

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ТАВРИЧЕСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. В.И. ВЕРНАДСКОГО

ЭЙСМОНТ ЕВГЕНИЯ ВЛАДИМИРОВНА

УДК 612.825; 612.822.3.08

**ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ И
СНИЖЕНИЮ ТРЕВОЖНОСТИ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ**

03.00.13 – физиология человека и животных

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
биологических наук

Симферополь – 2010

Диссертация является рукописью

Работа выполнена на кафедре физиологии человека и животных и биофизики Таврического национального университета им. В.И. Вернадского Министерства образования и науки Украины.

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Павленко Владимир Борисович
Таврический национальный университет
им. В.И.Вернадского
профессор кафедры физиологии человека и
животных и биофизики

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, доцент
Кузнецов Игорь Эрнестович
Донецкий национальный университет
профессор кафедры физиологии человека и
животных;

кандидат биологических наук, доцент
Грабовская Елена Юрьевна
Таврический национальный университет
им. В.И.Вернадского
заведующая кафедрой медико-биологических
основ физической культуры

Защита состоится «30» сентября 2010 г. в 13-00 на заседании специализированного ученого совета К 52.051.04 в Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского по адресу: ул. Ялтинская, 20, Симферополь, 95007.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Таврического национального университета им. В.И. Вернадского по адресу: пр. Вернадского 4, Симферополь, 95007.

Автореферат разослан «__» _____ 2010 г.

Ученый секретарь
специализированного ученого совета К 52.051.04

Д.Р. Хусаинов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Проблема повышенного уровня личностной тревожности является актуальной и изучается многими исследователями в области нейрофизиологии, нейропсихологии, психофизиологии. Высокий уровень личностной тревожности связан с широким спектром когнитивных, аффективных и поведенческих особенностей человека (Гордеев, Обзор, 2007) и способствует возникновению ряда нервно-психических расстройств (Свидерская, 2001). При этом исследователями отмечается рост числа высокотревожных детей и подростков (Костина, 2006). Повышенная тревожность у детей может в поведении ярко не проявляться, однако последствия ее весьма серьезны, достаточно назвать психосоматические заболевания, а также аддиктивное и делинквентное поведение подростков. В связи с этим особую значимость приобретает исследование феномена повышенной тревожности, развивающейся в препубертатном и пубертатном возрастных периодах.

В изучении мозговых механизмов высших психических функций, а также в объективной диагностике состояний когнитивной и эмоциональной сфер личности важную роль играют методы оценки биоэлектрической активности мозга. В исследованиях, которые были посвящены анализу спектральных характеристик электроэнцефалограммы (ЭЭГ), зарегистрированных при высоком уровне тревожности у взрослых с паническими расстройствами, были выявлены следующие особенности: аномально высокий уровень тета-активности (Figueroa Guerrero, 2001), снижение интенсивности межполушарных функциональных взаимодействий в лобных отделах, повышение межполушарной асимметрии в дельта-, тета- и бета-диапазонах с преобладанием указанных ритмов в височных отделах правого полушария (Воробьева, 2001). Из данных литературы также известно, что амплитуда компонента вызванного потенциала (ВП) N1 увеличена у тревожных лиц (Данилова, 2005). При тревожно-фобических расстройствах были зарегистрированы характерные изменения амплитудно-временных параметров связанного с событиями потенциала (ССП) P300 (Hanatani, 2005; Pauli, 2005). Однако следует отметить, что исследования, направленные на изучение особенностей отражения высокого уровня тревожности в характеристиках ЭЭГ, ВП и ССП у детей и подростков весьма немногочисленны, при этом тревожность оценивалась с помощью опросников, заполняемых родителями и учителями, а не самими детьми (Князев, 2002; Ladouceur, 2006, 2007). Кроме того, в настоящее время при анализе тревожности у детей и подростков не только рассматривают общий уровень личностной тревожности, но и дифференцированные виды последней, такие, например, как межличностную, школьную и др. (Прихожан, 2005). Особенности паттернов ЭЭГ у детей с преобладанием различных видов тревожности пока практически не изучены. Не изученным также является вопрос связи параметров ВП и ССП, зарегистрированных в go-/no-go парадигме, и уровня тревожности у детей и подростков, определяемого с помощью психологического тестирования.

Актуальным также является вопрос снижения повышенного уровня тревожности у детей и подростков. При этом важны не только эффективность

способа коррекции, но и его безвредность для детского организма. В настоящее время в комплексной терапии невротозов и невротических проявлений у взрослых людей широко и успешно применяется метод обратной связи по ЭЭГ (ЭЭГ-ОС) (Сороко, 1995; Джунусова, 2001). Сеансы ЭЭГ-ОС, проводимые с детьми, в основном были направлены на коррекцию синдрома дефицита внимания с гиперактивностью. При этом была установлена высокая эффективность метода ЭЭГ-ОС в коррекции данного синдрома, а также в отношении пациентов с трудностями обучения (Гринь-Яценко, 2001; Любар, 1998; Egner, 2004; Lubar, 1984; Monastra, 2005; Луцюк, 2006). Однако вопрос о возможности применения данного метода с целью снижения высокого уровня тревожности у детей и подростков, остается открытым.

На основании вышеизложенного мы посчитали целесообразным провести электрофизиологическое исследование, в результате которого показатели ЭЭГ и ВП будут сопоставлены с уровнями тревожности у детей и подростков, определяемыми с помощью психологических методик. Такое экспериментальное исследование представляет несомненный интерес, как для получения более полной картины отражения тревожности в характеристиках ЭЭГ и ВП у детей и подростков, так и для обоснования применения метода обратной связи по характеристикам ЭЭГ для снижения повышенного уровня тревожности у детей и подростков.

Связь работы с научными программами, планами, темами.

Исследования проводились в соответствии с планами научно-исследовательской работы кафедры физиологии человека и животных и биофизики Таврического национального университета им. В.И. Вернадского по программе: «Физиологические и биофизические механизмы биологического действия факторов разной природы и интенсивности на функциональное состояние организма человека и животных» (№ гос. регистрации 0106U003976 (2007-2012) и проблемной лаборатории высшей нервной деятельности по темам «Корекція несприятливих психофізіологічних станів за допомогою біологічного зворотнього зв'язку за електроенцефалограмою» (№ гос. регистрации 0106U001265) и «Нейрофізіологічний аналіз взаємовідносин емоційних і когнітивних процесів та їх корекція» (№ гос. регистрации 0109U002192).

Все эти направления являются составляющими Межотраслевой комплексной программы «Здоровье нации» на 2002-2011 гг. и национальной программы «Дети Украины».

Тема дисертаційної роботи затверджена вченою радою Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського 20.04.2007 р., протокол № 4.

Цель исследования – установление взаимосвязей между параметрами ЭЭГ, ВП и ССП и уровнем тревожности у практически здоровых детей и подростков, а также оценка эффективности сеансов обратной связи по характеристикам ЭЭГ, направленных на снижение тревожности у детей и подростков.

Задачи исследования:

1. Выявить взаимосвязь между спектральными характеристиками ЭЭГ и уровнем тревожности у практически здоровых детей и подростков 10-15 лет;
2. Выявить взаимосвязь между амплитудно-временными параметрами

ВП, ССП и уровнем тревожности у практически здоровых детей и подростков 10-15 лет;

3. Изучить особенности отражения частных видов тревожности, относящихся к разным сферам жизни детей и подростков, в характеристиках ЭЭГ, ВП и ССП и оценить целесообразность диагностирования частных видов тревожности для получения объективных электроэнцефалографических показателей (коррелят) повышенного уровня тревожности у детей и подростков.

4. На основе анализа выявленных взаимосвязей спектральных характеристик ЭЭГ и тревожности у детей и подростков выработать стратегию проведения сеансов ЭЭГ-ОС, направленных на снижение высокого уровня тревожности.

5. Провести сеансы ЭЭГ-ОС, направленные на снижение высокого уровня тревожности у детей и подростков и оценить их эффективность.

Объект исследования – мозговые механизмы эмоциональных процессов у детей и подростков.

Предмет исследования – связь между характеристиками биопотенциалов головного мозга и тревожностью у детей и подростков и изменение этих характеристик в процессе сеансов ЭЭГ-ОС.

Методы исследования В работе использовали регистрацию и анализ фоновой ЭЭГ, ВП и ССП с помощью программно-аппаратного компьютеризированного комплекса. Для определения уровня тревожности применяли психологические методики. Результаты исследования обрабатывались посредством стандартных методов вариационной статистики.

Научная новизна полученных результатов. Показано, что уровень тревожности детей и подростков 10-15 лет объективно отражается в паттерне ЭЭГ и амплитудно-временных характеристиках ВП и ССП. Впервые было показано, что значения частных видов тревожности, относящихся к разным сферам жизни, у детей и подростков имеют более тесные корреляции с показателями ЭЭГ и ВП, нежели значения общей личностной тревожности, а деление детей и подростков на группы низко- и высокотревожных в зависимости от уровней частных видов тревожности выявляет большее число значимых различий по показателям ЭЭГ, ВП и ССП между группами, нежели деление испытуемых на группы в зависимости от уровня общей личностной тревожности.

На основе полученных данных об отражении тревожности в паттерне ЭЭГ у детей и подростков впервые выработана стратегия проведения сеансов ЭЭГ-ОС, направленная на снижение высокого уровня тревожности.

Впервые проведены тренинги ЭЭГ-ОС, направленные на снижение тревожности у детей и подростков. Показано, что сеансы ЭЭГ-ОС могут приводить к объективным положительным изменениям ЭЭГ, что сопровождается снижением уровня тревожности.

Практическое значение полученных результатов. Выявленные корреляционные взаимосвязи между параметрами ЭЭГ, ВП и ССП у детей и подростков с одной стороны, и уровнем тревожности с другой, свидетельствуют, что регистрация биопотенциалов головного мозга может быть использована в качестве объективного метода оценки уровня тревожности у детей и подростков.

Полученные данные о том, что значения частных видов тревожности по сравнению со значениями общей личностной тревожности у детей и подростков имеют более тесные корреляции с показателями ЭЭГ, ВП и ССП, указывают на целесообразность диагностирования не только уровня общей личностной тревожности, но и различных ее видов, относящихся к разным сферам жизни, что необходимо как для своевременного диагностирования повышенного уровня тревожности, так и для выявления его объективных электроэнцефалографических индикаторов у детей и подростков.

Использование метода ЭЭГ-ОС позволит повысить эффективность коррекционной работы с детьми и подростками, имеющими высокий уровень тревожности. Результаты исследования могут быть применены в психологической практике как современные и эффективные методы диагностики и снижения уровня тревожности у детей и подростков.

Полученные в работе сведения о связи характеристик ЭЭГ, ВП и ССП с уровнем тревожности у детей и подростков, а также данные об изменении паттерна ЭЭГ при проведении сеансов ЭЭГ-ОС включены в общие курсы «Физиология человека и животных», «Биофизика», специальные курсы «Электрофизиология», «Психофизиология», «Возрастная физиология» и «Медицинская биофизика» кафедры физиологии человека и животных и биофизики Таврического национального университета им. В.И. Вернадского.

Личный вклад соискателя. Соискателем самостоятельно выполнены анализ литературного материала, экспериментальная часть работы и статистическая обработка экспериментальных данных. Анализ результатов исследования проведен совместно с научным руководителем. В работах, написанных в соавторстве, диссертанту принадлежат экспериментальная часть и некоторые теоретические положения.

Апробация результатов диссертации. Основные положения и результаты проведенного исследования были представлены на IV Международной научной конференции «Психофизиологические и висцеральные функции в норме и патологии», посвященной 90-летию со дня рождения П.Г. Богача (Киев, 2008), Международном Конгрессе по психологии и психотерапии (Гурзуф, Крым, 2008), Международной научной конференции «Системная организация психофизиологических и вегетативных функций» (Луцк, 2009), ежегодных научных конференциях Таврического национального университета им. В.И. Вернадского (Симферополь, 2007-2009гг.), на съезде Украинского физиологического общества с международным участием (Одесса, 2010).

Публикации. По результатам исследований, вошедших в диссертацию, опубликовано 9 научных работ, из них 4 публикаций в журналах и периодических изданиях из списка, утвержденного ВАК Украины, 5 тезисов в материалах конференций и съездов.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 155 страницах, состоит из перечня условных сокращений, вступления, трех разделов: обзора литературы (1 раздел), методики исследования (2 раздел), результатов исследования и их обсуждения (3 раздел), выводов и списка из 203 источников литературы. Диссертация иллюстрирована 33 рисунками и включает 9 таблиц.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Всего в исследованиях приняли участие 126 практически здоровых детей и подростков 10-15 лет. На первом этапе проводилось изучение связи спектральных характеристик ЭЭГ с уровнем тревожности у 109 испытуемых, которые были разделены на три возрастные группы: группу испытуемых 10-11 лет ($n=35$, 17 мальчиков и 18 девочек), 12-13 лет ($n=45$, 24 мальчика и 21 девочка), 14-15 лет ($n=29$, 16 мальчиков и 13 девочек).

На втором этапе изучали связь характеристик ВП и ССП с уровнем тревожности у 105 испытуемых: 10-11 лет ($n=31$, 15 мальчиков и 16 девочек), 12-13 лет ($n=44$, 23 мальчика и 21 девочка), 14-15 лет ($n=30$, 17 мальчиков и 13 девочек).

На третьем этапе исследования проводились тренинги с помощью метода ЭЭГ-ОС, направленные на снижение тревожности. В данном исследовании приняли участие 17 испытуемых 10-14 лет с повышенным уровнем тревожности, которые были разделены на две группы: экспериментальную ($n=7$; 4 мальчика и 3 девочки) и контрольную ($n=10$; 5 мальчиков и 5 девочек). С детьми экспериментальной группы проводились тренинги, состоящие из 10-12 сеансов ЭЭГ-ОС. До и после прохождения тренинга регистрировали ЭЭГ при закрытых и открытых глазах и оценивали уровень тревожности с помощью психологических тестов. У детей контрольной группы двукратно регистрировали ЭЭГ и диагностировали уровень тревожности с интервалом, соответствующим продолжительности проведения тренинга у детей экспериментальной группы.

Регистрация электроэнцефалограммы. Регистрация и анализ ЭЭГ осуществлялись по общепринятой методике с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа EEG-16S, лабораторного интерфейса и компьютера. ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно от фронтальных (F3, F4), центральных (C3, C4), теменных (P3, P4), височных (T3, T4) и затылочных (O1, O2) локусов согласно системе 10–20. Референтным электродом служили объединенные контакты, расположенные над сосцевидными отростками черепа. Частоты среза фильтров высоких и низких частот составляли соответственно 1.5 и 35 Гц, частота оцифровки ЭЭГ-сигналов – 250 с^{-1} . Исследование включало в себя регистрацию фоновой ЭЭГ в состоянии двигательного покоя при закрытых и открытых глазах. Длительность непрерывной записи каждого анализируемого фрагмента составляла 60 с.

В составе ЭЭГ дифференцировались следующие диапазоны и поддиапазоны: тета-ритм (4–8 Гц), альфа-ритм (8-13 Гц), альфа1-ритм (8–9.5 Гц), альфа2-ритм (9.5–11 Гц), альфа3-ритм (11–13 Гц), сенсомоторный ритм – СМР (12–15 Гц), бета1-ритм (16–20 Гц) и бета2-ритм (21–30 Гц). Для ритмов ЭЭГ рассчитывали индекс спектральной плотности мощности (СПМ, мкВ/Гц). Рассчитывались также отношения СПМ следующих ритмов: альфа- и тета-ритмов, СМР и тета-ритма, бета1- и тета-ритмов, а также бета2- и тета-ритмов. Модальная частота поддиапазонов альфа-ритма определялась как среднее арифметическое значение частот в соответствующем поддиапазоне данного частотного компонента, имеющее максимальную амплитуду в 20–25 отрезках

записи длительностью 2.56 с.

Регистрация вызванных потенциалов. Регистрации ВП с использованием go/no-go парадигмы осуществлялась в указанных выше локусах с частотой оцифровки сигнала 500 с^{-1} . Участникам исследования предъявляли пары (30 пар) слуховых стимулов разной тональности (высокая-высокая, высокая-низкая, низкая-низкая, низкая-высокая) с интервалами по 2 с внутри пары и по 4 с между парами. Длительность низкого и высокого сигналов составляла 200 мс. Частота низкого тона составляла 400 Гц, высокого – 1000 Гц. Пары тонов предъявлялись в случайном порядке с одинаковой вероятностью (приближающейся к 50%) появления как низкого, так и высокого тона. Задача испытуемых заключалась в том, чтобы нажать на кнопку ведущей рукой со временем реакции не более эталонного в ответ на предъявление второго стимула пары, состоящей из двух стимулов одинаковой частоты, высокой или низкой (go проба), и не реагировать на пары сигналов, имеющих разную тональность (no-go проба). Всего значимых пар стимулов, требующих нажатия, было 13-17 из 30. О правильном или неправильном выполнении задания испытуемый узнавал из визуальных сигналов обратной связи на светодиодном табло (соответственно вертикальная или горизонтальная черта). Компоненты P1, N1, P2, N1-P2 (вертекс-потенциал) и N2 регистрировали при предъявлении всех предупредительных (первых в паре) сигналов, потенциал P300 – при предъявлении всех зрительных сигналов обратной связи. При этом использовали полосу пропускания усилителей от 0,53 до 70 Гц. Условную негативную волну (УНВ), возникающую между двумя стимулами (предупредительным и исполнительным) регистрировали, используя полосу пропускания усилителей от 0,016 до 70 Гц.

Организация сеансов ЭЭГ-ОС. Регистрация и анализ ЭЭГ осуществлялись по общепринятой методике с помощью 16-канального электроэнцефалографа («Тредекс», Украина). ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно от 16 стандартных отведений в соответствии с системой «10-20». В качестве референтного электрода в каждом случае использовали все электроды, кроме активного, объединенные вместе. Частоты среза фильтров высоких и низких частот составляли соответственно 1,5 и 35 Гц, частота оцифровки ЭЭГ-сигналов – 250 с^{-1} . Рассчитывали амплитуду (мкВ) для основных ритмов ЭЭГ, а также отношения амплитуд следующих ритмов: альфа- и тета-ритмов, СМР и тета-ритма, бета1- и тета- ритмов, а также бета2- и тета-ритмов.

Сеансы ЭЭГ-ОС проводились два раза в неделю. Длительность одного сеанса составляла 30 мин. Сеанс включал в себя несколько (шесть-восемь) эпизодов записей ЭЭГ с использованием различных протоколов ЭЭГ-ОС, чередующихся в случайном порядке. В случае применения акустических протоколов испытуемый сидел с закрытыми глазами, и звуковой сигнал обратной связи (ОС) подавался через колонки, при использовании визуальных протоколов зрительные сигналы ОС предъявлялись с экрана монитора. Во всех протоколах сигнал ОС менялся в зависимости от характеристик тренируемых ритмов ЭЭГ в локусе С4.

Варианты применяемых протоколов ЭЭГ-ОС: *регуляция громкости «белого шума»* – интенсивность «белого шума» менялась в обратной зависимости

от величины отношения амплитуды альфа-ритма к амплитуде тета-ритма: чем больше было значение данного отношения, тем меньшую громкость имел «белый шум»; *регуляция громкости «белого шума» на фоне музыки* – интенсивность «белого шума» менялась на фоне музыки постоянной громкости в обратной зависимости от величины отношения амплитуд альфа- и тета-ритмов; *регуляция громкости музыки* – громкость музыки менялась в прямой зависимости от величины отношения амплитуд альфа- и тета-ритмов; *регуляция яркости цвета в картинках* – яркость цветов определенных элементов картинок (например, плодов на дереве, солнца, цветов) менялась в прямой зависимости от величины амплитуды альфа-ритма: чем больше была данная величина, тем ярче становились цвета; *регуляция яркости цветов таблицы С.-А. Мадяра* – яркость цветов менялась в прямой зависимости от величины амплитуды альфа-ритма; *игровой протокол* – скорость движения или сила главного игрового персонажа менялись в прямой зависимости от величины отношения амплитуды СМР к амплитуде тета-ритма.

Испытуемому предлагалось запомнить свое состояние в то время, когда управляемый параметр менялся в необходимом направлении.

Психологическое тестирование для оценки уровня тревожности проводили с помощью проективной методики «Дом – Дерево – Человек» (Беляускайте, 1987), шкалы явной тревожности А. М. Прихожан (Прихожан, 2005), теста Спилбергера-Ханина (Елисеев, 2000), а также шкалы личностной тревожности учащихся А.М. Прихожан (Прихожан, 2005), позволяющей оценивать уровни частных видов тревожности (школьной, самооценочной, межличностной и «магической»).

Математический аппарат исследования представлен описательной статистикой, корреляционным и сравнительным анализом (параметрические и непараметрические методы). Для проверки, характера распределения использовали критерий Колмогорова-Смирнова. Статистически значимыми считали показатели с $p < 0,05$.

Эксперименты проводились с соблюдением Постановления первого национального конгресса по биоэтике (Киев, 2001) и одобрены комитетом по биоэтике Таврического национального университета им. В.И. Вернадского (протокол № 2 от 07 апреля 2009).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Взаимосвязь спектральных характеристик ЭЭГ и уровня тревожности у детей и подростков. В группе детей 10-11 лет были выявлены следующие связи характеристик ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах, и показателями тревожности. Так, уровень явной тревожности, определяемый по методике А. М. Прихожан, положительно коррелировал с величиной СПМ тета-ритма (в отведениях F4, $r = 0.37$, $P = 0.037$; T4, $r = 0.40$, $P = 0.024$; O1, $r = 0.36$, $P = 0.040$). Уровень «магической» тревожности (связанный с боязнью действия «потусторонних сил», темноты, примет) положительно коррелировал с величиной СПМ тета-ритма (F4, $r = 0.50$, $P = 0.004$; C4, $r = 0.40$, $P = 0.031$; T3, $r = 0.40$, $P = 0.027$; T4, $r = 0.47$, $P = 0.007$; O1, $r = 0.38$, $P = 0.033$). Уровень общей тревожности

был положительно связан с величиной СПМ бета2-ритма (F4, $r = 0.39$, $P = 0.032$; T4, $r = 0.42$, $P = 0.017$; O2, $r = 0.38$, $P = 0.042$).

Характеристики ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах, имели следующие корреляции с показателями тревожности. Уровень ситуативной тревожности, определяемый по тесту Спилбергера, отрицательно коррелировал с величинами СПМ альфа2-(C4, $r = -0.38$, $P = 0.039$; P4, $r = -0.36$, $P = 0.050$ и O1, $r = -0.35$, $P = 0.047$) и альфа3-ритмов (F3, $r = -0.35$, $P = 0.047$; C4, $r = -0.38$, $P = 0.040$ и T3, $r = -0.36$, $P = 0.044$). Уровень самооценочной тревожности отрицательно коррелировал с величиной модальной частоты альфа3-ритма ($r = -0.36$, $P = 0.044$). Уровень «магической» тревожности был связан обратной зависимостью с величиной модальной частоты альфа-ритма в отведении T4 ($r = -0.36$, $P = 0.044$) и положительно коррелировал с величиной СПМ тета-ритма (F4, $r = 0.44$, $P = 0.014$; T3, $r = 0.43$, $P = 0.016$; T4, $r = 0.54$, $P = 0.002$ и O1, $r = 0.36$, $P = 0.047$). Уровень общей тревожности находился в прямой зависимости с величинами СПМ тета-ритма (T4, $r = 0.36$, $P = 0.047$) и бета2-ритма (F4, $r = 0.36$, $P = 0.045$ и T4, $r = 0.38$, $P = 0.033$).

Деление испытуемых на группы высоко- и низкотревожных по результатам психологических тестов показало следующие различия в показателях ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах. У детей, имеющих низкие показатели школьной тревожности, наблюдались более высокие значения модальной частоты альфа2-ритма (T4, $P = 0.013$). В ЭЭГ индивидов с высоким уровнем «магической» тревожности отмечались большие значения СПМ тета- и бета2-ритмов по сравнению с аналогичными показателями ЭЭГ низкотревожных детей (рис. 1).

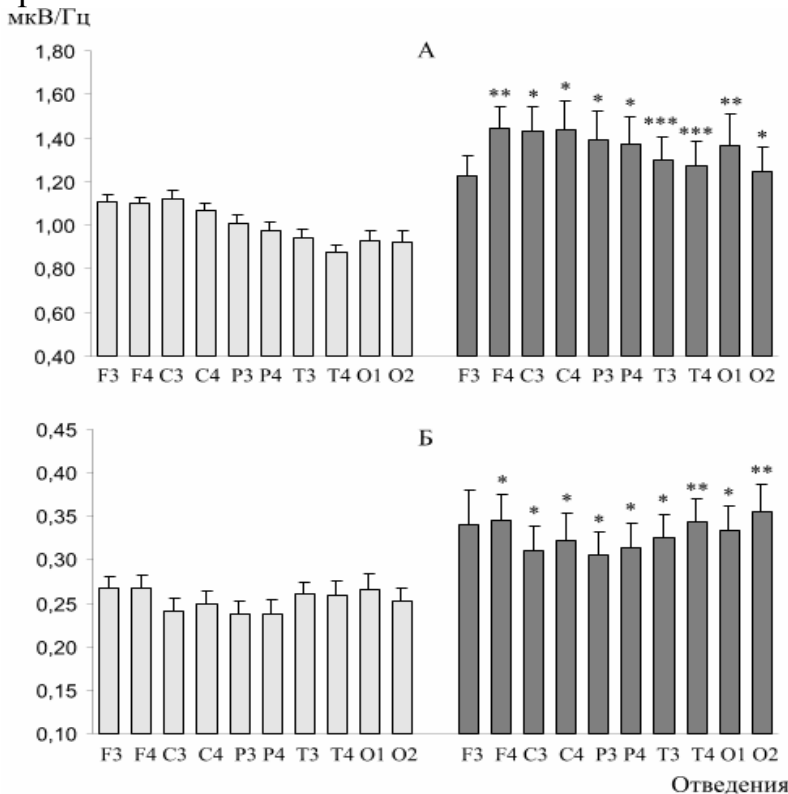


Рис. 1. Диаграммы значений спектров плотности мощности (СПМ) тета- (А) и бета2- (Б) ритмов при регистрации ЭЭГ с открытыми глазами у детей с низким (светлые столбики; $n = 16$) и высоким (темные столбики; $n = 15$) уровнями «магической» тревожности.

Представлены средние значения \pm ошибка среднего. Под диаграммами указаны локусы отведений ЭЭГ. По вертикали – СПМ, $\mu\text{В}/\text{Гц}$. Звездочками обозначены случаи достоверных различий между подгруппами низко- и высокотревожных детей: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

Следует отметить, что значения частных видов тревожности по сравнению со значениями общей тревожности имеют более тесные корреляции с показателями ЭЭГ. Так, при регистрации ЭЭГ в условиях открытых глаз

диапазоны корреляций и уровней значимости для частных видов тревожности составили $0,36 \leq r \leq 0,54$; $0,047 \leq P \leq 0,002$, тогда как для общей тревожности – $0,36 \leq r \leq 0,38$; $0,047 \leq P \leq 0,033$.

В группе **испытуемых 12-13 лет** наблюдались следующие связи между уровнем тревожности и характеристиками ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах. Уровень тревожности, оцениваемый по тесту «Дом – Дерево – Человек», отрицательно коррелировал с величиной СПМ альфа-ритма (О1, $r = -0.40$, $P = 0.008$ и О2, $r = -0.36$, $P = 0.022$). Уровень ситуативной тревожности отрицательно коррелировал со значениями отношений СПМ альфа1- и тета-ритмов (С3, $r = -0.31$, $P = 0.048$), альфа2- и тета-ритмов (С4, $r = -0.32$, $P = 0.044$), СМР и тета-ритма (F3, $r = -0.33$, $P = 0.035$). В группе испытуемых с низким уровнем тревожности, определяемым по тесту «Дом – Дерево – Человек», были отмечены большие значения СПМ альфа1-ритма ЭЭГ (О1, $P = 0.003$ и О2, $P = 0.010$), по сравнению с аналогичным показателем у высокотревожных сверстников. В группе подростков с низким уровнем ситуативной тревожности наблюдались более высокие величины отношения СПМ СМР к СПМ тета-ритма (F3, $P = 0.033$ и F4, $P = 0.042$).

Для **подростков 14-15 лет** были получены следующие результаты. Наибольшее число связей между показателями тревожности наблюдалось с характеристиками ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах. Так, уровень личностной тревожности, определяемый по тесту Спилбергера, был отрицательно связан с величинами СПМ альфа2-ритма (F3, $r = -0.45$, $P = 0.015$; F4, $r = -0.49$, $P = 0.006$; Т3, $r = -0.43$, $P = 0.019$ и О1, $r = -0.40$, $P = 0.029$), альфа3-ритма (F4, $r = -0.39$, $P = 0.038$; С3, $r = -0.42$, $P = 0.024$ и Т3, $r = -0.39$, $P = 0.038$) и СМР (F4, $r = -0.42$, $P = 0.024$; С3, $r = -0.37$, $P = 0.050$; С4, $r = -0.39$, $P = 0.034$; Р4, $r = -0.39$, $P = 0.035$; Т3, $r = -0.38$, $P = 0.039$; О1, $r = -0.40$, $P = 0.033$ и О2, $r = -0.44$, $P = 0.018$), а также с величиной модальной частоты альфа1-ритма (Т3, $r = -0.38$, $P = 0.040$) Уровень общей тревожности также имел отрицательные связи с величинами модальной частоты альфа-ритма (Р4, $r = -0,42$, $P = 0,022$ и О1, $r = -0,45$, $P = 0,014$), СПМ бета1-ритма (О1, $r = -0,37$, $P = 0,049$) и отношений СПМ бета1-и тета-ритмов (С3, $r = -0,38$, $P = 0,043$; Т3, $r = -0,37$, $P = 0,045$; О1, $r = -0,38$, $P = 0,043$; и О2, $r = -0,48$, $P = 0,009$) В группе подростков с низким уровнем школьной тревожности наблюдались более высокие величины отношений СПМ альфа2- и тета-ритмов (F4, $P = 0,034$; Р4 и О1, $P = 0,037$), альфа3- и тета-ритмов (рис. 2, А), СПМ СМР и тета-ритма (F4 и О1, $P = 0,034$; Р4, $P = 0,037$; Т3 $P = 0,027$ и О2, $P = 0,012$), СПМ бета1- и тета-ритмов (рис. 2, Б) по сравнению с аналогичными показателями у высокотревожных сверстников. В результате корреляционного анализа также были выявлены отрицательные связи уровня школьной тревожности с показателями отношений СПМ бета1-и тета-ритмов (F3, $r = -0,37$, $P = 0,045$; F4, $r = -0,38$, $P = 0,039$; С3, $r = -0,37$, $P = 0,050$; Т3, $r = -0,40$, $P = 0,030$ и О2, $r = -0,41$, $P = 0,027$).

В ходе анализа подгрупп испытуемых с разными уровнями самооценочной тревожности было выявлено, что значения модальной частоты альфа2-ритма больше у низкотревожных подростков (F3, $P = 0,017$; F4, $P = 0,042$; Р4, $P = 0,009$; Т3, $P = 0,006$, О1, $P = 0,005$ и О2, $P = 0,034$).

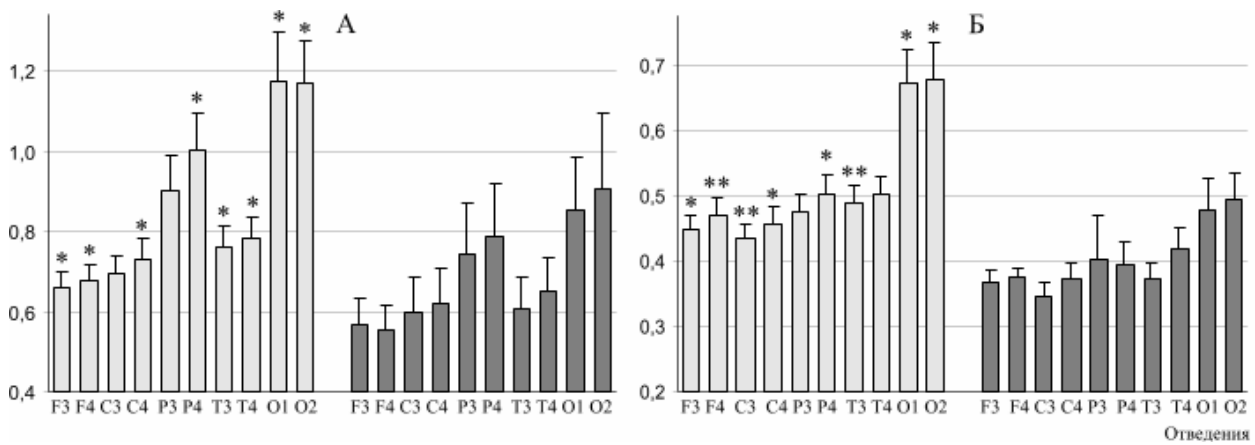


Рис. 2. Диаграммы значений отношений спектров плотности мощности (СПМ) альфа3- и тета-ритмов (А) и бета1- и тета-ритмов (Б) при регистрации ЭЭГ с закрытыми глазами у подростков с низкими (светлые столбики, $n = 17$) и высокими (темные столбики, $n = 12$) значениями школьной тревожности.

По вертикали – значения отношений СПМ альфа3- и тета-ритмов (А) и бета1- и тета-ритмов (Б). Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

Уровень «магической» тревожности был отрицательно связан с величинами СПМ альфа2-ритма (F4, T4, $r = -0,46$, $P = 0,012$; C3, $r = -0,47$, $P = 0,011$; C4, $r = -0,49$, $P = 0,007$; P4, $r = -0,40$, $P = 0,032$; T3, $r = -0,39$, $P = 0,038$; O1, $r = -0,47$, $P = 0,010$ и O2, $r = -0,52$, $P = 0,004$) и бета1-ритма (O1, $r = -0,44$, $P = 0,016$ и O2, $r = -0,47$, $P = 0,010$). Кроме того, уровень «магической» тревожности был связан обратными зависимостями со значениями модальной частоты альфа1-ритма (C3, $r = -0,41$, $P = 0,027$ и P4, $r = -0,42$, $P = 0,022$) и отношений СПМ альфа2-ритма к СПМ тета-ритма (F4, $r = -0,40$, $P = 0,034$; T3, $r = -0,41$, $P = 0,026$; T4, $r = -0,49$, $P = 0,008$; O1, $r = -0,51$, $P = 0,005$ и O2, $r = -0,53$, $P = 0,003$). Оценки данного вида тревожности имели отрицательные связи с величинами СПМ альфа2-ритма (C3, $r = -0,43$, $P = 0,021$; C4, $r = -0,39$, $P = 0,035$; T4, $r = -0,41$, $P = 0,027$) ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах.

Для данной возрастной группы уровни частных видов тревожности также имеют более тесные корреляции с показателями ЭЭГ, чем уровень общей тревожности. Так, при регистрации ЭЭГ в условиях закрытых глаз диапазоны корреляций и уровней значимости для частных видов тревожности составили $0,37 \leq r \leq 0,53$; $0,050 \leq P \leq 0,003$; для общей тревожности – $0,37 \leq r \leq 0,48$; $0,049 \leq P \leq 0,009$.

Известно, что изучаемый возрастной период развития детей и подростков характеризуется увеличением мощности и модальной частоты альфа-ритма (Фарбер, 1972; Князев, 2002). Таким образом, на основании результатов, полученных в настоящем исследовании, можно сделать вывод, что ЭЭГ низкотревожных детей и подростков в большей степени соответствует возрастной норме, чем ЭЭГ их высокотревожных сверстников.

Взаимосвязь характеристик ВП и уровня тревожности у детей и подростков. В группе детей 10-11 лет были выявлены отрицательные связи между уровнем тревожности по тесту «Дом – Дерево – Человек» и значениями амплитуд ВП P1 (C3, $r = -0,39$, $P = 0,032$; P3, $r = -0,41$, $P = 0,026$ и O1, $r = -0,36$,

$P = 0.047$), P2 (O2, $r = -0,50$, $P = 0.007$) и волны P300 (F3, $r = -0,37$, $P = 0.040$ и O2, $r = -0,38$, $P = 0.044$); иными словами, бóльшие величины амплитуд данных потенциалов были присущи менее тревожным индивидам. Для амплитуды потенциала N2 была установлена положительная корреляционная связь с уровнем тревожности по тесту «Дом – Дерево – Человек» (P3, $r = 0,43$, $P = 0.017$ и O2, $r = 0,42$, $P = 0.026$), т. е. бóльшие значения амплитуды этого компонента были в целом характерны для детей с более высоким уровнем тревожности. Уровень самооценочной тревожности был отрицательно связан с величиной латентного периода компонента P1 (T3, $r = -0,57$, $P = 0.001$ и O1, $r = -0,37$, $P = 0.038$). Для уровня «магической» тревожности была выявлена отрицательная связь с величинами латентных периодов ВП P1 (в отведении O1, $r = -0,39$, $P = 0.028$) и N1 (C3, $r = -0,37$, $P = 0.041$; T3, $r = -0,48$, $P = 0.007$ и O1, $r = -0,43$, $P = 0.016$). Также были выявлены отрицательные связи между уровнем общей тревожности и значениями ЛП потенциалов P1 (T3, $r = -0,44$, $P = 0.015$ и O1, $r = -0,43$, $P = 0.015$) и N1 (T3, $r = -0,42$, $P = 0.022$; T4, $r = -0,42$, $P = 0.025$ и O1, $r = -0,48$, $P = 0.006$).

Следует отметить, что частные виды тревожности имели более тесные корреляции с параметрами ВП, нежели уровень общей тревожности. Диапазоны корреляций и уровней значимости для частных видов тревожности составили $0,37 \leq r \leq 0,57$; $0,041 \leq P \leq 0,001$; для общей тревожности – $0,42 \leq r \leq 0,48$; $0,025 \leq P \leq 0,006$.

Для испытуемых 12-13 лет были характерны следующие взаимосвязи параметров ВП и уровня тревожности. Уровни ситуативной и личностной тревожности отрицательно коррелировали с величиной амплитуды УНВ (рис. 3).

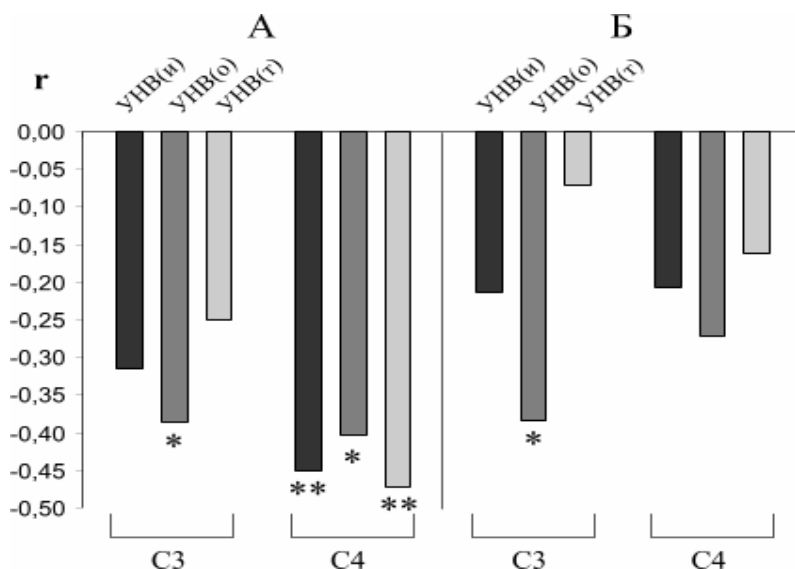


Рис. 3. Значения коэффициентов корреляции (r) показателей ситуативной (А) и личностной (Б) тревожности с величинами амплитуд УНВ интегральной (УНВ (и)), УНВ ориентировочной (УНВ (о)), УНВ терминальной (УНВ (т)), зарегистрированных в центральных областях левого (С3) и правого (С4) полушарий у детей 12-13 лет ($n=39$). Остальные обозначения те же, что и на рис. 1.

Кроме того, уровень личностной тревожности отрицательно коррелировал с величиной амплитуды ВП P1 (F4, $r = -0,37$, $P = 0,021$). При делении испытуемых на подгруппы в зависимости от уровня личностной тревожности было обнаружено, что для высокотревожных подростков характерны большие значения амплитуды ВП N2 (в отведениях F3, $P = 0,017$ и F4, $P = 0,008$) по сравнению с аналогичными показателями низкотревожных сверстников.

Связи параметров ВП и уровня тревожности у подростков 14-15 лет были

следующими. Уровень ситуативной тревожности отрицательно коррелировал с величиной амплитуды ВП N1 (F3, $r = -0,40$, $P = 0,030$; P3, $r = -0,50$, $P = 0,004$ и P4, $r = -0,43$, $P = 0,019$) Уровень самооценочной тревожности отрицательно коррелировал с величиной амплитуды ССП P300 (рис. 4).

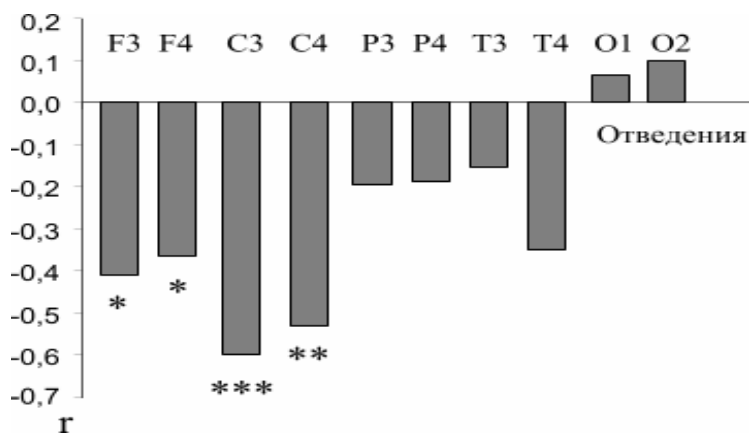


Рис. 4. Значения коэффициентов корреляции (r) показателей самооценочной тревожности с величиной амплитуды волны P300 у испытуемых 14-15 лет ($n=30$). Остальные обозначения те же, что на рис. 1

Уровень школьной тревожности также был отрицательно связан со значениями амплитуды P300 (F3, $r = -0,42$, $P = 0,022$; F4, $r = -0,39$, $P = 0,033$; C3, $r = -0,48$, $P = 0,007$ и C4, $r = -0,40$, $P = 0,031$) и положительно был связан с величиной латентного периода потенциала P2 (C3, $r = 0,36$, $P = 0,049$; T3, $r = 0,54$, $P = 0,002$; T4, $r = 0,43$, $P = 0,017$). Группа индивидов с высоким уровнем школьной тревожности характеризовалась меньшими величинами амплитуды ВП P1 (в отведении O2, $P = 0,049$) по сравнению с аналогичным показателем в группе низкотревожных сверстников. Уровень межличностной тревожности отрицательно коррелировал с величиной латентного периода потенциала N1 (F3, $r = -0,37$, $P = 0,043$; C3, $r = -0,41$, $P = 0,024$; C4, $r = -0,36$, $P = 0,048$). Уровень общей тревожности положительно коррелировал с величиной латентного периода потенциала P2 в левой височной области ($r = 0,39$, $P = 0,031$) и отрицательно коррелировал с величиной амплитуды ССП P300 в левой центральной области ($r = -0,38$, $P = 0,039$).

В данной возрастной группе диапазоны корреляций и уровней значимости для частных видов тревожности составили $0,36 \leq r \leq 0,60$; $0,049 \leq P \leq 0,0005$; для общей тревожности $-0,38 \leq r \leq 0,39$; $0,039 \leq P \leq 0,031$).

Настоящие результаты свидетельствуют о том, что для получения объективных ЭЭГ-индикаторов повышенного уровня тревожности целесообразно диагностировать не только уровень общей личностной тревожности, но и частных видов тревожности, относящихся к разным сферам жизни детей и подростков.

Есть основания предполагать, что в основе повышенной тревожности лежат особенности функционирования определенных церебральных механизмов, связанные, в частности, с индивидуальными особенностями аминергических систем ЦНС [Черный, 2004] Эти механизмы, видимо, для любого вида личностной тревожности являются в значительной мере общими. В то же время индивидуальный профиль выраженности отдельных видов тревожности в существенной степени формируется под влиянием особенностей социальной среды, в которой происходило развитие индивида.

Снижение тревожности у детей и подростков с помощью метода обратной связи по характеристикам электроэнцефалограммы. Несмотря на то, что тренинг проводился от локуса С4, положительные изменения тренируемых величин наблюдались в различных областях головного мозга. При этом различные протоколы ЭЭГ-ОС, применяемые в тренингах с детьми экспериментальной группы, показали разную эффективность. Наиболее высокую эффективность показало применение **протокола «регуляция громкости белого шума»**. Рост величины отношения амплитуд альфа- и тета-ритмов наблюдался практически по всем отведениям (рис. 5).

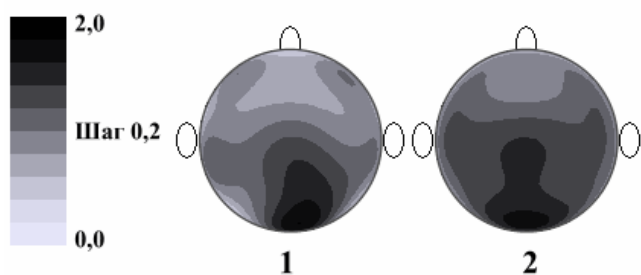


Рис. 5. Усредненные топограммы изменения отношения амплитуд альфа- и тета-ритмов во время первого (1) и десятого (2) сеансов ЭЭГ-ОС при использовании протокола «регуляция громкости белого шума» в экспериментальной группе испытуемых (n=7).

Шкала слева – калибровка значений отношения амплитуд альфа- и тета-ритмов (усл. ед.).

Чтобы выявить изменения параметров ЭЭГ во время десятого сеанса по сравнению с первым сеансом использовали нормированные величины. За 100 % были приняты значения показателей ЭЭГ во время первого сеанса. Так, наибольшее увеличение значений отношений амплитуд альфа- и тета-ритмов было зарегистрировано в отведениях F3 (прирост составил 38,0 %), F4 (38,8 %), C3 (21,4 %), C4 (28,7 %), P3 (18,6 %), O1 (59,6 %) и O2 (31,5 %). В исследованиях, посвященных данной проблематике, но проводившихся с участием взрослых испытуемых, было показано, что подобная величина прироста тренируемого показателя указывает на достаточно высокую эффективность тренинга. (Hammond, 2005). На рис. 6 представлен график динамики величины рассматриваемого выше отношения ритмов ЭЭГ в течение 10-ти сеансов.

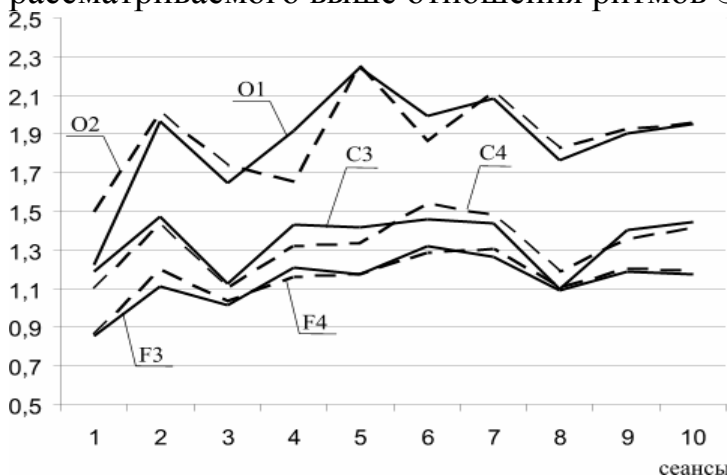


Рис. 6. Динамика величины отношения амплитуд альфа- и тета-ритмов в различных отведениях при применении протокола «регуляция громкости белого шума» в течение десяти сеансов в экспериментальной группе испытуемых (n=7).

По оси абсцисс – сеансы; по оси ординат – значение отношения амплитуд альфа- и тета-ритмов, усл. ед.

При использовании данного протокола также наблюдался рост величины отношения амплитуд СМР и тета-ритма. Так, прирост данного отношения в отведениях F3, F4, C4, O1 и O2 составил 18,5 %, 19,7 %, 18,6 %, 34,4 % и 24,6 % соответственно.

Что касается применения протоколов «регуляция громкости белого шума на фоне музыки» и «регуляция громкости музыки», то положительный эффект наблюдался в основном лишь после 5-го сеанса, при этом он был менее выражен.

Среди визуальных протоколов достаточно высокую эффективность показал протокол «регуляция яркости цвета в картинках». Во время применения данного протокола возрастала тренируемая величина (амплитуда альфа-ритма, в С3 на 19,3 %, С4 – 22,7 %), а также величина амплитуды СМР (в С4 на 13,0 %, Р4 – 16,0 %, Т6 – 12,7 %) Также было выявлено увеличение величин отношений амплитуд альфа- и тета-ритмов (в С3 на 36,1 %, в С4 – 20,9 %), амплитуд СМР и тета-ритма (в С3 – 14,4 %, С4 – 12,1 % и Р4 – 12,0 %).

Игровой протокол приводил к локальным положительным изменениям тренируемой величины. Так, максимальное увеличение отношения амплитуд СМР и тета-ритмов наблюдалось в отведениях С3 (10,8 %). Данный факт можно объяснить тем, что СМР в основном регистрируется в центральных областях (Фарбер, 1996).

При использовании протокола с использованием цветовой таблицы С.-А. Мадяра наблюдалось увеличение модальной частоты альфа-ритма (в Т3, $P = 0,001$). и снижение амплитуд тета-ритма (в Fp2 на 20,8 %, Т3 на 11,3 % и Т5 на 11,7 %) и бета2-ритма (в F4 на 31,3 %, С3 на 12,4 %, Т5 на 14,7 %)

Результаты итогового психологического тестирования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения уровней тревожности по результатам итогового психологического тестирования в контрольной и экспериментальной группах

Тревожность по различным методикам	Уровень тревожности при итоговом тестировании, в процентах относительного исходного уровня	
	Контрольная группа	Экспериментальная группа
Явная, по тесту Прихожан	105,2	83,5
тест Спилбергера		
Ситуативная	96,0	91,4
Личностная	103,7	92,9
Тревожность по тесту «Дом – Дерево – Человек»	119,6	91,6
шкала личностной тревожности учащихся Прихожан		
Школьная	87,5	72,8
Самооценочная	91,7	87,9
Межличностная	107,9	76,0
Магическая	96,7	73,1
Общая	92,7	75,6

Из данных таблицы видно, что в экспериментальной группе уровень по всем шкалам тревожности снизился, в то время как в контрольной группе изменения психологических показателей носили разнонаправленный характер. По субъективным отчетам родителей у детей, проходивших сеансы ЭЭГ-ОС, после тренинга повышались самооценка и эмоциональная стабильность, что также может указывать на оптимизацию психоэмоционального состояния детей.

После прохождения тренинга в экспериментальной группе детей было отмечено значимое увеличение величин отношения амплитуды альфа-ритма к амплитуде тета-ритма (в P3 и O2, $P = 0.028$) и модальной частоты альфа-ритма (в P4, $P = 0.046$, P3, T4, O1 и O2, $P = 0.028$,) ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах. В контрольной группе рост данных величин не был значимым. Между испытуемыми двух групп были обнаружены значимые различия в величине отношения амплитуд СМР и тета-ритма ЭЭГ (рис. 7).

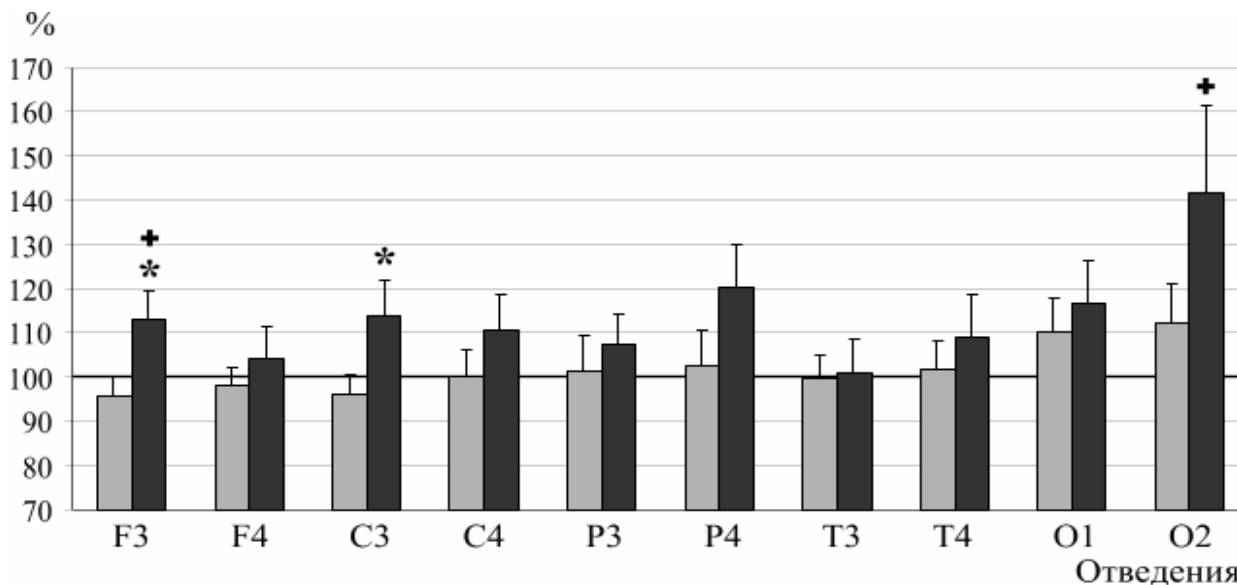


Рис. 7. Диаграммы значений отношения амплитуды сенсомоторного ритма к амплитуде тета-ритма при итоговой регистрации ЭЭГ с открытыми глазами у испытуемых контрольной (светлые столбики) и экспериментальной (темные столбики) групп.

Приведены относительные величины отношения ритмов (%); за 100 % приняты исходные значения отношения ритмов ЭЭГ. Звездочками обозначены различия между контрольной и экспериментальной группами, достоверные при $P < 0,05$; крестиками – различия внутри экспериментальной группы до и после тренинга, достоверные при $P < 0,05$.

Нейронные механизмы, лежащие в основе сеансов ЭЭГ-ОС, направленных на снижение уровня тревожности, можно объяснить исходя из следующих позиций. Предполагают, что изменения эффективности передачи сигналов в нейронных цепях обусловлены модификацией активности аминергических систем мозга. С такой модификацией тесно связана перестройка системы резонирующих петель корково-подкорковых образований, что сопровождается изменением паттерна ЭЭГ-ритмов [Lubar, 1997]. Доказано, что активность дофаминергических нейронов вентрального тегмента при проведении сеансов ЭЭГ-ОС действительно увеличивается [Фокина и соавт., 2009]. Известно, что дофаминергическая система, модулируя активность нейронных сетей таламуса, лимбической системы и коры больших полушарий, участвует в запуске процессов, которые, приводят к общему повышению синаптической эффективности в данных сетях [Serman, 1996; Huang, 2004], что в паттерне текущей ЭЭГ проявляется как увеличение мощности альфа-ритма [Фокина и соавт., 2008]. В результате многократные сеансы ЭЭГ-ОС приводят к улучшению

психофизиологического состояния, снижению общего уровня напряжения и тревожности. Изменения паттерна ЭЭГ, достигнутые в ходе тренинга и сопровождавшиеся снижением уровня тревожности в экспериментальной группе, могут указывать на целесообразность использования данного метода.

ВЫВОДЫ

1. Уровень тревожности у практически здоровых детей и подростков объективно отражается в спектральных характеристиках ЭЭГ и амплитудно-временных параметрах вызванных и связанных с событием потенциалов (ВП и ССП). Сеансы на основе метода обратной связи по характеристикам ЭЭГ (ЭЭГ-ОС), направленные на определенные изменения ритмов ЭЭГ и проводимые с детьми и подростками, характеризующимися повышенным уровнем тревожности, приводят к соответствующим изменениям паттерна ЭЭГ, что сопровождается оптимизацией психофизиологического состояния.

2. В характеристиках ЭЭГ высокий уровень тревожности, по сравнению с низким уровнем тревожности, у детей 10-11 лет отражается в повышенных величинах спектральной плотности мощности (СПМ) тета-ритма, бета2-ритма, а также в пониженных величинах СПМ альфа-ритма; у испытуемых 12-13 лет – в пониженных величинах СПМ альфа-ритма, отношений СПМ альфа-ритма к СПМ тета-ритма и СПМ сенсомоторного ритма (СМР) к СПМ тета-ритма; у подростков 14-15 лет – в пониженных величинах СПМ альфа-ритма, СМР и бета1-ритма, модальной частоты альфа-ритма, а также в пониженных величинах отношений СПМ альфа-ритма к СПМ тета-ритма, СПМ СМР к СПМ тета-ритма и СПМ бета1-ритма к СПМ тета-ритма.

3. В параметрах ВП и ССП высокий уровень тревожности у детей 10-11 лет находит отражение в сниженных амплитудах компонентов ВП P1, P2, волны P300, в повышенных амплитудах компонента N2 и в пониженных величинах латентных периодов ВП P1 и N1; у испытуемых 12-13 лет – в сниженных амплитудах потенциала P1, условной негативной волны и повышенных амплитудах потенциала N2; у подростков 14-15 лет – в сниженных амплитудах компонентов ВП P1, N1, волны P300, в пониженных величинах латентного периода потенциала N1 и в повышенных величинах латентного периода ВП P2.

4. Показатели различных частных видов тревожности (школьной, самооценочной, межличностной, «магической») не имеют строго специфического отражения в паттерне ЭЭГ и характеристиках ВП и ССП, что, предположительно, связано с тем, что в основе повышенной тревожности лежат в значительной мере общие церебральные механизмы. В то же время, значения частных видов тревожности по сравнению со значениями общей личностной тревожности у детей и подростков имеют более тесные корреляции с показателями ЭЭГ (при регистрации ЭЭГ в условиях открытых глаз диапазоны корреляций и уровней значимости для частных видов тревожности: $0,36 \leq r \leq 0,54$; $0,047 \leq P \leq 0,002$; для общей тревожности: $0,36 \leq r \leq 0,38$; $0,047 \leq P \leq 0,033$), ВП и ССП (для частных видов тревожности: $0,36 \leq r \leq 0,60$; $0,049 \leq P \leq 0,0005$; для общей тревожности: $0,38 \leq r \leq 0,48$; $0,039 \leq P \leq 0,006$). Исходя из этого, для выявления объективных

электроэнцефалографических показателей (индикаторов) повышенного уровня тревожности у детей и подростков целесообразно диагностировать не только общий уровень данного показателя, но и значения различных видов тревожности.

5. На основе полученных данных об отражении тревожности в паттерне ЭЭГ у детей и подростков выработана стратегия проведения сеансов ЭЭГ-ОС, направленная на увеличение амплитуды альфа-ритма, величины отношения амплитуды альфа-ритма к амплитуде тета-ритма и амплитуды СМР к амплитуде тета-ритма и снижение повышенного уровня тревожности.

6. После проведения сеансов на основе метода ЭЭГ-ОС у испытуемых экспериментальной группы наблюдалось значимое увеличение величин модальной частоты альфа-ритма (в отведениях P3, P4, T4, O1 и O2, $P < 0,05$), отношения амплитуды альфа-ритма к амплитуде тета-ритма (в отведениях P3 и O2, $P < 0,05$) и отношения амплитуды СМР к амплитуде тета-ритма (в отведениях F3 и O2, $P < 0,05$) по сравнению с исходными значениями данных показателей, тогда как контрольной группе испытуемых не наблюдалось значимых изменений аналогичных показателей. Для величины отношения амплитуды СМР к амплитуде тета-ритма после проведения сеансов были выявлены значимые различия между испытуемыми экспериментальной и контрольной групп в сторону больших значений данной величины у индивидов экспериментальной группы (в отведениях F3 и C3, $P < 0,05$). Проведение курса сеансов на основе метода ЭЭГ-ОС может быть рекомендовано для применения в оздоровительных учреждениях и центрах психологической помощи несовершеннолетним с целью оптимизации психофизиологического состояния детей и подростков.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Эйсмонт Е. В. Связь спектральных характеристик электроэнцефалограммы с уровнем тревожности у подростков 14-15 лет / Е. В. Эйсмонт, И. Р. Никифоров, В. Б. Павленко // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2007. – Т.20 (59), № 4. – С. 138–143. *Особистий внесок дисертанта - проведення експериментальних досліджень, обробка результатів, спільно з співавторами аналіз літератури.*

2. Эйсмонт Е. В. ЭЭГ-корреляты различных видов тревожности у подростков 14-15 лет / Е. В. Эйсмонт, Т. А. Алиева, Н. В. Луцюк, В. Б. Павленко // Нейрофизиология/ Neurophysiology. – 2008. – Т.40, № 5/6. – С. 448–456. *Особистий внесок дисертанта - проведення експериментальних досліджень, обробка результатів, спільно з співавторами аналіз літератури.*

3. Эйсмонт Е. В. Коррекция тревожности у детей и подростков с помощью курса сеансов обратной связи по характеристикам электроэнцефалограммы / Е. В. Эйсмонт, Т. А. Алиева, Н. В. Луцюк, В. Б. Павленко // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т.22 (61), № 4. – С. 286–294. *Особистий внесок дисертанта - проведення експериментальних досліджень, обробка результатів, спільно з співавторами аналіз літератури.*

4. Эйсмонт Е. В. Отражение тревожности в характеристиках вызванных ЭЭГ-потенциалов у детей 10-11 лет / Е. В. Эйсмонт, Н. В. Луцюк, В. Б. Павленко // Нейрофизиология/ Neurophysiology. – 2009. – Т.41, № 6. – С. 513–522. *Особистий внесок*

дисертанта - проведення експериментальних досліджень, обробка результатів, спільно з співавторами аналіз літератури.

5. Павленко В. Б. Применение цветовой стимуляции с обратной связью по ЭЭГ для коррекции повышенной тревожности / В. Б. Павленко, Д. Г. Губкина, Е. В. Эйсмонт, Т. А. Алиева, А. А. Келип // *Нейронауки: теоретичні та клінічні аспекти.* – 2008. – Т.4, № 1. – С. 49 (IV конференція Українського товариства нейронаук, 9–13 червня 2008 р. : тези доп. – Донецьк : ДНМУ, 2008). *Особистий внесок дисертанта - проведення експериментальних досліджень, обробка результатів.*

6. Эйсмонт Е. В. Психофизиологический подход к изучению и коррекции тревожности у детей и подростков / Е. В. Эйсмонт, Т. А. Алиева, Н. В. Луцук, С.-А. Мадяр, В. Б. Павленко // IV Международная научная конференция «Психофизиологические и висцеральные функции в норме и патологии», 8-10 октября 2008 г. : Киев : тез. докл. – Киев : КНУ, 2008. – С. 216-217. *Особистий внесок дисертанта - проведення експериментальних досліджень, обробка результатів.*

7. Эйсмонт Е. В. Электроэнцефалографические корреляты тревожности у детей и подростков и ее коррекция с помощью сеансов биологической обратной связи по ЭЭГ / Е. В. Эйсмонт, Т. А. Алиева, Н. В. Луцук, В. Б. Павленко // Наукова конференція «Системна організація психофізіологічних та вегетативних функцій». – Луцук : ВНУ, 2009. – С. 129–130. *Особистий внесок дисертанта - проведення експериментальних досліджень, обробка результатів.*

8. Эйсмонт Е. В. Коррекция психоэмоционального состояния детей и подростков с помощью сеансов нейротерапии с применением акустических и визуальных сигналов обратной связи / Е. В. Эйсмонт // XXXIX Научная конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов «Дни науки ТНУ им. В. И. Вернадского», 20 – 22 апреля 2010 г.: Симферополь : тез. докл. – Симферополь : Диайпи, 2010. – С. 48-49.

9. Ейсмонт Є. В. Відображення тривожності в характеристиках викликаних електроенцефалографічних потенціалів у дітей та підлітків віком від 10 до 13 років / Є. В. Ейсмонт, М. В. Луцук, В. Б. Павленко // Матеріали XVIII з'їзду Українського фізіологічного товариства з міжнародною участю, 20-22 травня 2010 р. : Одеса : тез. докл. – Фізіологічний журнал. – 2010. – Т. 56, № 2. – С. 63–64. *Особистий внесок дисертанта - проведення експериментальних досліджень, обробка результатів.*

АНОТАЦІЯ

Ейсмонт Є.В. Електрофізіологічний підхід до вивчення і зниження тривожності у дітей та підлітків – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук зі спеціальності 03.00.13 – фізіологія людини і тварин – Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, Сімферополь, 2010.

Дисертацію присвячено встановленню взаємозв'язків між показниками ЕЕГ, ВП і ППП та рівнем тривожності у практично здорових випробуваних 10-15 років, а також оцінці ефективності сеансів ЕЕГ-ЗЗ, направлених на зниження тривожності у дітей і підлітків. Встановлено, що високий рівень тривожності у дітей і підлітків в патерні ЕЕГ відображається в підвищених величинах СЩП тета- і бета 2-ритмів та знижених величинах СЩП альфа-ритму, сенсомоторного ритму (СМР), бета 1-ритму і модальної частоти альфа-ритму, а також відношень СЩП альфа і тета-ритмів, СМР і тета-ритму, бета 1- і тета-ритму; у параметрах

ВП і ППП – в знижених значеннях амплітуд потенціалів P1, N1, P2 умовної негативної хвилі, P300 і латентних періодів P1 і N1, в підвищених величинах амплітуди N2 і латентного періоду P2. Сеанси ЕЕГ-33, спрямовані на збільшення амплітуди альфа-ритму, відношення амплітуд альфа-, СМР і тета-ритмів, приводять до відповідних змін патерну ЕЕГ, що супроводжується оптимізацією психофізіологічного стану.

Ключові слова: електроенцефалограма, викликані потенціали, пов'язані з подіями потенціали, зворотний зв'язок за характеристиками ЕЕГ, тривожність, діти, підлітки.

АННОТАЦИЯ

Эйсмонт Е.В. Электрофизиологический подход к изучению и снижению тревожности у детей и подростков – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.13 – физиология человека и животных – Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, 2010.

Диссертация посвящена установлению взаимосвязей между показателями электроэнцефалограммы (ЭЭГ), вызванных и связанных с событиями потенциалов (ВП и ССП) и уровнем тревожности у практически здоровых детей и подростков 10-15 лет, а также оценке эффективности сеансов обратной связи по характеристикам ЭЭГ (ЭЭГ-ОС), направленных на снижение тревожности у детей и подростков.

В результате проведенного исследования было установлено, что высокий уровень тревожности у детей 10-11 лет находит отражение в повышенных мощностях тета-ритма, бета2-ритма, в пониженных мощностях альфа-ритма ЭЭГ, а также в сниженных амплитудах ВП P1, P2, волны P300, в повышенных амплитудах ВП N2 и в пониженных величинах латентных периодов ВП P1 и N1; у подростков 12-13 лет – в пониженных мощностях альфа-ритма, пониженных величинах отношений мощностей альфа-и тета-ритмов и сенсомоторного ритма (СМР) и тета-ритма ЭЭГ, а также в пониженных значениях амплитуды потенциала P1, условной негативной волны и повышенных значениях амплитуды потенциала N2; у подростков 14-15 лет – в пониженных величинах мощностей альфа-ритма, СМР и бета1-ритма, модальной частоты альфа-ритма, а также в пониженных величинах отношений мощностей альфа-и тета-ритмов, СМР и тета-ритма и бета1-и тета-ритмов, а также в сниженных амплитудах ВП P1, N1, волны P300, в пониженных величинах латентного периода ВП N1 и в повышенных величинах латентного периода ВП P2.

Показано, что значения частных видов тревожности по сравнению со значениями общей личностной тревожности у детей и подростков имеют более тесные корреляции с показателями ЭЭГ, ВП и ССП, что указывает на целесообразность диагностирования не только общего уровня тревожности, но и значения различных видов тревожности для выявления объективных ЭЭГ-индикаторов повышенного уровня тревожности у детей и подростков.

Получены данные о том, что сеансы ЭЭГ-ОС, направленные на увеличение амплитуды альфа-ритма, отношения амплитуд альфа- и тета-ритмов, СМР и тета-

ритма и проводимые с детьми и подростками, характеризующимися повышенным уровнем тревожности, приводят к соответствующим изменениям паттерна ЭЭГ, что сопровождается оптимизацией психофизиологического состояния.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, вызванные потенциалы, связанные с событиями потенциалы, обратная связь по характеристикам ЭЭГ, тревожность, дети, подростки.

SUMMARY

Eysmont E.V. The electrophysiological approach to research and decrease of anxiety in children and adolescents – Manuscript.

Dissertation for a candidate degree of biological sciences on speciality 03.00.13 – physiology of human and animals – Taurida National University named after V.I. Vernadsky, Simferopol, 2010.

This dissertation is devoted to establishment of interrelation between indexes of EEG, ERP and anxiety level in practically healthy probationers of 10-15 years old and also to an estimation of feedback sessions on EEG directed to anxiety decrease in children and adolescents.

It has been established that high level of anxiety in children and adolescents was expressed in increased values of spectral power density (SPD) of theta- and beta2-rhythms and decreased values of SPD of alpha-rhythm, sensorimotor rhythm (SMR), beta1-rhythm and alpha-rhythm modal frequency and also relations of SPD of alpha- and theta-rhythms, SMR and theta-rhythm, beta1- and theta rhythms; in ERP parameters it was characterized by lowered amplitudes of the following waves: P1, N1, P2, CNV, P300 and latent periods of P1 and N1 potentials, by increased values of N2 amplitude and P2 latent period. EEG-feedback sessions directed to increase of alpha-rhythm amplitude, alpha/theta and SMR/theta ratios lead to certain changes in EEG pattern accompanied by optimization of psychophysiological state.

Key words: electroencephalogram, event-related potentials, feedback on characteristics of EEG, anxiety, children, adolescents.