].

Однако, в наших исследованиях (у детей с отдаленными последствиями перинатального поражения ЦНС) мы имеем дело с исходно несформированными в процессе естественного онтогенеза психическими процессам, т.е. преимущественно со случаями незрелости, дисфункции. Поэтому мы чаще сталкиваемся с нарушениями всей онтогенетической цепочки «превращений», когда возрасту не соответствуют и навыки самообслуживания, мелкая и артикуляционная, а также общая моторика, перцептивные процессы, мыслительные функции, речь и др.

При таких нарушениях развития имеют преимущества более щадящие, физиологические методы исследования, близкие по ряду параметров к собственным электрическим процессам в мозгу человека — воздействия переменным, постоянным током или их сочетанием разной интенсивности и продолжительности (транскраниальные электростимуляции, микрополяризации — ТКМП) [6, 15, 19-21, 27, 32].

Цель настоящего исследования — анализ влияния ТКМП на динамику межполушарной асимметрии при аномальном онтогенезе высших психических функций (ВПФ) и речи — по данным ЭЭГ в диапазоне медленных частот (4-7.5 Гц).

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Повторные ЭЭГ — исследования на курсах ТКМП у отстающих детей проведены в возрасте от 6 до 16 лет. Обследованы дети с различными формами и степенью тяжести психоречевых расстройств перинатального генеза (ЗППР, общее недоразвитие речи, расстройства аутистического спектра, умственная отсталость). Средний возраст 10.4 лет, SD= 3.03 лет. Всего проанализировано 108 повторных записей (9 девочек и 43 мальчика).

Запись ЭЭГ производилась в состоянии спокойного бодрствования (глаза открыты) в течение 2-4 мин. Расположение хлорсеребряных электродов по международной схеме «10-20». Регистрация ЭЭГ производилась в 19 отведениях с помощью компьютерного энцефалографа ООО «Мицар». Спротивление ЭЭГ-электродов не превышало 5 кОм. Запись осуществлялась монополярно по отношению к правому и левому ушному хлорсеребряным электродам. Частота дискретизации данных — 250 Гц. Фильтр нижних частот — 0.53 Гц, фильтр высоких частот 30 Гц, режекторный фильтр 45-55 Гц. Коррекция артефактов глазных движений осуществлялась методом фильтрации главных компонент. В работе был использован монополярный монтаж "общий усредненный референт" (Av).

На первом этапе проведен сравнительный анализ данных динамики асимметрии ЭЭГ только в тета-диапазоне (4-7.5 Гц) по 8 парам отведений (всего 16, кроме центральных): Fp1 и Fp2, F7 и F8, F3 и F4, T3 и T4, C3 и C4, T5 и T6, P3 и P4, O1 и O2. Асимметрия рассчитывалась в относительных единицах по формуле: X нечетное - X четное / X нечетное + X четное, где X — отведение по схеме «10-20» (например, (F3-F4)/(F3+F4)). Расчет производился в программе WinEEG v.3.2 (автор — Пономарев В. А.). Использован корреляционный анализ Пирсона для расчета коэффициента корреляции между средними значениями асимметрии для повторных курсов ТКМП. Расчет производился в программе STATISTICA v.10.

Далее полученные результаты по асимметрии у детей с ЗППР на курсах ТКМП сопоставлялись с данными о возрастной динамике вышеуказанной асимметрии у детей в процессе типичного онтогенеза (нормативная база: 137 девочек и 126 мальчиков, HBI database — см www.hbimed.com).

Для коррекции отставания в развитии применялся метод гальванизации мозга (в научных публикациях используется термин «транскраниальная микрополяризация» — ТКМП [14, 17]). Лечение проводилось по 1-2 курса в год в течение нескольких лет по запатентованным схемам, курс от 3-5 до 10-15 сеансов в зависимости от возраста ребенка (по схеме «возраст±1»), продолжительность одного сеанса 20 мин, курс рассчитан на 2-4 недели. патенты РФ [№ 2180245, 2248227, 2402973]. Основные мишени ТКМП — преимущественно вблизи корковых проекций областей левого полушария (как правило, это зоны Вернике, Брока, а также области моторной коры и ассоциативные отделы); оценивалось курсовое влияние на межполушарную асимметрию.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ межполушарных различий в ЭЭГ отведениях у детей с типичным развитием (нормативная база данных) показал, что корреляции динамики асимметрии с возрастом не обнаруживается (рис. 1, коэффициент корреляции $r=0.001$). Значения колеблются около нуля ($\pm 2\%$), и от возраста не зависят.

У детей с ЗППР при курсовом лечении ТКМП динамика межполушарной асимметрии спектральной мощности в тета-диапазоне была выявлена, начиная с 4 — го курса, и была достоверной только в задне-лобных отделах (F3 и F4), в остальных отведениях ЭЭГ не обнаружена. Выявлена значимая положительная корреляция (линейная зависимость) между значениями этой асимметрии и количеством курсов ТКМП ($r = 0.65$, $p < 0.03$), (рис 2). И далее асимметрия постепенно достигает нормативных (нулевых) значений в интервале от 8-го до 10-го курса поляризации. И потом при дальнейшем увеличении количества курсов ТКМП (12 и более) идет смена знака асимметрии (с левополушарной на правополушарную).

Описанные феномены прослеживаются как на групповом поперечном срезе (у разных детей на одинаковых курсах), так и при лонгитюдном анализе (у одних и тех же детей на разных курсах) — пример индивидуальной скатерограммы на рис. 3, $r=0.54$, $p < 0.17$.

На рис. 4 представлены топограммы сравнительного анализа асимметрии ЭЭГ (качественный анализ локализации максимальных изменений): А — у детей с ЗППР на курсах ТКМП и Б — асимметрии ЭЭГ нормативных данных. На рис. 4А можно видеть, что установленная нами значимая асимметрия в F3 и F4 при курсовом лечении ТКМП переходит с левосторонней в правостороннюю.

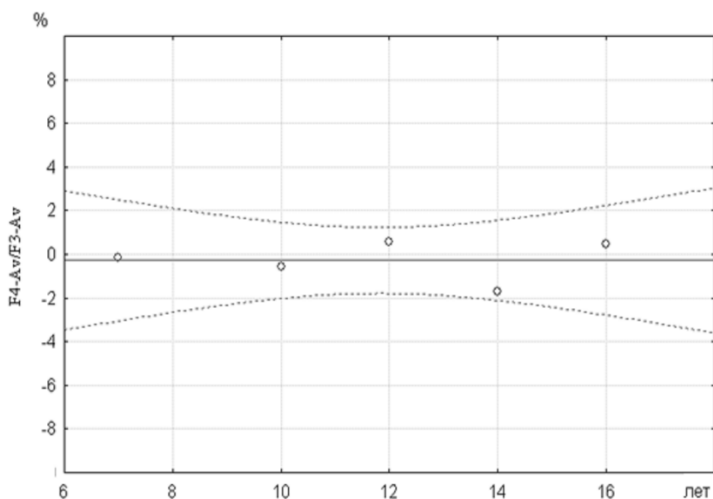


Рис. 1. Возрастная динамика межполушарной асимметрии спектральной мощности ЭЭГ в тета-диапазоне в задне-лобных отделах у детей с типичным развитием.

Условные обозначения: по оси ординат — асимметрия в относительных единицах (%), по оси абсцисс — возраст детей.

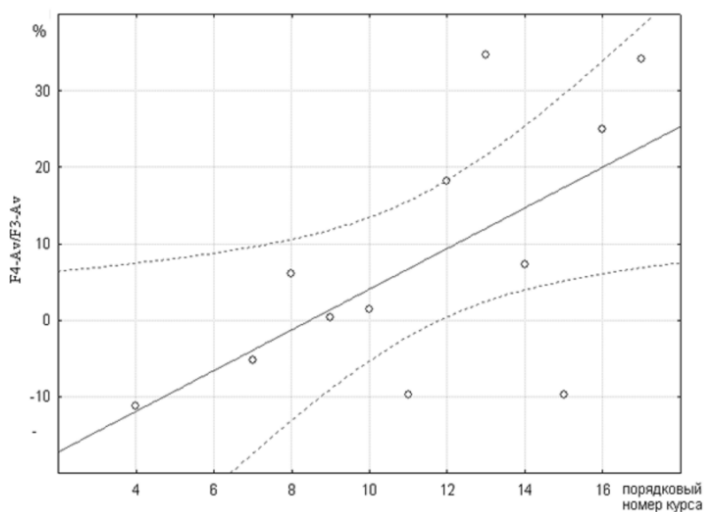


Рис. 2. Курсовая динамика межполушарной асимметрии спектральной мощности ЭЭГ в тета-диапазоне в задне-лобных отделах у детей с ЗППР при ТКМП. По оси ординат — асимметрия в относительных единицах (%), по оси абсцисс — порядковый номер курса ТКМП.

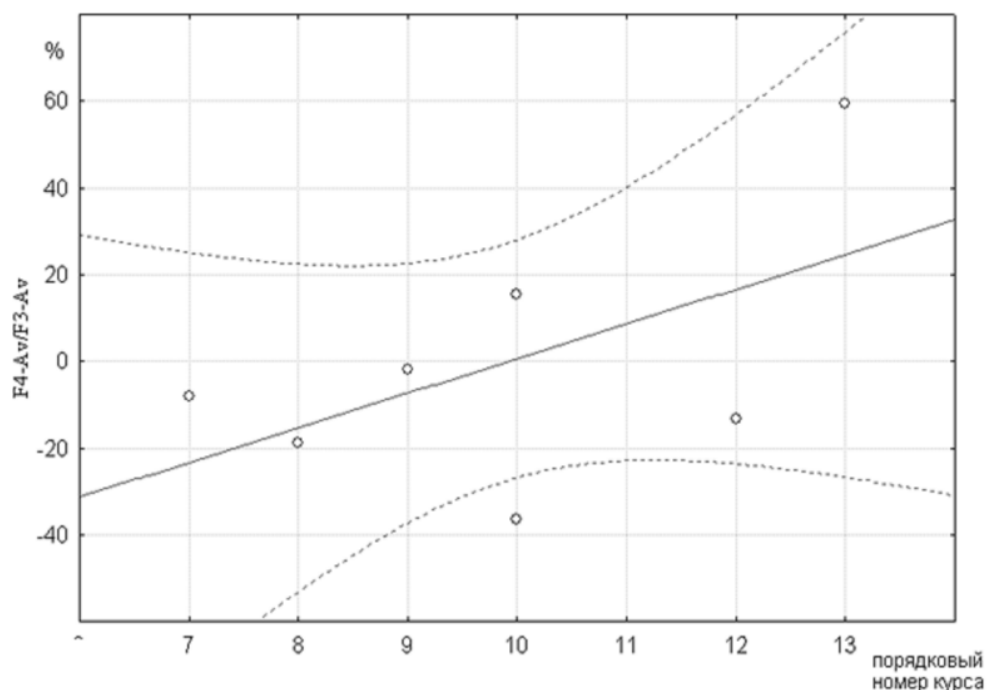


Рис. 3. Индивидуальная динамика межполушарной асимметрии спектральной мощности ЭЭГ в тета-диапазоне в задне — лобных отделах у пациента с ЗППР на курсах ТКМП. Условные обозначения — см. рис. 2.

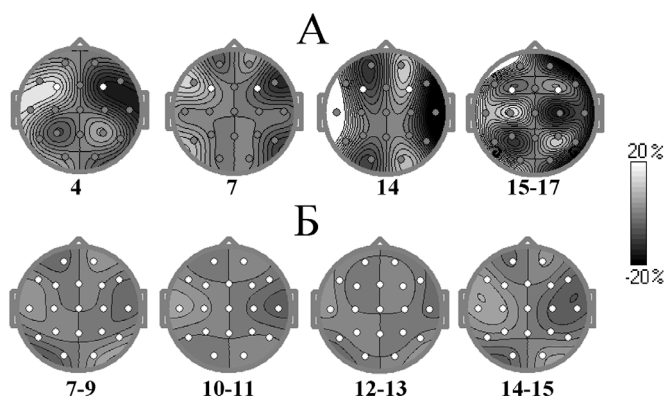


Рис. 4. Особенности межполушарной асимметрии спектральной мощности ЭЭГ в тета-диапазоне у детей с ЗППР

А — курсовая динамика асимметрии при ТКМП.

Условные обозначения: под топограммами указаны порядковые номера курсов.

Б- возрастная динамика для детей с типичным развитием (норма)

Условные обозначения: под топограммами указан возраст

Обсуждение

При обсуждении межполушарных отношений в механизмах формирования ВПФ и речи во многих

литературных источниках сделан акцент на особую роль левой гемисферы в механизмах речи. В условиях аномального онтогенеза эти отношения нарушаются вследствие патологических изменений в детском мозге (повреждения, недоразвития и др. причин) [22, 31].

Использование направленного воздействия (локальных ТКМП), как было показано нами ранее, позволяет изменять целый ряд параметров биоэлектрической активности коры больших полушарий, т.е. влиять на те или иные мозговые механизмы обеспечения ВПФ и речи. В частности, выявлено достоверное снижение доли медленных форм активности в общем спектре ЭЭГ и повышение ведущих частот альфа-активности — по сравнению со спонтанной возрастной динамикой ЭЭГ отстающих детей (без ТКМП) [9, 10].

В настоящем исследовании нами обнаружены значимые изменения под влиянием левополушарной гальванизации еще одного параметра ЭЭГ — межполушарной асимметрии медленной (тета) активности. Асимметрия имеет вектор изменений от аномальных параметров (т.е. более выраженного замедления в отделах левой гемисферы) к значениям асимметрии нормативной группы и приобретает достоверность после 4-х курсов ТКМП. Эти данные получены и при использовании «поперечного среза» — у разных детей одного возраста/одного курса ТКМП, и подтверждены на лонгитюдном срезе — у одних и тех же детей на разных этапах лечебного процесса.

В то же время неправомерно ставить знак равенства: «нормализация» параметров асимметрии не означает автоматической «нормы» ВПФ и речи. На повышение способностей ребенка влияют и особенности развивающей среды, и степень нейропластичности его мозга на данном этапе развития, и многие другие факторы. Но мы можем полагать, что переход левосторонней асимметрии в нулевую (нормативную) область может вносить свой вклад в оптимизацию межполушарных связей в обеспечении сложных видов психической деятельности. Одним из возможных нейрофизиологических механизмов этого процесса у отстающих детей можно полагать ослабление генераторов «замедления» корковой ритмики, в частности, уменьшение их общего числа, включая редукцию широко распространенной по скальпу компоненты ICF3, а также оптимизацию параметров альфа-активности, в т.ч. в отделах правой нестимулированной гемисферы [11, 25].

Интерпретация последующего перехода асимметрии через ноль при дальнейшем увеличении количества курсов ТКМП со сменой ее знака (с левополушарной на правополушарную) в настоящий момент вызывает определенные трудности. Клинического материала по большому количеству курсов ТКМП недостаточно для однозначных выводов (база данных формируется несколько лет). Как правило, большая продолжительность курсового использования ТКМП в нашей работе имеет место в двух основных группах: при тяжелых формах умственной отсталости (в том числе при аутизме), и у детей с грубым отставанием в экспрессивной речи, но с менее выраженной задержкой невербального интеллекта (например, с моторной алалией). Если для первой группы характерно тотальное недоразвитие базовых психических процессов, существенное ограничение внутреннего ресурса к развитию в процессе естественного онтогенеза, то вторая группа на последних курсах имеет существенно более высокий уровень развития вербального и невербального интеллекта, включая нормализацию ряда показателей. При относительной полярности характеристик детей этих групп (с точки зрения «выхода» на другой уровень развития) их объединяет левополушарный акцент асимметрии, так или иначе связанный с нарушением функционирования доминирующего по речи полушария и вытекающего из этого нарушения межполушарного баланса. Можно предположить, что инверсия знака асимметрии при большой продолжительности коррекции с использованием ТКМП отражает процессы компенсации/гиперкомпенсации, аналогичные процессам так называемого «замещающего» онтогенеза [16]. При нем опора для развития отстающих функций идет на более сильные (сохраненные) функциональные единицы правой (в нашем случае) гемисферы, которая начинает выполнять роли, в норме ей несвойственные, и потому не являющиеся идентичными по эффективности ролям левой гемисферы.

Так, например, по данным исследований в группе детей начальной массовой школы с трудностями обучения отмечено превалирование невербального компонента интеллекта (по тесту Векслера) и практически отсутствие взаимосвязей между компонентами вербальной и невербальной структуры интеллекта, и между субтестами внутри каждой структуры [2]. Авторы считают, что это не позволяет компенсировать в процессе учебной деятельности познавательные функции, которые исходно были недостаточно сформированы. Более того, высказывалось предположение, что для таких детей

существующая высоко вербализованная система обучения является неадекватной и даже тормозящей развитие (Дубровинская и др., 2000).

В то же время в норме эти связи по тесту Векслера весьма высоки. У таких детей к 9-10 годам идет оптимизация познавательной деятельности и успешное обучение с формированием речевой регуляции процесса. Невербальные параметры у них остаются высокими, но утрачивают к 9-10 годам свою значимость по сравнению с дошкольным возрастом.

В группе детей при наличии школьных трудностей значимость невербального компонента к 9-10 годам тоже снижается, но у них нет улучшения вербального компонента деятельности (он либо не меняется, либо даже становится ниже нормы). Что в совокупности снижает далее успешность обучения.

Учитывая хоть и малую, но положительную динамику в развитии, обучении, социализации при тяжелых формах нарушений, возможно, мы имеем место с формированием некоего особого баланса межполушарных отношений, характерного для данного контингента детей. Данные психолога — логопедического тестирования при умственной отсталости указывают, что такие дети, как правило, двигаются вперед в развитии от некоего «внешнего» источника: коррекционно-развивающих занятий, медикаментозной терапии, остеопатии, ТКМП или БАК (биоакустической коррекции). Утвердиться в тех или иных предположениях об инверсии асимметрии позволит только накопление соответствующей базы данных, особенно если принимать во внимание и высокую индивидуальную вариабельность психологических и физиологических параметров.

Оценивая курсовое влияние ТКМП на асимметрию в лобных отделах коры, надо заметить, что хотя они логично входят в программу курса для речевых нарушений, воздействие вблизи данной зоны имеет не самую высокую эффективность в отношении психоречевых функций отстающих детей по сравнению с эффектами воздействий в проекциях зоны Вернике, области ТРО и других зон левой гемисферы [26]. Возможно, это более слабое (менее сохранный) звено в системе мозгового обеспечения ВПФ и речи. Фронтоталамические медленные волны и ранее рассматривались в литературе как признаки неоптимального состояния системы обеспечения психической деятельности при наличии школьных трудностей [14].

Один из онтогенетических подходов к объяснению межполушарной асимметрии предполагает, что новые функции сначала появляются в левом полушарии, а затем через мозолистое тело передаются в правое [5]. И, как считает автор теории, специализация полушарий идет не по разным функциям, а по разным фазам их эволюции: левое полушарие предназначено для новых, молодых функций, правое полушарие — для старых. Частично это перекликается с другими теориями, согласно которым межполушарные отношения могут осуществляться по принципу «часть—целое» [12]. И тогда при оценке эффектов ТКМП можно предположить, что правое полушарие регулирует часть психических процессов, а левое — всю их целостность, связанную с речевыми функциями, и в том числе деятельность правого полушария в отношении речи. Это может объяснить отсроченность эффектов правополушарных ТКМП [15, 19]. Полученные в настоящем исследовании данные пополняют список нейромаркеров динамики биоритмов у отстающих детей под влиянием левополушарных ТКМП. Многолетние исследования с использованием модели мозга, формирующегося в условиях аномального онтогенеза, позволяют нам говорить о системных сдвигах нейродинамики в условиях ТКМП — по частотным параметрам (сдвиги в сторону «ускорения» ведущих частот), пространственному распределению генераторов ритмов (уменьшение источников замедления ритмов), нормализации межполушарных отношений и других характеристик.

ВЫВОДЫ

1. Преобладание медленной активности тета-диапазона в отделах левой гемисферы (левополушарная асимметрия) может рассматриваться как один из нейрофизиологических механизмов отставания в психоречевом развитии перинатального генеза.

2. Воздействие (ТКМП) способствует постепенному ослаблению генераторов «замедления», уменьшению дисбаланса межполушарных отношений и формированию эффективных мозговых систем для развития отстающих функций у детей.

Информация о финансовой поддержке: работа выполнена в рамках государственного задания

Минобрнауки РФ по теме № АААА-А19-119101890066-2, № FMMW-2022-0002.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом — ИМЧ РАН (Санкт-Петербург).

Информированное согласие. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Благодарности: Матвееву Ю. К. (научный сотрудник ИМЧ РАН) за помощь в проведении ТКМП.

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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Балонов Л.Я., Деглин В.Л. Слух и речь доминантного и недоминантного полушарий. – Л.: Наука, 1976. – 314 с.
- 2.Безруких М.М. Логинова Е.С. Возрастная динамика и особенности формирования психофизиологической структуры интеллекта у учащихся начальной школы с разной успешностью обучения // Физиол. человека.-2006.- Т. 32. № 1.- С.15-25.
- 3.Бехтерева Н.П. Магия мозга и лабиринты жизни. – М.: АСТ. СПб: «Сова». 2007. – 349 с.
- 4.Буклина С.Б., Баталов А.И., Восстановление речи при афазии: правое полушарие враг или друг? // Физиология человека 2018. - Т. 44. - № 2. С. 52.
- 5.Геодакян В.А. Теория асинхронной асимметрии мозга // Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии. М.: 2001. С.59-60.
- 6.Гусева Н.Л, Святогор И.А, Софронов Г.А, Сирбиладзе К.Т. Динамика фоновых и реактивных паттернов ЭЭГ у детей с минимальными дисфункциями мозга до и после сеансов транскраниальной микрополяризации // Медицинский академический журнал. - 2015. - Т. 15. № 1. - С. 47-53.
- 7.Доброхотова Т.А. Нейропсихиатрия. - М.: БИНОМ. 2013, изд. 2 – 304 с.
- 8.Кожушко Н.Ю., Кропотов Ю.Д., Матвеев Ю.К. и др. Структурно-функциональные особенности мозга детей с нарушениями психического развития и возможности направленного физиологического воздействия// Физиология человека. - 2014. - Т.40. № 4.- С. 36-43. DOI: 10.7868/S0131164614040092
- 9.Кожушко Н.Ю., Евдокимов С.А., Матвеев Ю.К. Нейрофизиологические маркеры возрастной динамики нарушенного психического развития у детей // Физиология человека. - 2018. - Т. 44. № 2. - С. 96-102. DOI 10.7868/S0131164618020133
- 10.Кожушко Н.Ю., Евдокимов С.А. Особенности возрастной динамики ЭЭГ под влиянием транскраниальных микрополяризаций // Физиология человека. - 2019. - Т.45. № 4. - С.23-29. DOI: 10.1134/S0131164619040052
- 11.Кожушко Н.Ю., Евдокимов С.А. Поиск ранних предикторов нарушений формирования высших психических функций и речи: нейрофизиологические аспекты // Физиология человека. - 2020. - Т.46. № 3. - С. 64-70. DOI: 10/31857/S0131164620030108
- 12.Леутин В.П., Николаева Е.И. Функциональная асимметрия мозга: мифы и действительность. - СПб: Речь, 2005. – 368 с.
- 13.Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека. – СПб: Питер, 2008.- 624 с.
- 14.Мачинская Р.И., Курганский А.В. Фронтальные билатерально-синхронные тета-волны и когерентность фоновой ЭЭГ у детей 7-8 и 9-10 лет с трудностями обучения // Физиология человека. - 2013. - Т.39. № 1. - С. 71.
- 15.Пинчук Д.Ю. Транскраниальные микрополяризации головного мозга: клиника, физиология. - СПб: «Человек», 2007. - 496 с.
- 16.Семенович А.В. Нейропсихологическая коррекция в детском возрасте. Метод замещающего онтогенеза. – М.: «Генезис». 2017. – 474 с.
- 17.Симерницкая Э.Г. Мозг человека и психические процессы в онтогенезе. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 351 с.
- 18.Цветкова Л.С., Цветков А.В. Речь и правое полушарие головного мозга: афазия vs аномия // Теория и практика общественного развития.- 2014.- № 13.- С. 70.
- 19.Шелякин А.М., Преображенская И.Г. Микрополяризация мозга. Вчера. Сегодня. Завтра. - СПб:

Страта, 2021. - 378 с.

20. Amatachaya, A., Jensen, M.P., Patjanasontorn, N. et al. The short-term effects of transcranial direct current stimulation on electroencephalography in children with autism: a randomized crossover controlled trial // *Behav Neurol.* - 2015. - Vol. 9. № 28. - PP. 631-641.

21. Caldas Osorio A.A., Russowsky Brunoni A. Transcranial direct current stimulation in children with autism spectrum disorder: a systematic scoping review // *Develop. Medicine & Child Neurol.* - 2019. - № 61. - P. 298-304. DOI: 10.1111/dmcn.14104

22. Floris D.L., Chura L.R., Holt R.J. et al. Psychological correlates of handedness and corpus callosum asymmetry in autism: the left hemisphere dysfunction theory revisited // *J. of Autism and Developmental Disorders.* -2013. -Vol. 43. № 8. - P. 1758.

23. Gainotti G. Lower – and higher – level models of right hemisphere language. A selective survey // *Funct. Neurol.* - 2016. - V.31. № 2. - P.67. PMID27358218PMCIDPMC4936799.

24. Gazzaniga M.S., Sperry R.W. Language after section of the cerebral commissures // *Brain.* - 1967. - Vol. 90. № 1. - PP. 21-34.

25. Kozhushko N.Ju., Nagornova Zh.V., Evdokimov S.A. et al. Specificity of spontaneous EEG associated with different levels of cognitive and communicative dysfunctions in children // *Int. J. Psychophysiology.* 2018. V. 128. P. 22-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psycho.2018.03.013>

26. Kozhushko N., Evdokimov S., Kropotov Yu. Neuromarkers of the effects of the transcranial direct current stimulations in children with mental development disorders // *J. Evolutionary Biochemistry and Physiology.* - 2021. Vol. 57. № 6. - P. 1300-1309. DOI: 10.1134/S0022093021060107

27. Lefaucheur J-P. A comprehensive databased of published tDCS clinical trials (2005-2016) // *Clin. Neurophysiol.* 2016 (80 pp). <http://dx.doi.org/10.1016/j.neucli.2016/10/002>

28. Penfield W. *Mystery of the Mind.* – 2015: Published by Princeton University Press. - 158 P.

29. Springer S., Deutsch G. / Спрингер С., Дейч Г. Левый мозг, правый мозг: асимметрия мозга.– М.: Мир, 1983. – 314 с.

30. York, G. K., & Steinberg, D. A. (2011). Hughlings Jackson's neurological ideas // *Brain.*- 134(10). – PP. 3106–3113.

31. Vergallito A., Giustolisi B., Cecchetto C. et al. Mind the stimulation site: Enhancing and diminishing sentence comprehension with anodal tDCS // *Brain and Language.* - 2020. - № 204. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2020.104757>

32. Zewdie E., Ciechanski P., Kuo H.C. et al. Safety and tolerability of transcranial magnetic and direct current stimulation in children: Prospective single center evidence from 3.5 million stimulations // *Brain Stimulation.* - 2020. - № 13. P. 565-575.

REFERENCES

1. Balonov L.YA., Deglin V.L. Sluh i rech' dominantnogo i nedominantnogo polusharij. – L.: Nauka, 1976. S.314

2. Bezrukih M.M., Loginova E.S. Vozrastnaya dinamika i osobennosti formirovaniya psihofiziologicheskoy struktury intellekta u uchashchihsya nachal'noj shkoly s raznoj uspešnost'yu obucheniya // *Fiziol. cheloveka.* 2006.- T. 32. № 1. -S. 15-25.

3. Bekhtereva N.P. Magiya mozga i labirinty zhizni. – М.: AST. SPb: «Sova». -2007.- S. 349.

4. Buklina S.B., Batalov A.I., Vosstanovlenie rechi pri afazii: pravoe polusharie vrag ili drug? // *Fiziologiya cheloveka* 2018. - T. 44. - № 2. S. 52.

5. Geodakyan V.A. Teoriya asinhronnoj asimetrii mozga // *Aktual'nye voprosy funkcional'noj mezhpolusharnoj asimetrii.* М.: 2001. S. 59-60.

6. Guseva N.L., Svyatogor I.A., Sofronov G.A., Sirbiladze K.T. Dinamika fonovyh i reaktivnyh patternov EEG u detej s minimal'nymi disfunkcijami mozga do i posle seansov transkranial'noj mikropolyarizacii // *Medicinskij akademicheskij zhurnal.* - 2015. - T. 15. № 1. - S. 47-53.

7. Dobrohotova T.A. *Nejropsihiatriya.* - М.: BINOM. 2013, izd. 2 – S. 304

8. Kozhushko N.YU., Kropotov YU.D., Matveev YU.K. i dr. Strukturno-funkcional'nye osobennosti mozga detej s narusheniyami psihicheskogo razvitiya i vozmožnosti napravlennogo fiziologicheskogo vozdejstviya // *Fiziologiya cheloveka.* - 2014. - T.40. № 4. - S. 36-43. DOI: 10.7868/S01311164614040092

9. Kozhushko N.Yu., Evdokimov S.A., Matveev YU.K. Nejrofiziologicheskie markery vozrastnoj

dinamiki narushennogo psihicheskogo razvitiya u detej // Fiziologiya cheloveka. - 2018. - T. 44. № 2. - S. 96-102. DOI 10.7868/S0131164618020133

10.Kozhushko N.YU., Evdokimov S.A. Osobennosti vozrastnoj dinamiki EEG pod vliyaniem transkranal'nyh mikropolyarizacij // Fiziologiya cheloveka. - 2019. - T.45. № 4. - S. 23-29. DOI: 10.1134/S0131164619040052

11.Kozhushko N.YU., Evdokimov S.A. Poisk rannih prediktorov narushenij formirovaniya vysshih psihicheskikh funkcij i rechi: nejrofiziologicheskie aspekty //Fiziologiya cheloveka. - 2020. - T.46. № 3. - S. 64-70 . DOI: 10/31857/S0131164620030108

12.Leutin V.P., Nikolaeva E.I. Funkcional'naya asimmetriya mozga: mify i dejstvitel'nost'. - SPb: Rech', 2005. – 368 s.

13.Luriya A.R. Vysshie korkovye funkcii cheloveka. – SPb: Piter, 2008.- 624 s.

14.Machinskaya R.I., Kurganskij A.V. Frontal'nye bilateral'no-sinhronnye teta-volny i kogerentnost' fonovoj EEG u detej 7-8 i 9-10 let s trudnostyami obucheniya // Fiziologiya cheloveka. - 2013. - T.39. № 1. - S. 71.

15.Pinchuk D.YU. Transkranal'nye mikropolyarizacii golovnogogo mozga: klinika, fiziologiya. - SPb: «Chelovek», 2007. - 496 s.

16.Semenovich A.V. Nejropsihologicheskaya korrekciya v detskom vozraste. Metod zameshchayushchego ontogeneza. – M.: «Genezis». 2017. – 474 s.

17.Simernickaya E.G. Mozg cheloveka i psihicheskie processy v ontogeneze. – M.: Izd-vo MGU, 1985. – 351 s.

18.Cvetkova L.S., Cvetkov A.V. Rech' i pravoe polusharie golovnogogo mozga: afaziya vs anomiya // Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya. - 2014.- № 13.- S. 70.

19.SHelyakin A.M., Preobrazhenskaya I.G. Mikropolyarizaciya mozga. Vchera. Segodnya. Zavtra. - SPb: Strata, 2021. - 378 s.

20.Amatachaya, A., Jensen, M.P., Patjanasontorn, N. et al. The short-term effects of transcranial direct current stimulation on electroencephalography in children with autism: a randomized crossover controlled trial // Behav Neurol. - 2015. -Vol. 9. № 28. - PP. 631-641.

21.Caldas Osorio A.A., Russowsky Brunoni A. Transcranial direct current stimulation in children with autism spectrum disorder: a systematic scoping review// Develop. Medicine & Child Neurol. - 2019. - № 61. - P. 298-304. DOI: 10.1111/dmcn.14104

22.Floris D.L., Chura L.R., Holt R.J. et al. Psychological correlates of handedness and corpus callosum asymmetry in autism: the left hemisphere dysfunction theory revisited // J. of Autism and Developmental Disorders. -2013. -Vol. 43. № 8. -P. 1758.

23.Gainotti G. Lower – and higher – level models of right hemisphere language. A selective survey // Funct. Neurol. - 2016. - V.31. № 2. - P.67. PMID27358218PMCIDPMC4936799.

24.Gazzaniga M.S., Sperry R.W Language after section of the cerebral commissures // Brain. - 1967. - Vol. 90. № 1. - PP. 21-34.

25.Kozhushko N.Ju., Nagornova Zh.V., Evdokimov S.A. et al. Specificity of spontaneous EEG associated with different levels of cognitive and communicative dysfunctions in children // Int. J. Psychophysiology. -2018.- V. 128. -P. 22-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psych.2018.03.013>

26.Kozhushko N., Evdokimov S., Kropotov Yu. Neuromarkers of the effects of the transcranial direct current stimulations in children with mental development disorders // J. Evolutionary Biochemistry and Physiology. -2021.-Vol. 57. № 6.- P. 1300-1309. DOI: 10.1134/S0022093021060107

27.Lefaucheur J-P. A comprehensive databased of published tDCS clinical trials (2005-2016) // Clin. Neurophysiol. -2016 (80 pp). <http://dx.doi.org/10.1016/j.neucli.2016/10/002>

28.Penfield W. Mystery of the Mind. – 2015: Published by Princeton University Press. - 158 P.

29.Springer S., Deutsch G. / Спрингер С., Дейч Г. Левый мозг, правый мозг: асимметрия мозга.– М.: Мир, 1983. – 314 с.

30.York, G. K., & Steinberg, D. A. (2011). Hughlings Jackson’s neurological ideas // Brain.- 134(10). – PP. 3106–3113.

31.Vergallito A., Giustolisi B., Cecchetto C. et al. Mind the stimulation site: Enhancing and diminishing sentence comprehension with anodal tDCS// Brain and Language. - 2020. - № 204. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2020.104757>

32. Zewdie E., Ciecchanski P., Kuo H.C. et al. Safety and tolerability of transcranial magnetic and direct current stimulation in children: Prospective single center evidence from 3.5 million stimulations // Brain Stimulation. - 2020. - № 13. P. 565-575.