

О. А. Джафарова, А. Б. Скок, Е. В. Хаймович

КЛИНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ (ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКОГО БЕТА-СТИМУЛИРУЮЩЕГО ТРЕНИНГА) ДЛЯ КОРРЕКЦИИ СИНДРОМА ДЕФИЦИТА ВНИМАНИЯ И ГИПЕРАКТИВНОСТИ

Институт молекулярной биологии и биофизики СО РАН, Новосибирск, Россия

У 28 пациентов (11 случаев синдрома дефицита внимания без расстройства поведения в виде вызывающей оппозиции, 6 случаев синдрома дефицита внимания, сочетавшегося с расстройством поведения в виде вызывающей оппозиции, и 11 пациентов, страдавших сочетанием синдрома дефицита внимания и выраженной органической патологией головного мозга) был выполнен коррекционный курс, включавший сеансы бета-стимулирующего тренинга и релаксирующие компьютерные игры. Обнаружена взаимосвязь между показателями внимания и преобладанием медленноволновой активности по данным картирования. Длительный курс бета-стимулирующего тренинга, выполненный при помощи программно-аппаратного комплекса БОСЛАБ, позволил достичь ремиссии синдрома дефицита внимания и сопутствующих расстройств поведения более чем в 80% случаев. Клиническая коррекция синдрома дефицита внимания сопровождалась изменением соотношения основных ритмов электроэнцефалограммы.

Ключевые слова: дефицит внимания, бета-стимулирующий-тренинг, биоуправление по ЭЭГ, картирование мозга, игровое биоуправление.

Введение. Синдром дефицита внимания является распространенным расстройством, которое встречается у 3 – 5% населения [1]. Клиническая значимость этого расстройства обусловлена не только и не столько академическими проблемами, которые возникают у всех детей, страдающих синдромом дефицита внимания. Как правило, синдром дефицита внимания сочетается с другими расстройствами поведения, которые при отсутствии адекватной коррекции приводят к формированию у подростков различных аддиктивных расстройств, в первую очередь, алкогольной и наркотической зависимости. Значимость синдрома дефицита внимания обусловлена также тем, что пациенты, страдающие этим расстройством, чаще обращаются за амбулаторной помощью и госпитализируются в медицинские учреждения. Так, анализ заболеваемости 4119 детей, родившихся в 1976-1982 годах (частота встречаемости синдрома дефицита внимания для этой выборки составила 7,5%), наблюдение за которыми проводилось по 1995 год включительно, продемонстрировал, что пациенты, страдавшие синдромом дефицита внимания, значительно чаще госпитализировались по поводу различных заболеваний, в первую очередь, по поводу травм и бронхиальной астмы. Расходы на оказание помощи этому контингенту почти в два раза превышают таковые при оказании медицинской помощи детям, не страдающим синдромом дефицита внимания [2].

Существует большое количество исследований, посвященных нейрофизиологическим аспектам синдрома дефицита внимания [3-9], авторы которых подтвердили, что его причиной являются определенные циркуляторные и метаболические изменения в передних отделах головного мозга, которые на электроэнцефалограмме проявляются избыточной активностью в тета- и/или сниженной

активностью в бета-диапазонах. Lubar (1995) и Lubar, Swartwood и Timmerman (1996) [10, 11] продемонстрировали, что наиболее информативными ответами в плане диагностики (а, следовательно, и коррекции) синдрома дефицита внимания являются Cz, F3 и F4, то есть те, которые отражают биоэлектрическую активность передних отделов головного мозга. Возможности клинического применения электроэнцефалографического биоуправления для эффективной коррекции синдрома дефицита внимания была впервые продемонстрирована профессором J. Lubar [12].

Анализ работ, посвященных синдрому дефицита внимания и опубликованных в 1999 - 2001 годах (в нашем распоряжении было более 800 источников на русском и английском языках), показал, что 99,9% исследований в этой области посвящены 1) нейрофизиологическим механизмам расстройства; 2) его анатомическим аспектам; 3) генетическим проблемам и коморбидной патологии; и, наконец, 4) оценке эффективности медикаментозной коррекции.

В рамках программы по использованию феномена биологической обратной связи для коррекции аддиктивных и психосоматических состояний, а также расстройств синдрома дефицита внимания и деструктивного поведения, проводимой в Институте молекулярной биологии и биофизики, нами были изучены эффекты его коррекции у детей при помощи биоуправления, организованного по ритмам электроэнцефалограммы.

Материалы и методы. Все пациенты были разделены на 3 группы.

1. Пациенты с синдромом дефицита внимания и гиперактивности. Сбор анамнеза и динамическое наблюдение за пациентами, которые

осуществлялись психотерапевтом, позволили на основании диагностических критериев (DSM-IV) [1] выявить у 12 пациентов синдром дефицита внимания и гиперактивности (без выраженной органической патологии головного мозга и расстройства поведения в виде вызывающей оппозиции). Средний возраст этой группы составил $7,3 \pm 0,4$ года (из них 2 девочки и 10 мальчиков).

2. Пациенты с синдромом дефицита внимания и расстройством поведения в виде вызывающей оппозиции без выраженной органической патологии головного мозга. Использование тех же критериев позволило диагностировать у 8 человек (все мальчики) сочетание синдрома дефицита внимания и гиперактивности и расстройства поведения в виде вызывающей оппозиции. Средний возраст этой группы составил $12,7 \pm 0,6$ лет.

3. Пациенты с выраженной органической патологией головного мозга. У 16 пациентов на основании электроэнцефалографического обследования и данных магнитно-резонансной томографии были диагностированы выраженные органические нарушения головного мозга, причиной которых, как правило, была перинатальная патология. Все эти пациенты состояли на диспансерном учете у невропатолога, их средний возраст составил $10 \pm 2,3$ года.

3.1. Для трех пациентов (2 мальчика и 1 девочка) из этой группы использование диагностических тестов позволило зарегистрировать выраженные расстройства внимания, а анализ клинической картины при помощи классификации DSM-IV позволил исключить такие поведенческие расстройства, как расстройства в виде вызывающей оппозиции или расстройства поведения.

3.2. У остальных 13 пациентов (12 мальчиков и одна девочка) было определено сочетание выраженной органической патологии головного мозга, синдрома дефицита внимания и расстройства поведения в виде вызывающей оппозиции.

У 13 пациентов перед началом лечения выполнено картирование биоэлектрической активности головного мозга; все они тестированы при помощи таблиц Шульце и специально адаптированных для пациентов с расстройствами внимания черно-красных таблиц (рис. 1, 2).

8	5	8	6
4	1	2	6
3	7	7	3
2	4	5	1

Рис. 1. Черно-красная таблица для исследования внимания у пациентов с ADD-синдромом в возрасте 6-9 лет.

Fig. 1. Black & Red Table, which allows to investigate the aspects of the attention in 6-9 years old ADD patients.

4	8	9	6	3
11	1	12	2	11
5	9	10	8	3
1	7	6	5	13
2	12	10	4	7

Рис. 2. Черно-красная таблица для исследования пациентов с синдромом дефицита внимания в возрасте 10-16 лет.

Fig. 2. Black & Red Table, which allows to investigate the aspects of the attention in 10-16 years old ADD patients.

Нам пришлось отказаться от использования стандартной черно-красной таблицы вследствие того, что для наших пациентов работа с ними оказалась слишком трудным заданием. Так был получен простой метод исследования динамики таких функций внимания, как концентрация и его переключаемость. Обследование проводилось перед началом лечения и через каждые 14 дней в процессе коррекционного курса.

Для проведения электроэнцефалографического тренинга использовался программно-аппаратный комплекс «БОСЛАБ», разработанный в Институте молекулярной биологии и биофизики СО РАН.

Организация тренинга.

Структура коррекционного сеанса. Для проведения электроэнцефалографического тренинга учитывались методические рекомендации Дж. Любара, изложенные в статье, опубликованной в коллективной монографии «Биоуправление-3» [12]. В качестве управляющего сигнала использовалась мощность ритма ЭЭГ, по которому проводился тренинг. У пациентов без выраженной органической патологии головного мозга коррекционный сеанс состоял из 10-минутной сессии бета-стимулирующего тренинга с графическим представлением сигналов (рис. 3 на цветной вставке), 14-минутной сессии игрового бета-стимулирующего тренинга (рис. 4 на цветной вставке), а также нескольких игровых релаксирующих сеансов (игры «ВИРА», «Гребной канал», «Магические кубики», «Ралли») [13]. У четырех пациентов, в клинической картине которых доминировал синдром гиперактивности, в начале курса вместо сеансов бета-стимулирующего биоуправления выполнялись сеансы игрового тренинга по сенсоримоторному ритму. После возникновения у этих пациентов навыков релаксации вместо тренинга по SMR-ритму выполнялись сессии бета-стимулирующего тренинга с графическим представлением сигналов. У пациентов с выраженной органической патологией головного мозга в качестве дополнительного компонента применялись сессии тета-ингибирующего или альфа-ингибирующего биоуправления. Выбор вида ингибирующего

тренинга был обусловлен наличием патологически высокой альфа- и/или тета-активности головного мозга.

Монтаж электродов. Для проведения бета-стимулирующего тренинга применялся биполярный монтаж электродов в точках Fz и Cz, перед наложением которых кожа обрабатывалась 70% спиртом. Электроэнцефалографические электроды крепились при помощи электропроводной пасты Ten20. В каждом случае на лоб пациента ниже границы роста волос накладывались миографические электроды, с использованием электромиографической пасты, которые фиксировались эластичной повязкой. Во время бета-стимулирующего тренинга пациент сидел с открытыми глазами.

При проведении SMR-стимулирующего тренинга использовался также биполярный монтаж электродов в проекции моторной извилины доминирующего полушария. Проведение сессий альфа-ингибирующего и тета-ингибирующего тренинга пациент работал с закрытыми глазами. В этом случае применялся биполярный монтаж электродов в точках F и O на стороне регистрации патологической активности.

В условиях проведения сессий бета-стимулирующего тренинга использовался аудиовизуальный канал обратной связи (звуковой сигнал и экранное представление ЭЭГ, по которой проводился тренинг). Проведение альфа- и тета-ингибирующего тренинга осуществлялось с помощью звукового сигнала.

Структура курса тренинга. Первые коррекционные сеансы состояли преимущественно из игровых релаксирующих сессий. Это было вызвано необходимостью установления контакта с пациентом, вселения в него уверенности, что он может выигрывать, изменяя свое состояние в оптимальном направлении. По мере того, как пациент адаптировался к обстановке и приобретал навыки релаксации, коррекционный сеанс строился таким образом, как это было описано выше. Обычно это происходило не позднее пятого сеанса процедур. Начиная с 10 – 15 сеанса параллельно с сессией бета-стимулирующего тренинга, как правило, применялась дополнительная нагрузка (чаще всего, устный счет, прослушивание текстов и т.д.).

Во всех случаях сеансы проводились три раза в неделю, длительность каждого не превышала 60 минут. Время проведения сеанса определялось школьным расписанием пациента.

При заключении договора с родителями в качестве обязательного условия определялась длительность курса не менее 20 сеансов. При наличии у пациентов расстройства поведения в виде вызывающей оппозиции (21 человек) коррекционный курс должен включать в себя семейную психотерапию. Однако семейная психотерапия не проводилась в 16 случаях вследствие отказа родителей пациентов. Из 36 пациентов 8 человек (1 - из первой группы, 2 - из второй и 5 - из третьей) прервали курс тренинга до 20 сеанса. Главной причиной прекращения курса

тренинга являлась неудовлетворенность родителей длительностью лечения. Таким образом, в настоящий анализ включено 28 пациентов (11 случаев синдрома дефицита внимания без расстройства поведения в виде вызывающей оппозиции, 6 случаев, сочетавшихся с расстройством поведения в виде вызывающей оппозиции, и 11 пациентов, страдавших сочетанием синдрома дефицита внимания и выраженной органической патологией головного мозга).

Клинические и академические результаты тренинга. Как и предполагалось, наилучшие результаты были достигнуты при работе с пациентами из первой группы. В соответствии с диагностическими критериями DSM-IV, в результате коррекционного курса у 7 пациентов была зарегистрирована ремиссия синдрома дефицита внимания, у 2 – частичная ремиссия, у двух пациентов не было зарегистрировано улучшения состояния. Клинические результаты тренинга представлены в таблице 1.

Улучшение состояние пациентов проявлялось в появлении способности длительно концентрировать внимание на решении академических задач, улучшении способности планировать свою деятельность, большей адекватности в выражении собственного недовольства, снижении гиперактивности и ряде других признаков. У 7 пациентов значительно улучшилась успеваемость.

Во второй группе ремиссия синдрома дефицита внимания и гиперактивности была достигнута у 2 пациентов, частичная ремиссия – у 3, отсутствовал эффект лечения у одного больного. Ремиссия расстройства поведения в виде вызывающей оппозиции была достигнута у 4 человек (из них трем проводилась семейная и индивидуальная психотерапия). У остальных 2 пациентов этой группы после коррекционного курса сохранялись признаки расстройства поведения в виде вызывающей оппозиции. Семейная психотерапия в этих случаях не проводилась. У 5 пациентов этой группы отмечалась положительная динамика успеваемости. В четырех случаях потребовалось привлечение репетиторов для устранения академической запущенности (незнание таблицы умножения и т.д.).

Таким образом, клиническая эффективность метода для коррекции синдрома дефицита внимания и гиперактивности без выраженной органической патологии головного мозга составила 82%.

Наиболее тяжелой в плане коррекции оказалась третья группа пациентов. Положительный клинический эффект (ремиссия синдрома дефицита внимания и гиперактивности) был достигнут у 7 пациентов (из них трое без расстройств поведения). Среди пациентов с расстройством поведения в виде вызывающей оппозиции положительный клинический эффект был достигнут у 6-ти из них. Клиническая эффективность метода для этой группы составила таким образом 64%.

Ремиссия синдрома дефицита внимания (пациенты первой и второй групп) получена в 83% случаев. У пациентов с расстройством поведения в

виде вызывающей оппозиции (вторая и третья группы) ремиссия достигалась в среднем в 71% случаев.

Электроэнцефалографические результаты тренинга. У 11 пациентов первой группы (синдром дефицита внимания и гиперактивности без сопутствующей патологии ЦНС и выраженных поведенческих расстройств) было выполнено 528 сеансов биоуправления. Среднее число сеансов на одного пациента – 48.

У 6 пациентов второй группы (синдром дефицита внимания и гиперактивности в сочетании

с расстройством поведения в виде вызывающей оппозиции) было выполнено 263 сеанса тренинга, среднее количество на одного пациента – 43,8.

У 11 больных третьей группы (сочетание синдрома дефицита внимания и органической патологии головного мозга с/без сопутствующих расстройств поведения) выполнено 752 сеанса. Четверо пациентов этой группы находятся на лечении в течение 8 месяцев.

Табл. 1
Клинические результаты коррекционного курса у пациентов разных групп
Tab. 1
Clinical results of the treatment course in different groups of patients

Группы Groups of patients	Количество пациентов, выполнивших программу коррекции Number of patients included into the research	Проведено сеансов Number of sessions	Среднее количество сеансов на пациента Average number of sessions per one patient	Число случаев ремиссии СДВ The number and percentage of the ADD remission	Число случаев ремиссии вызывающей оппозиции The number and percentage of the Opposition Defiant Disorder remission
1	11	528	48,0	9 (81,8 %)	-
2	6	263	43,8	5 (83,3%)	4 (66,7%)
3.1	3	752	68,4	7 (63%)	6 (75%)
3.2	8				

Анализ данных, полученных при помощи программно-аппаратного комплекса БОСЛАБ, позволяет сделать вывод о том, что коррекционный курс биоуправления, основанный на механизме биологической обратной связи, позволяет оптимизировать соотношение основных ритмов электроэнцефалограммы в направлении снижения фронтальной медленноволновой активности (см. табл.2).

Табл. 2
Изменения биоэлектрической активности в результате курса бета-стимулирующего тренинга
Tab. 2
The changes of bioelectrical activity after beta-stimulating neurofeedback course

Показатель Parameter	Группа СДВ* (n = 17) ADD* (n = 17)		Группа ОРГ** (n=11) Posttraumatic encephalopathy (n=11)	
	До курса (M±m) Before course	После курса (M±m) After course	До курса (M±m) Before course	После курса (M±m) After course
θ (у.е.)	12,1±0,4	9,5±0,3 (p<0,001)	15,7±1,3	11,0±1,6 (p<0,001)
β (у.е.)	4,7±0,8	5,9±1,2	6,1±2,1	5,8±1,8\

*В группу СДВ вошли пациенты групп 1 и 2, прошедшие коррекционный курс (n = 17 чел.).

**В группу ОРГ включены пациенты Группы 3, также прошедшие коррекционный курс (n = 11 чел.).

*The ADD group included patients from group 1 and group 2 that passed through the training course (n=17чел).

** The Posttraumatic encephalopathy group included patients from group 3 that passed through the training course (n = 11 чел.).

В группе пациентов без выраженной органической патологии ЦНС в результате курса тренинга зарегистрировано достоверное снижение мощности в тета-диапазоне (p<0,001), прирост мощности в бета-диапазоне был статистически недостоверным. У пациентов с выраженной патологией ЦНС мощность в тета-диапазоне также достоверно снижалась (p<0,001). Динамика бета-диапазона в этой группе была полиморфной, это было связано с тем, что у троих пациентов до начала лечения по данным картирования отмечалась патологическая бета-активность (как признак органической патологии головного мозга).

В группе с клинически неудачным тренингом (7 человек) в результате проведенного коррекционного курса наблюдалась статистически недостоверная тенденция к снижению мощности в тета-диапазоне электроэнцефалограммы.

Динамика результатов измерения внимания.

Как было указано выше, измерение внимания пациентов проводилось при помощи проб Шульте и модифицированных черно-красных таблиц.

При проведении пробы Шульте (5 таблиц) регистрировалось время, затраченное на работу с каждой из таблиц. На основании полученных данных рассчитывались следующие показатели, описанные ниже. Эффективность работы определялась как среднее время, затраченное на работу с одной таблицей ($ЭР = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5) / 5$). Степень вработываемости рассчитывалась как отношение времени, затраченного на работу с первой таблицей, к эффективности работы ($Вр = t_1 / ЭР$). Степень истощения внимания идентифицировалась как

отношение времени, затраченного на работу с четвертой таблицей, к эффективности работы (Ист = $t_4/ЭР$). Результаты измерения внимания при помощи модифицированных черно-красных таблиц оценивались следующим образом: вычислялось отношение арифметической суммы времени в секундах, затраченного на работу с черным (t^u), а затем – с красным (t^k) рядами, ко времени, ушедшему на работу с двумя рядами (t) (черный ряд – прямой отсчет, красный ряд – обратный отсчет, ЧКотн = $(t^u+t^k)/t$).

Проведенный корреляционный анализ подтвердил тезис о том, что большим значениям тета-бета соотношения и низкой эффективности концентрации внимания по данным пробы Шульте перед началом лечения соответствовали низкие уровни мощности в бета-диапазоне исходной электроэнцефалограммы. Наиболее отчетливо эта закономерность проявлялась в группе успешного тренинга. Эту группу составил 21 пациент, из них 14 - из группы СДВ и 7 - из группы ОРГ; картирование было проведено 10 пациентам. В неуспешной группе лишь у 3-х человек имелись данные исследования ЭЭГ, поэтому эта группа не была включена в анализ.

Обнаружена сильная положительная корреляционная связь между тета-бета соотношением по данным картирования и временем, затрачиваемым в среднем на одну таблицу Шульте (см. табл.3).

Табл. 3
Коэффициенты корреляции между эффективностью работы до тренинга (по таблице Шульте) и тета-бета соотношением по данным исследования ЭЭГ.

Tab. 3
Correlation coefficients between effectiveness of work (EW) before training (according to Shulte Table) and theta/beta coefficient.

Группа Group Признак Parameter	ЭР до курса EW before training		
	Успешная группа (n=10)* Successful group	Группа СДВ (n=8) ADD group	Группа ОРГ (n=5) Post-traumatic encephalopathy
F4_T/B	0,89 p<0,001	0,05	0,96 p<0,01
F3_T/B	0,72 p<0,05	0,74 p<0,05	0,86 p=0,061
C4_T/B	0,66 p<0,05	0,82 p<0,005	0,93 p<0,05
C3_T/B	0,73 p<0,05	0,86 p<0,01	0,89 p<0,05

Статистический анализ не обнаружил достоверных отличий между группами с клинически успешным и неуспешным тренингом по показателям таблиц Шульте и черно-красных таблиц.

В группе эффективного биоуправления анализ динамики результатов выполнения пробы Шульте при помощи одностороннего парного критерия Стьюдента демонстрирует достоверное снижение степени истощения внимания после проведенного курса тренинга (рис. 5). Также в результате эффективных процедур происходит достоверное снижение среднего времени, затраченного на одну таблицу (рис. 6).

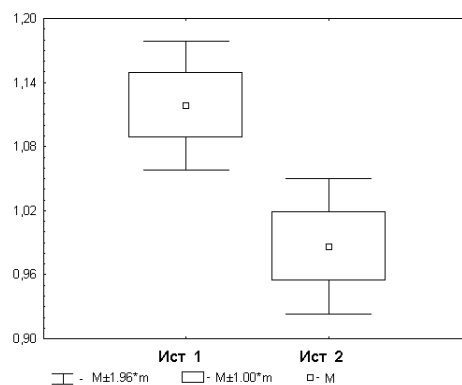


Рис. 5. 95%-доверительные интервалы степени истощения внимания в группе эффективно тренинга. Исм_1 – коэффициент истощения перед началом коррекционного курса, Исм_2 – коэффициент истощения после окончания лечения.

Fig. 5. 95%-confidence intervals of the level of the attention decrease (low levels of attention corresponds to high values of the coefficient). Icm_1- before the treatment course; Icm_2 – after the treatment course.

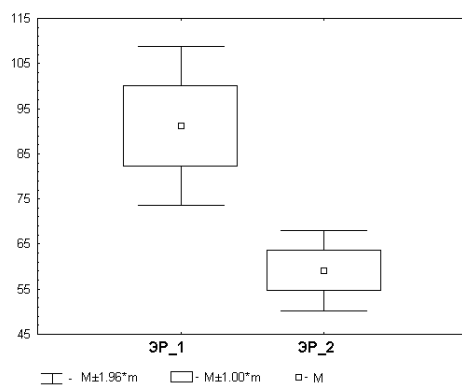


Рис. 6. 95%-доверительные интервалы среднего времени, затрачиваемого на работу с одной таблицей Шульте, в группе с хорошим клиническим эффектом. ЭР_1 – эффективность перед началом коррекционного курса, ЭР_2 – эффективность после окончания лечения.

Fig. 6. 95%- confidence intervals, of the mean time of Shulte Test performing (low level of coefficient corresponds to high level of attention). ЭР_1 – before the treatment course; ЭР_2 – after the treatment course.

Интересно, что в успешной группе практически не различаются коэффициенты, отражающие степень вработываемости до и после курса тренинга, одной из причин чего может быть относительный характер этого показателя, учитывающего и среднее время, затраченное на работу с одной таблицей, а последний показатель в группе эффективного тренинга, как было указано выше, значительно снизился. Улучшение результатов выполнения проб с черно-красными таблицами в этой группе наблюдалось в каждом случае, однако было статистически недостоверным

В группе пациентов с клинически неуспешным тренингом определялась незначительная тенденция к снижению времени, затрачиваемого на одну таблицу (эффективность работы). Результаты выполнения пробы с черно-красными таблицами в этой группе практически не менялись. Эта закономерность наблюдалась и у пациентов, которые в результате коррекционного курса достигли изменения тета-бета

соотношения. Такая диссоциация динамики электроэнцефалогра-фических показателей и результатов измерения внимания (так же, как и эволюции клинической симптоматики) объясняется, скорее всего, психологическими и клиническими особенностями пациентов.

Был проведен многомерный статистический анализ динамики мощности в основных диапазонах ЭЭГ во время тренинга, результатов, полученных при картировании биоэлектрической активности мозга перед началом всех процедур, и параметров внимания до и после биоуправления. Для анализа группа исследования была разделена двумя способами: по наличию/отсутствию патологии ЦНС (группа ОРГ и группа СДВ), по клиническому эффекту тренинга.

Группа пациентов с клинически неудачным тренингом в силу своего малого объема (7 человек) в анализ включена не была. В каждой группе был проведен анализ корреляционной матрицы методом главных компонент.

По матрице факторных нагрузок признаков первый фактор был определен как фактор клинической эффективности, который во всех трех группах в первую очередь определялся уровнем отношения мощности в тета-диапазоне к мощности в бета-диапазоне по всем отведениям (данные картирования), степенью снижения мощности в тета-диапазоне после проведенного курса по данным БОСЛАБ ($\theta_{до}-\theta_{после}$), а также средним временем,

затрачиваемым на работу с одной таблицей Шульте (эффективность работы), см. табл. 4.

Клинический пример №1. Пациент П., 11 лет. Ученик пятого (вспомогательного) класса средней школы. Со слов родителей, невнимательно ведет себя на уроках, «ничего не соображает», «нарочно доводит учителей», «наверное, он debil, хотя тесты не показывают», «не может сидеть спокойно ни минуты». Пациент очень много времени тратит на подготовку домашних заданий (4-5 часов) вместе с мамой, «ведет себя так, как будто специально старается вывести окружающих из себя»; в последнее время дома стали пропадать небольшие суммы денег (10-20 рублей), не любит читать, плохо запоминает прочитанное, не знает таблицу умножения. Единственный любимый предмет в школе - информатика (!), потому что «там не ругаются», при каждом возможном случае пропускает занятия в школе.

На первом приеме: сидит с недовольным выражением лица, постоянно вертится, зевает, рвет бумагу и кидается бумажными шариками. Говорит, что в школе «неинтересно», «хочется спать», «болит голова». Результаты пробы Шульте на первом сеансе тренинга свидетельствуют о выраженном нарушении способности к концентрации внимания: возрастает время, затраченное на работу с 3, 4 и 5 таблицами, причем на последнюю таблицу уходит больше трех минут. Скорость чтения – 25-30 слов в минуту.

Табл. 4
Структура первого фактора в группах исследования
Tab. 4
The structure of the first factor in different groups of patients

Группа Groups	Общая группа All patients	Успешная группа Successful group	Группа СДВ ADD group	Группа ОРГ Post-traumatic encephalopathy
Признаки, определяющие структуру фактора 1 (признаки, факторные нагрузки которых >0,70). Characteristics that determine structure of factor 1	ЭР_1 ЭР_2 C4_T/B O2_T/B F3_T/B C3_T/B $\theta_{до}-\theta_{после}$ C4_BETA O2_BETA	ЭР_1 ЭР_2 ЧКотн_2 F4_T/B C4_T/B O2_T/B F3_T/B C3_T/B $\theta_{до}-\theta_{после}$ F4_BETA C4_BETA O2_BETA F3_BETA C3_BETA O1_BETA	ЭР_1 ЭР_2 C4_T/B O2_T/B F3_T/B C3_T/B O1_T/B $\theta_{до}-\theta_{после}$ C4_THETA C3_THETA O1_THETA F4_BETA	ЭР_1 ЭР_2 F4_T/B C4_T/B O2_T/B F3_T/B C3_T/B O1_T/B $\theta_{до}-\theta_{после}$ F4_THETA F4_BETA C4_BETA O2_BETA F3_BETA C3_BETA O1_BETA
Доля общей дисперсии (%) Quote of total variation	25,11803	35,12012	32,42192	37,9105

Результаты бета стимулирующего тренинга. Курс лечения составил более семидесяти сеансов бета-стимулирующего тренинга. На рисунке 7 представлены тренды активности в бета- и альфа-диапазонах ЭЭГ, зарегистрированные на протяжении курса бета-стимулирующего тренинга. Видно, что активность в бета-диапазоне начинала возрастать с пятого сеанса тренинга, достигая своего максимума к 20. Увеличение активности в бета-диапазоне сопровождалось улучшением результатов выполнения пробы Шульте. Оценка способности к концентрации внимания (по результатам пробы Шульте) проводилась перед 1, 5, 23, 40 и 55 сеансами.

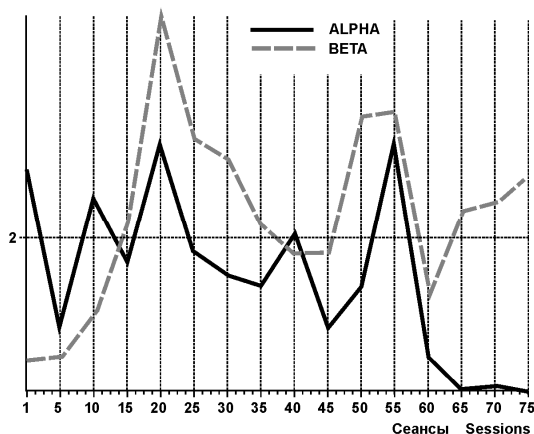


Рис. 7. Тренды биоэлектрической активности в альфа и бета диапазонах, зарегистрированные на протяжении курса тренинга у пациента с синдромом дефицита внимания и гиперактивностью.

Fig. 7. The course of beta-stimulating training in patient with ADD/HD: alpha and beta trends

На рисунке 8 видно, что среднее время выполнения пробы Шульте на сеансах 23, 40, 55 значительно снижается по сравнению с результатом его выполнения на старте ($p < 0,01$).

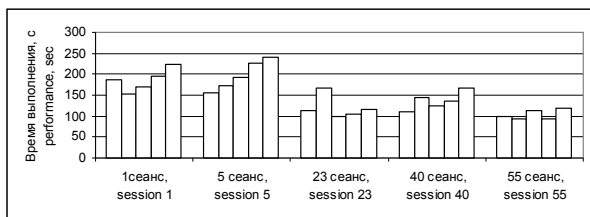


Рис. 8. Динамика результатов выполнения пробы Шульте у пациента с синдромом дефицита внимания и гиперактивностью.

Fig. 8. Progress of Shulte Test results in patient with ADD/HD during the training course.

Первые 20 сеансов тренинга проводились с частотой 3 раза, затем – 2 раза в неделю. Начиная с 25 до 45 сеансов происходит постепенное снижение активности в бета-диапазоне, зарегистрированное в процессе биоуправления. С 45-ого по 55-ый сеанс занятия проводились не менее 3 раз в неделю, что сопровождалось повторным ростом активности в бета-диапазоне. Динамика результатов выполнения пробы Шульте в курсе была положительной, однако недостоверной. Среднее время выполнения пробы Шульте зависело от уровня бета-активности,

достигнутого во время сеанса тренинга ($r = - 0,97$; $n = 5$; $p < 0,01$). Зависимость между результатами пробы Шульте и тета-бета соотношением не достигает уровня достоверности ($r = 0,79$; $n = 5$; $p = 0,111$).

Клинические результаты тренинга. Уже после первых сеансов тренинга, по словам матери пациента, его поведение стало более позитивным, он стал быстрее готовить домашние задания, меньше конфликтовать с окружающими. Результаты тестирования пациента и тренды его биоэлектрической активности в начальном периоде лечения заставляют нас предположить, что эти эффекты не были связаны непосредственно с тренингом, а являлись следствием коррекции протестного поведения, присущего нашему пациенту. В середине курса (25 – 30 сеансы) пациент вследствие улучшения академической успеваемости был переведен в обычный класс средней школы (в середине учебного года!). В конце курса тренинга скорость чтения составляла 55-60 слов в минуту. Через 6 месяцев после окончания курса успеваемость пациента оставалась хорошей, поведение стало более конструктивным.

Клинический пример №2. Пациентка Л., 12 лет, ученица 5 класса средней школы. Со слов родителей, ребенок медленно читает, плохо запоминает прочитанное, не любит читать книги, на приготовление уроков (с помощью мамы) обычно уходит 4-5 часов. Наиболее трудные предметы – математика, русский язык, литература, история. Любимые уроки физкультура, пение и танцы. На первом приеме молча сидит в кресле, улыбается, охотно соглашается со всем, что говорит мама и врач. Скорость чтения 35 слов в минуту. Время, затраченное на работу с таблицами Шульте на первом приеме (75, 87, 94, 89, 91 секунд), свидетельствует об истощении исходно низкой способности к концентрации внимания.

Результаты бета-стимулирующего тренинга. Всего было проведено 30 сеансов. Курс тренинга был организован так же, как и в первом случае. Лечебный сеанс включал в себя компьютерные релаксирующие игры, а также от двух до пяти сессий бета-стимулирующего тренинга. Проведение 18-20 сеансов тренинга совпало с началом школьных экзаменов. Вследствие переутомления при тестировании во время 20-го сеанса зарегистрировано ухудшение результатов пробы Шульте. Сеансы биоуправления в этот период проводились один раз в неделю. Как будет продемонстрировано ниже, это сопровождалось снижением биоэлектрической активности в бета-диапазоне. Завершение экзаменов и возврат к проведению тренинга два раза в неделю привел к улучшению результатов пробы Шульте. Динамика метода Шульте приведена на рис. 9. Видно, что результаты выполнения пробы не являются стабильными. Среднее время выполнения на сеансах 9, 16, 25 значительно отличается (снижается) от результата выполнения на первом сеансе ($p < 0,01$).

Пробы Шульте на 20 сеансе не отличаются от первого тестирования.

Значения активности в бета-диапазоне ЭЭГ и тета-бета соотношений (усредненные по сеансам) представлены на рис. 10. Видно, что прирост активности в бета диапазоне также не является стабильным. Анализ динамики заставляет предположить, что на уровень биоэлектрической активности в бета диапазоне отрицательно влияют усталость, респираторные вирусные заболевания, занятия во второй половине дня, плохое настроение ребенка, связанное с конфликтными ситуациями и, как было сказано выше, неадекватно редкий режим тренинга. Снижение активности в бета диапазоне, так же как и в первом случае, сопровождается ухудшением результатов тестирования по методу Шульте и наоборот ($r = -0,987$; $n = 5$; $p < 0,01$).

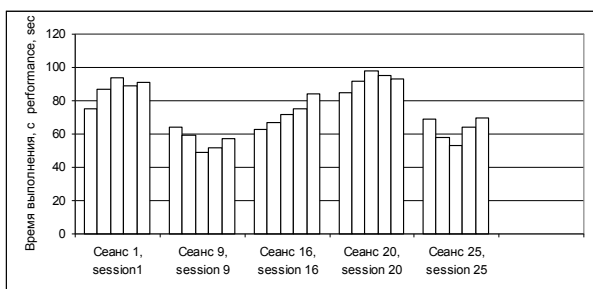


Рис. 9. Динамика выполнения пробы Шульте у пациентки с изолированной формой синдрома дефицита внимания.

Fig. 9. Progress of Schulte Test results in patient with ADD during the training course.

Несмотря на то, что в процессе тренинга не удалось достичь стабильного прироста активности в

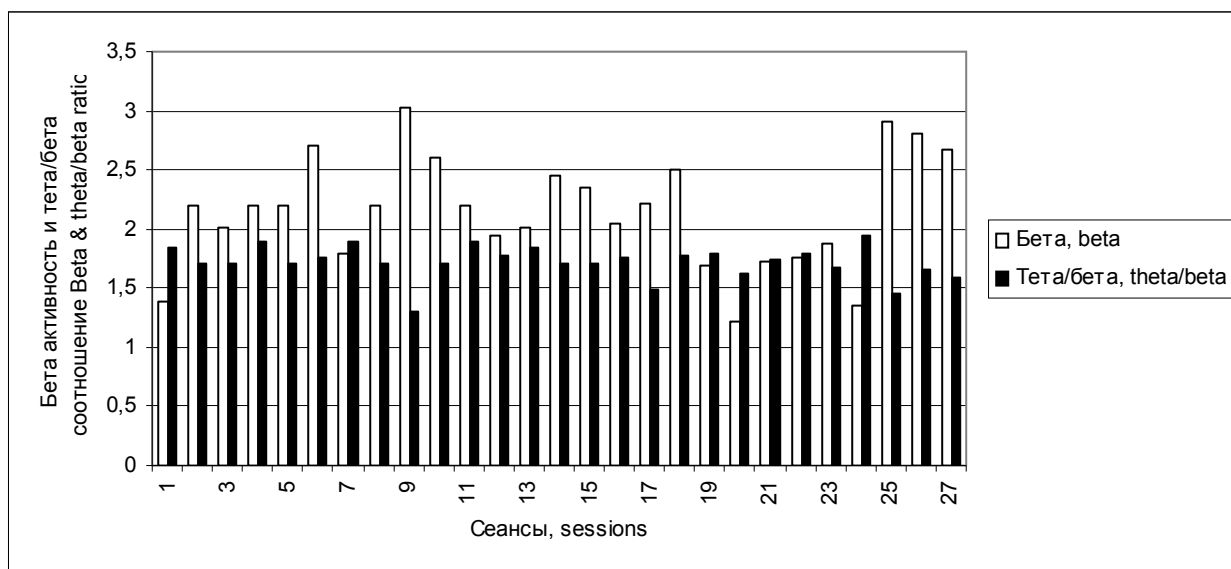
бета-диапазоне, очевидно, что бета-стимулирующий тренинг приводит к возникновению навыка удержания концентрации внимания на определенном, максимально возможном в данном конкретном случае уровне. Этот факт наглядно иллюстрируется динамикой активности в бета-диапазоне и тета-бета соотношений, зарегистрированных во время 1, 3, 4 и 25 сеансов тренинга (рис. 11).

Со стартового сеанса исходно низкая активность в бета-диапазоне практически не изменялась на протяжении всего сеанса, состоявшего из 4 сессий тренинга. Низкая бета активность регистрировалась на фоне стабильно высокого тета-бета соотношения ($\theta/\beta > 1,5$), что может косвенно свидетельствовать о неудовлетворительном уровне функционирования ЦНС.

Активность в бета-диапазоне, зарегистрированная во время первой сессии четвертого сеанса, возросла на 75 % по сравнению с первой сессией первого сеанса. В ходе последующих сессий происходило снижение уровня бета-активности на фоне повышения уровня тета-бета соотношения, что может свидетельствовать о нарастании утомления, снижении способности концентрации внимания, основой для которых могут быть нарушения метаболизма передних отделов головного мозга, описанные Дж.Любаром [12].

При проведении 25-ого сеанса тренинга активность в бета-диапазоне последовательно возрастала при проведении последующих сессий, тета-бета соотношение при этом оставалось неизменным.

Рис. 10. Динамика активности в бета-диапазоне и тета-бета соотношения, зарегистрированные на протяжении курса тренинга



у пациентки с изолированной формой синдрома дефицита внимания.

Fig. 10. Progress of beta-activity and theta/beta ratios in patient with ADD during the training course.

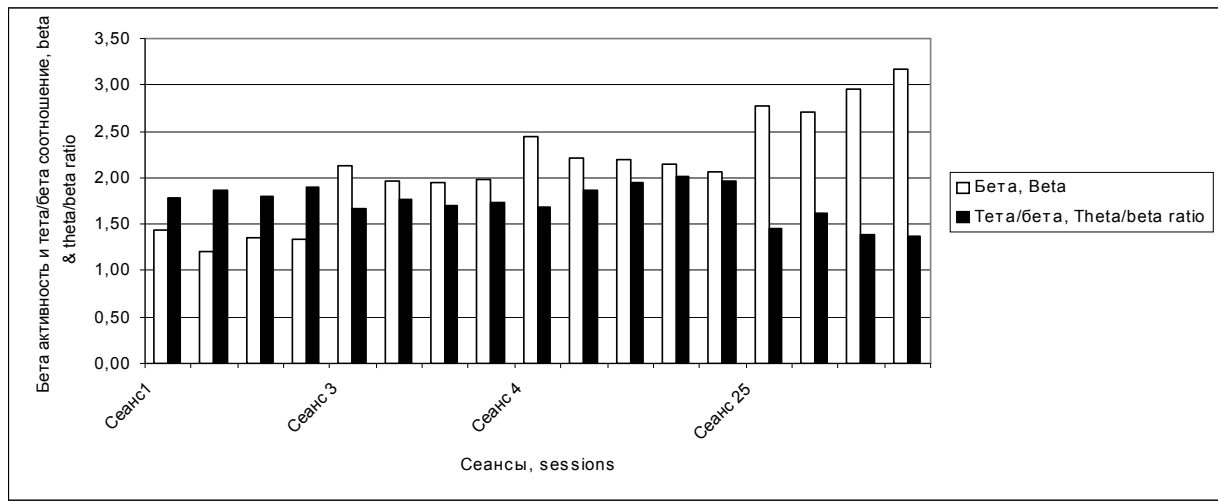


Рис. 11. Динамика активности в бета-диапазоне и тета-бета соотношения, зарегистрированные во время 1, 3, 4 и 25 сеансов тренинга у пациентки с изолированным синдромом дефицита внимания.

Fig. 11. Progress of beta and theta-beta ratios in patient with ADD: sessions 1, 3, 4, 25.

Клинические результаты тренинга. В результате курса лечения улучшилась академическая успеваемость, появилось позитивное отношение к занятиям в школе; со слов матери, сократилось время, затрачиваемое на приготовление уроков, появился интерес к чтению. Скорость чтения в конце курса тренинга 45-50 слов в минуту. Мать пациентки настроена на продолжение курса лечения.

Заключение. Полученные данные подтверждают взаимосвязь между нарушением внимания и преобладанием фронтальной медленноволновой активности. Применение метода ЭЭГ бета-стимулирующего тренинга на базе программно-аппаратного комплекса БОСЛАБ позволяет в большинстве случаев за счет снижения медленноволновой активности добиться ремиссии синдрома дефицита внимания. Исключения составляют наиболее тяжелые феномены, когда выраженная органическая патология головного мозга сочетается с наличием в клинической картине расстройств поведения в виде вызывающей оппозиции.

Как правило, минимальным значениям , тета-бета соотношения соответствуют наилучшие результаты выполнения пробы Шульте. Успешный бета-стимулирующий тренинг приводит к коррекции синдрома дефицита внимания, что, в свою очередь, позитивно сказывается на академической успеваемости и поведении пациентов.

Уровень внимания (и бета-активность) зависят от множества факторов (утомление, респираторные вирусные заболевания и т.д.). Отсутствие стабильной динамики увеличения активности в бета-диапазоне не является признаком неуспешности курса тренинга. Принципиальным является возникающая в результате тренинга способность удерживать внимание на определенном уровне в течение длительного времени. Возникновение такого навыка является одним из критериев успешности курса тренинга.

Оптимальным режимом бета-биоуправления является работа с ребенком не менее 2-3 раз в неделю. Проведение лечебных сеансов 1 раз в неделю (особенно на фоне переутомления) быстро приводит к угасанию выработанного навыка удержания внимания на максимально возможном уровне.

Литература.

1. Каплан Г., Сэддок Б. Клиническая психиатрия. Москва, 1998. – С. 334-336.
2. Leibson C.L., Katusic S.K., Barbaresi W.J., Ransom J., O'Brien P.C. Use and costs of medical care for children and adolescents with and without attention-deficit/hyperactivity disorder// JAMA. 2001. 285 (1). - P.60-68.
3. Zametkin A.J., Nordahl T.E., Gross M., King A.C., Semple W.E., Rumsey J., Hamburger S., Cohen R.M. Cerebral glucose metabolism in adults with hyperactivity of childhood onset// New England Journal of Medicine. 1990. 323. - P. 1361- 1366.
4. Zametkin A. I., Rapoport J. L. Noradrenergic hypothesis of attention deficit disorder with hyperactivity: A critical review. In H. Metsler (Ed.) Psychopharmacology: The third generation of progress. New York: Rave 1987. - P. 837 - 842.
5. Ame D.G., Paldi J.H., Thisted R.A. Evaluating ADHD with brain SPECT imaging// Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry. 1993. 32. – P. 1081- 1096.
6. Chabot R.A., Merkin H., Wood L.M., Davenport T.L., Serfontei G. Sensitivity and specificity of QEEG in children with attention deficit or specific developmental learning disorders// Clinical Electroencephalography. 1996. 27 – P. 26-34.
7. Chabot R.A., Serfontein G. Quantitative electroencephalographic profiles of children with attention deficit disorder// Biological Psychiatry. 1996. 40. P. 951 - 963.
8. Mann C., Lubar J., Zimmerman A., Miller C., Muenchen R. Quantitative analysis of EEG in boys with attention-deficit-hyperactivity disorder: Controlled study with clinical implications// Pediatric Neurology. 1992. 8. - P. 30 - 36.
9. Monastra J., Lubar J.F., Linden M., Van Deusen P., Green G., Wing W., Phillips A., Fenger T. Assessing ADHD via quantitative electroencephalography: An initial validation study// Neuropsychology. 1999. 13. - P. 424- 453.
10. Lubar J.P. Neurofeedback for the management of attention deficit hyperactivity disorder. In M. S. Schwartz (Ed.). Biofeedback: A practitioner's guide. New York: Guilford Press. 1995. - P. 493-522.

11. Lubar J. P., Swartwood M. O., Swartwood J. , Timmerman D. L. Quantitative EEG and auditory event-related potentials in the evaluation of attention-deficit- hyperactivity disorder: Effects of methylphenidate and implications for neurofeedback training (Monograph Series: Advances in Psychoeducational Assessment) // Journal of Psychoeducational Assessment. 1996. - P. 143 - 204.
12. Любар Д.Ф. Биоуправление, дефицит внимания и гиперактивность// Биоуправление-3. Теория и практика. Новосибирск. 1998. – С. 142- 162.
13. Великохатный Р.И., Джафарова О.А., Донская О.Г., Зубков А.А., Иутин В.С., Лазарева О.Ю. и др. Игровое биоуправление (история и современное состояние)// Бюлл. СО РАМН. Новосибирск. 1999. 1. – С. 23-29.

CLINICAL ANALYSIS OF NEUROFEEDBACK (EEG-BETA-STIMULATION TRAINING) USE IN ADD/HD SYNDROME CORRECTION

O. A. Jafarova, A. B. Skok, E. V. Haimovich

Institute for Molecular Biology and Biophysics, RAMS, Siberian Branch, Novosibirsk, Russia

Key words: *attention deficit, beta-stimulation training, neurofeedback, brain mapping, game biofeedback.*

28 patients with Attention Deficit Disorder Syndrome were treated by means of neurofeedback performed on the BOSLAB hard & software. 11 cases related to ADD without defiant behavior, in 6 cases ADD was combined with defiant behavior, and in 11 patients ADD was combined with significant organic pathology of brain. The treatment course comprised beta-stimulation training and relaxation computer games. Each session of beta-stimulation training consisted of three episodes. The first was the 10-minutes episode of the beta-stimulation neurofeedback performed by the use of the screen with graphical signal image. The second episode was the 14-minute game "Flowers" (the higher was the magnitude of beta, the faster was the flowers' growth. The third period of treatment session included relaxation computer games (VIRA, RALLY and others). The data obtained corroborated the connection between certain attention disorders and frontal cortical slow-wave activity prevailing. The use of EEG beta-stimulation training based on BOSLAB allowed to reduce slow cortical activity and to achieve the remission of ADD syndrome in more than 80% of cases, with the exception of the cases of significant organic cerebral pathology. Long-termed (not less than 20 sessions performed twice a week) course of biofeedback led to the changes in bioelectrical activity which proved to be statistically significant. As a rule, minimal values of theta-beta ratio corresponded to the best results obtained in Shulte attention test. Effective beta-stimulation training allows to correct attention disorders that promotes enhancing of progress in studies and positive behavioral changes.
