

УДК 612.821

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ЭЭГ У ДЕТЕЙ С РАССТРОЙСТВАМИ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА: НЕОДНОРОДНОСТЬ ГРУППЫ

© 2019 г. Е. А. Лушекина<sup>1</sup> \*, В. С. Лушекин<sup>2</sup>, В. Б. Стрелец<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУН Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup>Детский психоневрологический центр, Москва, Россия

\*E-mail: elena.luschekina@yandex.ru

Поступила в редакцию 30.06.2018 г.

После доработки 05.11.2018 г.

Принята к публикации 20.12.2018 г.

Из общей группы детей (средний возраст 6.05 лет) с расстройствами аутистического спектра (РАС) выделено 2 подгруппы, в одной из которых предполагается дальнейшее развитие по аутистическому типу (группа АТ), а в другой – переход к развитию по шизотипическому типу (группа ШТ). Проведено исследование особенностей спектральной мощности (СМ) ЭЭГ в фоне в группах АТ и ШТ, а также в группе детей с расстройствами шизофренического спектра (РШС) в сравнении с группой нормально развивающихся детей того же возраста. В группах РШС и ШТ наблюдаются более высокие значения СМ  $\theta$ - и  $\alpha$ -ритма в передних отделах коры по сравнению с нормой и пониженные значения СМ  $\alpha$ -ритма в задних отделах коры. В группе АТ отмечаются пониженные значения  $\theta$ - и  $\alpha$ -активности, в особенности, в задних отделах. СМ  $\alpha$ -ритма в затылочных отделах во всех экспериментальных группах ниже, чем в норме. При этом в группах РШС и ШТ наблюдается правостороннее преобладание  $\alpha$ -ритма. В группе АТ наблюдается увеличение представленности  $\gamma$ -ритма в передне-центральных и височных отделах. Обсуждается проблема неоднородности группы детей с РАС в связи с возможным переходом РАС в РШС и признаки, по которым, по-видимому, можно прогнозировать этот переход.

**Ключевые слова:** расстройства аутистического спектра, ЭЭГ, шизофрения, психическое развитие ребенка.

**DOI:** 10.1134/S0131164619020048

Разграничение расстройств аутистического спектра (РАС) и ранней детской шизофрении имеет не только теоретический интерес, но играет принципиальную роль в подборе лечения [1]. Ряд авторов полагает, что детский аутизм может предшествовать развитию шизофрении [2, 3]. Есть точка зрения, что шизофрения является одним из частных случаев РАС с наиболее выраженными проявлениями [1, 4]. Таким образом, очевидна необходимость обнаружения “опорных моментов”, указывающих на возможность перехода аутистического заболевания в процессуальное. Разработаны коррекционные методики, улучшающие психофизиологические показатели детей с РАС [5, 6]. В ряде случаев они оказываются неэффективными. Возможно, это происходит в том случае, когда неправильно поставлен диагноз, и в группу аутистов попадают дети с РАС.

Можно выделить из группы РАС детей, которые развиваются по шизотипическому варианту, с помощью ЭЭГ-маркеров. У детей с нарушения-

ми психического развития характеристики ЭЭГ могут быть более информативными, чем результаты МРТ- или ПЭТ-исследований, не всегда подтверждающих аномалии в развитии мозга [7]. ЭЭГ – неинвазивный, относительно дешевый метод, и на основании использования только этого метода можно с высокой степенью вероятности констатировать РАС [8]. В связи с этим исследование биоэлектрической активности мозга при попытке выяснения фундаментальной природы данного заболевания, так же как и для клинической диагностики, не утрачивают своей актуальности.

В предыдущих исследованиях [9] методом математической классификации (дискриминантный анализ) из общей группы детей с РАС выделено 2 подгруппы, одна из которых по классификационным параметрам оказалась близкой к группе детей с расстройствами шизофренического спектра (РШС). В этой подгруппе переход к развитию по шизотипическому типу (группа ШТ –

шизотипический тип развития). Вторая подгруппа по результатам дискриминантного анализа осталась в пределах группы РАС, поэтому дети из этой подгруппы продолжают развитие по аутистическому типу (группа АТ – аутистический тип развития). При достаточно четком разделении методом математической классификации группы РАС на подгруппы, названные АТ и ШТ, нейрофизиологические характеристики данных подгрупп нуждаются в дальнейшем уточнении, что и явилось целью данной работы.

Задача работы состояла в анализе ритмов ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования у детей с РАС из подгруппы, близкой к РАС в целом (АТ) и из подгруппы, близкой к РШС (ШТ) по сравнению со здоровыми детьми того же возраста и в выделении областей коры и ритмов “повышенного интереса”, значимо отличающихся от нормы.

### МЕТОДИКА

В исследовании принимали участие мальчики-правши в возрасте от 4 лет 5 мес. до 7 лет 9 мес. Первая группа – группа контроля состояла из здоровых детей (36 чел., средний возраст  $7.11 \pm 0.86$ ). Вторая группа детей с РШС включала диагнозы “шизофрения” *F. 20* или “шизотипическое расстройство” *F. 21* по Международной классификации болезней (19 чел., средний возраст  $6.32 \pm 1.54$ ). Третья группа состояла из детей с РАС и соответствовала диагнозу *F. 84* по Международной классификации болезней (39 чел., средний возраст  $5.79 \pm 1.42$ ). Эту группу предварительно разделили на 2 подгруппы [9]: одна подгруппа по данным дискриминантного анализа была близка к группе РШС. Ее рассматривали как группу РАС, в которой в дальнейшем предполагается развитие по шизотипическому типу (ШТ, 18 чел., средний возраст  $6.08 \pm 1.33$ ); вторую подгруппу рассматривали как группу, в которой предполагается дальнейшее развитие по аутистическому типу (АТ, 21 чел., средний возраст  $6.05 \pm 0.86$ ).

Испытуемые находились на этапе предварительного обследования в Детском психоневрологическом центре г. Москвы и еще не получали медикаментозного лечения. Родители всех детей дали письменное согласие на участие их детей в обследовании. Дети, участвующие в исследовании понимали и выполняли речевые команды и могли воспроизвести цифровой ряд или произвести простые арифметические действия.

ЭЭГ-регистрацию проводили от 16 электродов по стандартной схеме 10–20% и объединенных ушных электродов с помощью электрофизиологического компьютерного комплекса *CONAN 4.5*, состоящего из 16-канального усилителя и персонального компьютера [5]. Регистрировали ЭЭГ в диапазоне 0.3–75 Гц с частотой опроса 256 Гц, по-

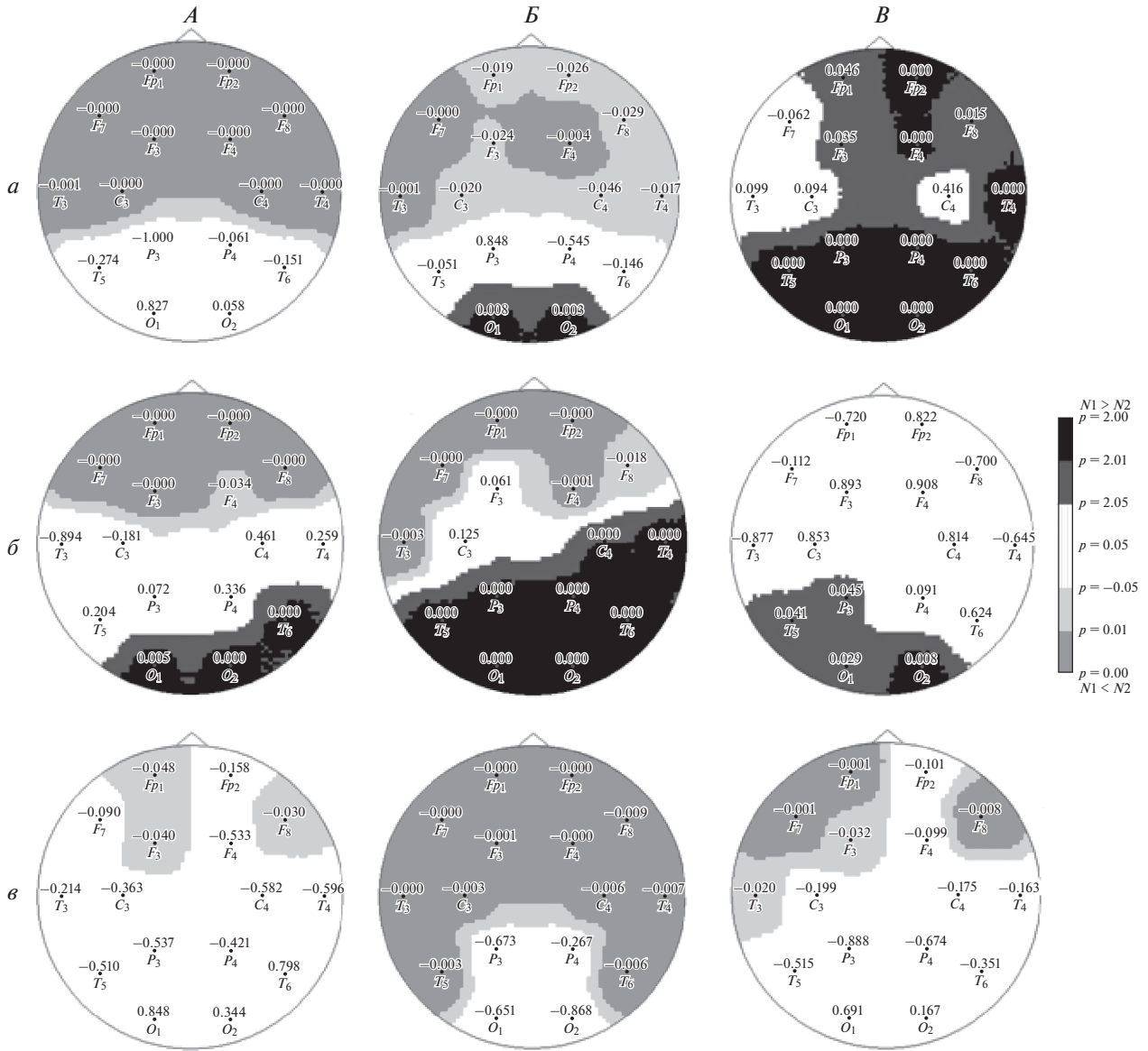
стоянной времени 0.3 с и эпохой анализа, равной 60 с. ЭЭГ регистрировали в состоянии покоя с закрытыми глазами. После стандартных процедур первичной обработки, включающей полосовую фильтрацию для удаления сетевых помех и вырезания артефактов, данные подвергали вторичной обработке с помощью программ анализа биоэлектрической активности. Вторичная обработка ЭЭГ включала последовательно фильтрацию и факторный анализ по методу “главных компонент”, позволяющий в ходе последующих преобразований визуально выбрать сигналы, относящиеся к артефактам. Выбранные артефактные сигналы вычитали далее из исходной ЭЭГ до процедуры фильтрации с использованием коэффициентов линейной регрессии. Спектральные характеристики вычисляли с использованием быстрого преобразования Фурье; статистическому анализу подвергали средние значения амплитуд в частотных диапазонах. Исследовали спектральную мощность (СМ) в диапазонах  $\theta_2$  (4–8 Гц),  $\alpha$  (8–14 Гц), и  $\gamma_1$  (30–45 Гц). Использовали показатели натурального логарифма СМ ( $\ln\text{СМ}$ ), которые имели распределения, близкие к нормальным, что позволило исследовать их средствами параметрической статистики. Достоверность различий для межгрупповых сравнений определяли с помощью парного *T*-теста Стьюдента.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Из общей группы детей с РАС выделено 2 подгруппы, в одной из которых предполагается дальнейшее развитие по аутистическому типу (группа АТ), а в другой – переход к развитию по шизотипическому типу (группа ШТ). Исследование особенностей СМ ЭЭГ в фоне в группах АТ и ШТ, а также в группе детей с РШС в сравнении с группой нормально развивающихся детей того же возраста показало следующее.

На первом этапе был проведен статистический анализ методом парных сравнений по *T*-критерию Стьюдента нормы и экспериментальных групп по отведениям с целью выделения областей значимо отличающихся от нормы.

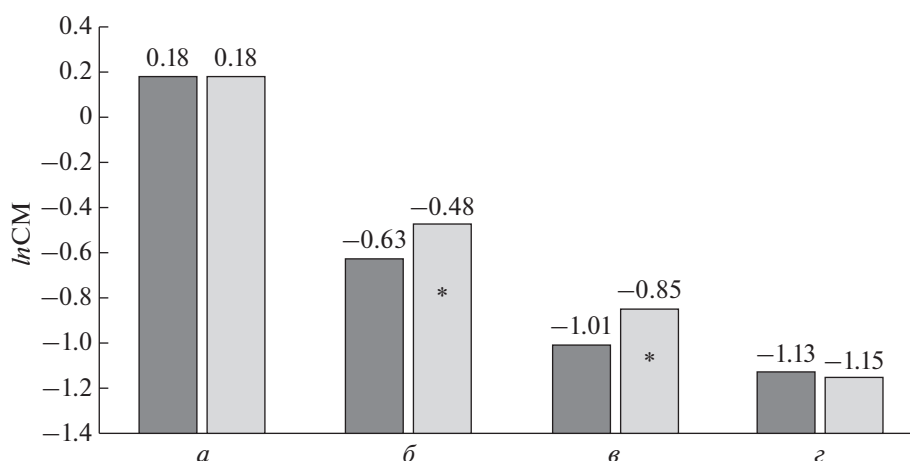
В группе РШС (рис. 1, А) выявлено достоверное превышение показателей содержания  $\theta_2$ -ритма в передних отделах по сравнению с группой нормально развивающихся детей. Повышенные значения показателей  $\ln\text{СМ}$  для  $\theta_2$ -ритма с высокой степенью достоверности ( $p < 0.001$ ) обнаруживалось в отведениях:  $F_{p1-2}$ ,  $F_{7-8}$ ,  $F_{3-4}$ ,  $C_{3-4}$ ,  $T_{3-4}$ . В проекционных зонах  $O_{1-2}$  наблюдались пониженные с высокой степенью ( $p < 0.0001$ ) достоверности по сравнению с нормой значения  $\ln\text{СМ}$   $\alpha$ -ритма ( $0.001 < p < 0.01$ ). При этом отмечалась достоверная правосторонняя асимметрия  $\alpha$ -ритма (рис. 2). Процентная представленность  $\alpha$ -рит-



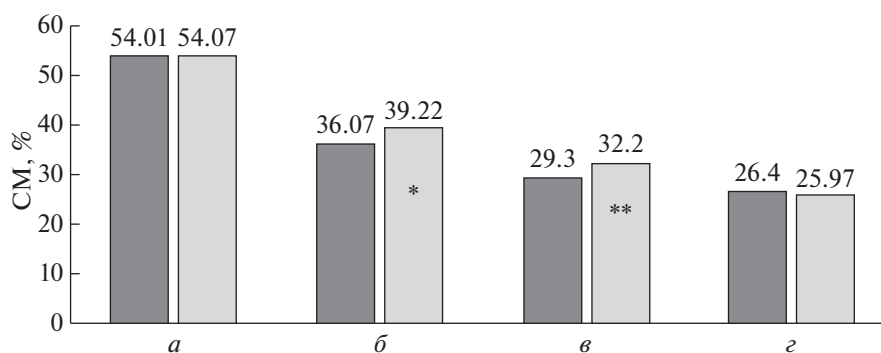
**Рис. 1.** Карты различий между логарифмами спектральной мощности при сравнении контрольной группы с экспериментальными группами в 16 отведениях. Серый цвет соответствует изменениям в сторону превышения показателей в экспериментальной группе по сравнению с нормой; черный цвет соответствует изменениям в сторону снижения показателей в экспериментальной группе по сравнению с нормой. *А* – изменения в группе РШС по сравнению с нормой; *Б* – изменения в группе ШТ по сравнению с нормой; *В* – изменения в группе АТ по сравнению с нормой; *а* –  $\theta_2$ -ритм; *б* –  $\alpha$ -ритм; *в* –  $\gamma$ -ритм. Цифрами обозначена достоверность различий по *T*-критерию Стьюдента с вероятностью ошибки ( $0.0001 < p < 0.01$ ) в каждом из 16 отведений.

ма по отношению ко всему исследуемому частотному диапазону составляла 36.07% в левом затылочном отведении и 39.22% в правом затылочном отведении, что достоверно отличается от нормы, где соответствующие показатели составляют 54.01 и 54.07% (рис. 3). В диапазоне  $\gamma_1$  наблюдались незначительные изменения в сторону увеличения по сравнению с нормой по отведениям  $Fp_1, F_3, F_8$  ( $p < 0.05$ ). (Рис. 1, А).

В группе ШТ (рис. 1, Б), как и в группе РШС отмечено достоверное превышение показателей содержания  $\theta_2$ -ритма в передних отделах по сравнению с группой нормально развивающихся детей. Повышенные значения показателей  $lnCM$  для  $\theta_2$ -ритма с высокой степенью достоверности ( $p < 0.001$ ) обнаруживались в отведениях:  $F_7, F_4, T_3$  и с меньшей степенью достоверности ( $p < 0.01$ ) в отведениях  $Fp_{1-2}, F_8, F_3, C_{3-4}$  и  $T_4$ . В затылочных отделах выявлена противоположная тенденция:



**Рис. 2.** Логарифм спектральной мощности  $\alpha$ -ритма у трех групп испытуемых и в норме. Темные столбики – отведение  $O_1$ ; светлые столбики –  $O_2$ . *a* – группа нормально развивающихся детей, *б* – группа РШС, *в* – группа ШТ, *г* – группа АТ. \* – достоверные различия ( $p(t) < 0.01$ ).



**Рис. 3.** Процентная представленность  $\alpha$ -ритма по отношению ко всему исследуемому частотному диапазону. \* – достоверные различия ( $p(t) < 0.001$ ); \*\* –  $p(t) < 0.01$ . Остальные обозначения см. рис. 2.

пониженные по сравнению с нормой значения  $\ln CM$  в отведениях  $O_{1-2}$ . Пониженные по сравнению с нормой показатели  $\alpha$ -ритма отмечались в отведениях  $O_{1-2}$ ,  $P_{3-4}$ ,  $T_{5-6}$  ( $0.01 < p < 0.0001$ ). Так же как в группе РШС обнаружена правосторонняя асимметрия  $\alpha$ -ритма, достоверно отличающаяся от соотношения “право-лево” в норме (рис. 2). Процентная представленность  $\alpha$ -ритма по отношению ко всему исследуемому частотному диапазону составляла 29.3% в левом затылочном отведении и 32.2% в правом затылочном отведении, что так же, достоверно ниже нормы и несколько меньше, чем в группе РШС (рис. 3). В диапазоне  $\gamma_1$  в передних отделах  $Fp_1$ ,  $Fp_{7-8}$  ( $p < 0.001$ ) наблюдались несколько более выраженное, чем в группе РШС, превышение нормальных показателей (рис. 1, Б).

В группе АТ (рис. 1, В) наблюдались сниженные по сравнению с нормой показатели  $\ln CM$  для  $\theta_2$ -ритма в  $Fp_2$ ,  $T_4$ ,  $T_{5-6}$ ,  $P_{3-4}$ ,  $O_{1-2}$  ( $p < 0.0001$ ) и менее достоверные различия по сравнению с нор-

мой в отведениях  $Fp_1$ ,  $F_3$ ,  $F_8$  ( $p < 0.05$ ). Изменения  $\ln CM$   $\alpha$ -ритма по сравнению с нормой состояли в уменьшении представленности в задних отделах: в отведении  $O_2$  ( $p < 0.005$ ) и в  $O_1$ ,  $T_5$ ,  $P_3$  ( $p < 0.01$ ). Показатели спектральной мощности  $\alpha$ -ритма в затылочных отведениях в АТ оказались наиболее низкими по сравнению с остальными группами испытуемых. Правостороннее преобладание отсутствовало (рис. 2). Процентная представленность  $\alpha$ -ритма по отношению ко всему исследуемому частотному диапазону при сравнении группы АТ с нормой составляла 26.4% в левом затылочном отведении и 25.97% в правом затылочном отведении. Эти показатели оказались самыми низкими по сравнению с другими группами, причем процентная представленность  $\alpha$ -ритма справа несколько (на уровне тенденции) меньше, чем слева, в то время как в других группах наблюдалось обратное соотношение (рис. 3). По большинству отведений значения  $\ln CM$   $\gamma$ -ритма превышают нормативные значения с вероятно-

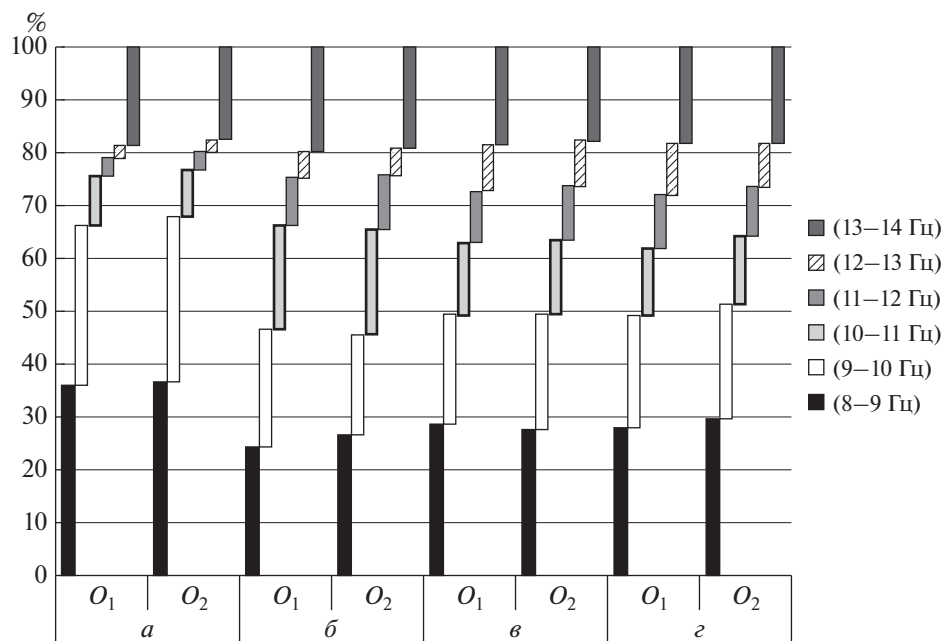


Рис. 4. Пропорции спектральной мощности частотных интервалов (по 1 Гц)  $\alpha$ -ритма от всего  $\alpha$ -диапазона по группам.

стью ( $0.001 < p < 0.0001$ ). В отведениях  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  изменения недостоверны (рис. 1, В).

При исследовании пропорций СМ  $\alpha$ -ритма по отношению ко всему  $\alpha$ -диапазону выявляется отчетливая тенденция к увеличению пропорции высокочастотных ( $\alpha_3$ ) компонентов в группах РШС, ШТ и АТ по сравнению с нормой, где преобладает “медленный” ( $\alpha_1$ ) ритм. Наиболее показательны различия для диапазона 11–13 Гц, где различия достигают до 8% (норма – 13%; АТ – 21%). В низкочастотном диапазоне 8–10 Гц в норме пропорции  $\alpha_1$  составляют 65–67%, тогда как в группе РШС – 46%, в группе ШТ – 49%, а в группе ТА – 50–51% (рис. 4).

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведенное исследование особенностей СМ фоновой ЭЭГ в группах АТ и ШТ, а также в группе детей с РШС в сравнении с группой нормально развивающихся детей того же возраста показало, что в группах РШС и ШТ наблюдаются более высокие значения СМ  $\theta$ -ритма в передних отделах коры по сравнению с нормой (“гипофронтальность”). СМ  $\alpha$ -ритма в затылочных отделах во всех экспериментальных группах оказалась ниже, чем в норме. При этом в группах РШС и ШТ наблюдалось правостороннее преобладание  $\alpha$ -ритма. При исследовании пропорций СМ  $\alpha$ -ритма по отношению ко всему исследованному диапазону просматривалась отчетливая тенденция к увеличению пропорции высокочастотных ( $\alpha_3$ ) компонентов в группах РШС, ШТ и АТ по срав-

нению с нормой, где преобладает “медленный” ( $\alpha_1$ ) ритм. В группе АТ наблюдались пониженные значения  $\theta$ - и  $\alpha$ -активности, в особенности, в задних отделах и увеличение представленности  $\gamma$ -ритма в передне-центральных и височных отделах.

Исходя из неоднородности группы РАС и различной эффективности коррекционных мероприятий [10], мы предположили, что в составе экспериментальной группы высокофункциональных аутистов встречаются дети с РШС. В связи с этим ранее была предпринята попытка разделения группы РАС на подгруппы методом математической классификации (дискриминантный анализ) [9]. Использование этого метода позволило выделить из общей группы детей с РАС две подгруппы, в одной из которых предполагалось дальнейшее развитие по аутистическому типу (группа АТ), а в другой, приближенной по результатам классификации к группе РШС, – переход к развитию по шизотипическому типу (группа ШТ).

Увеличение  $\theta$ -активности в передних отделах коры – гипофронтальность – обнаружено нами в группах, приближенных к шизотипическому варианту развития (РШС и ШТ), но не в группе, предположительно развивающейся по АТ, подтверждает данные, полученные в многочисленных исследованиях различных вариантов РШС [11–15] и точку зрения о том, что этот признак является устойчивым показателем различных вариантов шизотипического расстройства [15]. Преобладание медленной активности во фронталь-

ных отделах (в особенности, при выполнении когнитивного задания) описана при шизофрении [16] и сочетается с уменьшением представленности  $\alpha$ -ритма [17, 18], как и в нашем исследовании.

Общим для всех экспериментальных групп оказалась пониженная по сравнению с нормой СМ  $\alpha$ -ритма в затылочных отделах, что совпадает с данными, полученными для взрослых больных с различными формами шизофрении [15, 16], а также для подростков, страдающих РШС [19, 20]. Наиболее выраженное снижение СМ  $\alpha$ -ритма в группе АТ позволяет считать этот фактор устойчивым признаком патологии не только шизотипического, но и аутистического круга.

Существенное снижение процентной представленности СМ  $\alpha$ -ритма по отношению к СМ всего частотного диапазона, которое обнаружено во всех экспериментальных группах по сравнению с нормой, свидетельствует о повышенной активации коры в фоновом состоянии. Максимальное падение процента  $\alpha$ -ритма в группе АТ, сопровождающееся повышением представленности  $\gamma$ -ритма, а не  $\theta$ -ритма, как в группах РШС и ШТ, является подтверждением того, что повышенный уровень активации коры в группе АТ, по-видимому, обусловлен заболеванием.

Правостороннее преобладание  $\alpha$ -ритма в затылочных отделах, которое в предыдущих работах [21] считалось одной из характеристик аутизма, в данном исследовании проявилось, напротив, только у детей с шизотипическим типом развития. Можно предполагать, что наши предыдущие данные о правостороннем преобладании  $\alpha$ -ритма при аутизме связаны именно с неоднородностью группы РАС и присутствию в ней детей с патологией шизотипического круга. Согласно данным литературы, правостороннее преобладание  $\alpha$ -ритма описано у взрослых больных шизофренией [16], в то время как для аутистов показана правосторонняя редукция мощности  $\alpha$ -ритма [22].

Отчетливая тенденция к увеличению пропорции высокочастотных ( $\alpha_3$ ) компонентов по отношению ко всему  $\alpha$ -диапазону в группах РШС, ШТ и АТ по сравнению с нормой, где преобладает “медленный” ( $\alpha_1$ ) ритм, полученная в нашей работе, описана при эволютивной форме РАС – высокофункциональном синдроме Аспергера, но не при синдроме Каннера, при котором, напротив, обнаруживается задержка в формировании  $\alpha$ -ритма [7, 23]. Высокие пропорции  $\alpha_3$ , полученные в исследовании, являются косвенным подтверждением того, что это высокофункциональные аутисты. Пониженные значения  $\theta$ -активности в группе АТ также свидетельствуют об относительно легкой форме течения заболевания у детей этой группы.

Увеличение представленности  $\gamma$ -ритма в передне-центральных и височных отделах в группе АТ является выраженным отличительным признаком данной группы, что соответствует представлениям о повышенном уровне высокочастотной ЭЭГ активности при аутизме [24]. При шизофрении аналогичное увеличение описано при выполнении задания [15, 25], а при РАС оно проявляется уже в состоянии покоя, что может быть прогностическим признаком РАС.

Анализ, проведенный в данном исследовании с целью выявления “областей повышенного интереса”, позволяет выделить левые височные ( $T_5$  и  $T_3$ ) и затылочные ( $O_1$ ,  $O_2$ ) отделы коры, относящиеся к специально выделенным зонам, функции которых максимально нарушены при аутизме [26]. В группе АТ левые височные зоны, наряду с передними областями, обнаруживают наиболее достоверное повышение показателей СМ  $\gamma$ -ритма по сравнению с нормой, а на частоте  $\alpha$ - и  $\theta$ -ритмов в них, напротив, наблюдается падение показателей СМ по сравнению с нормой, особенно выраженное в задневисочной области  $T_5$ . Высоко достоверные различия в зоне  $T_5$  выявлены также в группах РШС и ШТ на частоте  $\alpha$ -ритма. Таким образом, значимой зоной коры, в которой отмечаются различия между нормой и больными РАС и РШС, является левая височная область (зона Вернике), отвечающая преимущественно за слуховое восприятие и развитие речевых функций, претерпевающих существенные нарушения при аутизме [27, 28] и при шизофрении [16, 29]. Выраженные изменения СМ  $\alpha$ -ритма в затылочных отделах во всех экспериментальных группах по сравнению с нормой (максимальные различия получены в группе АТ), обнаруженные в нашей работе, свидетельствуют о патологических перестройках в проекционных зонах зрительного анализатора, ответственных за зрительное восприятие и, в частности, за восприятие лиц [30]. Активация проекционных зон слухового и зрительного анализаторов максимально выражены в группе АТ. С этими изменениями может быть связана аномальная сенсорная чувствительность у детей с РАС, которая проявляется у этих детей в трудностях модуляции ответа на сенсорную стимуляцию [31–34].

Таким образом, при попытке выявить в составе группы РАС детей с высоким риском РШС можно ориентироваться на следующие критерии. Характеристики  $\alpha$ -ритма – пониженная СМ и преобладание высокочастотных компонентов – являются общими для всех экспериментальных групп. Высокие значения СМ  $\theta$ -ритма в передних отделах коры по сравнению с нормой (гипофронтальность) могут являться признаком “перехода” из группы РАС в группу РШС. Увеличение представленности гамма ритма уже в фоне, а не только

при выполнении функциональных проб, может служить критерием развития по аутистическому типу.

## ВЫВОДЫ

1. Проведенное исследование показывает достоверные различия между выделенными подгруппами детей (средний возраст 6.05 лет) с РАС и нормой, что согласуется с результатами классификации, осуществленной ранее методом дискриминантного анализа. В одной из подгрупп предполагается дальнейшее развитие по аутистическому типу (группа АТ), а в другой – переход к развитию по шизотипическому типу (группа ШТ).

2. Снижение СМ  $\alpha$ -ритма в затылочных отделах во всех экспериментальных группах по сравнению с нормой, в группе АТ оказалось максимальным. Уменьшение процентного соотношения  $\alpha$ -ритма по отношению ко всему частотному диапазону также оказалось наиболее выраженным в группе АТ.

3. Во всех экспериментальных группах наблюдалось увеличение пропорции высокочастотных ( $\alpha_3$ ) компонентов  $\alpha$ -ритма.

4.  $\theta$ -ритм в группах РШС и ШТ имеет более высокие значения СМ в передних отделах коры по сравнению с нормой.

5.  $\theta$ -активность в группе АТ по сравнению с нормой снижена, в особенности, в задних отделах, а  $\gamma$ -активность, напротив, повышена по сравнению с нормой, в передне-центральных и височных отделах.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 17-06-00659-ОГН).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иовчук Н.М., Северный А.А.* Современные проблемы диагностики аутизма // Психологическая наука и образование. 2013. № 5. С. 91.
2. *Башина В.М.* Аутизм в детстве. М.: Медицина, 1999. 236 с.
3. *Тиганов А.С., Башина В.М.* Современные подходы к пониманию аутизма в детстве // Журн. неврологии и психиатрии. 2005. № 8. С. 4.
4. *King V.H., Lord C.* Is schizophrenia on the autism spectrum? // Brain Res. 2011. № 1380. P. 34.
5. *Шоплер Э., Ланзинд М., Ватере Л.* Поддержка аутичных и отстающих в развитии детей. Минск: Изд-во БелАПДИ “Открытые двери”, 1997. 200 с.
6. *Yang D., Pelphrey K.A., Sukhodolsky D.G. et al.* Brain responses to biological motion predict treatment outcome in young children with autism // Transl. Psychiatry. 2016. V. 6. № 11. doi 10.1038/tp.2016.213
7. *Симашкова Н.В., Ключник Т.П., Якупова Л.П., Коваль-Зайцев А.А.* Расстройства аутистического спектра (мультидисциплинарные клинико-биологические подходы к диагностике и терапии) // Психиатрия. 2013. Т. 60. № 4. С. 5.
8. *Bosl W.J., Tager-Flusberg H., Nelson C.A.* EEG Analytics for Early Detection of Autism Spectrum Disorder: A Data-Driven Approach // Scientific Reports. 2018. V. 1. № 8. doi 10.1038/s41598-018-24318-x
9. *Луцкекина Е.А., Луцкекин В.С., Стрелец В.Б.* Биоэлектрическая активность мозга детей с расстройствами аутистического спектра: неоднородность группы // Физиология человека. 2018. Т. 44. № 4. С. 32.
10. *Луцкекина Е.А., Хаердинова О.Ю., Луцкекин В.С., Стрелец В.Б.* Межполушарные различия спектральной мощности и когерентности ритмов ЭЭГ у детей с расстройствами аутистического спектра // Физиология человека. 2017. Т. 43. № 3. С. 32.
11. *Fehr T., Kissler J., Moratti S. et al.* Source distribution of neuromagnetic slow waves and MEG-delta activity in schizophrenic patients // Biol. Psychiatry. 2001. V. 2. № 50. P. 108.
12. *Harris A., Melkonian D., Williams L., Gordon E.* Dynamic spectral analysis findings in first episode and chronic schizophrenia // Int. J. Neurosci. 2006. № 116. P. 223.
13. *Boutros N.N., Arfken C., Galderisi S. et al.* The status of spectral EEG abnormality as diagnostic test for schizophrenia // Schizophr. Res. 2008. V. 99. № 1–3. P. 225.
14. *Hong L.E., Summerfelt A., Mitchell B.D. et al.* A shared low-frequency oscillatory rhythm abnormality in resting and sensory gating in schizophrenia // Clin. Neurophysiol. 2012. V. 123. № 2. P. 285.
15. *Garakh Z., Zaytseva Y., Kapranova A. et al.* EEG correlates of a mental arithmetic task in patients with first episode schizophrenia and schizoaffective disorder // Clinical Neurophysiology. 2015. V. 126. № 11. P. 2090.
16. *Стрелец В.Б.* Картирование биопотенциалов мозга при эмоциональной и когнитивной патологии // Журн. высш. нерв. деят. 1997. Т. 47. № 2. С. 226.
17. *Fenton G.W., Fenwick P.B., Dollimore J. et al.* EEG spectral analysis in schizophrenia // Br. J. Psychiatry. 1980. V. 136. № 5. P. 445.
18. *Sponheim S.R., Clementz B.A., Iacono W.G., Beiser M.* Clinical and biological concomitants of resting state EEG power abnormalities in schizophrenia // Biol. Psychiatry. 2000. V. 48. № 11. P. 1088.
19. *Каплан А.Я., Борисов С.В., Желиговский В.А.* Классификация ЭЭГ подростков по спектральным и сегментным характеристикам в норме и при расстройствах шизофренического спектра // Журн. высш. нерв. деят. 2005. Т. 55. № 4. С. 478.
20. *Борисов С.В., Каплан А.Я., Горбачевская Н.Л., Козлова И.А.* Анализ структурной синхронности ЭЭГ подростков, страдающих расстройствами шизофренического спектра // Физиология человека. 2005. Т. 31. № 3. С. 16.
21. *Луцкекина Е.А., Подрезная Е.Д., Луцкекин В.С. и др.* Особенности спектральной мощности ЭЭГ у детей с ранним детским аутизмом и их связь с развитием различных симптомов шизофрении // Журн. высш. нерв. деят. 2011. Т. 61. № 5. С. 545.
22. *Stroganova T., Orekhova E., Teetlin M. et al.* EEG evidences of aberrant brain functioning in young children

- with autism // *Int. J. Psychophysiol.* 2008. № 69. P. 203.
23. Якупова Л.П., Симашикова Н.В. Связь нарушений ЭЭГ с клиническими особенностями расстройств аутистического спектра // *Вестник Совета молодых ученых Челябинской области.* 2016. Т. 3. № 2. С. 134.
  24. Горбачевская Н.Л., Мамохина У.А., Вершинина Н.В. и др. Особенности спектральных характеристик ЭЭГ у лиц с расстройствами аутистического спектра // *Психиатрия.* 2018. Т. 78. № 2. С. 48.
  25. Стрелец В.Б., Гарах Ж.В., Новотоцкий-Власов В.Ю., Магомедов Р.А. Соотношение между мощностью и синхронизацией ритмов ЭЭГ в норме и при когнитивной патологии // *Журн. высш. нерв. деят.* 2005. Т. 55. № 4. С. 496.
  26. Hazlett H.C., Gu H., Munsell B.C. et al. Early brain development in infants at high risk for autism spectrum disorder // *Nature.* 2017. V. 542. № 7641. P. 348.
  27. Thai N.J., Longe O., Rippon G. Disconnected brains: What is the role of fMRI in connectivity research? // *Internat. J. Psychophysiology.* 2009. V. 73. № 1. P. 27.
  28. Roberts T.P.L., Schmidt G.L., Egeth M. et al. Electrophysiological signatures: magnetoencephalographic studies of the neural correlates of language impairment in autism spectrum disorders // *Int. J. Psychophysiol.* 2008. № 68. P. 149.
  29. Tang Y., Chen K., Zhou Y. et al. Neural activity changes in unaffected children of patients with schizophrenia: A resting-state fMRI study // *Schizophrenia Research.* 2015. № 168. P. 360.
  30. Tye Ch., Mercure E., Ashwood K.L. et al. Neurophysiological responses to faces and gaze direction differentiate children with ASD, ADHD and ASD + ADHD // *Developmental Cognitive Neuroscience.* 2013. № 5. P. 71.
  31. Строганова Т.А., Орехова Е.В., Галюта И.А. Монотропизм внимания у детей с аутизмом // *Экспериментальная психология.* 2014. Т. 7. № 4. С. 66.
  32. Crane L., Goddard L., Pring L. Sensory processing in adults with autism spectrum disorders // *Autism.* 2009. V. 13. № 3. P. 215.
  33. Harrison J., Hare D.J. Brief report: assessment of sensory abnormalities in people with autistic spectrum disorders // *J. Autism and Developmental Disorders.* 2004. V. 34. № 6. P. 727.
  34. Wiggins L.D., Robins D.L., Bakeman R., Adamson L.B. Brief report: sensory abnormalities as distinguishing symptoms of autism spectrum disorders in young children // *J. Autism and Developmental Disorders.* 2009. V. 39. № 7. P. 1087.

## EEG Spectral Power in Children with Autistic Spectrum Disorders: Heterogeneity of the Group

E. A. Luschekina<sup>a, \*</sup>, V. S. Luschekin<sup>b</sup>, and V. B. Strelets<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

<sup>b</sup>*Center for Psychological and Neurological Assistance, Moscow, Russia*

\*E-mail: elena.luschekina@yandex.ru

The total group of children (aged 4 years 5 months to 7 years 9 months; mean age: 6.05 years) with autistic spectrum disorders (ASD) was divided into two subgroups. The first subgroup included children with supposed further development via autistic type (AT); the other group was supposed to have a transition to schizotypic type of development (SCH-T). We investigated EEG spectral power (SP) features in the AT and SCH groups, as well as in a group of children with the schizophrenia spectrum disorders (SchSD) in comparison with a group of normally developing children of the same age. The SP values of the theta and alpha rhythm in anterior cortex in SCH-T and AT groups were increased as compared with normal level, while the SP values of the alpha rhythm in the posterior cortex were decreased. In the AT group, the values of theta and alpha activity are decreased, especially in the posterior regions. The SP values of the alpha rhythm in occipital regions is reduced in all experimental groups. We observed the right predominance of alpha rhythm in two groups (SchSD and SCH-T). In the AT group, we observed an increase in the representation of the gamma rhythm in frontal-central and temporal regions. The article discusses the heterogeneity of groups of children with ASD, which probably results from the transformation of ASD into SchSD, and possible predictors of this transition.

*Keywords:* autism spectrum disorders, EEG, schizophrenia, mental development of children.