

УДК 612.821

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭЭГ У ДЕТЕЙ С НАРУШЕНИЯМИ ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МЕТОДОМ НЕЗАВИСИМЫХ КОМПОНЕНТ

© 2014 г. Н. Ю. Кожушко, С. А. Евдокимов, Ю. К. Матвеев, Е. П. Терещенко, Ю. Д. Кропотов

ФГБУН Институт мозга человека им. Н.П. Бехтеревой РАН, Санкт-Петербург

E-mail: kozhushko56@list.ru

Поступила в редакцию 05.05.2014 г.

Проведен анализ фоновой ЭЭГ методом независимых компонент в диапазоне от 3 до 13 Гц у детей с нарушениями психического развития перинатального генеза в состоянии бодрствования с открытыми глазами. При более тяжелых формах отставания выявлено достоверное повышение спектров мощности θ -диапазона в лобно-височных отделах коры левого и височных отделах правого полушарий, что позволяет рассматривать эти области в качестве гипотетических источников медленной активности и маркеров повреждения/незрелости фронто-таламической системы, а также височных отделов, отвечающих за слуховой анализ и синтез речевых сигналов, интеграцию аудио- и визуальной информации.

Ключевые слова: ЭЭГ, метод независимых компонент, перинатальная патология, нарушения психического развития.

DOI: 10.7868/S0131164614050087

Изменения в психическом развитии у детей вследствие перинатальной патологии ЦНС являются одной из нейрофизиологических моделей, позволяющей понять мозговые механизмы нарушений (дисфункции, повреждения, незрелости) высших психических процессов. Однако особенности поведения отстающих детей — снижение/отсутствие реакции на инструкции при проведении обследования, расторможенность, неадекватные эмоциональные реакции — создают значительные трудности для исследователей при попытках получить достаточно продолжительную безартефактную запись ЭЭГ в состоянии бодрствования, особенно при закрытых глазах. В связи с этим актуальным является поиск ЭЭГ-маркеров нарушений развития в естественных условиях бодрствования, когда глаза открыты.

В последние годы новые возможности понимания функционального значения биоэлектрической активности мозга открыл метод независимых компонент (ICA), который относится к классу методов выделения сигналов от источников, которые нельзя зарегистрировать непосредственно с помощью доступных датчиков [1, 2]. Метод основан на предположении о статистической независимости временных рядов, соответствующих сигналам от “генераторов” компонент. И целью его применения при анализе ЭЭГ является выде-

ление независимых сигналов, генерируемых различными мозговыми “источниками”.

Целью настоящей работы было исследование различий спектральной мощности ЭЭГ в диапазоне от 3 до 13 Гц, полученных методом разделения на независимые компоненты, у детей с разной степенью отставания в психическом развитии в состоянии бодрствования с открытыми глазами.

МЕТОДИКА

Обследовано 108 детей с последствиями перинатального поражения ЦНС в возрасте от 3 до 8 лет. Группы выравнены по представленности детей дошкольного и школьного возраста с целью уменьшения влияния фактора возраста (средние значения по группам достоверно не различались по *t*-критерию Стьюдента). По результатам психолого-логопедического тестирования уровня развития высших психических функций и речи [3] дети были разделены условно на 4 группы.

1 группа была контрольной, ее составляли дети, осваивающие по возрасту программы обучения в массовых дошкольных и школьных образовательных учреждениях (1 класс) — 17 человек, средний возраст — 5 ± 2 лет.

Дети с нарушениями психического развития были разделены на три следующие группы.

Группа 2Л — дети с легким отставанием в развитии (темповые задержки речевого развития, общее недоразвитие речи, дизартрии стертой формы и другие нарушения экспрессивной и импрессивной речи, не сопровождающиеся отставанием в развитии других психических процессов) — 39 человек, средний возраст 5.5 ± 2 года.

Группа 2С — дети со средней степенью отставания в развитии, обучающиеся в специализированных детских садах и школах (классах) коррекционного направления. Это дети с задержками психического развития, нетяжелыми формами расстройств аутистического спектра — с сочетанными нарушениями развития высших психических процессов (зрительно-пространственного восприятия, внимания, памяти, мышления, импрессивной и экспрессивной речи, коммуникативных функций и др.) — 35 человек, средний возраст — 5.2 ± 3 года.

Группа 2Т — дети с тяжелой степенью отставания в развитии с несформированными по возрасту навыками самообслуживания (еда, одевание, туалет и пр.), выраженными трудностями обучения (слабая реакция на обращенную речь, полевое поведение, низкий познавательный интерес и т.п.) — 17 человек, средний возраст 4.7 ± 2 года.

Регистрация ЭЭГ в состоянии бодрствования при открытых глазах (продолжительностью около 2 мин) производилась с помощью цифрового электроэнцефалографа “Мицар”, пакет программного обеспечения WinEEG. Использовались 19 хлорсеребряных мостиковых электродов, расположенных на поверхности кожи головы ребенка в соответствии с международной системой 10–20. Референтные электроды располагались на мочках ушей или на лбу. Сопротивление электродов не превышало 5 кОм. Частота оцифровки ЭЭГ составляла 250 Гц. Параметры фильтра высоких частот и фильтра низких частот составляли соответственно 0.53 Гц и 50 Гц. При анализе был использован монополярный монтаж “общий усредненный референт” (A_v).

Коррекция артефактов морганий и горизонтальных движений глаз производилась методом анализа независимых компонент [4]. При анализе исключались также фрагменты ЭЭГ, содержащие высокоамплитудные артефакты быстрых колебаний частотой от 25 до 35 Гц, с амплитудой более 40 мкВ; производился также визуальный анализ и удаление скачков потенциала больше 150 мкВ. После описанной фильтрации отведения F_8 и F_7 были исключены из дальнейшего анализа в связи с выраженным подавлением активности по этим каналам методом независимых компонент (из-за артефактов движения электродов, связанных с

особенностями поведения отстающих детей — двигательное беспокойство, плач).

Для количественного анализа фоновой ЭЭГ использованы фрагменты, содержащие более 8 эпох безартефактной записи (более 30 с). При разделении на независимые компоненты индивидуально ЭЭГ по всем группам объединялись в одну. В результате анализа получили 17 топографий независимых компонент ЭЭГ, которые далее использовались для выделения компонент индивидуально ЭЭГ. Это позволяло рассчитывать спектр компонент ЭЭГ отдельно для каждой локализации выделенной активности, что уменьшало их взаимное влияние.

Для определения локализации предполагаемых источников независимых компонент ЭЭГ был использован метод томографии низкого разрешения sLORETA [5]. Данный метод позволяет по топографии компоненты определить ее гипотетические источники и поля Бродмана, в которых они предположительно находятся. По данным о локализации все компоненты были ассоциированы с отведениями ЭЭГ по международной системе 10–20.

Для нормализации распределений средние значения спектральной мощности ритмов логарифмировались. Сравнение логарифмов спектральной мощности независимых компонент в настоящем исследовании проведено в диапазоне медленных частот (3–7 Гц) и α -активности (8–13 Гц). Для определения статистически достоверных различий между группами детей с разной степенью отставания в развитии использовался двухфакторный дисперсионный анализ (*ANOVA*). Для качественной оценки различий спектральной мощности ЭЭГ между группами детей вычислялся также размер эффекта Кохена.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Достоверные различия между всеми обследованными группами детей при использовании *ANOVA* выделены в диапазоне медленных волн в лобно-височных отведениях — Fp_1 , F_3 , T_3 , T_4 и T_6 : $F(15, 276.5) = 1.98$, $\varepsilon = 0.75$, $p < 0.016$. В α -диапазоне таковые изменения при открытых глазах обнаружены не были: $F(15, 276.5) = 1.28$; $\varepsilon = 0.83$, $p < 0.21$.

Качественный анализ спектральной мощности независимых компонент по медленным частотам (с использованием эффекта Кохена) выявил постепенный прирост различий в соответствии со степенью тяжести нарушений психического развития (табл. 1). В частности, у детей 1 группы без нарушений развития ни в одном из отведений ЭЭГ проведенный анализ не выявил различий по сравнению с группой 2Л. В то же время сравнение детей группы 2Т (с самы-

Таблица 1. Межгрупповые различия спектральной мощности независимых компонент в диапазоне медленных частот с использованием эффекта Кохена

Размер эффекта Кохена для логарифма спектральной мощности						
ЭЭГ-отведения	Группы сравнения					
	1-2Л	1-2С	2Л-2С	2С-2Т	2Л-2Т	1-2Т
Fp_1^{**}	0.09	0.85*	0.62*	0.43	1.11*	1.44*
Fp_2	0.25	0.77*	0.53*	0.39	1.00*	1.24*
F_3^{**}	-0.12	0.43	0.47	0.82*	1.31*	1.41*
F_z	-0.30	0.41	0.41	0.26	0.69*	0.87*
F_4	0.02	0.41	0.32	0.65*	1.11*	1.34*
T_3^{**}	-0.12	0.51*	0.58*	0.78*	1.48*	1.49*
C_3	0.21	0.33	0.12	0.45	0.71*	0.88*
C_z	-0.07	0.06	0.13	0.40	0.64*	0.56*
C_4	0.28	0.83*	0.66*	0.37	1.34*	1.38*
T_4^{**}	0.27	0.86*	0.47	0.61*	1.25*	1.84*
T_5	0.17	0.43	0.29	0.44	0.72*	0.82*
P_3	-0.22	0.28	0.37	0.73*	1.19*	1.40*
P_z	-0.09	0.21	0.25	0.71*	1.14*	1.30*
P_4	-0.35	0.19	0.79*	0.43	1.46*	0.65*
T_6^{**}	0.31	0.87*	0.45	0.55*	1.13*	1.72*
O_1	0.26	0.54*	0.30	0.62*	1.06*	1.23*
O_2	0.31	0.55*	0.19	0.38	0.54*	1.00*

* Значение эффекта на уровне $d > 0.5$; ** достоверные различия между группами.

Таблица 2. Регионарные особенности спектральной мощности независимых компонент в покое при открытых глазах (в % к общему спектру ЭЭГ)

Области коры (отведения ЭЭГ)	Суммарные значения спектральной мощности			
	группы детей			
	1	2Л	2С	2Т
Лобно-височные ($Fp_1, Fp_2, F_3, F_4, F_z, T_3, T_4$)	41.6	31.2	30.2	35
Теменно-височные, затылочные ($T_5, T_6, P_3, P_4, P_z, O_1, O_2$)	45.7	58.9	48.7	46.6

ми тяжелыми расстройствами) выявило отличия от всех остальных групп практически по всем отведениям (табл. 1, рис. 1, 2, 3).

В ЭЭГ-компонентах, где выделены достоверные различия спектральной мощности медленных ритмов (рис. 3), отмечены также спектральные пики: в Fp_1 — на частоте 5.6 Гц (рис. 1); в F_3 , T_3 — на частоте 5 Гц (рис. 2, 3).

Анализ суммарной спектральной мощности независимых компонент (по всем диапазонам частот) продемонстрировал тенденцию к регионарным различиям (центральные отведения — C_z, C_3

и C_4 в анализ не включались) (табл. 2). В частности, у детей 1 группы (без отставания в развитии) регионарные различия между передне-центральными и задними отделами по данному параметру практически не выражены. В группе 2 (с нарушениями психического развития) видно появление акцента медленных компонент в височно-теменных и затылочных отделах (поля Бродмана 21–22, ассоциативные области пп. 19, 37, 39, 40, 42 и др.). Причем у детей с более тяжелыми формами отставания в развитии величина акцента уменьшалась.

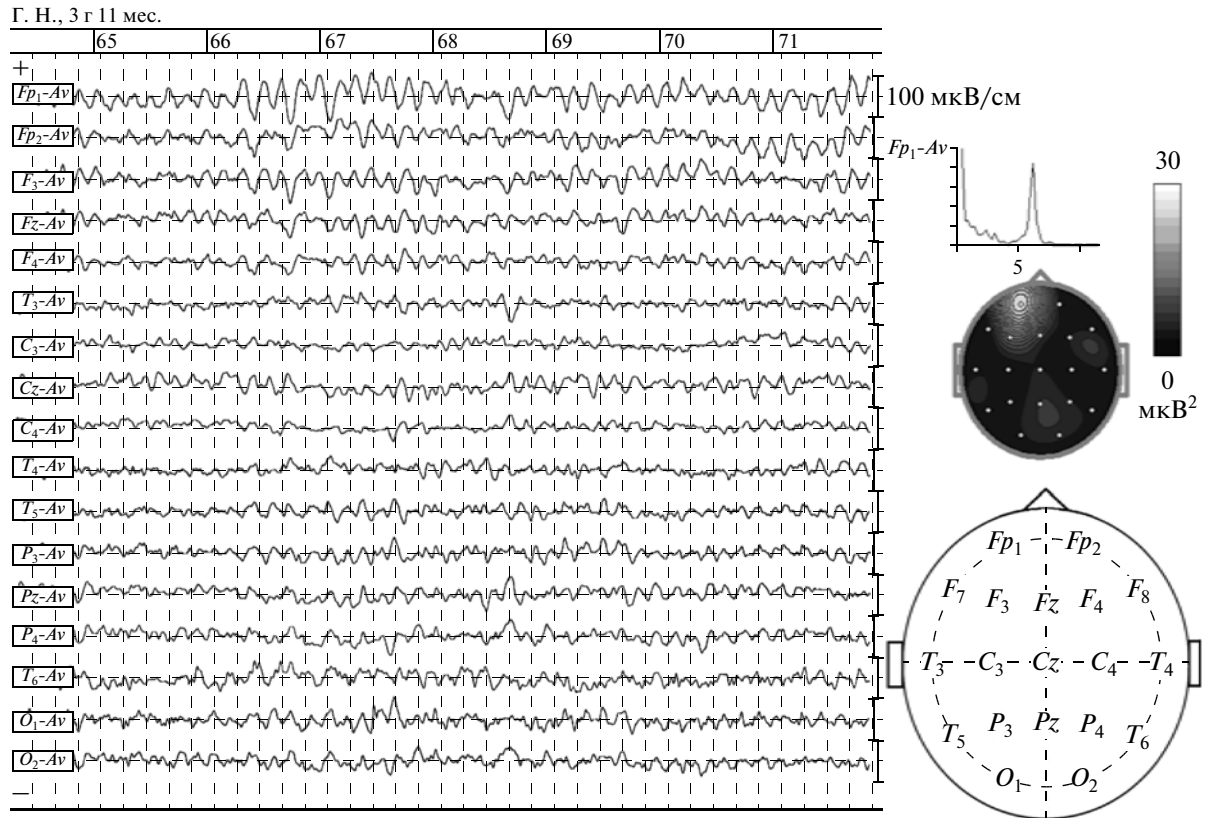


Рис. 1. Фрагмент нативной записи ЭЭГ ребенка группы 2Т в покое с открытыми глазами (слева). Расположение электродов по системе 10–20, способ регистрации монополярный по отношению к усредненному электроду. Полоса частот: фильтр низких частот – постоянная времени 0.3 с, фильтр высоких частот 50 Гц. Цифры сверху – посекундная отметка записи, калибровочный сигнал по всем каналам 100 мкВ/1 см. Справа – спектр ЭЭГ в отведении Fp_1 (по оси ординат – μV^2 , по оси абсцисс – Гц) с максимумом на частоте 5.6 Гц. Ниже эти данные представлены в виде топограммы распределения спектральной мощности.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Важная роль фронто-таламической системы в реализации сложных форм психической деятельности, регуляции уровня бодрствования показана во многих исследованиях [6–11]. Фронто-таламические медленные волны в настоящее время рассматриваются как признаки неоптимального состояния данной системы (ее незрелости или дисфункции) [12, 13].

Несмотря на то, что наличие медленной активности в спектре ЭЭГ для детей типично, с возрастом доля ее должна снижаться, уступая место α -ритму как ведущему, в норме – с акцентом в теменно-затылочных отделах [14, 15]. У детей с нарушениями психического развития медленная активность сохраняется и на более поздних этапах онтогенеза, превалируя над быстрыми формами активности. Еще Д. Эделмен рассматривал несформированность ритмической активности α -диапазона как коррелят низкого уровня пластичности ЦНС, незрелости генераторов α -ритма [16].

Использование в настоящем исследовании метода анализа независимых компонент ЭЭГ позволило выделить в качестве гипотетических источников медленной активности у отстающих детей не только лобные, но и височные отделы коры, отвечающие за слуховой анализ и синтез речевых сигналов, интеграцию аудио- и визуальной информации [6, 17]. Показано также повышение мощности медленных компонент в соответствии со степенью тяжести отставания в развитии, включая наличие спектральных пиков на частотах 5–6 Гц в указанных отделах левой гемисферы.

Так, более высокие значения спектров мощности медленной активности выявлены у детей с грубым отставанием в развитии (группа 2Т) по сравнению с группами 1 и 2Л (дети без отставания в развитии и с легкими нарушениями речи) – по всем 17 анализируемым отведениям (табл. 1). В то же время при сравнении между собой групп, менее контрастных по уровню развития (2Л и 2С, 2С и 2Т), различия отмечены только в половине анализируемых отведений ЭЭГ.

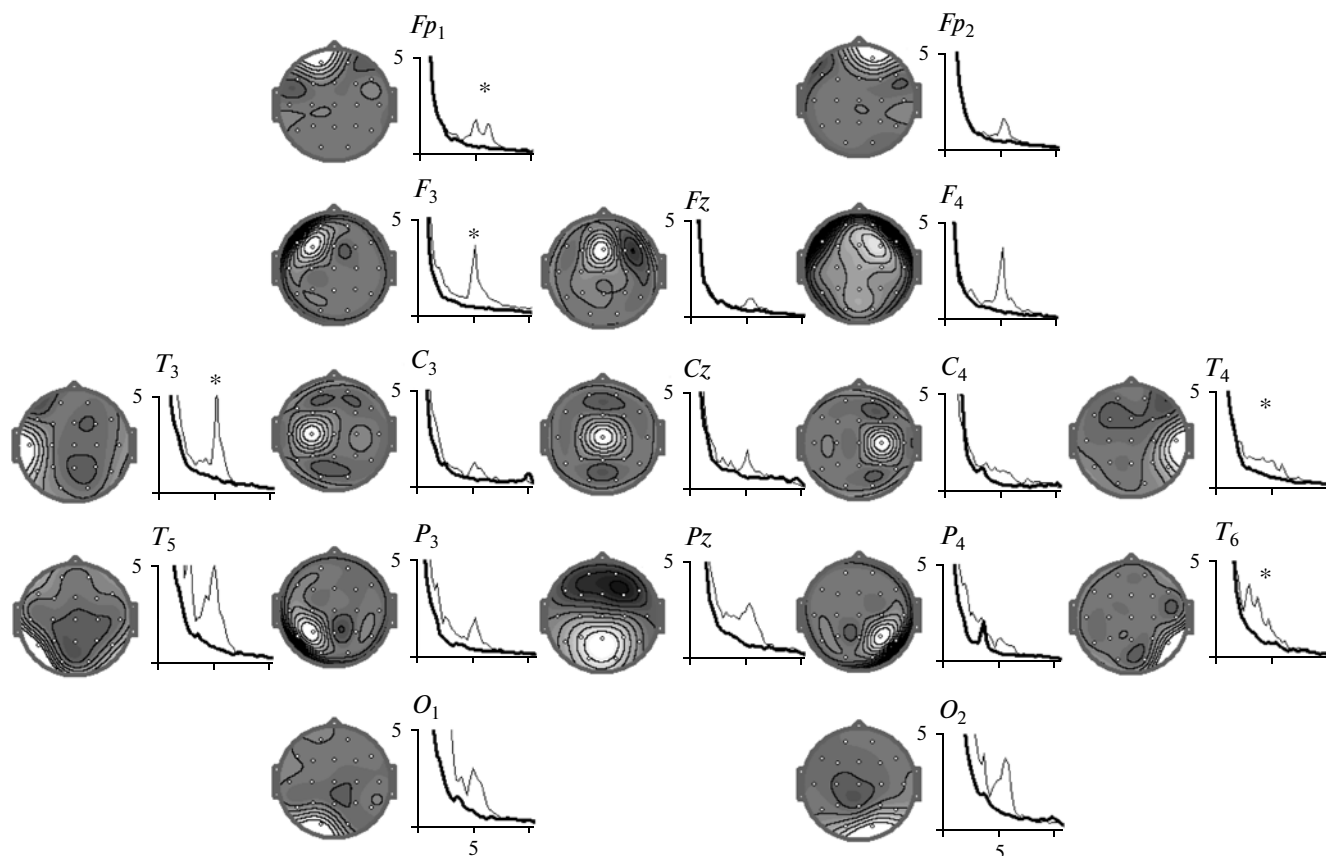


Рис. 2. Сравнительный анализ спектров мощности независимых компонент ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования с открытыми глазами у детей с нарушениями психического развития в группах 2Л (толстая линия) и 2Т (тонкая линия). По оси абсцисс — анализируемые частоты ЭЭГ (Гц); по оси ординат — значения спектров мощности в относительных единицах. (*) отмечен статистически значимый прирост спектральной мощности медленных частот в группе 2Т по сравнению с группой 2Л.

Иначе говоря, в группе детей с тяжелыми нарушениями в развитии мы имеем более широкое распределение независимых источников медленной активности, что может быть основой тотального недоразвития психических функций, характерного не просто для задержки развития (в известном смысле, временного явления), а для умственной отсталости, как более грубого расстройства, без необходимого “ускорения” корковой ритмики и психических процессов в ходе онтогенеза.

Возможно также, что такая своеобразная “синхронизация” источников медленных процессов во многих исследованных областях коры мозга связана с более жесткими, менее пластичными связями, образующимися в случаях перинатального поражения ЦНС, а также с нарушениями нейроэмбриогенеза вследствие хронической гипоксии плода [18–20]. Есть предположения, что повышение синхронизации работы нейронных ансамблей доминантного полушария может препятствовать процессу выработки автономии

отдельных регуляторных центров коркового уровня [21].

Возможно, мы имеем дело с одним из механизмов, который приводит к сбоям заданной в онтогенезе последовательности психофизиологического развития ребенка [22], ведущая роль в реализации которой может принадлежать фронто-таламической системе. Известно, что при тяжелом поражении мозг ребенка может в процессе развития не компенсировать дефицит пораженного участка или даже утратить способность к дальнейшему созреванию и с возрастом еще более истощиться [23].

Сравнение базовых (α и θ) диапазонов детской ЭЭГ выявило следующие особенности. Гипотетические генераторы медленных частот выявлены нами в состоянии бодрствования при открытых глазах, в то время как в диапазоне α -ритма при открытых глазах достоверных различий по независимым компонентам не было обнаружено. Это позволяет использовать обнаруженные генераторы медленной активности в лобно-височных отделах коры в качестве маркера рисков нарушений

развития, особенно когда в состоянии бодрствования невозможно оценить выраженность основного (α) ритма ввиду трудностей получения продолжительной безартефактной записи ЭЭГ у отстающих детей при закрытых глазах. Недостаточная информативность α -диапазона как в более младшем, так и в более старшем возрасте у детей (по сравнению с обследованным нами контингентом) продемонстрирована и другими авторами при речевых расстройствах и при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью на резидуально-органическом фоне [21, 24].

Проявления межполушарной асимметрии в наших исследованиях выглядят неоднозначно. Так, лобные отделы коры в качестве “источников” медленных ритмов преобладают в левой гемисфере, по задне-височным отделам знак асимметрии инвертирован на правое полушарие, а по передне-височным областям эти “источники” симметричны (межполушарные различия не достоверны) (рис. 3). При этом только в отделах левого полушария достоверные спектральные различия медленных частот сочетаются с наличием спектральных пиков на частотах 5–6 Гц.

Локальные повреждения задне-височных отделов правого полушария, по мнению ряда авторов, в ходе онтогенеза препятствуют развитию “левополушарных” слухоречевых функций и памяти, которые, в свою очередь, определяют становление навыков чтения и письма [25]. При локализации отклонений ЭЭГ в передних отделах левого полушария описано преобладание нарушений моторных компонентов письменной речи; при фонологических и морфологических нарушениях акцент изменений ЭЭГ отмечен в височных отделах билатерально и в задне-ассоциативных зонах правой гемисферы.

Но при интерпретации данных приходится иметь в виду утверждение Дж. Х. Джексона о том, что “локализовать поражение, ответственное за нарушение речи, и локализовать речевые функции — это совершенно разные вещи” (цит. по [26]). Сделать более точные сопоставления выявленных функциональных особенностей ЭЭГ и структурных изменений представляется затруднительным в связи с неравномерностью (гетерохронностью) развития корковых полей, а также разной вероятностью повреждения или недоразвития тех или иных структур мозга в пре- и перинатальный период. Тем более, что и вопрос о том, повреждение какого полушария более негативно сказывается на последующем развитии ребенка, до сих пор является предметом активных дискуссий [26–29].

По данным современных методов нейровизуализации, нарушение становления языковой системы у детей в раннем возрасте нередко вообще не связано с повреждением какой-либо опреде-

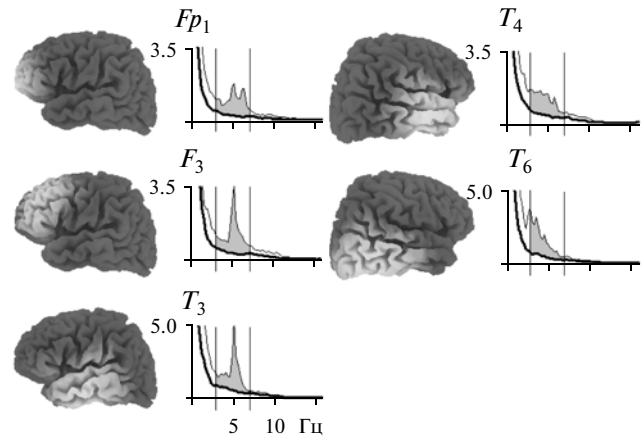


Рис. 3. Достоверные различия спектральной мощности независимых компонент ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования с открытыми глазами в группах 1 (толстая линия) и 2Т (тонкая линия). По оси абсцисс — анализируемые частоты ЭЭГ (Гц); по оси ординат — значения спектров мощности (в относительных единицах). Слева от каждого графика на модели мозга отмечена предполагаемая локализация источников независимых компонент ЭЭГ по sLORETA.

ленной структуры мозга [30]. Критически важным для осуществления речевой функции считают даже не интактность определенной зоны мозга, а сохранение возможности взаимодействия множества речевых зон, в котором участие одной из них является лишь необходимым звеном.

Являются предметом давней дискуссии и вопросы о том, какой из центров речи (моторный или сенсорный, зона Брока или Вернике) является ведущим. Еще К. Прибрам утверждал, что если повреждение мозга расположено кзади от зоны Вернике, в нейрохирургической практике дефект речи является более тяжелым [31]. Именно вблизи данной корковой проекции (отведения ЭЭГ T_3 и T_4) нами выделены независимые “источники” медленной активности в обоих полушариях. По данным позитронно-эмиссионной томографии, у взрослых при перерыве связей зоны Вернике с другими ассоциативными полями (при сохранности самой зоны) не только затрудняется восприятие речи, но и нарушается способность переводить мысли в слова [32]. Зона Вернике рассматривается в этом контексте не столько как жестко сконцентрированный центр, в котором сосредоточены нейрофизиологические процессы, обеспечивающие речевую функцию, а как “нейрональные ворота”, осуществляющие, главным образом, переключательную функцию, где конвергируют импульсы от разнообразных сенсорных и ассоциативных полей, и где происходит трансформация “нейрональных паттернов образов” в “слова-формы”.

Как показали наши исследования, выбор мишеней воздействия у детей с отставанием в психическом развитии вблизи корковых проекций вышеуказанных зон мозга (при проведении транскраниальных микрополяризаций – ТКМП) качественно повышает эффективность коррекции нарушенных функций [33–35]. Возможно, это связано с тем, что мишень воздействия исходно является гипотетическим “источником” медленных частот ЭЭГ отстающего ребенка. Ведь в случаях отставания в развитии вследствие перинатальной патологии ЦНС фактически теряется врожденная способность ребенка освоить родной язык [30, 36]. Но именно наличие речи является основным показателем благополучия психического развития ребенка и тесно связано с функцией передачи опыта в процессе индивидуального развития.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании полученных данных можно предполагать, что при известном преобладании медленных ритмов в ЭЭГ детей с отставанием в психическом развитии могут быть выделены их гипотетические источники в лобно-височных отделах коры. Показано повышение мощности медленных компонент в соответствии со степенью тяжести отставания в развитии, включая наличие в левом полушарии спектральных пиков на частотах 5–6 Гц.

Выбор гипотетических генераторов медленных частот в качестве мишеней воздействия при проведении ТКМП значительно повышает коррекционный эффект воздействия на речевые функции, и может быть косвенным подтверждением связи описанных феноменов с одним из мозговых механизмов формирования речевых расстройств перинатального генеза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Grin-Yatsenko V.A., Baas Ineke, Ponomarev V.A., Kropotov Ju.D. EEG power spectra at early stages of depressive disorders // *J. Clin. Neurophysiol.* 2009. V. 26. № 6. P. 281.
2. Пономарев В.А., Кропотов Ю.Д. Уточнение локализации источников вызванных потенциалов в GO/NOGO тесте с помощью моделирования структуры их ковариации // *Физиология человека.* 2013. Т. 39. № 1. С. 36.
3. Мамайчук И.И., Ильина М.Н. Помощь психолога ребенку с задержкой психического развития. СПб.: Речь, 2004. 352 с.
4. Vigario R.N. Extraction of ocular artefacts from EEG using independent component analysis // *EEG and Clin. Neurophysiol.* 1997. V. 103. P. 395.
5. Pascual-Marqui R.D. Standardized low resolution brain electromagnetic tomography (sLORETA): technical details // *Methods & Findings in Exp. & Clinical Pharmacology.* 2002. V. 24D. P. 5.

6. Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека. СПб.: Питер, 2008. 624 с.
7. Цехмистренко Т.А., Васильева В.А., Шумейко Н.С., Черных Н.А. Структурные преобразования коры большого мозга и мозжечка человека в постнатальном онтогенезе // Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / Под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. М.: Изд-во Московского психолого-социального института; Воронеж: Изд-во НПО “Модек”, 2009. Гл. 1. С. 9.
8. Ghajar J., Ivry R.B. The predictive brain state: asynchrony in disorders of attention // *The Neuroscientist.* 2009. V. 15. № 3. P. 232.
9. Gmehlin D., Thomas C., Weisbrod M. et al. Development of brain synchronization within school-age-individual analysis of resting (α) coherence in a longitudinal data set // *Clin. Neurophysiol.* 2011. V. 122(10). P. 1973.
10. Kim J., Woo J., Park Y.G. et al. Thalamic T-Type Ca^{2+} -channels mediate frontal lobe disfunctions caused by a hypoxia-like damage in the prefrontal cortex // *J. Neurosci.* 2011. V. 31. № 11. P. 4063.
11. Bressler S.L., Menon V. Large-scale brain networks in cognition: emerging methods and principles // *Trends Cogn. Sci.* 2010. V. 14. № 6. P. 277.
12. Мачинская Р.И., Курганский А.В. Сравнительное электрофизиологическое исследование регуляторных компонентов рабочей памяти у взрослых и детей 7–8 лет. Анализ когерентности ритмов ЭЭГ // *Физиология человека.* 2012. Т. 38. № 1. С. 5.
13. 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.
14. Фарбер Д.А., Вильдавский В.Ю. Гетерогенность и возрастная динамика α -ритма электроэнцефалограммы // *Физиология человека.* 1996. Т. 22. № 5. С. 5.
15. Лукашевич И.П., Мачинская Р.И., Фишман М.Н. Исследование нейрофизиологических механизмов задержки психического развития у детей. Структурный анализ ЭЭГ // *Физиология человека.* 1998. Т. 24. № 1. С. 16.
16. Эделмен Д. Селекция групп и фазная повторная сигнализация // *Разумный мозг.* М.: Мир, 1981. С. 69.
17. Lu L., Leonard C., Thompson P.M. et al. Normal developmental changes in inferior frontal gray matter are associated with improvement in phonological processing: longitudinal MRI analysis // *Cereb. Cortex.* 2007. V. 17. № 5. P. 1092.
18. Шайтор В.М. Отдаленные последствия перинатального повреждения нервной системы у детей: Автореф. дис. ... докт. мед. наук. СПб., 2008. 47 с.
19. Отеллин В.А., Хожай Л.И., Ордян Н.Э. Пренатальные стрессорные воздействия и развивающийся головной мозг (адаптивные механизмы, непосредственные и отсроченные эффекты). СПб.: Деятель, 2007. 240 с.

20. Лукашевич И.П., Попова С.М., Шкловский В.М. Роль поражения субкортикальных отделов мозга при формировании алалии // Физиология человека. 2011. Т. 37. № 5. С. 41.
21. Клаучек С.В., Клиточенко Г.В. Особенности биоэлектрической активности головного мозга детей с различными формами последствий перинатальных поражений центральной нервной системы // Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2006. Т. 106. № 4. С. 43.
22. Лебединский В.В. Нарушения психического развития в детском возрасте. М.: Издательский центр Академия, 2003. 144 с.
23. Скворцов И.А., Башина В.М., Нефедова И.В. Дизнейроонтогенетические аспекты клиники и патогенеза аутистических синдромов у детей // Альманах "Исцеление". М.: Трикола, 2000. Вып. 4. С. 46.
24. Яковенко Е.А., Чутко Л.С., Пономарев В.А. и др. Особенности спектров мощности основных ритмов ЭЭГ у детей с разными типами синдрома дефицита внимания с гиперактивностью // Физиология человека. 2013. Т. 39. № 1. С. 30.
25. Дмитрова Е.Д., Дубровинская Н.В., Лукашевич И.П. и др. Особенности мозгового обеспечения вербальных процессов у детей с трудностями письма и чтения // Физиология человека. 2005. Т. 31. № 2. С. 5.
26. Блум Ф., Лейзерсон А., Хефстедтер Л. Мозг, разум и поведение. М.: Мир, 1988. 248 с.
27. Meltzoff A.N., Kuhl P.K., Movellan J., Sejnowski T.J. Foundation for a new science of learning // Science. 2009. V. 325. № 5938. P. 284.
28. Леутин В.П., Николаева Е.И. Функциональная асимметрия мозга: мифы и действительность. СПб.: Речь, 2005. 368 с.
29. Курганская М.Е. Мануальная асимметрия ребенка, ее связь с левшеством родителей и пренатальным развитием // Физиология человека. 2011. Т. 37. № 6. С. 14.
30. Александрова Н.Ш. Детские языковые синдромы (алалии, детские афазии, синдром Ландау–Клеффнера) // Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2007. Т. 107. № 8. С. 70.
31. Прибрам К. Языки мозга. М.: Прогресс, 1975. 464 с.
32. Mesulam M. From sensation to cognition // Brain. 1998. V. 121. P. 1013.
33. Кожушко Н.Ю. Психофизиологический подход в изучении мозговых механизмов нарушений психического развития у детей // Когнитивные исследования / Под ред. Александрова Ю.И., Соловьева В.Д. М.: Изд-во "ИПРАН", 2010. Вып. 4. С. 65.
34. Кожушко Н.Ю., Матвеев Ю.К. Способ коррекции нарушений психического развития у детей. Патент РФ № 2402973. Оpubл. Бюлл. Изобр. 2010. № 31.
35. Микрополяризации у детей с нарушением психического развития или как поднять планку ограниченных возможностей / Под ред. Кожушко Н.Ю. СПб.: КАРО, 2011. 336 с.
36. Черниговская Т.В. Если зеркало будет смотреться в зеркало, что оно там увидит? К вопросу об эволюции языка и сознания // Когнитивные исследования / Под ред. Александрова Ю.И., Соловьева В.Д. М.: Изд-во "ИПРАН", 2010. Вып. 4. С. 13.

Local EEG Characteristics of the Children With Psychic Abnormalities, Examined by Independent Components Analysis (ICA)

N. Yu. Kozhushko, S. A. Evdokimov, Yu. K. Matveev, E. P. Tereshchenko, Yu. D. Kropotov

E-mail: kozhushko56@list.ru

The method of independent components within the range of 3–13 Hz was used for the analysis of EEG of the children with psychic abnormalities of perinatal origin. The research was undertaken while children were keeping awake with open eyes. In cases of harder developmental delay it was revealed a significant rise of θ -range power spectrum in frontal-temporal cortex areas of left hemisphere and temporal areas of right hemisphere. This fact make it possible to regard these areas as hypothetic sources of slow activity and a damage/immaturity marker of frontal-thalamic area and the temporal areas, responsible for auditory analysis and verbal synthesis, audio & visual data integration.

Keywords: perinatal CNS pathology, EEG, mental disorder, ICA.