

# Альфа-активность электроэнцефалограммы при нейротерапии синдрома дефицита внимания средствами игрового нейробиоуправления

Столлер И.А.<sup>1</sup>, Сухоленцева М.В.<sup>2</sup>, Ткаченко Н.Н.<sup>1</sup>, Верёвкин Е.Г.<sup>3</sup>,  
Штарк М.Б.<sup>3</sup>, Ярош С.В.<sup>3</sup>

## EEG alpha-activity in neurotherapy of attention deficit syndrome using game biofeedback

Stoller I.A., Sukholentseva M.V., Tkachenko N.N., Veryovkin Ye.G.,  
Shtark M.B., Yarosh S.V.

<sup>1</sup> Гимназия № 16, г. Новосибирск

<sup>2</sup> Новосибирский государственный медицинский университет, г. Новосибирск

<sup>3</sup> НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАН, г. Новосибирск

© Столлер И.А., Сухоленцева М.В., Ткаченко Н.Н. и др.

Проведен анализ динамики сегментных характеристик альфа-ритма и их корреляции с «поведением» дипольных источников альфа-диапазона в связи с бета-стимулирующим нейробиоуправлением при синдроме дефицита внимания у школьников. Эффективный тренинг сопровождается формированием нейронных ансамблей в альфа-диапазоне, коррелирующих с возникновением новых дипольных источников. Подчеркивается возможное место альфа-генерирующей системы в механизмах эффективного нейробиоуправления.

**Ключевые слова:** синдром дефицита внимания с гиперактивностью, синдром дефицита внимания без гиперактивности, тета-бета-коэффициент, бета-стимулирующее биоуправление, альфа-сегментный анализ, метод пошаговой дипольной локализации.

The dynamics of the segment characteristics of alpha-rhythm and their correlation with the «behaviour» of dipole sources of alpha-band in relation to beta-stimulating neurofeedback in schoolchildren with ADHD syndrome were analyzed. Effective training results in forming of neuronal groups in alpha-band which correlate to the new dipole sources. Possible place of alpha-generating system in the mechanisms of effective neurobiofeedback is discussed.

**Key words:** ADHD syndrome, theta-beta coefficient, beta-stimulating biofeedback, alpha-segment analysis, method of step-by-step dipole localization.

УДК 616.89-008.47-073.97-08:57.054:004.9

### Введение

подавляющее большинство работ, посвященных так называемой нейротерапии (т.е. совокупности нейрометрии, или количественной электроэнцефалографии (ЭЭГ), и нейробиоуправления) [7, 9] синдрома дефицита внимания с гиперактивностью и без гиперактивности (СДВГ), посвящены анализу соотношений тета- и бета-ритмов ЭЭГ [7]. Эти компоненты частотного спектра называются доминирующими, на диагностическом этапе они широко используются при организации коррекционного курса, ими манипулируют,

стремясь оптимизировать лечебные и восстановительные алгоритмы, используя  $\theta/\beta$ -коэффициент [10].

Альфа-ритм при СДВГ любой формы — с наличием симптоматики гиперактивности в поведении ребенка или в случае преимущественного нарушения параметров внимания — не рассматривается в виде мишени саморегуляции, что, безусловно, представляется достаточно сомнительным. Альфа-ритм — доминирующая составляющая ЭЭГ, он тонко реагирует на широкий спектр эндогенных и экзогенных психомоторных и фармакологических нагрузок. Естественно утверждение, что альфа-активность является марке-

ром весьма важных сторон информационно-аналитической деятельности, существенно изменяющей церебральный электрогенез при смене ЭЭГ-стереотипа, что, видимо, и происходит в условиях его модификации средствами нейробиоуправления. Наконец, генерация альфа-активности сопровождается мобилизацией значительной части «мозговой энергии» [1]. В связи с этими и иными соображениями возникает необходимость оценить место, роль и динамику данной частотной составляющей ЭЭГ в условиях, когда биоэлектрическая активность мозга при нейробиоуправлении претерпевает существенные изменения.

Однако традиционные оценки динамики альфа-активности, ограничивающиеся частотно-амплитудными характеристиками и сопровождающиеся штампами «синхронизация — десинхронизация», мало что дают для получения новых представлений о метаморфозах альфа-генерирующего механизма при организации ЭЭГ-биоуправления — основы нейротерапии. Следует попытаться отыскать в современных средствах и методах анализа этого частотного фрагмента ЭЭГ такие, которые качественно могут изменить электрофизиологическую лексику, приближая ее к оценке основного субстрата мозговой деятельности — функциональному объединению нейронов или нейронных ансамблей (НА).

Технологией, отвечающей этим требованиям, является так называемый альфа-сегментный анализ [6]. Основу концепции технологии здесь составляют представления о том, что чередования периодов синхронизации и десинхронизации, столь характерные для фазической структуры альфа-ритма, отражают процессы образования и распада корковых нейронных ансамблей. Сегментация ЭЭГ на квазистационарные участки является идеологией указанного способа оценки альфа-активности.

Определение роли и места альфа-активности в процессе нейробиоуправления при СДВГ, чувствительность различных элементов этого ритма, его сегментов к процедурам нейробиоуправления, попытка найти подходы к решению поставленной задачи и составляют цель настоящей работы.

Однако аппликация только альфа-сегментного метода к анализу динамики альфа-ритма и его возможной роли в обеспечении эффективности нейробиоуправления оказалась недостаточной. Необходимо было привлечь средства, позволяющие оценить масштабы, т.е.

физическую распространенность (топографию) альфа-ритма в корковых структурах, осуществить некую его «векторную» оценку, иными словами, уловить объемную характеристику НА альфа-диапазона в процессе коррекционного курса. Данным задачам соответствовала технология трехмерной пошаговой дипольной локализации, анализирующая альфа-диапазон ЭЭГ в режиме биоуправления в соответствии с результатами сегментации.

Наконец, располагая довольно большим опытом исследований и практической работы с детьми и подростками, страдающими СДВГ [6, 8], на определенном этапе занятий авторы пришли к твердому убеждению, что любое вмешательство, изменяющее церебральный электрогенез с помощью нейробиоуправления, должно главным образом осуществляться с использованием игровых вариантов биоуправления. Есть тому достаточно серьезные основания [4, 6]. Ниже они перечислены в зависимости от степени значимости каждого из них.

1. Игровая ситуация, когда сюжет развивается в зависимости от динамики физиологического (ЭЭГ) параметра, в данном случае бета<sub>1</sub>-ритма (основы бета<sub>1</sub>-стимулирующего тренинга), имеет так называемую временную определенность: она начинается «стартом» и завершается «финишем». Естественно, по мере овладения стратегией управления игровым сюжетом основные психологические эквиваленты — тип стратегии, концентрация и устойчивость внимания, экстраполяция текущего момента на достижение конечного (успешного) результата, вработываемость, наконец, темп выполнения задания — встраиваются в определенно ограниченные временные рамки. Иначе говоря, игра, игровой сюжет конечны в отличие от любых иных коррекционных сценариев.

2. Каждая последующая игровая попытка (а их в методике до нескольких десятков в курсе) направлена на улучшение характеристик предыдущих сессий, что делает самоусовершенствование постоянным «имманентным» атрибутом игрового биоуправления.

3. Смена игровых «ландшафтов» — море, небо, город — априори исключает риски габитуации, т.е. обеспечивает постоянную рабочую готовность ребенка.

4. Соревновательный сюжет, явно или скрыто присутствующий в игровых вариантах биоуправления, обостряет взаимоотношения детей с визуальным рядом, погружает школьника в им же создаваемую вир-

туальную среду и лучшим образом способствует самоидентификации ребенка.

5. Наконец, игровая ситуация как нельзя лучше вписывается в современный тренд и эксплуатирует неиссякаемую любовь ребенка к игре как таковой, видя в ней возможности самовыражения, личного успеха и тому подобное, что крайне важно для технологии биоуправления в целом.

## Материал и методы

**Структура курса нейробиоуправления.** Группу исследуемых составили 22 ученика 1-го класса общеобразовательной школы, родители которых давали письменное согласие на проведение коррекционного курса. Дети наблюдались в течение учебного года. Первые занятия состояли преимущественно из игровых релаксирующих сессий. Это вызвано необходимостью установления контакта с ребенком, вселения в него уверенности, что он может выигрывать, изменяя свое состояние в нужном направлении. По мере того как ребенок адаптируется к обстановке и приобретает навыки релаксации, коррекционный сеанс далее строится таким образом, как это было описано ранее [4]. Начиная с 10—15-го сеанса параллельно с сессией бета-стимулирующего тренинга, ориентированного на динамику тета-бета-коэффициента [10], как правило, применялась дополнительная нагрузка (чаще всего устный счет, пересказ текстов и т.д.). Во всех случаях сеансы проводились три раза в неделю, длительность каждого не превышала 30 мин. Время проведения сеанса определялось школьным расписанием. Естественно, что тренинг начинался только после всеобъемлющей оценки параметров исходной количественной ЭЭГ в стандарте «10—20».

Стратегия ЭЭГ-биоуправления обычно направлена на увеличение мощности в бета- (бета<sub>1</sub>-) диапазоне. Для достижения этих целей от ребенка требуется постепенно научиться управлять своим состоянием путем концентрации внимания на сигнале обратной связи так, чтобы, подавляя низкочастотные колебания (тета-диапазон), доминирующие у этих детей в ЭЭГ, и увеличивая высокочастотные, тем самым компенсировать пониженный уровень активности передних отделов коры головного мозга. Стремление к получению положительного подкрепления сначала приводит к кратковременным изменениям функционального состояния мозга, а затем и к устойчивым модификациям

как функциональных, так и структурных характеристик.

Протокол БОСЛАБ-ЭЭГ (Методические указания МЗ РФ № 99/174 от 04.12.2000 г.) (игровой), ориентированный на изменение параметров тета/бета-коэффициента за счет роста мощности бета<sub>1</sub>-ритма, строился следующим образом: после стандартных проб с открытыми и закрытыми глазами, решения различных арифметических задач и игр в «слова» проводилось вычисление порога и начинался собственно тренинг, основу которого составляли пять-шесть сюжетов (см. цветную вклейку). Обычно после пятой сессии происходит (по желанию ребенка) смена игры, более всего понравившаяся ему.

**Альфа-сегментный анализ.** В качестве данных для анализа ЭЭГ-динамики тренинга были взяты измерения ЭЭГ (открытые глаза), которые проводились для каждого испытуемого в каждой из сессий биоуправления. Околоминутный мониторинг ЭЭГ проводился до и после бета-стимулирующего тренинга. Анализировалась динамика тета/бета-тренинга: использовались характеристики 10-минутных отрезков ЭЭГ, амплитуды в тета- и бета-диапазонах, а также их отношения. Для этих же отрезков ЭЭГ вычислялись альфа-сегментные характеристики.

Процедура альфа-сегментации заключалась в автоматической детекции кратковременных переходных периодов с помощью программного пакета Section [2] последующим вычислением собственно сегментных характеристик анализируемой записи ЭЭГ. Выделение кратковременных переходных периодов между относительно однородными соседними участками ЭЭГ — главная составляющая сегментного анализа.

Перед началом «нативные» записи ЭЭГ были отфильтрованы в альфа-диапазоне с последующим вычислением огибающей; дальнейшие процедуры анализа включали два последовательных этапа, выполняемых в автоматизированном режиме без применения субъективных критериев: а) определение границ квазистационарных сегментов альфа-активности; б) оценка характеристик полученных сегментов: средней амплитуды сегмента  $A$ , длительности сегмента  $T$ , крутизны межсегментного перехода  $S$  и значения амплитудной вариативности  $CV$ . Каждая из полученных характеристик отражает различные стороны динамики ансамблевой организации корковой нейронной активности:  $A$  и  $T$  — объем и «время жизни» нейронных ансамблей,  $S$  — ско-

рость их формирования и распада, CV — устойчивость межнейронной синхронизации в рамках ансамбля.

#### **Метод трехмерной дипольной локализации.**

Сущность метода заключается в том, что за источник электрического сигнала принимается наличие диполя (точечного объекта, имеющего два полюса — положительный и отрицательный). В зависимости от направленности диполя в данный момент времени на поверхность скальпа проецируются максимумы распределения потенциалов соответственно его полюсам. Наличие вектора направленности диполя позволяет вычислить его местоположение в трехмерной системе координат. Таким образом, решается обратная задача: вычисляется положение диполя по им же сгенерированным электрическим потенциалам на скальпе. Дипольная модель обеспечивает адекватное представление для источников различных распределений скальповых потенциалов, включая альфа-ритм [3].

Локализация источников электрической активности осуществлялась с помощью модуля трехмерной локализации ЭЭГ программы «Неокортекс 2.1». С целью улучшения отношения сигнала к шуму применялся метод фильтрации, в данном случае это фильтрация ЭЭГ в альфа-диапазоне (8—13 Гц).

Из обработки исключались вероятные дипольные источники с коэффициентом достоверности менее 97,5%. Для обнаружения источников рекомендуется использовать короткие эпохи ЭЭГ, но в настоящем исследовании возникла необходимость более длительных участков, что связано с задачей поисков корреляции различных методов обработки ЭЭГ (альфа-сегментного и дипольного анализа). Опытным путем была установлена оптимальная длина анализируемого участка ЭЭГ в 19 с.

Для оценки зависимости мониторируемого параметра ( $\theta/\beta$ -коэффициента) от альфа-сегментных характеристик использовалась схема дисперсионного анализа (процедура GLM).

## **Результаты и обсуждение**

Ниже приведен достаточно полный (типовой) протокол наблюдения и коррекции (бета<sub>1</sub>-стимулирующее биоуправление).

Первоклассница П., 8 лет, наблюдалась в течение всего учебного года. Для диагностики используется шкала Международной классификации болезней 10-го пересмотра (МКБ-10), в которой каждый из основных

признаков СДВГ — невнимательность, импульсивность, гиперактивность — включает от 1 до 9 субпризнаков. Например, невнимательность разделяется на 9 симптомов: 1 — беспечные ошибки, неспособность следить за деталями; 2 — не удается поддерживать внимание; 3 — ребенок часто не слушает, что ему говорят; 4 — неспособность следовать инструкции; 5 — не организованы задания; 6 — не терпит умственных усилий; 7 — потеря вещей; 8 — отвлекаемость; 9 — забывчивость. Два других ключевых параметра — гиперактивность и импульсивность — также представлены дискретными симптомами: гиперактивность описывается 1—5 симптомами, импульсивность включает 1—4 признака (табл. 1). Поэтому дневник-заключение психотерапевта до начала сессий биоуправления выглядит следующим образом: невнимательность 1, 3, 5, 8, 9; гиперактивность 1, 5; импульсивность 1, 3.

Таблица 1  
Динамика симптоматики СДВГ до и после годичного наблюдения за учениками 1-го класса (МКБ-10), 24 коррекционных курса (примеры)

	До курса биоуправления	После курса
Школьница П1, 8 лет:		
Невнимательность	1, 3, 5, 8, 9	1, 5, 8
Гиперактивность	1, 5	1, 4
Импульсивность	1, 3	1
Школьник П2, 7 лет 9 мес:		
Невнимательность	1, 3, 5, 8, 9	5, 8, 9
Гиперактивность	1, 3, 5	1
Импульсивность	2, 3	3
Школьник П3, 8 лет 1 мес:		
Невнимательность	1, 2, 3, 5, 8, 9	1, 2, 5, 9
Гиперактивность	1, 4, 5	1, 4
Импульсивность	2	0

Повторный анализ в завершении учебного года после проведенных 24 коррекционных игровых сессий биоуправления приведен в табл. 1, которая позволяет увидеть динамику признаков СДВГ (по МКБ-10) в процессе коррекционного курса бета<sub>1</sub>-стимулирующего биоуправления, и в табл. 2, иллюстрирующей изменения основных тестовых психологических характеристик в течение учебного года.

Таблица 2  
Динамика показателей внимания до и после курса коррекции СДВГ у учеников 1-го класса

Параметр внимания	Сентябрь	Май 2008 г.

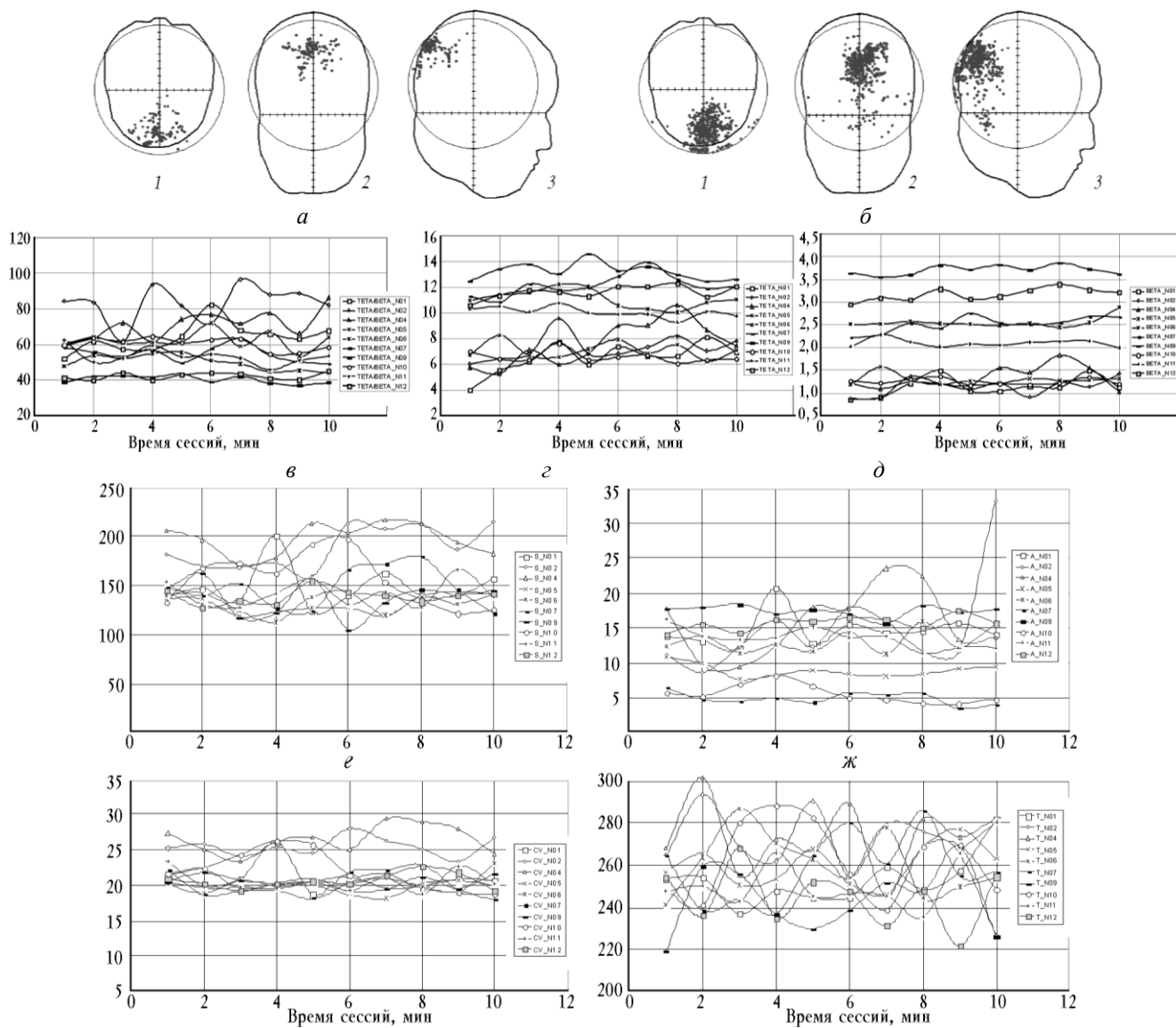
	2007 г.	
Коэффициент продуктивности внимания, балл	1,2	3,8**
Концентрация внимания, балл	5,8	7,82*
ЦПМ Равенна, балл	22,4	31,5*
ЭЭГ-индекс внимания (отношение $\theta/\beta$ )	6,05	2,6**
Скорость чтения, слов в минуту	32	92***

Примечание. Достоверность: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ , сравнения проведены попарно между данными начала и окончания учебного года соответственно.

Таким образом, на этих наиболее выразительных примерах можно наблюдать эффективность бета<sub>1</sub>-стимулирующего тренинга, характеризующегося компактизацией дипольных моментов в альфа-диапазоне, формированием устойчивых НА при весьма широком

охвате времени их существования, возможно, за счет возникновения в результате тренинга нескольких альфа-генерирующих источников.

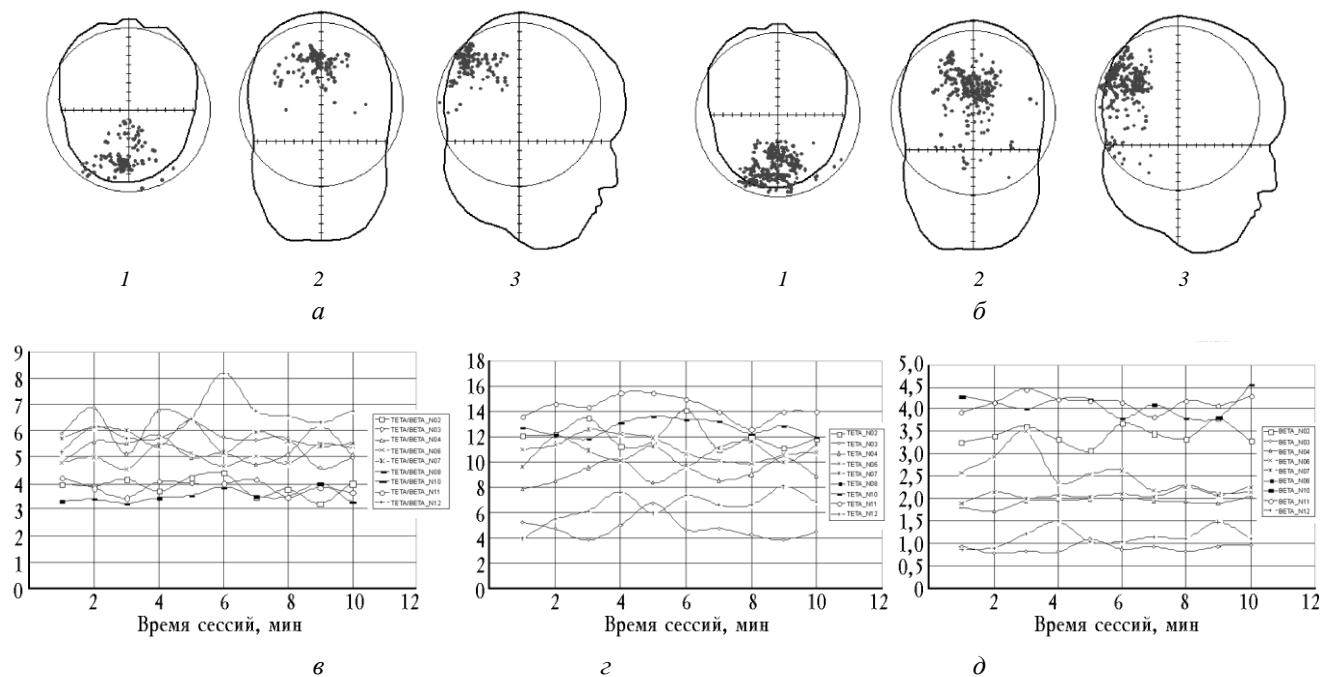
При анализе курсовой динамики сегментных характеристик прежде всего обращают на себя внимание существенные колебания исследуемых параметров, что может быть связано с влиянием неучтенных в данном случае внешних обстоятельств разной направленности (физическое и психологическое состояние ребенка на момент тренинга, установки врача-исследователя, ряд других внешних факторов) (рис. 1—3).



3

и

Рис. 1. Ученица П. Картина трехмерной динамики альфа-активности, локализованной асимметрично в затылочно-теменной области ближе к средней линии до 24 игровых бета<sub>1</sub>-стимулирующих сессий биоуправления (а) и после них (б). Выявленная компактизация альфа-дипольных источников после завершения курса игрового бета<sub>1</sub>-стимулирующего биоуправления: 1 — фронтальная; 2 — аксиальная; 3 — сагиттальная проекции. Курсовая динамика тета/бета-коэффициента (е), свидетельствующая о его выраженном снижении, начавшемся на 6-й сессии бета<sub>1</sub>-стимулирующего тренинга за счет подавления тета-ритма (з) и сдвига частотного спектра вправо — увеличения мощности бета<sub>1</sub>-ритма (д). Курсовая динамика альфа-сегментных характеристик (е—и) 24 игровых сессий: е — S (скорость формирования и распада НА). Стабилизация параметра к 12-й сессии (по сравнению с неустойчивой динамики 4-й, 5-й сессий); ж — А (средняя амплитуда сегмента) — устанавливается на постоянном уровне к 10-й сессии; з — CV (амплитудная вариативность) — практически устойчивая характеристика, что в сочетании с T (время существования НА) (и) демонстрирует противоположные тенденции этих двух параметров



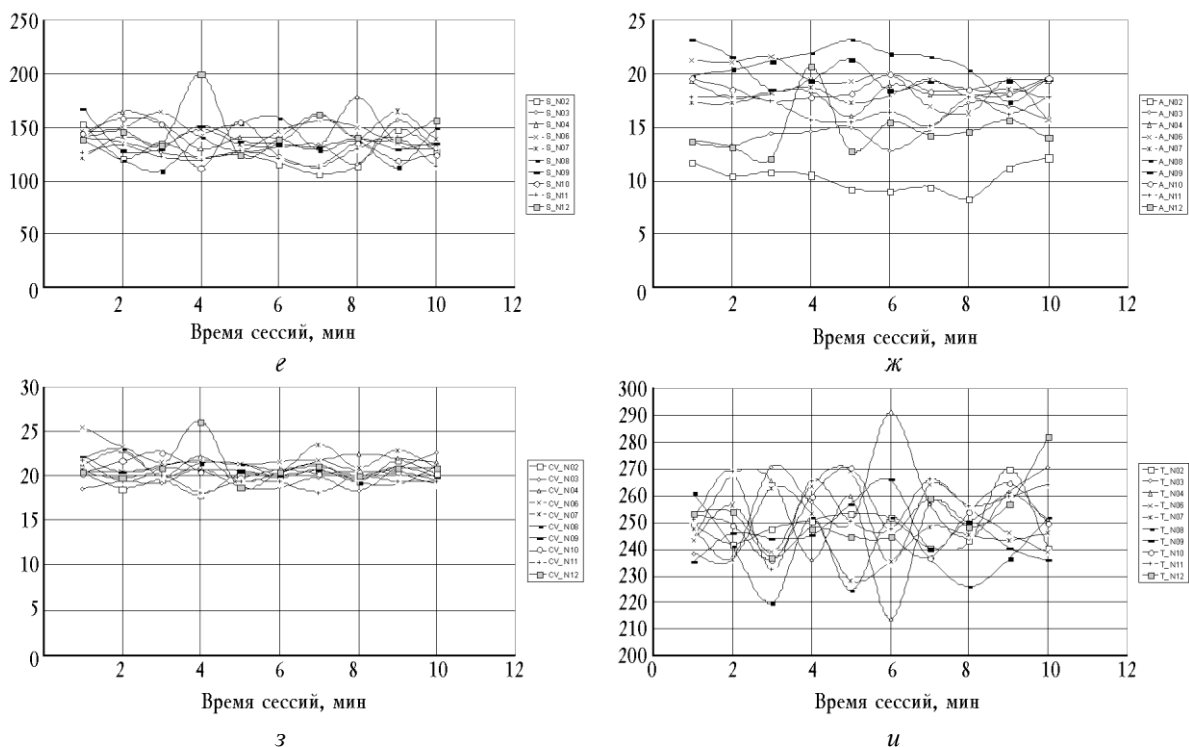
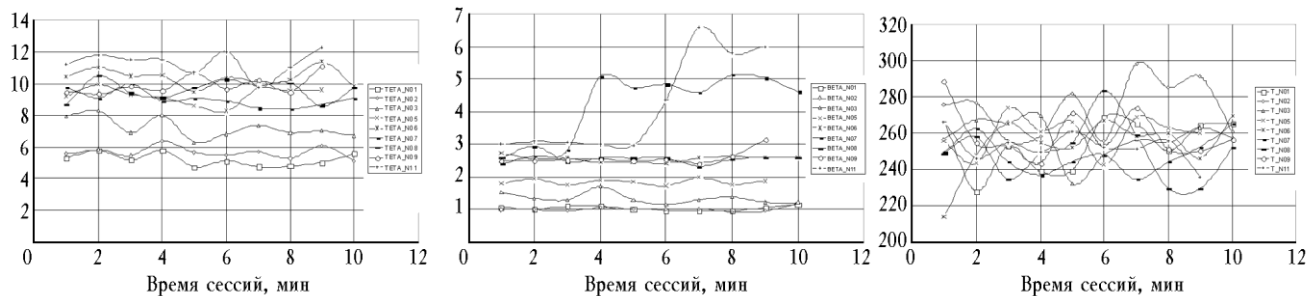
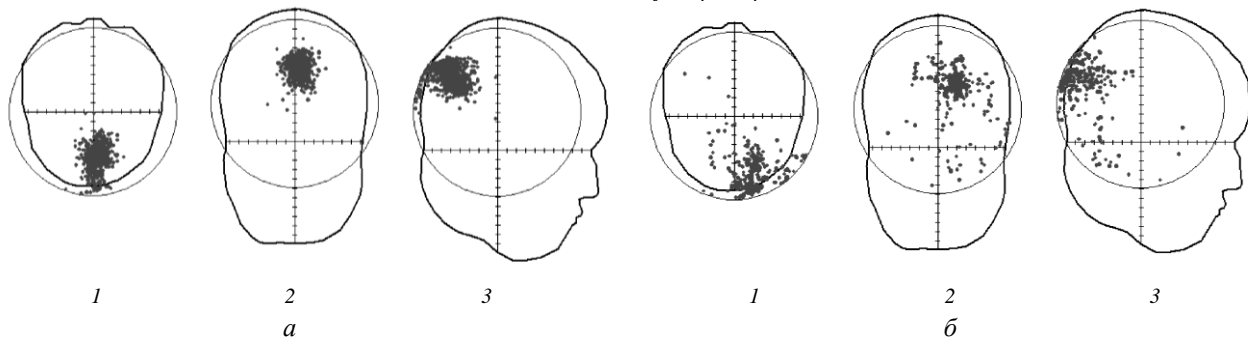


Рис. 2. Первоклассник П<sub>2</sub>, 8 лет. Картина трехмерной локализации динамики альфа-активности до 12 игровых сессий бета<sub>1</sub>-стимулирующего тренинга (а) и после него (б); феномен компактизации дипольных моментов на середине коррекционного курса (12 из 24 сессий): 1 — фронтальная; 2 — аксиальная; 3 — сагиттальная проекция. Примеры курсовой динамики тета/бета-коэффициента в течение 12 игровых сессий (в—д). Курсовая (поминутная) динамика альфа-сегментных характеристик, 12 игровых сессий (е—и): е — S (скорость формирования и распада НА); ж — A (средняя амплитуда сегмента) — устанавливается на постоянном уровне к 10-й сессии; з — CV (амплитудная вариативность) — практически устойчивая характеристика, что в сочетании с T (время существования НА) (и) демонстрирует противоположные

тенденции этих двух параметров



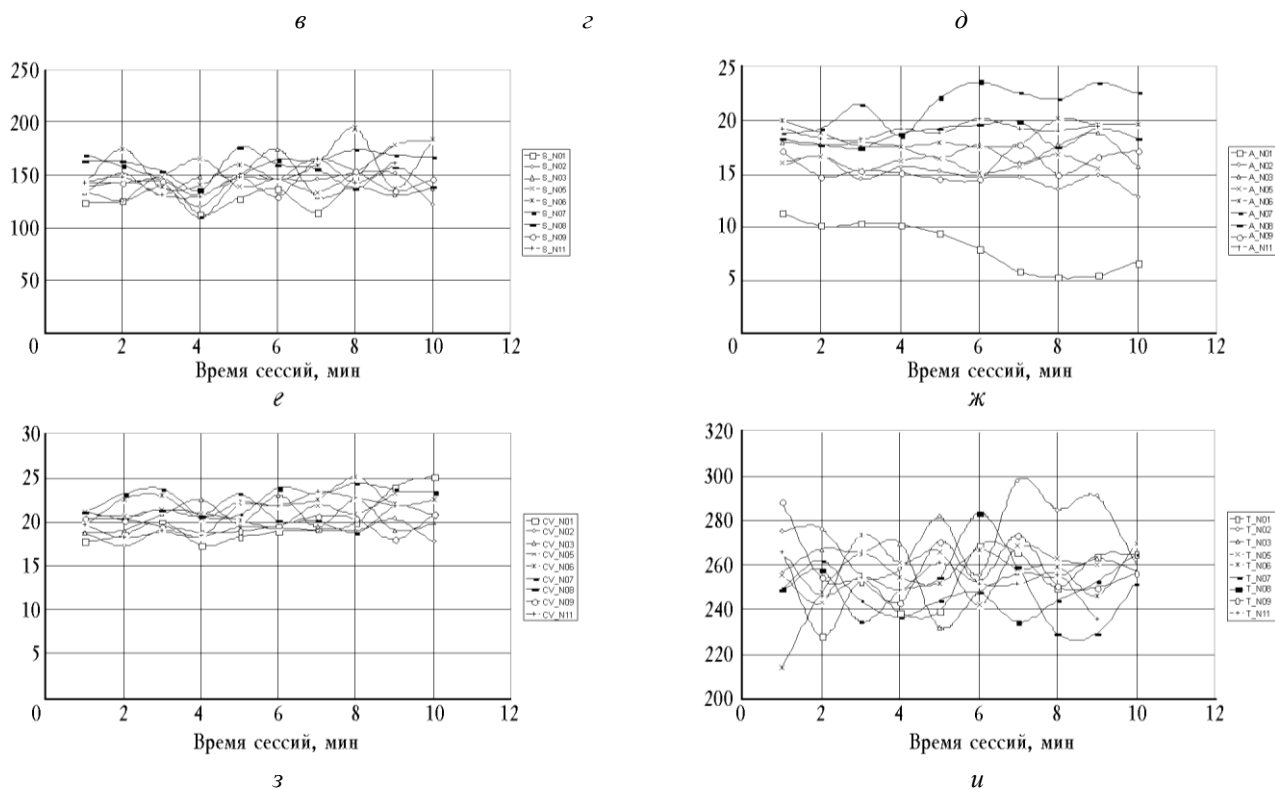


Рис. 3. Первоклассник Пз, 7, 9 мес. Картина трехмерной локализации динамики альфа-активности до 12 игровых сессий бета<sub>1</sub>-стимулирующего тренинга (а) и после него (б); феномен компактизации дипольных моментов на середине коррекционного курса (12 из 24 сессий): 1 — фронтальная; 2 — аксиальная; 3 — сагиттальная проекции. Примеры курсовой динамики тета/бета-коэффициента в течение 12 игровых сессий (в—д). Курсовая (поминутная) динамика альфа-сегментных характеристик, 12 игровых сессий: е — S (скорость формирования и распада НА); ж — А (средняя амплитуда сегмента) — устанавливается на постоянном уровне к 10-й сессии; з — CV (амплитудная вариативность) — практически устойчивая характеристика, что в сочетании с T (время существования НА) (и) демонстрирует противоположные тенденции этих двух параметров

Таблица 3

Dependent Variable: Teta1/Бета1					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	205.627 <sup>a</sup>	13	15.817	9.327	.000
Intercept	10.239	1	10.239	6.038	.014
SEANCE	12.557	1	12.557	7.405	.007
MIN	3.817	1	3.817	2.251	.134
S	2.466	1	2.466	1.454	.228
A	20.927	1	20.927	12.340	.000
CV	12.384	1	12.384	7.303	.007
T	1.539	1	1.539	.908	.341
PATIENT	68.509	7	9.787	5.771	.000
Error	1088.718	642	1.696		
Total	17744.494	656			
Corrected Total	1294.345	655			

a. R Squared = .159 (Adjusted R Squared = .142)

Тем не менее, оценивая каждый курс нейробиоуправления в отдельности и сравнивая их между собой (рис. 1—3), прослеживается очевидная дина-

мика всех четырех альфа-сегментных параметров в направлении от первого к двенадцатому сеансу тренинга. Причем, как правило, финишные характери-



стики превышают значения таковых на старте коррекции (см. табл. 2).

В табл. 3 представлена итоговая оценка зависимости мониторируемого параметра — тета/бета<sub>1</sub>-коэффициента — от альфа-сегментных характеристик.

Дисперсионный анализ (процедура GLM). Учитывался номер сеанса, минута в тренинге, а также сегментные характеристики. Влияние одной из сегментных характеристик на значения тета/бета-коэффициента в порядке убывания оказалось следующим: CV ( $F_1 = 19,85$ ;  $p < 0,001$ ), S ( $F_1 = 18,96$ ;  $p < 0,001$ ), A ( $F_1 = 6,11$ ;  $p = 0,014$ ), T ( $F_1 = 4,88$ ;  $p < 0,028$ ). При этом все переменные, кроме MIN (время — 1 мин в тренинге), показали статистически значимое влияние на мониторируемую характеристику (см. табл. 2). Чувствительность каждого из сегментных маркеров характеризуется различной зависимостью от постоянного мониторируемого параметра: наиболее чувствительную связь с тета/бета отношениями (так называемым индексом внимания) обнаруживают два — это CV (коэффициент вариации амплитуды) и A (средняя амплитуда сегмента). Напомним, что первый из этих параметров свидетельствует о разнообразии влияний нейробиоуправления на реальный механизм вовлечения нейронов в ансамбль, второй же говорит об увеличении и устойчивости сформировавшегося в результате тренинга «конечного» НА, т.е. именно той совокупности альфа-генерирующих элементов, которые могут участвовать в обеспечении оптимального функционирования системы в целом и, наконец, психологической и терапевтической эффективности.

Отражение этой динамики сегментных характеристик средствами трехмерной дипольной локализации не вступает в противоречие с предыдущим умозаключением. В наблюдениях (см. рис. 1—3) исходная характеристика существенно отличается от той, что наблюдалась по окончании тренинга: увеличивалось число дипольных моментов, что связано с вовлечением большего числа нейронных элементов, растет их «компактизация». Это, видимо, свидетельствует об увеличении ансамблевой синхронизации и может служить одним из показателей роста эффективности вновь возникшей нейронной сети (корреляция с параметром A).

## Выводы

1. Группа риска, выделенная в начале учебного года на основании симптоматики СДВГ по МКБ-10; параметров психологических тестов; ЭЭГ-характеристик, на этапе общего скрининга из большого числа первоклассников, как правило, характеризуется высоким (больше 5) тета/бета-коэффициентом за счет доминирования в ЭЭГ медленных 4—7 колебаний тета-диапазона и дефицитом бета<sub>1</sub>-активности (18—20 Гц), что является наряду с характеристиками психотерапевтического и психологического тестирования прямым показанием для бета-стимулирующего нейробиоуправления. Игровой бета-стимулирующий тренинг, организованный по тета/бета-коэффициенту, приводит после 10—12 самостоятельных сессий (при общем курсе в 20—24 сессии) к его устойчивому снижению. Возникновение в результате тренинга способности удерживать внимание на определенном уровне в течение длительного времени, сохранение такого навыка, отсутствовавшего на старте коррекции, изменения в структуре симптомов СДВГ (см. табл. 1) являются критериями успешности курса.

2. Альфа-сегментный анализ, проведенный на всем протяжении курса, показал, что наиболее чувствительными к тренингу являются параметры, манифестирующие собственно механизм формирования новой нейронной сети: устойчивость нейронного ансамбля (A) и разнообразие внутренних межнейронных отношений при их возникновении (CV). Именно эти характеристики вновь организованных нейронных ансамблей коррелируют с топографией и вектором дипольных источников. Учет зависимости основного управляемого параметра — тета/бета коэффициента — от динамики сегментных характеристик альфа-активности должен позволить сформулировать и формализовать возникающие в процессе нейробиоуправления новые корково-подкорковые отношения, что может привести к созданию принципиально иных алгоритмов ЭЭГ-коррекции при СДВГ.

3. Динамика дипольных моментов в альфа-диапазоне в процессе бета-стимулирующего нейробиоуправления коррелирует с ключевыми параметрами альфа-сегментации: к окончанию успешного тренинга

достигается увеличение числа дипольных источников, их компактность, что, очевидно, отражает «гомологичный» формированию нейронных ансамблей механизм, выраженный через характер сегментных характеристик.

Таким образом, анализ динамики альфа-активности показывает, что альфа-генерирующая система весьма чувствительна к бета-стимулирующему вмешательству и может рассматриваться как необходимый «непрямой» управляемый параметр, обеспечивающий оптимальное функционирование механизма коррекции в целом.

4. Альфа-сегментный анализ и технология построения дипольных моментов привносят некоторые новые представления о том, что происходит в мозге ребенка при нейротерапии. Становится очевидным, что альфа-генерирующие системы определенным образом реагируют на изменение электрогенеза: формируются устойчивые нейронные ансамбли, увеличивается время их существования, что коррелирует с основным параметром биоуправления — тета/бета-коэффициентом. Важно, что в качестве предварительного следствия этой работы получен некий градиент чувствительности сегментных характеристик к биоуправлению, среди которых амплитуда, демонстрирующая масштабы вовлеченности нейронных элементов в ансамбли, оказывается наиболее чувствительной. Можно предположить, что бета<sub>1</sub>-стимулирующий тренинг способствует формированию новых устойчивых НА в доминирующем альфа-сегменте биоэлектрической активности мозга. При любом обсуждении это свидетельствует о важном свойстве ЭЭГ-коррекции при СДВГ — ускорении созревания альфа-генерирующей системы, абсолютно необходимой растущему мозгу для его совершенствования, расширения возможностей и появления новых приспособительных поведенческих стереотипов.

5. Еще одним значимым выводом является соображение о возможности и целесообразности полноценного нейрофизиологического и психологического монито-

ринга детей и подростков, обнаруживающих ранние признаки СДВГ, в рамках школы. Преимущества эффективности такой организации наблюдений и безлекарственной коррекции представляются убедительными.

### Литература

1. Базанова О.М. Современная интерпретация альфа-активности электроэнцефалограммы // *Успехи физиол. наук*, 2009. № 1. С. 121—140.
2. Борисов С.В. Изучение фазической структуры альфа-активности ЭЭГ человека: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2004. 24 с.
3. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография. М.: МЕДпресс-информ, 2004. 624 с.
4. Джафарова О.А., Донская О.Г., Зубков А.А., Штарк М.Б. Игровое биоуправление как технология профилактики стресс-зависимых состояний // *Биоуправление-4: теория и практика* / ред. М. Шварц, М. Штарк. Новосибирск: Ин-т молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, 2002. С. 86—96.
5. Джафарова О.А., Скок А.Б., Хаймович Е.В. Клинический анализ использования нейробиоуправления (электроэнцефалографического бета-стимулирующего тренинга) для коррекции синдрома дефицита внимания и гиперактивности // *Биоуправление-4: теория и практика* / ред. М. Шварц, М. Штарк. Новосибирск: Ин-т молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, 2002. С. 116—126.
6. Каплан А.Я., Борисов С.В., Шишкин С.Л., Ермолаев В.А. Анализ сегментной структуры альфа-активности ЭЭГ человека // *Рос. физиолог. журн. им. И.М. Сеченова*. 2002. Т. 88, №4. С. 432—442.
7. Кропотов Ю.Д. Современная диагностика и коррекция синдрома нарушения внимания. Нейрометрика, электромагнитная томография и нейротерапия. СПб.: ЭЛБИ-СПб., 2005.
8. Штарк М.Б., Джафарова О.А., Скок А.Б. и др. Электроэнцефалографическое биоуправление при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью (ADD/HD синдром — предвестник аддиктивных расстройств) // *Наркология*. 2004. № 1. С. 56—62.
9. Monastra V.J., Lubar J.F., Linden M. The Development of a Quantitative Electroencephalographic Scanning Process for Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: Reliability and Validity Studies // *Biofeedback-4: Theory and practice* / Ed. M. Schwartz, M. Shtark. Novosibirsk, 2002. P. 97—108.
10. Levensleben H., Holl B., Hebrecht B. et al. Is neurofeedback an efficacious treatment? // *J. of Child Psychol and Psychiatry*. 2009. № 50 (7). P. 767—768.

Поступила в редакцию 08.12.2009 г.

Утверждена к печати 22.12.2009 г.

**Столлер И.А., Сухоленцева М.В., Ткаченко Н.Н. и др. Альфа-активность ЭЭГ при нейротерапии синдрома дефицита внимания**

**И.А. Столлер** — тренер нейробиоуправления психолого-физиологического центра СДВГ на базе гимназии № 16 (г. Новосибирск).

**М.В. Сухоленцева** — врач-психиатр, аспирант кафедры психиатрии, наркологии и психотерапии НГМУ (г. Новосибирск).

**Н.Н. Ткаченко** — педагог-психолог психолого-физиологического центра СДВГ на базе гимназии № 16 (г. Новосибирск).

**Е.Г. Верёвкин** — канд. биол. наук, руководитель лаборатории математического моделирования биомедицинских систем НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН (г. Новосибирск).

**М.Б. Штарк** — д-р биол. наук, профессор, академик РАМН, зам. директора по научной работе НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН (г. Новосибирск).

**С.В. Ярош** — врач функциональной диагностики, научный сотрудник НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН (г. Новосибирск).

**Для корреспонденции**

**Столлер Ирина Александровна**, тел. 8-913-909-0033, e-mail: stollerina499@mail.ru