

12. Щербатых Ю.В. Психология стресса и методы коррекции. СПб., 2006. 256 с.

13. Юматов Е.А., Кузьменко В.А., Бадиков В.И. [и др.]. Экзаменационный эмоциональный стресс у студентов // Физиол. человека. 2001. Т. 27, № 2. С. 104.

14. Bailes F., Dean R.T. The perception of music: Intensity and affect // Autonomic Neuroscienc. 2009. Vol. 149. № 1–2. P. 43.

15. BoMeng. Global view of the mechanisms of improved learning and memory capability in mice with music-exposure by microarray // Brain Research Bulletin. 2009. Vol. 80. № 1–2. P. 36.

Ереванский государственный университет,
факультет биологии, кафедра физиологии человека
и животных, Ереван

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗДОРОВЬЯ В ОНТОГЕНЕЗЕ

УДК 612.821

Е.К. АЙДАРКИН, О.В. ПУСТОВАЯ, Л.Н. ИВАНИЦКАЯ, М.И. ЛЕДНОВА, Ю.В. ХАРЬКОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ АЛЬФА И ТЕТА АКТИВНОСТИ У ДЕТЕЙ С СИНДРОМОМ ДЕФИЦИТА ВНИМАНИЯ И ГИПЕРАКТИВНОСТИ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ БОДРСТВОВАНИЯ

Исследовалась ЭЭГ детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности на разных уровнях бодрствования: состояние спокойного расслабленного бодрствования, дремота и стадия сонных веретен. Анализировались показатели абсолютной мощности альфа-ритма и его поддиапазонов альфа1 (8–9,5 Гц), альфа2 (9,5–10,5 Гц), альфа3 (10,5–13 Гц), тета ритма, отношение мощностей тета/альфа. Выявленные особенности могут свидетельствовать о незрелости мозговых структур у детей с синдромом дефицита внимания и гиперактивности, как в состоянии бодрствования, так и на его более сниженных уровнях.

Ключевые слова: альфа-тета активность, синдром дефицита внимания и гиперактивности, уровни бодрствования, нейрофизиологическая зрелость мозговых структур.

E.K. AYDARKIN, O.V. PUSTOVAYA, L.N. IVANITSKAYA, M.I. LEDNOVA, U.V. HARKOVA

INVESTIGATION OF ALPHA AND THETA ACTIVITY FEATURES IN CHILDREN WITH ATTENTION-DEFICIT/HYPERACTIVITY DISORDER IN DIFFERENT WAKEFULNESS LEVELS

The EEG of children with attention-deficit/hyperactivity disorder in different wakefulness levels such as relaxed wakefulness, drowsiness, sleep spindles stage was examined. The absolute power of alpha, alpha1 (8–9,5 Hz), alpha2 (9,5–10,5 Hz), alpha3 (10,5–13 Hz) frequency bands theta activity and alpha/theta ratio were analyzed. The detected features may reflect maturational lag in cerebral structures in children with attention-deficit/hyperactivity disorder both in wakefulness state and in more decreased levels.

Key words: alpha- theta activity, attention-deficit/hyperactivity disorder, wakefulness levels, neurophysiological maturity of cerebral structures

Существует две основные гипотезы для объяснения причин, лежащих в основе синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ), разработанные на основании многочисленных мультидисциплинарных, в том числе электроэнцефалографических исследований. Сторонники модели отставания в созревании мозговых структур считают, что в основе СДВГ лежит задержка

в развитии функционирования ЦНС, в свою очередь сторонники модели отклонения развития настаивают на том, что этот синдром возникает в результате неправильного функционирования ЦНС [4].

Исследования в области нейрофизиологических аспектов синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) подтверждают наличие изменений в количественных характеристиках фоновой ЭЭГ при данном расстройстве [20,

24, 25, 30]. К наиболее распространенным исследуемым показателям для этой клинической группы относятся абсолютная и относительная мощности, и отношение мощностей между отдельными частотными диапазонами. Эти показатели считаются легко интерпретируемыми и надежными для оценки количественных изменений ЭЭГ в различных состояниях и в различных группах обследуемых [4, 18, 20]. Одним из наиболее информативных ЭЭГ показателей у детей с СДВГ специалистами в данной области исследований было признано увеличение значений отношения мощностей тета/альфа [7, 18] и тета/бета [16, 24, 25].

Анализ мощностей альфа и тета ритмов используется для оценки изменений на ЭЭГ, отражающих нормальное созревание [1, 4, 15], а также как показатель активности коры [15, 17]. При этом важно отметить, что динамика изменений альфа и тета мощностей имеет противоположные тенденции в отношении процессов созревания, когнитивных способностей, наличия или отсутствия дисфункций в работе мозговых систем [15].

ЭЭГ активность в диапазоне ритмов тета-альфа является также наиболее значимо меняющейся активностью на ЭЭГ в период перехода от бодрствования ко сну. В этот период оба ритма претерпевают количественные изменения, а активность в альфа диапазоне – сложные топографические и частотные перестройки [6, 11, 13, 31].

В большинстве работ, посвященных синдрому СДВГ, количественные характеристики ЭЭГ оценивались для состояния спокойного расслабленного бодрствования с открытыми и закрытыми глазами, реже при некоторых нагрузках (гипервентиляция, фотостимуляция, когнитивные нагрузки). Одна из первых работ по исследованию ЭЭГ на разных уровнях бодрствования в группе детей и подростков с СДВГ была опубликована немецкими и голландскими учеными в 2010 г. [26]. Она была посвящена изучению регуляции уровня бодрствования при данном расстройстве. Полученные результаты показали, что при выполнении когнитивной задачи дети с СДВГ в анамнезе имели менее устойчивый уровень активации, что проявлялось в более частых переходах от одного уровня бодрствования к другому. Помимо этого, дети данной клинической группы проводили меньше времени на высоких уровнях бодрствования и больше в сниженных, таких как дремота, по сравнению с контролем что, по мнению авторов, говорит об

ухудшенной регуляции при переходе от одного уровня бодрствования к другому.

Мы тоже считаем, что у детей с мягкими мозговыми дисфункциями перестройки регуляторных функциональных систем мозга при снижении уровня бодрствования могут иметь свои особенности динамики ЭЭГ диапазонов альфа и тета.

Целью данной работы было выявить особенности ЭЭГ у детей дошкольного и младшего школьного возраста с СДВГ на разных уровнях бодрствования.

Методика

На основе добровольного информированного согласия и с соблюдением основных принципов биоэтики с помощью метода длительного ЭЭГ мониторинга в медицинском диагностическом центре г. Ростова-на-Дону были обследованы дети дошкольного и младшего школьного возраста (5–7 лет). Основную группу составили дети с синдромом дефицита внимания и гиперактивности (32 человека), выявленным неврологом, контрольную группу – дети, не имеющие неврологических отклонений (10 человек).

ЭЭГ мониторинг проводился с помощью многоканального энцефалографа-анализатора ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131–03» (Медиком ЛТД, Таганрог) с возможностью расширенной регистрации полисомнографических данных. Запись физиологических сигналов проводилась от 19 ЭЭГ, 2 ЭОГ (элетроокулографических) и 3 ЭМГ (электромиографических) отведений. Постановка ЭЭГ электродов проводилась по международно признанной системе 10–20. С использованием монополярной системы отведений относительно объединенных ушных электродов (индифферентный располагался на лбу).

ЭЭГ бодрствования регистрировалась в состоянии спокойного расслабленного бодрствования с закрытыми и открытыми глазами и при функциональных нагрузках: ритмическая фотостимуляция (3–24 Гц) и гипервентиляция (3 мин) и в состоянии дневного сна. Стадии ЭЭГ дневного сна выделялись согласно руководству Американской Академии Медицины Сна [3].

Выделялись 3 уровня бодрствования: 1) состояние спокойного расслабленного бодрствования с закрытыми глазами (стадия W); 2) состояние перехода от бодрствования ко сну (стадия дремоты, N1); 3) состояния истинного начала сна (стадия сонных веретен, N2).

Анализ безартефактных 30-секундных отрезков электроэнцефалограмм для каждого со-

стояния проводился с помощью математической программной среды MATLAB. Удаление артефактов осуществлялось в программной среде MATLAB с помощью фильтра Butter в необходимом частотном интервале и независимого компонентного анализа ICA.

Анализируются показатели спектральной плотности мощности [$\mu\text{V}^2/\text{Гц}$] и значения доминирующих частот [Гц] для ритмов следующих частотных диапазонов: тета (4–8 Гц), альфа (8–13 Гц), и поддиапазонов: альфа1 (8–9,5 Гц), альфа2 (9,5–10,5 Гц), альфа3 (10,5–13 Гц), полученные методом быстрого преобразования Фурье. Для выполнения быстрого преобразования Фурье использовался метод Уэлча (Welch) и окно Хамминга (Hamming) для 5-секундных эпох с разрешением 0,05 Гц.

Статистическую оценку полученных данных проводили посредством дисперсионного анали-

за ANOVA для затылочных (O1, O2), центральных (C3, Cz, C4) и лобных областей (F1, F2, F3, Fz, F4).

Результаты

Анализ полученных данных показал, что ЭЭГ детей с СДВГ по некоторым показателям отличалась от ЭЭГ здоровых детей во всех состояниях.

В состоянии спокойного расслабленного бодрствования абсолютная мощность альфа ритма в группе детей с СДВГ была снижена в задних отделах мозга (рис. 1А). Все исследуемые поддиапазоны основного ритма бодрствования (альфа ($p < 0,01$), альфа1 ($p < 0,01$), альфа2 ($p < 0,05$), альфа3 ($p < 0,01$)) в затылочных областях имели достоверные различия между основной и контрольной группами (рис. 1А, Б, В, Г).

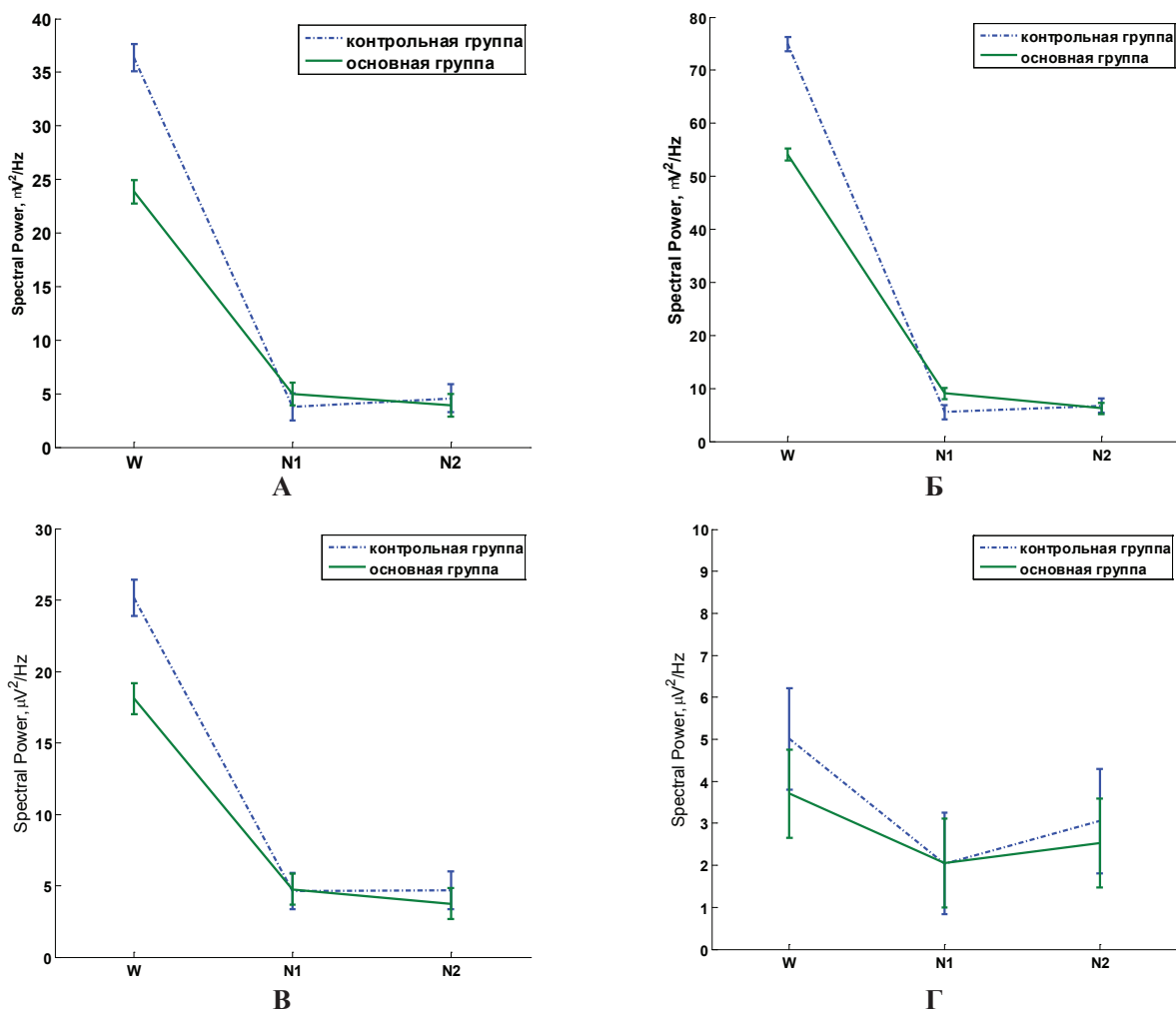


Рис. 1. Средние значения и стандартные отклонения абсолютной мощности частотных диапазонов альфа активности в затылочных областях в разных состояниях (W – состояние бодрствования, N1 – дремота, N2 – стадии сонных веретен): А – общий альфа ритм (8–13 Гц), Б – альфа1 поддиапазон (8–9,5 Гц), В – альфа2 поддиапазон (9,5–10,5 Гц), Г – альфа3 поддиапазон (10,5–13 Гц).

Значение абсолютной мощности поддиапазонов альфа в затылочной области значительно варьировало внутри общего частотного диапазона альфа активности 8–13 Гц для обеих групп. Следует отметить, что самый большой вклад в формирование суммарной мощности альфа активности у детей 5–7 лет вносила медленная альфа1 активность (рис. 1Б). Ее мощность в задних областях мозга превалировала над мощностями остальных частотных поддиапазонов альфа2 и альфа3 (1В, Г). Мощность среднего частотного диапазона альфа2 сильно не отличалась от мощности общей альфа, а быстрая альфа3 активность вносила наименьший вклад в формирование общей альфа-активности в данной возрастной группе (рис. 1Г).

В стадию дремоты (N1) значимые изменения электрической активности головного мозга в затылочных областях были выявлены только для медленной альфа1 активности ($p < 0,05$). В этом состоянии абсолютная мощность в поддиапазоне (8–9,5 Гц) в основной группе была выше по сравнению с контрольной группой (рис. 1Б).

Сравнительный анализ абсолютных мощностей альфа, альфа1, альфа2 и альфа3 в центральной области не показал значимых различий между группами ни для одного из исследуемых состояний.

Значения мощностей альфа активности в лобных областях в состоянии бодрствования

значимо различались между группами только для альфа3 частотного диапазона ($p < 0,05$). У детей с СДВГ этот показатель был меньше по сравнению с контрольной группой. Наиболее заметные различия между группами наблюдались в состоянии N2 (2-я стадия сна). В основной группе абсолютная мощность альфа ($p < 0,05$), альфа2 ($p < 0,05$) и альфа 3 ($p < 0,01$) ритмов была снижена по сравнению с нормой. На рис. 2 представлены средние значения и стандартные отклонения мощности общего альфа диапазона в лобных областях.

Анализ абсолютной мощности тета-диапазона (4–7 Гц) выявил ее повышение в основной группе в состоянии бодрствования в затылочных областях мозга ($p < 0,01$) (рис. 3). В дремоте у детей с СДВГ этот показатель был также выше, но уже во всех областях мозга (для затылочных областей $p < 0,01$, для центральных и лобных $p < 0,05$). В стадии сонных веретен тета-активность в основной группе была меньше в центральных областях ($p < 0,05$).

Отношение тета/альфа в состоянии бодрствования у детей с СДВГ было достоверно выше в затылочных областях ($p < 0,01$) (рис. 4А). В стадию дремоты в группе детей с мягкими мозговыми дисфункциями этот показатель был также достоверно выше в центральных отведениях ($p < 0,01$) и лобных областях ($p < 0,01$) (рис. 4Б, 4В). В стадию сонных веретен отношение

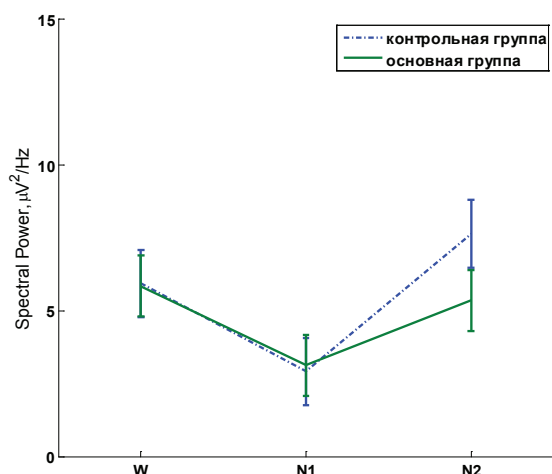


Рис. 2. Средние значения и стандартные отклонения абсолютной мощности общей альфа активности (8–13 Гц) в лобных областях (W – состояние бодрствования, N1 – дремота, N2 – стадия сонных веретен)

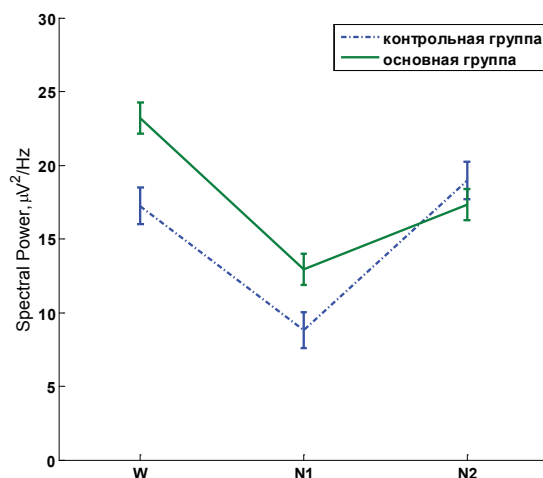


Рис. 3. Средние значения и стандартные отклонения абсолютной мощности тета-активности в затылочных областях (W – состояние бодрствования, N1 – дремота, N2 – стадия сонных веретен)

тета/альфа имело противоположную тенденцию в зависимости от областей мозга: в центральной области в основной группе он был меньше ($p < 0,01$), а в лобных областях, напротив, больше ($p < 0,01$) по сравнению с контролем.

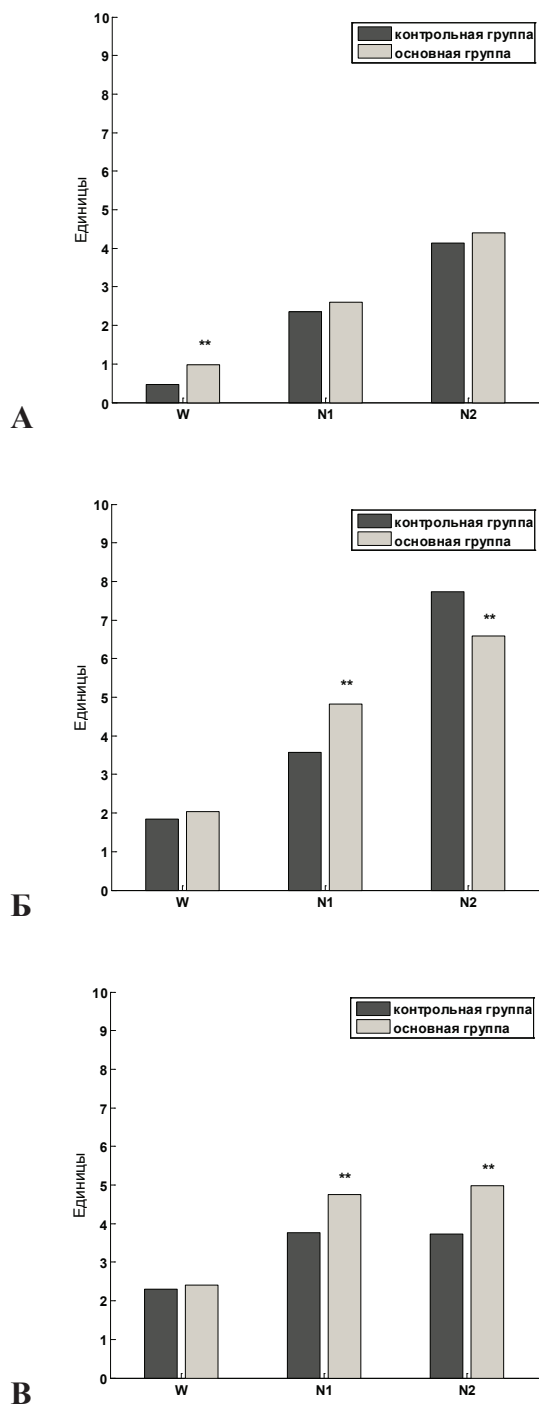


Рис. 4. Отношение тета/альфа: А – в затылочных областях; Б – в центральной области; В – в лобных областях (W – состояние бодрствования, N1 – дремота, N2 – стадия сонных веретен)

Обсуждение результатов

Большинство ученых, занимающихся нейрофизиологическими аспектами перехода от бодрствования ко сну, пришли к мнению, что сон, как мы его привыкли понимать, не начинается в какой-то определенный момент времени, скорее вход в состояние сна это динамический последовательный процесс, состоящий из серии изменений, которые начинаются еще в расслабленном бодрствовании и продолжаются в течение стадии дремоты до первых минут стадии сонных веретен [23]. В период перехода от бодрствования ко сну исчезает альфа активность, начинает доминировать тета, а дальнейшее появление сонных веретен служит маркером истинного начала сна [8]. R. Ogilvie была предложена трехуровневая модель регуляции ЦНС во время периода начала сна: начальный уровень связан с альфа активностью; промежуточный (является наименее изученным на сегодняшний день) связан с тета активностью и вертекс потенциалами; третий, завершающий бодрствование уровень связан с сонными веретенами, которые представлены сигма активностью [23].

Таким образом, уровни бодрствования, которые мы выделили в нашей работе, не противоречат общей концепции нейрофизиологических процессов, происходящих при снижении уровня бодрствования, и отражают функциональные особенности этих трех состояний.

Актуальность выделения трех частотных поддиапазонов (медленного, среднего и быстрого) для альфа ритма подчеркивается в работах, посвященных электроэнцефалографическим особенностям перехода от бодрствования ко сну [6, 11, 13, 23, 31], онтогенетическим аспектам ЭЭГ [22] и когнитивным процессам [6,15], а в последние годы и в работах, посвященных особенностям ЭЭГ при СДВГ [16].

Актуальность выделения поддиапазонов для альфа активности при изучении нейрофизиологических аспектов состояния перехода от бодрствования ко сну, обусловлена функциональными и топографическими особенностями частотных поддиапазонов альфа при переходе на более низкий уровень бодрствования. У взрослых в зависимости от состояния были выделены 3 фокуса альфа: задний – альфа 1, который связан с бодрствующей ЭЭГ, и передне-центральный – альфа2, характерный для ЭЭГ дремоты, и компо-

ненты сонных веретен (альфа3), которые имели третий – париентальный фокус [13]. Частотные поддиапазоны альфа активности при переходе от бодрствования ко сну топографически неоднородны, они претерпевают сложные перестройки [11, 13, 31], в том числе частотные [11]. У детей перестройки частотных диапазонов альфа в динамике бодрствования изучены значительно меньше.

Полученные нами данные о доминировании у детей обеих групп в состоянии бодрствования в затылочных областях медленной альфа1 активности 8–9,5 Гц внутри общего альфа диапазона 8–13 Гц отражают естественные возрастные особенности электрической активности. Согласно литературным данным у детей младшего школьного возраста доминирующей активностью на ЭЭГ является альфа активность с частотой около 9 Гц [2, 21].

В работах, посвященных СДВГ, на ЭЭГ в состоянии спокойного расслабленного бодрствования с закрытыми глазами наиболее часто отмечается уменьшение альфа активности [7, 27] и повышение тета [18, 20, 30]. По мнению некоторых авторов, увеличенная мощность тета и сниженная альфа в бодрствовании отражают нарушения когнитивных функций у детей с СДВГ [12].

Особенности ЭЭГ, выявленные для нашей клинической группы, в состоянии бодрствования подтверждают результаты этих исследований. Анализ альфа активности в бодрствовании показал, что у детей с СДВГ абсолютная мощность всех исследуемых диапазонов альфа ритма была снижена в затылочных областях, а в лобных областях была снижена быстрая альфа3 активность. Тета ритм бодрствования в основной группе был повышен в затылочных областях. Эти данные свидетельствуют о незрелости основного ритма бодрствования у детей данной клинической группы.

Согласно литературным данным, отношение мощностей тета/альфа признано одним из наиболее чувствительных показателей количественной ЭЭГ у детей с СДВГ [4, 7, 18]. Этот показатель является хорошим маркером для идентификации данного расстройства и весьма информативен для отражения взаимоотношений альфа и тета активности [32]. Повышение отношения тета/альфа (в затылочных областях) может сви-

детельствовать о дефиците альфа активности, вызванном дисфункцией корково-корковых и таламо-кортикальных систем, и рассматриваться как задержка в созревании сетей, формирующих основной ритм спокойного расслабленного бодрствования [32].

В стадию дремоты анализ абсолютной мощности альфа ритмов не показал достоверных различий между группами ни в одном из регионов мозга, что может быть связано со сложными топографическими перестройками альфа-активности и его значительным снижением в этот период.

Более чувствительными и значимыми показателями для этого состояния оказались значения тета мощности и отношение тета/альфа. Первый показатель был достоверно выше у детей с СДВГ во всех исследуемых областях мозга (лобной, центральной, затылочной), второй – в лобных областях. Во время стадии дремоты активность в диапазоне тета-ритма варьирует по частоте и амплитуде и может быть представлена в виде острых вертекс-волн (потенциалов), диффузных волн (в том числе гиперсинхронных) и последовательности волн небольшой амплитуды длительностью до 1 с. Все эти феномены имеют разное топографическое распределение. Последовательные тета волны чаще наиболее выражены в лобных, а диффузные рассеяны по всем областям мозга [5]. Вертекс-волны представлены в виде позитивных потенциалов с максимумом выраженности преимущественно в центральных областях [5]. Предположительно они являются вызванным ответом в ответ на афферентные стимулы от интерорецепторов и экстерорецепторов [21]. Вертекс-волны могут рассматриваться как феномен активации коры во время погружения в сон [10]. В нашей работе визуальный анализ ЭЭГ во время дремоты показал доминирование вертекс-потенциалов в основной группе. Недавние исследования связи вертекс-волн с возрастом указывают на их отрицательную корреляцию [14]. Принимая во внимание уменьшение количества вертекс-волн с возрастом, можно предположить нейрофизиологическую незрелость процесса засыпания у детей с СДВГ.

Поддиапазон быстрой альфа3 активности часто используется для оценки медленных сонных веретен частотой около 12 Гц [13]. В научной

литературе описано два типа сонных веретен: быстрые веретена с частотой около 14 Гц, доминирующие в теменных областях, и медленные с частотой около 12 Гц во фронтальных областях [9]. Для оценки детской ЭЭГ более важны фронтальные отведения по сравнению с центральными для взрослых [28]. Результаты нейрофизиологических исследований указывают на то, что эти два типа веретен связаны с двумя функционально разными системами, которые отличаются не только топографически (один доминирует в премоторной области коры, другой в сенсорной), но и по своим временным характеристикам [31]. Более того, эти типы сонных веретен интересны в отношении онтогенетических особенностей, их динамика при созревании сильно различается [29]. При созревании ЦНС сонные веретена изменяются по длине и увеличиваются по частоте и количеству [19, 28]. Согласно данным, полученным в нашем исследовании, в стадию сонных веретен наиболее значимые различия между группам были обнаружены для лобных областей: в группе с СДВГ была снижена абсолютная мощность частотного диапазона альфа и его поддиапазонов альфа2 и альфа3.

Отношение тета/альфа в этом состоянии показало противоположную тенденцию в зависимости областей мозга: в центральной области в основной группе он был меньше ($p < 0,01$), а в лобных областях, напротив, больше ($p < 0,01$) по сравнению с контролем. Для интерпретации этих данных необходимо провести более детальный топографический анализ.

Мы считаем, что полученные данные о снижении мощности альфа и усилении тета активности в бодрствовании и в дремоте, снижение быстрой альфа в стадии сонных веретен у детей с СДВГ свидетельствуют о незрелости мозговых регуляторных структур не только в состоянии спокойного расслабленного бодрствования, но и при снижении его уровня. Таким образом, наши данные говорят в пользу модели отставания в созревании мозговых структур как причины данного расстройства.

Для изучения особенностей перестроек функциональных систем при снижении уровня бодрствования у детей с различным уровнем и темпами созревания мозговых регуляторных систем, помимо анализируемых в этой работе показателей, следует провести исследование то-

пографических и частотных характеристик вышперечисленных маркеров ЭЭГ в разных возрастных группах.

Литература

1. Кураев Г.А., Бахтин О.М., Иваницкая Л.Н., Леднова М.И., Морозова Г.И. Исследование активности структур центральной нервной системы слабовидящих детей на основе анализа ЭЭГ, омега-потенциала и состояния слуховой системы // Валеология. 2003. № 4, С. 38–42.
2. Кураев Г.А., Иваницкая Л.Н. Особенности суммарной электрической активности мозга у детей 6–10 лет // Валеология. 2003. № 1. С. 27–34.
3. AASM. The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events. Rules, terminology, and technical specifications // American Academy of Sleep Medicine. Westchester, 2007. 59 p.
4. Barry R.J., Clarke A.R., Johnstone S.J. A review of electrophysiology in attention-deficit hyperactivity disorder: I. Qualitative and quantitative electroencephalography // Clinical Neurophysiology. 2003. Vol. 114. P. 171–183.
5. Broughton R., Hasan J. Quantitative topographic electroencephalographic mapping during drowsiness and sleep onset // Clinical Neurophysiology. 1995. Vol. 12. № 4. P. 372–386.
6. Cantero J.L., Atienza M., Salas R.M. Human alpha oscillations in wakefulness, drowsiness period, and REM sleep: different electroencephalographic phenomena within the alpha band // Clinical Neurophysiology. 2002. Vol. 32. P. 54–71.
7. Clarke A. [et al.] EEG analysis of children with attention-deficit/hyperactivity disorder and comorbid reading disabilities // Learn Disabilities. 2002. Vol. 35. P. 276–285.
8. DeGennaro L., Ferrara M. Sleep spindles: an overview // Sleep Medical Review. 2003. Vol. 7. P. 423–440.
9. Gibbs F.A., Gibbs E.L. Atlas of electroencephalography. Massachusetts. 1978.
10. Halasz P., Kelemen A. Precipitatory role of arousal/antiarousal in nocturnal frontal lobe epilepsy // Clinical Neurophysiology. 2009. Vol. 120. P. 643.
11. Hasan J., Broughton R. Quantitative topographic EEG mapping during drowsiness and sleep onset // Ogilvie R.D., Harsh J.R., eds. Sleep onset. Normal and abnormal processes. Washington, 1994. P. 219–235.
12. Hermens D.F. [et al.] Resting EEG theta activity predicts cognitive performance in attention-deficit hyperactivity disorder // Pediatric Neurology. 2005. № 32. P. 248–256.
13. Hori T., Hayashi M., Morikawa T. Topographical EEG changes and the hypnagogic experience // Ogil-

vie R.D., Harsh J.R., eds. Sleep onset: Normal and Abnormal Processes. Washington, 1994. P. 237–253.

14. Kim S.M. [et al.] Characteristics of Vertex Wave during Light Sleep according to Age // Korean Sleep Research Society. 2012. № 9. P. 5–9.

15. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis // Brain Research Reviews. 1999. Vol. 29. P. 169–195.

16. Lansbergen M.M. [et al.] The increase in theta/beta ratio on resting-state EEG in boys with attention-deficit/hyperactivity disorder is mediated by slow alpha peak frequency // Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry. 2011. Vol. 35. P. 47–52.

17. Lubar J.F. Discourse on the development of EEG diagnostics and biofeedback for attention-deficit/hyperactivity disorders // Biofeedback Self Regulation. 1991. Vol. 16. P. 201–225.

18. Loo S.K., Barkley R.A. Clinical utility of EEG in attention deficit hyperactivity disorder // Applied Neuropsychology. 2005. Vol. 12. P. 64–76.

19. Martin N. [et al.] Topography of age-related changes in sleep spindles // Neurobiology of Aging. 2013. Vol. 34. P. 468–476.

20. Monastra V.J. Quantitative electroencephalography and attention-deficit/hyperactivity disorder: implications for clinical practice // Current Psychiatry Reports. 2001. Vol. 10. P. 432–438.

21. Niedermeyer E., Silva F. Electroencephalography: Basic principles, clinical applications, and related fields. Philadelphia, 2005. 1309 p.

22. Nunez P.L. Neocortical Dynamics and Human EEG Rhythms. New York. 1995. 708 p.

23. Ogilvie R.D. The process of falling asleep // Sleep Medicine Reviews. 2001. Vol. 5. № 3. P. 247–270.

24. Ogrim G., Kropotov J., Hestad K. The QEEG theta/beta ratio in ADHD and normal controls: Sensitivity, specificity, and behavioral correlates // Psychiatry Research. 2012. Vol. 198, № 3. P. 482–488.

25. Ozge A. [et al.] Quantitative EEG Analysis in Children with Attention Deficity/Hyperactivity Disorders // Archives of Neuropsychiatry. 2007. № 44. P. 19–27.

26. Sander C. [et al.] EEG-vigilance and response to stimulants in pediatric patients with attention deficit/hyperactivity disorder // Clinical Neurophysiology. 2010. Vol. 121, № 9. P. 1511–1518.

27. Schmid R.G., Tirsch W.S., Reitmeir P. Correlation of developmental neurological findings with spectral analytical EEG evaluations in pre-school age children // Electroencephalography and Clinical Neurophysiology. 1997. Vol. 103. P. 516–527.

28. Scholle S., Zwacka G., Scholle H.C. Sleep spindle evolution from infancy to adolescence // Clinical Neurophysiology. 2007. Vol. 118. P. 1525–1531.

29. Shinomiya S. [et al.] Development of sleep spindles in young children and adolescents // Clinical Electroencephalography. 1999. Vol. 30. P. 39–43.

30. Snyder S.M. [et al.] Blinded, multi-center validation of EEG and rating scales in identifying ADHD within a clinical sample // Psychiatry Research. 2008. Vol. 159. P. 346–358.

31. Tanaka H., Hayashi M., Hori T. Topographical characteristics and principal component structure of the hypnagogic EEG // Sleep. 1997. № 20. P. 523–534.

32. Ucles P., Lorente S. Electrophysiologic measures of delayed maturation in attention-deficit hyperactivity disorder // Clinical Neurophysiology. 1996. № 11. P. 155–156.

Южный федеральный университет