

ИЗМЕНЕНИЯ СПЕКТРА ЭЭГ, СВЯЗАННЫЕ С ПРОСЛУШИВАНИЕМ СЛОВ, У ТИПИЧНО РАЗВИВАЮЩИХСЯ ДЕТЕЙ И ДЕТЕЙ С СЕНСОРНОЙ АЛАЛИЕЙ

© 2023 г. М. А. Начарова^{1, *}, Д. В. Начаров², В. Б. Павленко¹

¹Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь, Россия

²Севастопольский государственный университет, Севастополь, Россия

*E-mail: alikina93@gmail.com

Поступила в редакцию 15.11.2022 г.

После доработки 14.12.2022 г.

Принята к публикации 12.01.2023 г.

Проведен анализ связанных с событиями изменений спектра электроэнцефалограммы (ЭЭГ) во время прослушивания слов-существительных у 23 типично развивающихся детей и 23 детей с сенсорной алалией в возрасте от 4 до 10 лет. В θ -диапазоне ЭЭГ здоровых детей выявлена синхронизация в лобных, центральных и височных отведениях, а в большинстве отведений у детей с сенсорной алалией — десинхронизация. Межгрупповые различия в реактивности θ -диапазона ЭЭГ достигали уровня статистической значимости в отведении C_4 . В α -диапазоне у типично развивающихся детей наблюдалась десинхронизация ЭЭГ, у детей с сенсорной алалией — синхронизация. Различия в мощности α -активности достигали уровня статистической значимости в отведениях C_3 , F_3 , P_3 , O_1 . Снижение синхронизации в θ -диапазоне ЭЭГ во время прослушивания слов у детей с сенсорной алалией может отражать нарушение процессов извлечения слов из памяти и меньшую эмоциональную вовлеченность в процесс восприятия речи, тогда как отсутствие десинхронизации α -активности в центральных отведениях — нарушение функционирования сенсомоторных нейронных сетей, участвующих в восприятии и генерации речи. Выявленные особенности реактивности ЭЭГ важны для понимания центральных механизмов восприятия речи у детей в норме, а также при таких нарушениях, как сенсорная алалия.

Ключевые слова: речь, дети, ЭЭГ, θ -активность, α -активность, сенсорная алалия.

DOI: 10.31857/S0131164622600835, **EDN:** GDMIAG

Речь является необходимым компонентом познавательной деятельности человека [1], а степень развитие речевой сферы — определяющим фактором уровня когнитивного и социального развития ребенка [2]. Ключевым элементом в процессе становления речи считают формирование у детей способности к восприятию и пониманию речевых сигналов [3]. Трудности понимания обращенной речи являются основным проявлением тяжелого детского языкового расстройства — нарушения рецептивной речи ($F80.20$ по МКБ-10), или импрессивной (сенсорной) алалии [4]. Предполагают, что у детей с сенсорной алалией нарушены функции центра Вернике и межполушарные связи, при этом не нарушен слух и первично сохранен интеллект [5, 6]. При этом у значительной части детей с алалией не выявлены очаговые поражения мозга [6].

Несмотря на имеющиеся данные о связи нарушений рецептивной речи с частотой выявления эпилептиформных и локальных патологиче-

ских изменений электроэнцефалограммы (ЭЭГ) (с преобладанием в височных областях) [5], дезорганизацией α -ритма ЭЭГ и наличием билатерально-синхронных генерализованных волн в θ -диапазоне ЭЭГ [7], специфические паттерны ЭЭГ у детей с нарушением рецептивной речи до сих пор не выявлены. Особый интерес представляет исследование паттернов ЭЭГ в процессе речевого восприятия у тех детей с нарушением рецептивной речи, у которых не выявлено патологической ЭЭГ-активности во время стандартного клинического обследования.

Одним из перспективных направлений исследований является анализ изменений спектра ЭЭГ, связанных с прослушиванием слов. Такой анализ позволяет с достаточно высоким временным разрешением выявить изменения электрической активности неокортекса, сопровождающие процессы восприятия речи. Известно, что процесс обработки речевого сигнала отражается в синхронизации θ -ритма в лобно-центральных и височных

отведениях левого полушария через 300–900 мс от начала его предъявления. Такое фазное увеличение мощности указанного ритма связывают с лексическим поиском и извлечением слов из рабочей памяти [8, 9]. Десинхронизация α - и β -ритмов, во время восприятия слов, как предполагает ряд авторов [10–12], отражает процессы внимания по отношению к речи и обработку лингвистической информации.

Важно отметить, что работы, направленные на изучение реактивности электрической активности мозга у детей с различного рода нарушениями восприятия речи, относительно немногочисленны. Так, у детей, имеющих сложности с восприятием и запоминанием слов, выявлены более выраженные, по сравнению с ЭЭГ-реакциями здоровых сверстников, десинхронизация α -ритма и снижение синхронизации θ - и β -ритмов, что явилось основанием для предположения об использовании ими некой измененной стратегии обработки речевой информации [10]. В исследовании с использованием магнитоэнцефалографии у подростков с расстройством аутистического спектра (РАС) во время чтения слов выявлена более выраженная, чем у типично развивающихся детей, синхронизация θ -ритма в лобно-височных зонах. Учитывая то, что дети с РАС продемонстрировали более низкую точность распознавания слов, увеличение синхронизации θ -ритма связывают с необходимостью компенсаторного вовлечения отдельных зон мозга во время лексико-семантического поиска слов и необходимостью дополнительного задействования процессов когнитивного контроля [13].

Анализ ЭЭГ детей с сенсорной алалией основан, главным образом, на записях, полученных в условиях относительного покоя, а не в ситуациях восприятия речи [5, 7]. В связи с этим целью настоящего исследования является анализ связанных с событиями изменений мощности спектра ЭЭГ во время восприятия слов-существительных у типично развивающихся детей и детей с сенсорной алалией или нарушением рецептивной речи (F80.2).

МЕТОДИКА

В исследовании принимали участие 23 типично развивающихся ребенка (17 мальчиков и 6 девочек) и 23 ребенка (17 мальчиков и 6 девочек) с установленным диагнозом “Расстройство рецептивной речи” (F80.2) в возрасте от четырех до десяти лет. Средний возраст в обеих группах значимо не различался и составил 6.51 ± 1.77 и 6.54 ± 1.79 лет (здесь и далее указаны среднее значение $\pm$ стандартное отклонение). Все дети были правшами, имели нормальные или приближающиеся к нормальным показатели зрения и слуха. В указанные группы не были включены дети с

массой тела при рождении менее 2.5 кг, с наличием генетических заболеваний, а также те дети, в ЭЭГ которых во время клинических обследований были выявлены эпизоды эпилептиформной активности.

Регистрацию ЭЭГ проводили с помощью электроэнцефалографа Нейрон-Спектр-3 (“Нейрософт”, Россия) монополярно в соответствии с международной системой 10–20 в лобных (Fp_1 , Fp_2 , Fz , F_3 , F_4 , F_7 , F_8), центральных (Cz , C_3 , C_4), височных (T_3 , T_4 , T_5 , T_6), теменных (Pz , P_3 , P_4) и затылочных (O_1 , O_2) отведениях. В качестве референтного использовали объединенный ушной электрод. Соппротивление электродов не превышало 5 кОм. Частота дискретизации составляла 1000 Гц.

Испытуемых просили сидеть спокойно, глядя перед собой, и внимательно слушать аудиозапись речи, которую предъявляли с использованием акустических колонок. В качестве стимулов были подобраны 30 часто употребляемых конкретных слов-существительных, знакомых детям четырех лет (мяч, яблоко, стол, дом и т.п.). Средняя продолжительность слов составляла 296 ± 84 мс. Межстимульный интервал составлял 4000–5000 мс.

Анализ ЭЭГ-данных проводили с помощью программы *EEGLAB* (<http://www.sccn.ucsd.edu/eeglab/>). Записи ЭЭГ были отфильтрованы в диапазоне от 1 до 50 Гц, артефакты удаляли с помощью метода анализа независимых компонент. Непрерывную запись ЭЭГ разбивали на эпохи длительностью 4000 мс, соответствующие моментам предъявления стимулов. Предстимульный интервал имел длительность 1000 мс, постстимульным интервалом являлся отрезок времени длительностью 3000 мс от момента начала предъявления слова. Связанные с событием спектральные пертурбации (СССП) ЭЭГ выявляли с помощью частотно-временного анализа на основе вейвлета Морле. Показатели СССП рассчитывали как логарифм отношения мощностей ритмических диапазонов постстимульной и предстимульной ЭЭГ. Анализировали θ (3–8 Гц)- и α (8–13 Гц)-диапазоны ЭЭГ [14].

Отрицательные значения СССП соответствуют десинхронизации ЭЭГ, положительные значения – синхронизации. При оценке различий СССП обследованных групп детей для уменьшения искажений, связанных с множественными сравнениями, использовали пермутационную статистику ($n = 2000$), значимыми считали различия при $p < 0.001$ [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ связанных с событием спектральных пертурбаций. Анализ СССП в группе типично развивающихся детей показал увеличение мощности колебаний в диапазоне θ -активности ЭЭГ во вре-

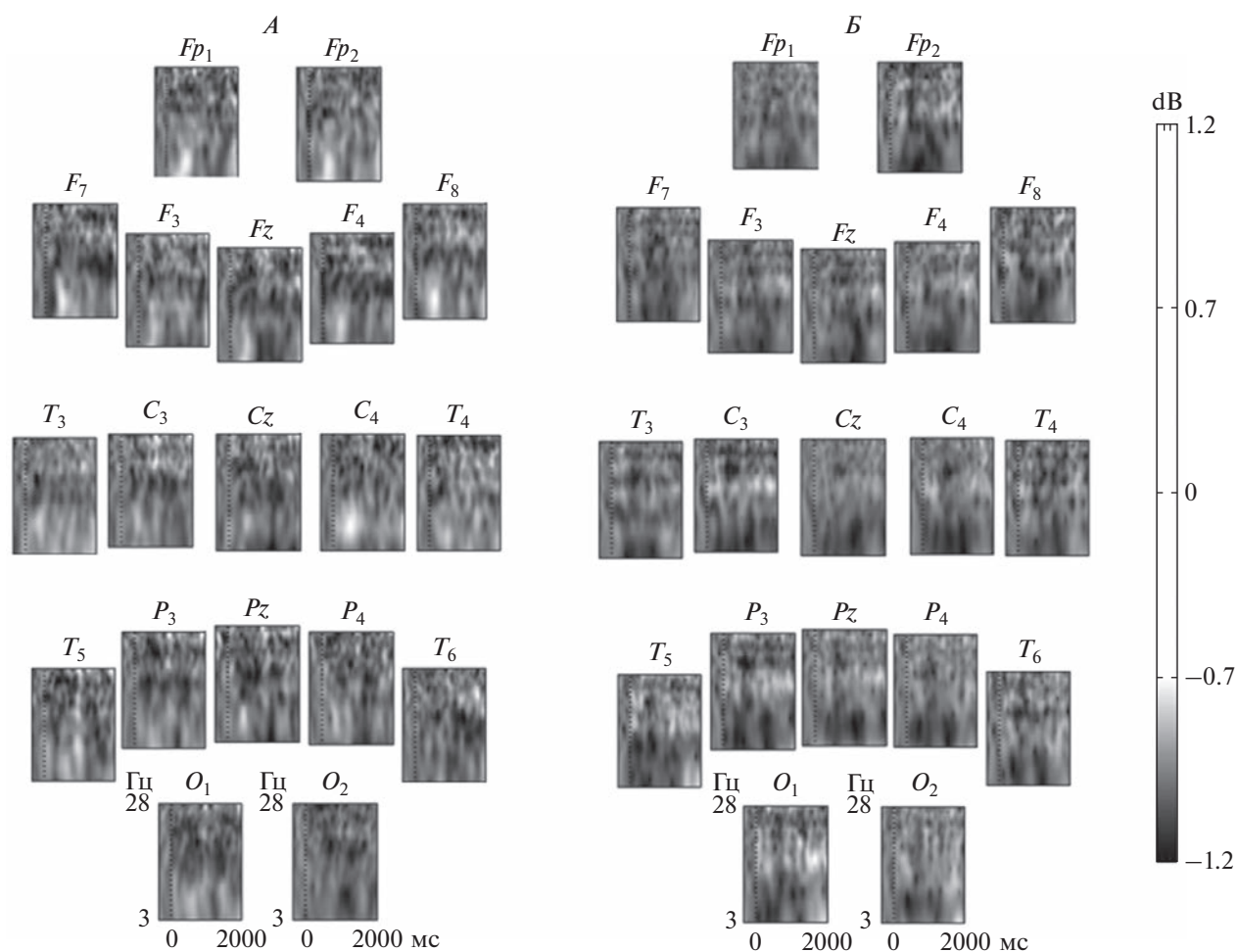


Рис. 1. Связанные с прослушиванием слов спектральные пертурбации у 23 типично развивающихся детей (А) и у 23 испытуемых с нарушением рецептивной речи (Б).

Каждый фрагмент рисунка соответствует временному промежутку от -500 до 2500 мс от начала стимула и диапазону частот от 3 до 28 Гц. В правой части рисунка — шкала, отражающая логарифм отношения мощностей ритмических диапазонов постстимульной и предстимульной ЭЭГ в дБ.

менном интервале $300\text{--}700$ мс после начала стимула в лобных, центральных и височных отведениях. У детей с расстройством рецептивной речи в большинстве отведений наблюдалось уменьшение мощности ЭЭГ в θ -диапазоне после предъявления стимула (рис. 1).

Различия в мощности ЭЭГ θ -диапазона у детей исследуемых групп достигали уровня статистической значимости на уровне $p < 0.001$ в отведении C_4 ($520\text{--}855$ мс) (рис. 2). Как видно из рис. 2 в группе типично развивающихся детей выраженная синхронизация θ -активности наблюдалась в данном отведении примерно через 550 мс после предъявления стимула, тогда как у детей с нарушением рецептивной речи синхронизации ЭЭГ в θ -диапазоне зарегистрировано не было.

Во время прослушивания слов в группе типично развивающихся детей наблюдалась десинхронизация ритмической активности ЭЭГ в α -диа-

пазоне, наиболее выраженная в лобных, центральных и височных отведениях примерно через 200 мс после начала стимула (рис. 1), тогда как у детей с нарушением рецептивной речи — синхронизация α -активности в большинстве отведений ЭЭГ (рис. 3). Различия в мощности ЭЭГ α -диапазона достигали уровня статистической значимости в отведениях C_3 (временные интервалы $250\text{--}450$ и $1750\text{--}1810$ мс), F_3 ($400\text{--}426$, $2300\text{--}2370$ мс), P_3 ($1720\text{--}1800$ мс), O_1 ($1690\text{--}1850$ мс).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Во время прослушивания слов в группе типично развивающихся детей практически во всех отведениях наблюдалась синхронизация θ -активности и десинхронизация в α -диапазоне ЭЭГ, наиболее выраженная в лобных, центральных и височных отведениях, тогда как у детей с наруше-

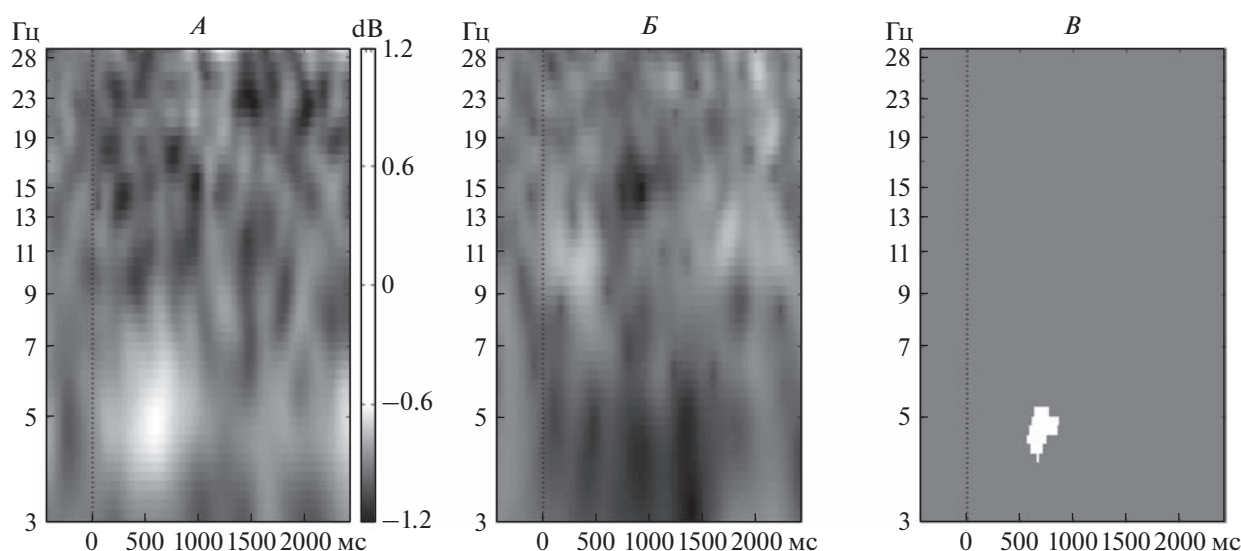


Рис. 2. Связанные с прослушиванием слов спектральные пертурбации у детей в норме (А) и с сенсорной алалией (Б), межгрупповые различия $p < 0.001$ (В) в отведении C_4 . Остальные обозначения см. рис. 1.

нием рецептивной речи — синхронизация α -активности в большинстве отведений ЭЭГ.

Выявленная в большинстве отведений синхронизация в θ -диапазоне ЭЭГ во временном интервале 300–700 мс после начала стимула согласуется с данными, полученными во многих исследованиях и, предположительно, связана с лексико-семантическими операциями поиска и извлечения слов из памяти [16].

В отличие от преимущественно левосторонней синхронизации ЭЭГ в θ -диапазоне при обработке речи у взрослых, у детей в возрасте 10–12 лет во время произнесения грамматически правильных предложений синхронизация θ -активности была выявлена в правой лобно-центральной области [17]. В другой работе было установлено, что обнаруженная у детей в возрасте 8–11 лет правосторонняя синхронизация θ -активности становится менее выраженной к 12–13 годам. Исследователями сделано предположение, что для обработки речи дети используют нейронные сети, структурно и функционально отличающиеся от таковых у взрослых [16]. Результаты настоящего исследования с участием типично развивающихся детей 4–10 лет подтверждают важную роль структур правого полушария в процессе обработки речи — именно в центральных отведениях правого полушария была выявлена наибольшая синхронизация θ -активности примерно через 550 мс после начала предъявления слов, а в отведении C_4 — выявлены различия в реактивности θ -диапазона ЭЭГ в группах типично развивающихся детей и детей с сенсорной алалией.

Согласно данным мета-анализа 128 исследований [18], правое полушарие участвует в процессах обработки просодики речи, а также интеграции информации с учетом ее контекста, что необходимо для построения полного представления о значении высказываний. При этом в большинстве публикаций активацию правого полушария связывают не со специфическими процессами обработки вербальной информации, а с привлечением дополнительных ресурсов внимания и/или рабочей памяти [18]. Другой мета-анализ выявил зоны в лобной коре правого полушария, участвующие в процессах понимания речи, однако это касалось анализа сложных предложений [19]. В значительном количестве работ показана связь синхронизации θ -активности с процессами внимания, эмоциональными реакциями [20], в том числе во время восприятия эмоционально окрашенных предложений [21]. Учитывая то, что в настоящем исследовании дети прослушивали простые слова, отличия, выявленные в группе детей с сенсорной алалией, можно связать с общим снижением концентрации внимания детей на выполнении вербального задания и нарушением процесса лексико-семантического поиска и извлечения слов из памяти.

По мнению некоторых авторов, одной из причин нарушений понимания речи у детей может являться незрелость правополушарного механизма слухового восприятия [6], что, вместе с полученными в настоящем исследовании данными, подчеркивает важную роль функций правого полушария в механизмах нарушения понимания речи у детей с сенсорной алалией.

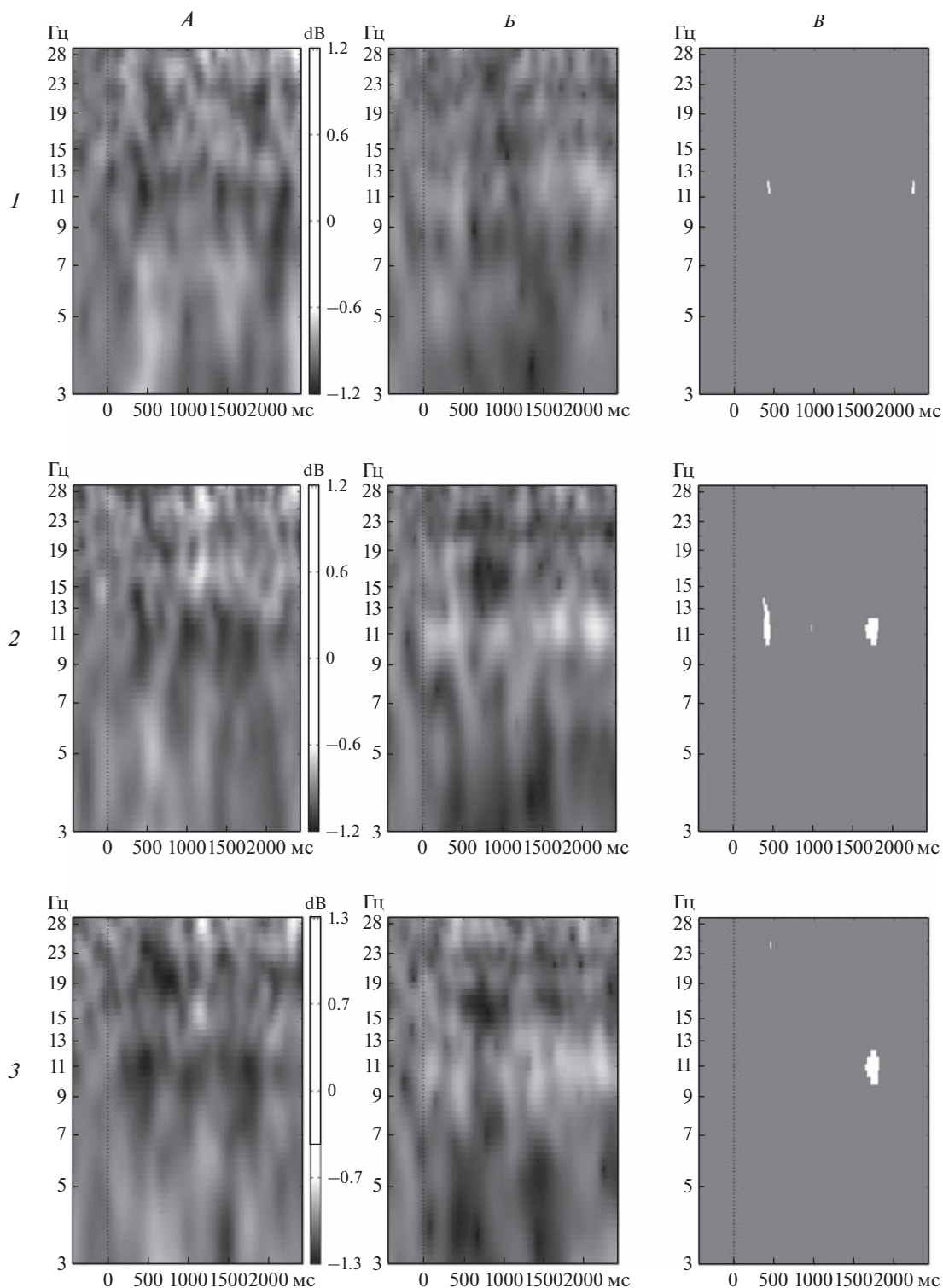


Рис. 3. Связанные с прослушиванием слов спектральные пертурбации у детей в норме (А) и с сенсорной алалией (Б), межгрупповые различия $p < 0.001$ (Б) в отведениях F_3 (1), C_3 (2), P_3 (3). Остальные обозначения см. рис. 1.

Следует отметить, что если у детей с РАС и наблюдается более выраженная связанная с пониманием слов синхронизация θ -диапазона ЭЭГ [13],

то у детей с нарушением рецептивной речи синхронизация θ -активности практически не регистрируется, что позволяет предположить отличие моз-

говых механизмов нарушений понимания обращенной речи у детей с РАС и сенсорной алалией.

Десинхронизация α -активности в центрально-теменных и затылочных отведениях в ответ на предъявление слов может отражать как процессы внимания [11], так и процессы, специфически связанные с восприятием речи. Так, было показано, что восприятие речевых сигналов вызывает более значимую десинхронизацию сенсомоторного α - и β -ритмов через 400–600 мс после их предъявления по сравнению с восприятием неречевых стимулов [22].

Стоит отметить, что все существительные были знакомы детям: большая часть названных предметов использовалась детьми в быту и имела определенный визуальный и кинестетический образ. Поэтому у детей с нормальным уровнем развития речи вовлечение моторных зон в процесс восприятия слов-существительных может быть вызвано активацией моторного репертуара, связанного с этими словами (мяч — пинать, бросать, ловить; карандаш — рисовать, держать, сжимать и т.д.) [23].

Другой причиной активации моторных областей при прослушивании речи может быть ее внутреннее воспроизведение (“проговаривание”). Так, ранее выявлено увеличение амплитуды моторных вызванных потенциалов от мышц губ и языка во время прослушивания речи [24], а также активация премоторной коры левого полушария как при проговаривании, так и при прослушивании слогов [25]. Кроме этого, исследования с использованием транскраниальной магнитной стимуляции показали, что различение речевых звуков нарушается при воздействии на артикуляционные моторные зоны [26]. В связи с этим были выдвинуты предположения об участии артикуляционных моторных областей в процессах понимания речи [27].

Отсутствие во время прослушивания предъявленных слов у детей с сенсорной алалией значимых изменений α -активности в лобных-центральных отведениях левого полушария может быть связано с меньшей актуализацией ассоциированного со словами моторного репертуара и снижением активации артикуляционных моторных зон, а снижение реактивности ЭЭГ α -диапазона в теменно-затылочных отведениях — со снижением внимания детей с нарушением понимания речи к прослушиванию слов. При этом вопрос о причинах изменения реактивности ЭЭГ в данном частотном диапазоне требует дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ

1. Во время прослушивания слов у типично развивающихся детей наблюдается синхрониза-

ция θ -активности во временном интервале 300–700 мс от начала предъявления стимула и десинхронизация в α -диапазоне ЭЭГ с латентным периодом около 200 мс, наиболее выраженная в лобных, центральных и височных отведениях.

2. Отсутствие синхронизации ЭЭГ в θ -диапазоне во время прослушивания слов у детей с сенсорной алалией может отражать нарушение процессов извлечения слов из памяти и меньшую эмоциональную вовлеченность в процесс восприятия речи.

3. Отсутствие у детей с сенсорной алалией десинхронизации α -активности в лобных, центральных и теменных отведениях, предположительно, отражает снижение внимания к речи и меньшее вовлечение в процесс восприятия слов артикуляционных моторных зон.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным комитетом по биоэтике Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского (Симферополь). Протокол заседания комитета № 10 от 4 ноября 2019 г.

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

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

Вклад авторов в публикацию. М.А. Начарова — набор и обработка данных, написание статьи. Д.В. Начаров — обработка данных, написание статьи. В.Б. Павленко — планирование исследования, написание статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ушакова Т.Н. Рождение слова: Проблемы психологии речи и психолингвистики. М.: Институт психологии РАН, 2011. 524 с.
2. Burchinal M., Foster T.J., Bezdek K.G. et al. School-entry skills predicting school-age academic and social-emotional trajectories // Early Child. Res. Q. 2020. V. 51. P. 67.
3. Станкова Е.П., Гийемар Д.М., Гальперина Е.И. Морфофункциональные основы анализа сложных предложений у взрослых и детей // Физиология человека. 2020. Т. 46. № 3. С. 111.
Stankova E.P., Guillemard D.M., Galperina E.I. Morpho-functional basis of complex sentence processing in adults and children // Human Physiology. 2020. V. 46. № 3. P. 332.

4. *Александрова Н.Ш., Александрова О.А.* Импрессивная (сенсорная) алалия // Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2016. Т. 116. № 11. С. 114.
Aleksandrova N.Sh., Aleksandrova O.A. [Impressive (sensory) alalia] // Zh. Nevrologii i Psikhiiatrii im. S.S. Korsakova. 2016. V. 16. № 11. P. 114.
5. *Бобылова М.Ю., Капустина А.А., Браудо Т.А. и др.* Моторная и сенсорная алалия: сложности диагностики // Русский журн. детской неврологии. 2017. Т. 12. № 4. С. 32.
Bobylova M.Yu., Kapustina A.A., Braudo T.A. et al. [Motor and sensory alalia: Diagnostic difficulties] // Russian J. Child Neurology. 2017. V. 12. № 4. P. 32.
6. *Визель Т.Г.* Об “импрессивном” безречии у детей (теоретический аспект с позиции нейропсихологии) / Психологические и психоаналитические исследования: Ежегодник 2018–2019. М.: НОЧУ ВО “Московский институт психоанализа”, 2020. С. 207.
Vizel T.G. [About “impressive” speechlessness in children (Theoretical aspect from neuropsychological point of view)] / Psychological and psychoanalytical research: 2018–2019 almanac. 2020. P. 207.
7. *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.
Lukashevich I.P., Popova S.M., Shklovsky V.M. The role of damage to the cerebral subcortical divisions in the formation of alalia // Human Physiology. 2011. V. 37. № 5. P. 550.
8. *Prystauka Y., Lewis A.G.* The power of neural oscillations to inform sentence comprehension: a linguistic perspective // Lang Linguist. Compass. 2019. V. 13. № 9. P. e12347.
9. *Ortiz-Mantilla S., Roesler C.P., Realpe-Bonilla T. et al.* Modulation of Theta Phase Synchrony during Syllable Processing as a Function of Interactive Acoustic Experience in Infancy // Cereb. Cortex. 2022. V. 32. № 5. P. 919.
10. *Schneider J.M., Abel A.D., Momsen J. et al.* Neural oscillations reveal differences in the process of word learning among school-aged children from lower socioeconomic status backgrounds // Neurobiol. Lang (Camb). 2021. V. 2. № 3. P. 372.
11. *Wang L., Bastiaansen M.* Oscillatory brain dynamics associated with the automatic processing of emotion in words // Brain Lang. 2014. V. 137. P. 120.
12. *Saltuklaroglu T., Bowers A., Harkrider A.W. et al.* EEG mu rhythms: Rich sources of sensorimotor information in speech processing // Brain Lang. 2018. V. 187. P. 41.
13. *You Y., Correas A., Jao Keehn R.J. et al.* MEG Theta during Lexico-Semantic and Executive Processing Is Altered in High-Functioning Adolescents with Autism // Cereb. Cortex. 2021. V. 31. № 2. P. 1116.
14. *Jiang Z., Waters A.C., Liu Y. et al.* Event-related theta oscillatory substrates for facilitation and interference effects of negative emotion on children’s cognition // Int. J. Psychophysiol. 2017. V. 116. P. 26.
15. *Maris E., Oostenveld R.* Nonparametric statistical testing of EEG- and MEG-data // J. Neurosci. Methods. 2007. V. 164. № 1. P. 177.
16. *Maguire M.J., Schneider J.M., Melamed T.C. et al.* Temporal and topographical changes in theta power between middle childhood and adolescence during sentence comprehension // Dev. Cogn. Neurosci. 2022. V. 53. P. 101056.
17. *Schneider J.M., Abel A.D., Ogiela D.A. et al.* Developmental differences in the neural oscillations underlying auditory sentence processing in children and adults // Brain Lang. 2018. V. 186. P. 17.
18. *Vigneau M., Beaucousin V., Hervé P.-Y. et al.* What is right-hemisphere contribution to phonological, lexico-semantic, and sentence processing? // NeuroImage. 2011. V. 54. № 1. P. 577.
19. *Walenski M., Europa E., Caplan D. et al.* Neural networks for sentence comprehension and production: An ALE-based meta-analysis of neuroimaging studies // Hum. Brain Mapping. 2019. V. 40. № 8. P. 2275.
20. *Knyazev G.G.* Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations // Neurosci. Biobehav. Rev. 2007. V. 31. № 3. P. 377.
21. *Бочаров А.В., Савостьянов А.Н., Таможников С.С. и др.* ЭЭГ-корреляты имплицитного восприятия эмоциональной окраски предложений и личностных особенностей регуляции эмоций // Журн. высш. нерв. деят. им. И.П. Павлова. 2021. Т. 71. № 2. С. 270.
Bocharov A.V., Savostyanov A.N., Tamozhnikov S.S. et al. EEG [Correlations of implicit perception of sentences emotional coloring with strategies of reappraisal and suppression of emotions] // Zh. Vyssh. Nerv. Deyat. Im. I.P. Pavlova. 2021. V. 71. № 2. P. 270.
22. *Thornton D., Harkrider A.W., Jenson D., Saltuklaroglu T.* Sensorimotor activity measured via oscillations of EEG mu rhythms in speech and non-speech discrimination tasks with and without segmentation demands // Brain Lang. 2018. V. 187. P. 62.
23. *Arévalo A.L., Baldo J.V., Dronkers N.F.* What do brain lesions tell us about theories of embodied semantics and the human mirror neuron system? // Cortex. 2012. V. 48. № 2. P. 242.
24. *Fadiga L.* Speech listening specifically modulates the excitability of tongue muscles: a TMS study // Eur. J. Neuroscience. 2002. V. 15. № 2. P. 399.
25. *Alho J., Sato M., Sams M. et al.* Enhanced early-latency electromagnetic activity in the left premotor cortex is associated with successful phonetic categorization // Neuroimage. 2012. V. 60. № 4. P. 1937.
26. *Liebenthal E., Möttönen R.* An interactive model of auditory-motor speech perception // Brain Lang. 2018. V. 187. P. 33.
27. *Smalle E.H., Rogers J., Mottonen R.* Dissociating Contributions of the Motor Cortex to Speech Perception and Response Bias by Using Transcranial Magnetic Stimulation // Cereb. Cortex. 2015. V. 25. № 10. P. 3690.

Words Listening Related Electroencephalography Spectrum Perturbations in Normally Developing Children and Sensory Alalia Children

M. A. Nacharova^{a, *}, D. V. Nacharov^b, V. B. Pavlenko^a

^a*Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia*

^b*Sevastopol State University, Sevastopol, Russia*

^{*}*E-mail: alikina93@gmail.com*

The analysis of electroencephalography (EEG) event related spectrum perturbations in 23 normally developing and 23 sensory alalia children of age between 4 and 10 years old during listening to nouns is conducted. In EEG θ -frequency range of healthy children, synchronization was detected in the frontal, central, and temporal leads, and desynchronization was found in most leads in children with sensory alalia. Intergroup differences in the reactivity of the EEG θ -range reached the level of statistical significance in C_4 lead. In the α -range, EEG desynchronization was observed in typically developing children, and synchronization was observed in children with sensory alalia. Differences in the α -activity power reached the level of statistical significance in leads C_3 , F_3 , P_3 , O_1 . An EEG θ -band synchronization decrease during words listening in children with sensory alalia may reflect an impairment of retrieving words from memory and less emotional involvement in the speech perception process, while the absence of α -activity desynchronization in the central leads is a impairment of the functioning of sensorimotor neural networks, involved in the speech perception and generation. The revealed features of EEG reactivity are important for understanding the central speech perception mechanisms in normal children, as well as in children with disorders such as sensory alalia.

Keywords: speech, children, EEG, θ -activity, α -activity, sensory alalia.