

На правах рукописи

ДЁМИН Денис Борисович

**НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВАРИАНТОВ
ВЕГЕТАТИВНОГО ТОНУСА У ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ
В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА**

03.03.01 – физиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
доктора медицинских наук

Архангельск – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт физиологии природных адаптаций Уральского отделения Российской академии наук» в лаборатории биоритмологии.

Научный консультант: доктор биологических наук, доцент
Поскотинова Лилия Владимировна

Официальные оппоненты: **Клименко Виктор Матвеевич**
доктор медицинских наук, профессор, ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины» (г. Санкт-Петербург), заведующий физиологическим отделом имени И.П. Павлова и лабораторией нейробиологии интегративных функций мозга

Мейгал Александр Юрьевич
доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» (г. Петрозаводск), главный научный сотрудник Управления научных исследований, профессор кафедры физиологии человека и животных, патофизиологии, гистологии

Попова Ольга Николаевна
доктор медицинских наук, доцент, ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет» (г. Архангельск) Министерства здравоохранения Российской Федерации, профессор кафедры гигиены и медицинской экологии

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина» (г. Москва)

Защита диссертации состоится « ____ » _____ 2016 года в ____ часов на заседании диссертационного совета Д 208.004.01 при Государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России по адресу: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51; www.nsmu.ru

Автореферат разослан « ____ » _____ 2016 г.

Учёный секретарь совета по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, доктора наук
доктор медицинских наук, профессор

Вилова Татьяна Владимировна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Возможность человека приспосабливаться (адаптироваться) к постоянно меняющимся условиям внешней среды является важнейшим биологическим свойством, сформировавшимся в процессе длительной эволюции (Орбели Л.А., 1961). Рост и развитие подростка обуславливают как генетические факторы, так и климатоэкологические особенности региона проживания (Кривошеков С.Г., 2012). Климатические условия Севера, в зависимости от географической широты, колеблются от крайне суровых за Полярным кругом, до относительно дискомфортных в приполярных районах (Казначеев В.П., 1980). В таких экстремальных условиях среды обитания наблюдается сокращение резервных возможностей организма человека (Совершаева С.Л., 2002; Ткачёв А.В., 2004; Роцевский М.П., 2004; Бойко Е.Р., 2005; Бичкаева Ф.А., 2006; Типисова Е.В., 2007; Поскотинова Л.В., 2009; Гудков А.Б., 2012; Хаснулин В.И., 2014 и др.), запаздывание в возрастном становлении морфофункциональных систем у подростков и формировании адекватных межсистемных взаимоотношений (Доброеева Л.К. с соавт., 2004; Щёголева Л.С., 2005; Сороко С.И. с соавт., 2006; Губкина З.Д., 2007).

Значимым природным фактором дискомфортности условий Европейского Севера России является нехватка необходимых для организма человека микроэлементов, в частности указанные территории относят к йоддефицитным биогеохимическим провинциям (Дедов И.И., 2010; Сибилева Е.Н., 2011). Дефицит йода в окружающей природной среде приводит к снижению синтеза тиреоидных гормонов, а гипотиреоз в подростковом возрасте может вызывать нарушение процессов дифференцировки нейронов и миелинизации их волокон в коре головного мозга (Касаткина Э.П., 2010; Bernal J., 2007).

Головной мозг является важным регулирующим и координирующим центром, обеспечивающим восприятие и анализ параметров внешней среды, поиск врожденных и приобретенных в процессе жизни оптимальных программ взаимодействия с окружающей средой и адаптации к ней (Сороко С.И., 2005). Установлены особенности организации биоэлектрической активности головного мозга у детей и подростков на различных возрастных этапах (Фарбер Д.А., 1999; Мачинская Р.И., 2006). Дискомфортные климатические условия окружающей среды Севера отражаются на функционировании стволовых структур головного мозга детей и подростков (Сороко С.И., Рожков В.П., 2009-2013), а также на пространственно-временной организации его корковой ритмики и особых корково-подкорковых взаимоотношениях (Грибанов А.В. с соавт., 2005-2013; Соколова Л.В., 2006; Морозова Л.В., 2008). Вместе с тем, сравнительный анализ возрастных особенностей функциональной активности мозга и вегетативных функций у подростков, проживающих на разных географических широтах и в различных климатических условиях Арктической зоны России, детально в научной литературе не представлен.

Характер взаимодействия функциональных систем организма подростка, направленных на поддержание гомеостаза, их устойчивость в процессе адаптации организма к экстремальным условиям Севера во многом зависит и от типов вегетативной регуляции (Максимов А.Л. с соавт., 2013). Вегетативная нервная система интегрирует функции всех внутренних органов, в том числе опосредованно через модуляцию активности высших корковых центров. Одной из существенных характеристик индивидуальных особенностей человека является баланс активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, в соответствии с которым группируют лиц с различными её типами, обладающими

определёнными функциональными особенностями (Баевский Р.М., 2002). Механизмы вегетативной регуляции сердечной деятельности у детей и подростков на Севере также подвержены сочетанному влиянию неблагоприятных климатических факторов, что нередко приводит к возникновению нейровегетативных расстройств (синдром вегетативной дистонии, артериальная гипертензия) (Волокитина Т.В., 2002; Макарова В.И. с соавт., 2014).

Одними из перспективных методов сохранения функциональных резервов регуляторных систем человека в различных дискомфортных условиях, а также немедикаментозной коррекции сосудистой дистонии являются методы биоуправления длительностью кардиоинтервалов (Сороко С.И. с соавт., 2010; Суворов Н.Б., 2014; Штарк М.Б. с соавт., 2013) и интегральными параметрами сердечного ритма (Бразовская Н.Г., 2002; Койчубеков Б.К., 2013; Vaschillo Ye., Lehrer P., 2003; Lin G. et al., 2012), при которых происходит усиление вагусных влияний на ритм сердца и снижение явлений симпатикотонии. Использование метода биоуправления интегральными параметрами variability ритма сердца в качестве когнитивного теста позволяет оценить эффективность функционирования кортико-висцеральных связей у лиц с нейровегетативными нарушениями (Поскотинова Л.В. с соавт., 2008-2015; Wells R. et al., 2012; Prinsloo G., 2013).

Цель исследования: выявить особенности формирования биоэлектрической активности мозга и механизмов нейровегетативной регуляции сердечной деятельности у подростков, проживающих в климатогеографических условиях Приполярных и Заполярных территорий Европейского Севера, с учётом исходного физиологического статуса и при биоуправлении параметрами ритма сердца.

Для реализации поставленной цели решались следующие **задачи:**

1. Изучить возрастные особенности становления вегетативных функций и биоэлектрической активности головного мозга у подростков Приполярных и Заполярных территорий Европейского Севера.
2. Оценить значимость фонового тиреоидного статуса и вегетативного тонуса в становлении функциональной активности мозга подростков, проживающих на Приполярных и Заполярных северных территориях.
3. Определить варианты нейрофизиологических реакций при однократном сеансе биоуправления параметрами сердечного ритма у подростков в рамках контролируемого исследования, в зависимости от успешности выполнения процедуры и динамики альфа-активности ЭЭГ в ходе проведения тренинга.
4. Установить реактивность полиграфических показателей при однократном сеансе кардиобиоуправления у подростков-северян в зависимости от района их проживания и исходного вегетативного тонуса.
5. Выявить особенности изменения биоэлектрической активности мозга и вегетативных функций при выполнении курса из 10 сеансов биоуправления параметрами variability ритма сердца у подростков с различным исходным вегетативным тонусом.

Концепция работы: различные темпы созревания биоэлектрического паттерна мозга и механизмов нейровегетативной регуляции сердечной деятельности у подростков обусловлены неоднородностью климатогеографических условий Приполярных и Заполярных северных территорий, вариантами исходного тиреоидного профиля и вегетативного тонуса, а также определяют особенности функциональных изменений при биоуправлении параметрами ритма сердца.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Возрастные особенности становления биоэлектрической активности головного мозга, вегетативной регуляции сердечной деятельности и функционирования центральной гемодинамики у 14-17 летних подростков Приполярных ($64^{\circ}30'$ с.ш.) и Заполярных ($67^{\circ}40'$ с.ш.) территорий Европейского Севера обусловлены различными климатогеографическими условиями проживания.
2. Характеристика функциональной активности мозга подростков, проживающих на Приполярных и Заполярных северных территориях, зависит от исходного вегетативного тонуса, определяющего степень напряжения центральных механизмов регуляции функций организма, а также от фонового тиреоидного статуса, определяющего уровень энергетической потребности мозга.
3. Варианты нейрофизиологических и гемодинамических реакций при однократном сеансе биоуправления с целью усиления вагусных влияний на ритм сердца у подростков-северян зависят от района их проживания, исходного вегетативного тонуса, динамики альфа-активности ЭЭГ в ходе проведения тренинга и успешности выполнения процедуры.
4. Степень реактивности, характер изменений церебральной активации и гемодинамических показателей, а также стабильность эффекта от начала до завершения курса из 10 сеансов биоуправления параметрами variability ритма сердца у подростков определяется их исходным тонусом вегетативной нервной системы.

Научная новизна исследования. Впервые, на основании комплексного исследования подростков 14-17 лет, родившихся и постоянно проживающих в Приполярном и Заполярном районах Европейского Севера России, выявлена северная специфика возрастного формирования биоэлектрических процессов их головного мозга, реакций мозга на стимуляцию, особенностей становления вегетативных функций и функционального состояния щитовидной железы.

Для каждого исследуемого района определена доля лиц с различным исходным вегетативным тонусом, выявлены характерные региональные особенности показателей variability сердечного ритма и центральной гемодинамики, показаны темпы возрастного формирования электрогенеза различных областей головного мозга, характер устойчивости ритмозадающих структур мозга к фотостимуляции. На основании клинической обработки ЭЭГ описаны варианты выявленных нарушений её структуры.

Определены особенности становления функциональной активности мозга подростков-северян в зависимости от содержания в сыворотке крови гормонов тиреоидного звена регуляции (тиреотропин, тироксин, трийодтиронин) и от исходного типа вегетативной нервной системы.

Впервые сформулированы предпосылки для усовершенствования контроля качества сеансов биологической обратной связи параметрами variability сердечного ритма по неуправляемым полиграфическим показателям (ЭЭГ, кожно-гальванической реакции, АД) и на основании этих данных получены новые сведения о нейрофизиологических механизмах реализации эффектов биоуправления.

Установлено, что достижение успеха при проведении сеансов биологической обратной связи по параметрам variability сердечного ритма формируется различными вариантами изменений количественного и спектрального паттерна основного ритма биоэлектрической активности мозга подростка, которые

обусловлены как индивидуальным выбором когнитивной стратегии, так и исходным вегетативным тонусом. Выявлены характерные регионально-широтные отличия изучаемых полиграфических показателей в динамике БОС-тренинга у подростков, а также различия в силе и топической локализации ЭЭГ ответов у лиц с различной успешностью выполнения процедуры биоуправления и у лиц из группы контроля.

Показано, что курс из 10 сеансов адаптивного биоуправления у подростков с преобладанием симпатических влияний на активность сердечной деятельности приводит к стабилизации артериального давления и в большинстве случаев способствует оптимизации функциональной активности мозга и повышению устойчивости подкорковых структур регуляции.

Научно-практическая значимость исследования, внедрение результатов.

Полученные результаты позволяют расширить представления об особенностях процессов возрастного развития мозга и становления вегетативных функций у подростков, проживающих в различных климатогеографических условиях Севера. Данные о сроках возрастного формирования амплитудно-частотных параметров, структуры взаимодействия компонентов ЭЭГ свидетельствуют о гетерохронности (неравномерности) «созревания» мозговых структур у подростков из Приполярного и Заполярного районов. На основе оценки межсистемных взаимодействий (нейровегетативной и эндокринной регуляции) у подростков из этих северных регионов показаны различия в степени влияния исходного вегетативного тонуса и тиреоидного профиля на становление биоэлектрической активности мозга, что позволяет понять механизмы формирования адаптации к более суровым природно-климатическим условиям Севера. Результаты работы являются теоретической основой при разработке региональных возрастных физиологических нормативов для подростков Европейского Севера.

Основные результаты работы могут быть использованы в качестве методических рекомендаций для специалистов медико-биологического профиля по разработке широко применяемых в последнее время индивидуальных программ коррекции нейровегетативных расстройств на основе биоуправления параметрами ритма сердца с учётом исходной церебральной активности по данным ЭЭГ.

Материалы диссертации использованы в работе по совершенствованию диагностики и профилактики сердечно-сосудистой и неврологической патологии в Архангельской областной детской клинической больнице имени П.Г. Выжлецова (акт внедрения от 22.09.2015), внедрены в лечебную деятельность для коррекции функциональных расстройств при артериальной гипертензии в медицинской компании «Биокор» (от 03.09.2015). Теоретические сведения диссертации использованы при подготовке учебно-методических разработок для студентов ВУЗов, а также для курсов лекций и практических занятий на кафедре экологической физиологии и биохимии Северного (Арктического) федерального университета (от 07.09.2015) и в Архангельском педагогическом колледже (от 24.09.2015).

Легитимность исследования подтверждена решением Учёного совета Института физиологии природных адаптаций УрО РАН (протокол № 7 от 18.12.2009). Диссертационное исследование выполнено в соответствии с комплексными планами НИР Института физиологии природных адаптаций УрО РАН (№№ 0120.1.256462 и 0120.0.951604) и при финансовой поддержке грантов РФФИ № 08-04-09210 (2008); Фонда содействия отечественной науке (2008-2009); Президиума УрО РАН № 12-У-4-1019 (2012-2014) и Президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине» № 12-П-4-1038 (2012-2014).

Апробация материалов диссертации. Основные положения диссертации доложены и обсуждены на научных семинарах Института физиологии природных адаптаций УрО РАН (Архангельск, 2007-2015); на заседании проблемной комиссии Северного государственного медицинского университета по физиологии и восстановительной медицине (Архангельск, 2015); на заседаниях Архангельского отделения Физиологического общества им. И.П. Павлова (2007-2016) и более 40 научных конференциях: Международной конференции «Погода и биосистемы» (Санкт-Петербург, 2006); Международных совещаниях по эволюционной физиологии (Санкт-Петербург, 2006, 2011); Съездах Физиологического общества им. И.П. Павлова (Москва, 2007; Калуга, 2010); Научно-практических конференциях НИИ медицинских проблем Севера СО РАМН «Вопросы сохранения и развития здоровья населения Севера и Сибири» (Красноярск, 2007, 2010); Всероссийских конференциях с международным участием «Медико-физиологические проблемы экологии человека». (Ульяновск, 2007, 2012); Всероссийских научно-практических конференциях «Фундаментальные аспекты компенсаторно-приспособительных процессов» (Новосибирск, 2007, 2009, 2011, 2013); Сибирских физиологических съездах (Барнаул, 2008; Красноярск, 2012); Съездах физиологов СНГ (Кишинёв, Молдова, 2008; Ялта, Украина, 2011; Сочи, 2014); Всероссийской научно-практической конференции «Физиология адаптации» (Волгоград, 2008); Международных конференциях «Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии» (Ялта, Украина, 2008, 2009); Всероссийских симпозиумах «Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и практическое применение» (Ижевск, 2008, 2011); Международных междисциплинарных конгрессах «Нейронаука для медицины и психологии» (Судак, Украина, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013; Судак, Россия, 2014, 2015); Международной научно-практической конференции «Циркумпольярная медицина: влияние факторов окружающей среды на формирование здоровья человека» (Архангельск, 2011); Международной научной конференции «Психофизиологические и висцеральные функции в норме и патологии» (Киев, Украина, 2012); Международной конференции «Информационные технологии в неврологии» (Киев, Украина, 2013); Всероссийской научно-практической конференции «Нейрофизиологические исследования в клинике» (Москва, 2013); Всероссийской научно-практической конференции «Порядок и стандарты оказания помощи детям с эндокринной патологией» (Архангельск, 2013); Международной конференции «Резервные возможности адаптации и компенсаторные реакции у людей, работающих в условиях Арктики» (Архангельск, 2014); Всероссийской научной конференции «Фундаментальные проблемы нейронаук» (Москва, 2014); Международной конференции «Клиническая нейрофизиология и нейрореабилитация» (Санкт-Петербург, 2015); Всемирных Форумах FENS по нейронаукам (Барселона, Испания, 2012; Милан, Италия, 2014); Европейском конгрессе ассоциации эпидемиологов EuroEpi (Копенгаген, Дания, 2013); Всемирном конгрессе эпидемиологов (Анкоридж, Аляска, США, 2014) и др.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности:
03.03.01 «Физиология» по областям исследований:

- п. 3 – исследование закономерностей функционирования основных систем организма (нервной, иммунной, сенсорной, двигательной, крови, кровообращения, лимфообращения, дыхания, выделения, пищеварения, внутренней секреции и др.);
- п. 8 – изучение физиологических механизмов адаптации человека к различным географическим, экологическим, трудовым и социальным условиям.

Личный вклад автора составляет не менее 95 % и заключается в разработке программы и дизайна исследования, сборе и первичной обработке его материалов, создании электронных баз данных, выполнении статистического анализа и изложении в диссертации его результатов, а также в написании обзора литературы, обсуждении результатов, выводов и разработке практических рекомендаций.

Публикации. По материалам исследования опубликовано 58 научных работ, в том числе 28 статей в отечественных и зарубежных журналах, рекомендованных в действующем перечне ВАК РФ, 5 статей в иных рецензируемых журналах, главы в 3 коллективных монографиях, 2 патента на изобретение.

Структура и объём диссертации. Диссертация изложена на 270 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, глав результатов собственных исследований и их обсуждения, заключения, выводов и практических рекомендаций. Работа иллюстрирована 30 рисунками и содержит 10 таблиц. Библиографический указатель включает 450 источников, в том числе 277 отечественных и 173 зарубежных.

ОРГАНИЗАЦИЯ, ОБЪЁМ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено рандомизированное поперечное (на 1 и 2 этапах) и продольное (на 3 этапе) контролируемое исследование, выполненное в осенние периоды (сентябрь-октябрь) в течение 5 лет с 2009 по 2013 г.г. В комплексном обследовании принимали участие 426 практически здоровых подростка обоих полов в возрасте от 14 до 17 лет, родившихся и постоянно проживающих в районах разных географических широт и климатических условий Европейского Севера России. К району приполярных широт относили север Архангельской области (Приморский район: посёлки Рикасиха, Маймакса – 64°30' с.ш.), к району заполярных широт относили Ненецкий автономный округ (Заполярный район: национальные посёлки Ома – 66°40' с.ш., Нижняя Пёша – 66°45' с.ш., Индига – 67°40' с.ш., Красное – 67°50' с.ш.). Продолжительность светового дня в сентябре-октябре на указанных географических широтах была сопоставима и отличалась на 10-15 минут (Трешников А.В., 1985).

Испытуемых лиц выбирали на добровольной основе, критерием исключения при первичном отборе служило наличие в анамнезе травм головного мозга, хронических (неврологических и эндокринных) или недавно перенесённых острых заболеваний. Исследования проводили с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации и Директивах Европейского сообщества (8/609ЕС). От всех подростков и их родителей было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании, одобренном Комиссией по биомедицинской этике Института физиологии природных адаптаций УрО РАН.

Исследования проводили на базе поселковых школ и лечебных учреждений. Обследованные подростки относились к I-II группе здоровья, особых различий в социально-экономическом положении обследованных лиц в указанных районах не выявлено, все подростки являлись сельскими жителями. В определении уровня здоровья, физического и полового развития принимали участие автор настоящей диссертационной работы и врач, д.б.н., доцент Поскотинова Л.В. При первичном отборе у подростков были определены основные антропометрические показатели – длина и масса тела по унифицированной методике (Воронцов И.М., 2009). Предварительный анализ выборок не выявил выраженных половых различий изучаемых показателей, что позволило объединить данные лиц мужского (♂) и

женского (♀) пола. Возрастное разделение подростков осуществляли с учётом статистического возраста обследуемых. Количество обследованных подростков в каждой возрастной группе Приполярного района составило: 14 лет – 52 чел. (♂29, ♀23); 15 лет – 57 чел. (♂27, ♀30); 16 лет – 80 чел. (♂33, ♀47); 17 лет – 71 чел. (♂26, ♀45); в каждой группе Заполярного района: 14 лет – 47 чел. (♂23, ♀24); 15 лет – 51 чел. (♂27, ♀24); 16 лет – 36 чел. (♂16, ♀20); 17 лет – 32 чел. (♂17, ♀15).

На первом этапе исследования определяли фоновые показатели биоэлектрической активности головного мозга, variability сердечного ритма, центральной гемодинамики, полиграфические показатели вегетативной регуляции, а также уровни тиреоидных гормонов в сыворотке крови у подростков, проживающих на приполярных и заполярных территориях Европейского Севера. Типизацию групп при обработке результатов проводили в зависимости от района проживания, возраста, вегетативного и тиреоидного статуса. Всего на данном этапе обследовано 426 подростков, проведено около 3000 исследований, проанализировано около 20000 различных показателей.

Биоэлектрическую активность головного мозга оценивали в комфортной, привычной для испытуемых обстановке в период с 9 до 14 часов. Перед исследованием проводили опрос для исключения лиц с возможными нарушениями режима труда и отдыха, наличием социально обусловленных стрессовых состояний (напряжения, дискомфорта или утомления). В виде рекомендации испытуемым лицам давалась установка на поддержание состояния спокойствия и расслабленности с целью возможной унификации их психологического состояния. Электроэнцефалограмму (ЭЭГ) регистрировали сидя, в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами при помощи электроэнцефалографа-анализатора ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» (НПКФ «Медиком МТД», г. Таганрог) монополярно от 16 стандартных отведений с ушными референтными электродами, установленных по международной системе «10-20» в полосе 1-35 Гц. При оценке ЭЭГ каждого испытуемого, выделяли безартефактные отрезки записи длительностью 60 секунд на каждом этапе сеанса, спектр анализировали по дельта- (1,6-3,9 Гц), тета- (4-6,9 Гц), альфа- (7-12,9 Гц), бета₁- (13-24 Гц) диапазонам.

Для количественной оценки спектра ЭЭГ в каждом частотном диапазоне проводили усреднённую для каждого испытуемого оценку максимальной амплитуды (мкВ), индекса (%), абсолютных значений мощностей (мкВ²), доминирующих частот, реакции усвоения ритмов фотостимуляции в диапазоне частот 4-22 Гц с вариантами гармоник первого и второго порядка. Исходя из того, что ЭЭГ является полиритмическим процессом – в один и тот же отрезок времени записи может отмечаться наложение волн более высокой частоты на волны более низкой. Для расчёта временного индекса выраженности использовали выделение полуволн каждого частотного диапазона из полиморфного сигнала ЭЭГ, включающего в себя суперпозицию волн различных ритмов, и вычисляли процент времени присутствия волн заданного диапазона ЭЭГ за период эпохи анализа.

Одновременно с регистрацией ЭЭГ проводили оценку variability сердечного ритма (ВСР) при помощи кардиоинтервалографического исследования с использованием аппаратно-программного комплекса «Варикард» («Рамена», г. Рязань), состоящего из автономного прибора и специализированного программного обеспечения, совместимого с персональным компьютером. Система предусматривала автоматическую обработку замеров длительности RR-интервалов электрокардиограммы во втором стандартном отведении с расчётом показателей ВСР.

Оценку состояния вегетативной нервной системы осуществляли по показателям ВСР. В данной работе в качестве статистической характеристики динамического ряда кардиоинтервалов использовали индекс напряжения регуляторных систем (Stress Index – SI, усл. ед.), рассчитанный по формуле: $SI = A_{Mo} / 2Mo \times M \times DMn$, где $A_{Mo}\%$ – амплитуда моды, Mo – мода, $M \times DMn$ – вариационный размах значений RR в динамическом ряду как показатель активности симпатического звена вегетативной регуляции. При спектральном анализе колебаний длительности кардиоинтервалов после выполнения быстрого преобразования Фурье оценивали общую мощность спектра колебаний длительности кардиоинтервалов (Total Power – TP, mc^2), как показатель преобладания парасимпатических влияний на ритм сердца при коротких записях. (Баевский Р.М., 2002).

В качестве дополнительных методов оценки функционального состояния вегетативной нервной системы использовали регистрацию некоторых полиграфических показателей. Регистрацию спонтанной кожно-гальванической реакции (СКГР) проводили одновременно с записью ЭЭГ на ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» при помощи двух стандартных электродов закрепленных на предварительно обезжиренную ладонную поверхность дистальных фаланг указательного и среднего пальцев руки испытуемого. При анализе СКГР учитывали динамическое изменение её амплитуды (мВ). Фиксацию артериального давления (АД, мм рт. ст.) и частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин) производили в конце каждого этапа исследования трёхкратно с последующим усреднением показателей при помощи метрологически аттестованного автоматического измерителя артериального давления (тонометра) «A&D Medical» (модель UA-668, Япония). Уровень фонового артериального давления определяли по центильным таблицам, рекомендованным Ассоциацией детских кардиологов России в соответствии с возрастом, полом и длиной тела (Москва, 2009). Констатация систолического или диастолического АД на уровнях, превышающих границу 90 центиля для данного возраста, пола и длины тела расценивалась как пограничная артериальная гипертензия. Оценку фоновой ЧСС проводили по центильным таблицам, ориентируясь на статистические нормативные данные (Воронцов И.М., 2009).

В день проведения электрофизиологических исследований, до их начала, у подростков забирали кровь: натошак, из локтевой вены с 8 до 9 часов утра, центрифугировали, отбирали и замораживали сыворотку для дальнейших исследований. В сыворотке крови определяли уровни тиреотропина (ТТГ), гормонов щитовидной железы (тироксин – T_4 , трийодтиронин – T_3). Гормоны определяли на автоматическом иммуноферментном анализаторе «Evolis» фирмы «Bio-Rad» (Германия), коммерческими наборами «Monobind» (США). Использовали диапазоны колебаний гормональных показателей для исследуемой возрастной группы согласно инструкциям к наборам для иммуноферментного анализа гормонов: ТТГ – 0,28–6,82 мМЕ/л; T_4 – 2,8–13,2 нг/мл; T_3 – 0,19–2,18 нг/мл.

На втором этапе исследования определяли показатели биоэлектрической активности головного мозга, вариабельности сердечного ритма, центральной гемодинамики и полиграфические показатели вегетативной регуляции в динамике однократного сеанса биоуправления параметрами ВСР у подростков проживающих на обследуемых территориях. На данном этапе типизацию групп при обработке результатов проводили в зависимости от района проживания, возраста, исходного вегетативного тонуса, динамики альфа-активности ЭЭГ в ходе проведения кардиотренинга и успешности выполнения данной процедуры. Всего на данном этапе

обследовано 346 подростков, проведено более 3700 исследований, проанализировано более 43000 различных показателей.

Сеансы биологической обратной связи (БОС) проводили по авторской методике Поскотиновой Л.В., Семёнова Ю.Н. – патент РФ на изобретение № 2317771. Для реализации принципа БОС, в процессе регистрации электрокардиограммы во II стандартном отведении на аппаратно-программном комплексе «Варикард» («Рамена», г. Рязань), обследуемый получал на экране монитора информацию о состоянии общей мощности спектра ВСР (дисперсии кардиоинтервалов) в виде линейного графика и цифровых показателей.

В динамике сеанса обновление указанных показателей происходило каждые 4 секунды по принципу «скользящего» окна, общая продолжительность БОС-тренинга составляла 5 минут. Перед началом исследования подростка инструктировали о том, что изменение графика на экране монитора зависит от его внутреннего состояния, цель тренинга – увеличение общей мощности спектра ВСР (повышение графика). Состояние, отражающее изменение выбранного параметра, формировалось посредством стратегии «свободного поиска» – создания положительно окрашенных мысленных образов в сочетании со спокойным глубоким дыханием с эффективным плавным выдохом и мышечной расслабленностью.

Схема сеанса включала четыре этапа:

- 1) 5-минутная запись ЭЭГ с закрытыми глазами (регистрация фона, реакция активации и ритмическая фотостимуляция) с одновременной регистрацией параметров ВСР;
- 2) 5-минутная процедура БОС проводимая с открытыми глазами по вышеописанной методике без регистрации ЭЭГ;
- 3) регистрация реакции последствия (воспроизведение комфортного состояния без сигналов обратной связи) – 5-минутная запись ЭЭГ и ВСР с закрытыми глазами (повторение первого этапа);
- 4) 2-минутная запись ЭЭГ с закрытыми глазами (заключительный фон).

На этапе обработки результатов, успешность выполнения процедуры биоуправления оценивали по динамике показателей variability сердечного ритма: общей мощности спектра (TP) и индекса напряжения регуляторных систем (SI). Если происходило увеличение активности парасимпатической части вегетативной регуляции (увеличение TP и снижение SI), то констатировали успешно выполненную процедуру и сохранность функциональных резервов вегетативной регуляции ритма сердца. Если такового увеличения не происходило или симпатическая активность становилась доминирующей, то выполненную процедуру признавали неуспешной и фиксировали снижение функциональных резервов вегетативной регуляции ритма сердца (Поскотинова Л.В., 2009).

В качестве группы контроля выступили 40 подростков 16-17 лет из Приморского района Архангельской области. Схема исследования у них включала также четыре этапа, но вместо проведения БОС-тренинга (2 этап) обследуемые лица в течение 5 минут находились в состоянии спокойного бодрствования с открытыми глазами. При этом обследуемый подросток не получал никакой информации об изменении параметров собственного организма.

На третьем этапе исследования определяли показатели биоэлектрической активности головного мозга, variability сердечного ритма и центральной гемодинамики при выполнении курса сеансов биоуправления параметрами ВСР у

подростков с различным исходным вегетативным тонусом. С каждым подростком было проведено 10 сеансов БОС-тренинга по вышеописанной методике, сеансы проводили в течение 2 недель, ежедневно, кроме выходных дней. Для контроля эффективности адаптивного биоуправления во время первого и заключительного сеанса проводили оценку биоэлектрической активности головного мозга. Всего на данном этапе обследовано 57 подростков, проведено более 3700 исследований, проанализировано около 21000 различных показателей.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием компьютерного пакета прикладных программ Statistica v. 6.0 (StatSoft Inc., США). Оценку переменных на нормальность распределения проводили с помощью описательной статистики (асимметрия, эксцесс), а также критерия Shapiro-Wilk ($n < 50$). Результаты описательной статистики для выборок, подчиняющихся закону нормального распределения, представляли в виде средних значений (M) и стандартных отклонений (SD), а для выборок, не подчиняющихся этому закону – в виде медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей (25-75 перцентилей).

В случаях нормального распределения переменных использовали однофакторный анализ – Student's t-test для зависимых выборок с поправкой Bonferroni. В случаях несоответствия закону нормального распределения использовали непараметрические критерии: Wilcoxon для двух зависимых выборок, Mann-Whitney и критерий χ^2 (сравнение процентных долей) для двух независимых групп, Kruskal-Wallis для нескольких независимых групп.

Корреляционный анализ параметров проводили с учётом ранговой корреляции по Spearman (r_s). Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимали за $p < 0,05$. Множественный регрессионный анализ проводили методом пошагового включения предикторов. Предикторами выступали эндокринные параметры, а зависимыми величинами – показатели ЭЭГ. Учитывали регрессионные уравнения, в которых статистически значимы само уравнение (F -критерий $< 0,05$) и его коэффициенты « B » ($p < 0,050-0,001$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных нами сравнительных трансширотных исследований по изучению **особенностей возрастного становления вегетативной регуляции сердечной деятельности и функционирования центральной гемодинамики** у подростков 14-17 лет, проживающих на Арктических территориях России, в Приполярных и Заполярных её районах показали отчётливое возрастное повышение артериального давления ($p < 0,05-0,001$) у обследованных подростков (табл. 1). Доля лиц с пограничной артериальной гипертензией (с уровнем АД превышающим границу 90 центиля) также увеличивается с возрастом и достигает 63 % к 17 годам. По данным показателей ВСР и центральной гемодинамики среди подростков заполярного Севера отмечено значимое увеличение доли лиц с преобладанием симпатических влияний на активность сердечной деятельности, по сравнению со сверстниками из Приполярного района. Наибольшие адренергические влияния на сердечно-сосудистую систему выявлены у 15-летних подростков Заполярного района, когда за счёт активации положительных хронотропных механизмов сердечной регуляции отмечены более высокие ($p < 0,05-0,01$), в сравнении со сверстниками из Приполярного района, значения систолического АД, ЧСС и индекса напряжения регуляторных систем, а также более низкие значения общей мощности спектра ВСР.

Таблица 1

Показатели центральной гемодинамики и вариабельности сердечного ритма в различных возрастных группах подростков Приполярного (ПР) и Заполярного (ЗР) северных районов *Me* (25-75 перцентили)

Показатель	Район	14 лет	15 лет	16 лет	17 лет
САД, мм рт.ст.	ПР	110,5 (108,0-118,8)	109,0 (106,0-116,0)	112,0 (108,8-121,0)	117,0 (109,5-122,0)
	ЗР	111,0 (106,0-117,5)	117,5 ^{×××,##} (111,8-127,3)	114,0 (110,0-122,0)	119,0 [×] (112,0-128,0)
ДАД, мм рт.ст.	ПР	74,5 (69,3-78,0)	75,0 (70,0-79,0)	78,0 ^{××} (73,0-84,0)	80,0 (74,0-84,0)
	ЗР	74,0 (69,5-80,5)	78,0 ^{××} (75,0-82,0)	77,0 (72,8-81,3)	81,0 [×] (76,0-86,0)
ЧСС, уд / мин	ПР	78,5 (73,8-87,5)	73,0 [×] (67,0-81,0)	76,0 (69,0-87,0)	76,0 (69,0-83,0)
	ЗР	76,0 (71,5-83,0)	78,0 [#] (73,0-83,5)	71,0 ^{××,##} (66,5-80,0)	76,0 (68,5-81,0)
SI, усл. ед.	ПР	125,0 (72,3-169,0)	89,5 (51,0-147,3)	91,0 (53,0-123,0)	91,0 (55,0-148,0)
	ЗР	130,0 (68,0-192,5)	121,0 [#] (72,0-210,8)	104,0 (55,8-172,3)	112,0 (58,0-156,5)
TP, мс ²	ПР	2059 (1444-3317)	2783 (2008-4628)	2493 (1466-4144)	2514 (1358-3688)
	ЗР	1991 (1296-2975)	2072 [#] (1473-3170)	1913 (1375-3485)	2093 (1333-3716)

Примечание. Статистически значимое отличие между возрастными группами (в сравнении с предыдущей) в одном районе проживания: × – $p < 0,05$; ×× – $p < 0,01$; ××× – $p < 0,001$; # – между выборками Приполярного и Заполярного районов соответствующей возрастной группы.

При первичной оценке преобладающего типа вегетативной регуляции сердечного ритма нами принимались во внимание значения индекса напряжения, который адекватно отражает активность симпатoadреналовой системы (Баевский Р.М., 2002). Соответственно все испытуемые в обоих районах были дополнительно разделены на 3 группы: лица с преобладанием вагусных влияний (ваготоники, SI ≤ 49 усл. ед.); лица со сбалансированным вегетативным тонусом (нормотоники, SI в диапазоне 50-150 усл. ед.) и лица с преобладанием симпатических влияний на активность сердечной деятельности (симпатотоники, SI ≥ 151 усл. ед.).

Среди подростков заполярного Севера в сравнении с приполярными сверстниками нами было отмечено значимое снижение доли лиц с преобладанием вагусных влияний на активность сердечной деятельности (9,6 % против 23,5 %, $p < 0,001$), при значимом увеличении доли лиц с преобладанием симпатических влияний (38 % против 27,7 %, $p < 0,05$). Процессы адаптации к более суровым природно-климатическим условиям заполярного Севера характеризуются гетерохронностью нейрогормонального формирования организма подростков,

способной вызывать избыточную активацию симпатoadреналовой системы и различные нарушения сосудистого тонуса. По мнению ряда авторов (Степанова Г.К., 2010; Солонин Ю.Г., 2012), преобладание тонуса симпатической нервной системы над тонусом парасимпатической играет существенную роль в обеспечении биоэнергетических процессов субстратами, особенно в трофическом обеспечении мышечной деятельности. Исходя из теоретической концепции стресса, согласно которой форма и динамика его зависят от особенностей вегетативной нервной системы, естественно предположить, что для прогнозирования адаптации к стресс-факторам Севера первостепенное значение имеет баланс вегетативного реагирования (Гудков А.Б., 2012). Можно полагать, что индивидуальная переносимость разных видов стресса, вероятно, определяется индивидуальными особенностями баланса центральных и вегетативных центров.

Выявлены **особенности формирования биоэлектрических процессов головного мозга** и реакций мозга на сенсорные сигналы у обследованных подростков, проживающих на Арктических территориях (табл. 2 и 3). Отмечается относительное возрастное «созревание» основного ритма биоэлектрической активности мозга, несколько снижается доля лиц с выраженной дезорганизованной ЭЭГ, практически исчезают лица с гиперсинхронными вариантами активности, при этом возрастает количество подростков с десинхронизацией основного ритма и увеличением числа бета-колебаний. Выявленное относительное запаздывание возрастного формирования структуры ЭЭГ по ряду признаков согласуется с результатами исследований, проводимых в более южном районе Архангельской области (61° с.ш.), относящемся к буферной, переходной зоне между северными территориями с дискомфортными условиями проживания и умеренными широтами (Сороко С.И., Рожков В.П., Сергеева Е.Г., 2009-2013). В частности авторами было показано, что локальные и пространственные особенности частотного спектра ЭЭГ, свидетельствуют о неравномерности и некоторой задержке темпов «созревания» нейрональных механизмов в отдельных структурах головного мозга у 70-80 % обследованных ими сельских детей, эта задержка у детей младшего и среднего школьного возраста составляет 1,5-2 года по сравнению со сверстниками из средней полосы России.

В то же время, по нашим данным в Заполярном районе отмечается достаточное число лиц (до 30 %) с признаками дисфункции регуляторных структур мозга, особенно среди младших подростков (14-15 лет) и лиц с повышенным симпатическим тонусом (более половины случаев). Характерной особенностью отклонений ЭЭГ, выявленных при обследовании заполярных подростков, было возникновение пароксизмальных форм активности в виде острых волн, а также билатерально-синхронных разрядов в тета- и альфа-диапазонах с амплитудой в 1,5-2 раза превышающей фоновую, а иногда и с условно-эпилептиформными знаками. Кроме того, более высокая активность подкорковых диэнцефальных мозговых структур у подростков из Заполярного района, проявляется в виде сохранения повышенного уровня тета-активности, особенно в лобно-центральных отделах и дезорганизованной высокоамплитудной альфа-активности (до 37 % лиц), а также наличия диффузных реакций усвоения ритмов фотостимуляции в тета-диапазоне (до 50 % случаев). Тогда как у подростков из Приполярного района независимо от состояния их вегетативного тонуса происходит более интенсивная возрастная оптимизация нейродинамических процессов, проявляемая в виде более сформированной амплитудно-частотной части альфа-активности и её зонального градиента, снижения доминирующего влияния медленно-волновой активности и умеренно выраженной бета-активности.

Установлено, что фактор этноса вносит наименьший вклад в выявленные изменения структуры ЭЭГ, у обследованных подростков Заполярного района не было выявлено статистически значимых различий ($p > 0,05$) между группами ненцев и русских. Принадлежность к коренным этносам – ненцам и русским, устанавливалась по данным анкетного опроса до 4-й степени родства к коренному населению Севера РФ.

Таблица 2

Показатели биоэлектрической активности головного мозга в различных возрастных группах подростков Приполярного (ПР) и Заполярного (ЗР) северных районов *Me (25-75 перцентили)*

Показатель	Район	14 лет	15 лет	16 лет	17 лет
Доминирующая частота, Гц	ПР	9,7 (9,0-10,2)	9,5 (8,8-10,4)	10,2 (9,5-10,9)	10,1 (9,4-10,6)
	ЗР	9,5 (8,8-10,5)	9,4 (8,6-10,2)	9,8 (9,0-10,5)	10,0 (9,3-10,7)
Амплитуда Тета, мкВ	ПР	44,5 (37,0-59,8)	45,0 (33,8-65,0)	36,0 ^{××} (29,0-52,3)	39,0 (30,0-55,0)
	ЗР	56,0 [#] (40,0-70,5)	54,0 (40,0-70,0)	46,0 ^{×,###} (37,0-65,5)	45,0 [×] (34,0-61,5)
Индекс Тета, %	ПР	24,0 (17,0-35,0)	21,5 [×] (15,0-30,0)	17,0 ^{××} (8,8-24,0)	15,0 ^{××} (10,0-22,0)
	ЗР	27,0 [#] (19,5-39,0)	22,0 [×] (15,0-28,3)	22,0 ^{×,###} (15,3-30,0)	21,0 ^{×,##} (15,0-27,5)
Амплитуда Альфа, мкВ	ПР	97,0 (70,0-113,0)	81,5 (67,0-110,0)	75,5 ^{××} (54,8-98,3)	79,0 [×] (66,0-93,0)
	ЗР	98,0 (74,0-120,0)	96,0 [#] (70,8-115,0)	85,0 [×] (68,0-95,3)	84,0 [×] (69,0-96,0)
Индекс Альфа, %	ПР	75,0 (68,3-81,3)	69,0 (65,0-81,0)	69,0 (47,8-77,3)	69,0 (60,0-80,0)
	ЗР	71,0 (62,0-77,0)	67,0 (62,0-76,3)	74,0 [#] (59,8-80,3)	66,0 (58,0-78,0)
Амплитуда Бета ₁ , мкВ	ПР	33,5 (13,8-39,5)	34,0 (28,0-39,0)	30,5 (23,0-37,0)	30,0 (23,0-37,0)
	ЗР	33,0 (25,0-38,5)	30,0 (18,3-39,5)	28,5 [×] (10,0-35,3)	30,0 (14,0-36,0)
Индекс Бета ₁ , %	ПР	29,5 (13,8-36,3)	32,0 (27,0-38,0)	35,0 [×] (27,0-40,0)	36,0 ^{××} (30,0-40,3)
	ЗР	29,0 (17,0-37,5)	31,0 (25,0-38,5)	33,0 (12,3-38,3)	34,0 (10,0-40,3)

Примечание. Статистически значимое отличие между возрастными группами (в сравнении с группой 14 лет) в одном районе проживания: × – $p < 0,05$; × × – $p < 0,01$; × × × – $p < 0,001$; # – между выборками Приполярного и Заполярного районов соответствующей возрастной группы.

Показатели биоэлектрической активности головного мозга в группах подростков Приполярного (ПР) и Заполярного (ЗР) северных районов с различным вегетативным статусом *Me* (25-75 перцентили)

Показатель	Район	Ваготоники	Нормотоники	Симпатотоники
Доминирующая частота, Гц	ПР	10,2 (9,2-10,7)	10,0 (9,0-10,8)	10,0 (8,9-10,5)
	ЗР	9,5 [#] (8,8-10,3)	9,8 (9,0-10,5)	9,6 (8,7-10,2)
Амплитуда Тета, мкВ	ПР	35,5 (30,0-54,8)	37,0 (29,0-53,0)	40,0 (30,0-54,0)
	ЗР	51,5 [#] (32,8-71,5)	45,0 ^{##} (37,0-70,0)	53,0 ^{×,###} (36,5-63,5)
Индекс Тета, %	ПР	15,5 (10,3-20,8)	15,0 (9,0-24,3)	18,0 (11,0-24,5)
	ЗР	19,5 (10,5-28,3)	23,0 [#] (17,0-31,5)	26,0 ^{×,###} (18,0-33,0)
Амплитуда Альфа, мкВ	ПР	81,0 (63,3-93,0)	76,5 (59,0-98,0)	79,0 (61,8-99,5)
	ЗР	90,5 (61,5-118,0)	85,0 [#] (68,0-105,0)	92,0 ^{×,###} (71,0-110,5)
Индекс Альфа, %	ПР	70,0 (53,3-79,8)	69,0 (57,5-77,5)	69,5 (57,0-80,0)
	ЗР	69,5 (56,5-77,3)	71,0 (61,0-77,0)	71,0 (63,0-78,0)
Амплитуда Бета ₁ , мкВ	ПР	32,0 (24,0-39,0)	30,0 [×] (22,8-38,0)	31,0 (23,0-37,0)
	ЗР	27,0 [#] (10,0-34,8)	30,0 (10,0-38,0)	32,0 (25,0-39,0)
Индекс Бета ₁ , %	ПР	35,5 (29,3-41,0)	33,0 [×] (28,0-39,0)	36,0 (29,8-39,0)
	ЗР	33,5 (10,0-40,3)	28,0 ^{##} (10,0-33,0)	30,0 ^{###} (23,0-35,0)

Примечание. Статистически значимое отличие между группами с различным вегетативным статусом (в сравнении с предыдущей) в одном районе проживания: × – $p < 0,05$; ×× – $p < 0,01$; ××× – $p < 0,001$; # – между выборками Приполярного и Заполярного районов с однотипным вегетативным статусом.

Анализ исследуемых выборок не выявил выраженных половых различий изучаемых показателей, что позволило объединить данные лиц мужского и женского пола. В частности, методы рангового дисперсионного анализа по критерию Kruskal-Wallis и сравнения по критерию Mann-Whitney, отражающих разность значений медиан изучаемых показателей биоэлектрической активности головного мозга в однотипных возрастных группах подростков, проживающих в одном районе, не

выявили статистически значимых различий в подгруппах лиц разного пола ($p > 0,05$). С точки зрения современной возрастной нейрофизиологии (Шеповальников А.Н., 2014), главным в формировании нейрогенного пола является не столько сам факт наличия центров активности в тех или иных областях мозга, сколько наличие и характер межцентральных взаимосвязей между этими областями, выявить которые можно с помощью изучения когерентных и корреляционных взаимосвязей (Фарбер Д.А., 1999; Мачинская Р.И., 2006; Сороко С.И., Рожков В.П., 2009-2013). Повидимому, применение клинических рутинных методов обработки ЭЭГ не показывает столь выраженных половых особенностей, как вышеуказанные виды математического анализа, оценку которых мы не ставили себе целью в рамках данной работы.

Выявлена северная специфика функционального состояния щитовидной железы, а также степень её влияния на формирование биоэлектрических процессов головного мозга обследованных подростков. Система тиреостата работает по принципу закона «обратной связи», в связи с этим уровень тиреотропина в крови достаточно точно отражает функциональное состояние щитовидной железы (Касаткина Э.П., 1997). По значению медианы ТТГ (1,27 мМЕ/л) в объединённой выборке районов обследования подростки были дополнительно разделены на две группы. Были сформированы группы подростков Приполярного района (средний возраст $16,1 \pm 1,1$ лет): ПР-1 – с уровнем ТТГ ниже медианы и ПР-2 – с уровнем ТТГ выше медианы, аналогично были сформированы группы подростков Заполярного района (средний возраст $15,9 \pm 1,0$ лет) – ЗР-1 и ЗР-2. Изменения, выявленные в системе тиреоидного звена и характеристиках ЭЭГ, представлены в таблице 4.

При корреляционном анализе параметров ЭЭГ (амплитуды – Ам, индекса – Ин, абсолютных значений мощности – АЗМ в стандартных отведениях) и тиреоидного статуса в группах подростков отличных по значению медианы ТТГ, было выявлено наибольшее число связей в группе ПР-1. Отмечены отрицательные связи уровня трийодтиронина с Ам альфа ($r = -0,35$); Ин альфа ($r = -0,43$); АЗМ тета O_{1-2} ($r = -0,41$); АЗМ альфа O_{1-2} ($r = -0,44$); АЗМ бета F_3 ($r = -0,39$). Множественный регрессионный анализ также подтвердил зависимость показателей ЭЭГ от эндокринных предикторов.

$$\text{Ин альфа} = 89,7 - 17,8 \times T_3 (R^2 = 0,14; p = 0,022);$$

$$\text{АЗМ альфа } O_1 = 314,8 - 119,3 \times T_3 (R^2 = 0,14; p = 0,032);$$

$$\text{АЗМ тета } O_1 = 35,8 - 11,5 \times T_3 (R^2 = 0,13; p = 0,037);$$

$$\text{АЗМ бета } F_3 = 23,7 - 6,8 \times T_3 (R^2 = 0,14; p = 0,027).$$

У подростков группы ПР-2 трийодтиронин отрицательно связан с тета-амплитудой ($r = -0,34$), а тироксин – положительно с альфа-амплитудой ($r = 0,36$).

$$\text{Ам альфа} = 57,5 + 4,1 \times T_4 (R^2 = 0,15; p = 0,043).$$

У подростков группы ЗР-1 были отмечены отрицательные связи тироксина со значениями альфа-индекса ($r = -0,41$), в т.ч. в затылочных отведениях ($r = -0,38$).

$$\text{Ин альфа} = 100,9 - 3,8 \times T_4 (R^2 = 0,15; p = 0,013);$$

$$\text{АЗМ альфа } O_2 = 407,5 - 26,1 \times T_4 (R^2 = 0,10; p = 0,037).$$

В группе подростков ЗР-2 отмечены положительные связи трийодтиронина и тиреоидного индекса (ТИ) с характеристиками тета-активности: Ин тета ($r = 0,43$); АЗМ тета O_1 ($r = 0,47$); АЗМ тета F_{3-4} ($r = 0,52$).

$$\text{Ин тета} = 7,5 + 11,8 \times T_3 (R^2 = 0,13; p = 0,047);$$

$$\text{АЗМ тета } O_1 = -13,5 + 3,6 \times \text{ТИ} + 15,8 \times T_3 (R^2 = 0,35; p = 0,004);$$

$$\text{АЗМ тета } F_3 = 5,4 + 19,1 \times T_3 (R^2 = 0,18; p = 0,025);$$

$$\text{АЗМ тета } F_4 = -20,3 + 23,3 \times T_3 + 4,6 \times \text{ТИ} (R^2 = 0,34; p = 0,006).$$

Показатели гипофизарно-тиреоидной системы и электроэнцефалограммы в различных по степени функционального состояния щитовидной железы группах подростков Приполярного и Заполярного районов *Me* (25-75 перцентили)

Показатель	ПР-1	ПР-2	ЗР-1	ЗР-2
Тиреотропин, мМЕ/л	0,8 (0,6-1,1)	1,6 ^{xxx} (1,3-1,9)	1,1 ^{###} (1,0-1,3)	1,6 ^{xxx} (1,4-2,0)
Трийодтиронин, нг/мл	1,5 (1,1-1,6)	1,4 (1,2-1,6)	1,4 (1,2-1,5)	1,3 (1,2-1,5)
Тироксин, нг/мл	5,1 (4,5-6,7)	4,5 ^{xxx} (3,8-5,7)	8,5 ^{###} (7,7-9,5)	7,4 ^{xxx, ###} (6,3-8,0)
Тиреоидный индекс, у.е.	7,8 (7,5-11,7)	3,7 ^{xxx} (3,2-5,4)	8,8 [#] (8,1-11,1)	5,1 ^{xxx, ###} (3,9-6,1)
Амплитуда Тета, мкВ	34 (29,8-40,0)	38 (30,5-42,5)	51 ^{###} (41,5-62,0)	46 ^{×, ###} (40,0-57,0)
Индекс Тета, %	15 (10,0-19,5)	18 (12,0-23,0)	27 ^{###} (21,5-31,0)	23 ^{###} (20,0-30,0)
Амплитуда Альфа, мкВ	73 (64,3-89,3)	77 (68,5-85,5)	97 ^{###} (84,0-107,5)	81 ^{×, #} (75,0-91,0)
Индекс Альфа, %	70 (61,8-75,0)	73 (60,0-76,0)	75 [#] (65,5-79,5)	67 [×] (58,0-71,0)
Амплитуда Бета ₁ , мкВ	34 (27,8-40,0)	31 (26,0-38,0)	28 [#] (20,0-34,5)	32 (27,0-40,0)
Индекс Бета ₁ , %	27 (22,0-30,3)	26 (22,0-30,0)	22 ^{##} (17,0-27,0)	24 (18,0-29,0)

Примечание. ПР-1 и ПР-2 – группы Приполярного района с уровнем ТТГ ниже и выше значения медианы в объединённой выборке; ЗР-1 и ЗР-2 – группы Заполярного района с уровнем ТТГ ниже и выше значения медианы. Статистически значимое отличие между группами с различным тиреоидным статусом в одном регионе проживания: × – $p < 0,05$; ×× – $p < 0,01$; ××× – $p < 0,001$; # – между выборками Приполярного и Заполярного районов с однотипным тиреоидным статусом.

Полученные данные подтверждают значимость оптимальных уровней тиреоидных гормонов на завершающих этапах пубертата для возрастного становления биоэлектрической активности головного мозга (формированию амплитудно-частотных взаимоотношений – снижение тета-активности, особенно в лобных отделах, и повышение альфа- и бета-активности). Фоновое состояние тиреоидной системы определяет возрастное становление церебральной биоэлектрической активности, наибольшее влияние гормонов отмечено у 14-15 летних школьников Приполярного района, при этом с возрастанием концентрации тироксина в крови у данных лиц, возрастает и степень реактивности ритмозадающих структур во всех рассматриваемых частотных диапазонах. У подростков Заполярья подобная зависимость проявляется в гораздо меньшей степени и лишь к 16-17 годам. С возрастанием (в физиологических пределах) концентрации тиреотропина на фоне снижения уровней гормонов щитовидной железы в сыворотке крови подростков

Заполярного района, происходит снижение церебральных характеристик тета- и альфа-активности ($p < 0,05$), а также появляются значимые связи тиреоидных гормонов с показателями тета-активности. У подростков Приполярного района формирование амплитудно-частотных взаимоотношений ЭЭГ более устойчиво к колебаниям тиреоидного статуса, в то же время у этих лиц отмечается наибольшее количество нейроэндокринных связей, значительно снижающееся с возрастанием концентрации тиреотропина в крови.

Одним из перспективных методов немедикаментозной коррекции выявленной у подростков сосудистой дистонии является метод биоуправления параметрами variability сердечного ритма, при котором происходит усиление вагусных влияний на ритм сердца и снижение явлений симпатикотонии (Поскотинова Л.В., 2009; Vaschillo Ye., Lehrer P., 2003). Использование в качестве управляемых показателей статистических параметров (Бразовская Н.Г., 2002; Койчубеков Б.К., 2013), структуры кардиоинтервалограммы (Суворов Н.Б., 2011) и спектральных показателей variability сердечного ритма (Поскотинова Л.В., 2008) позволяет дать интегративную оценку вегетативной регуляции организма на уровне баланса периферических и центральных структур нервной регуляции сердечной деятельности.

В ходе проведения однократного сеанса биоуправления параметрами ВСР нами было показано, что способность испытуемого изменять активность параметров ритма сердца также определяет степень его воздействия и на функции центральных структур вегетативной регуляции. Со стороны показателей гемодинамики отмечаются в целом однотипные сдвиги, выражающиеся в снижении уровня артериального давления ($p < 0,05-0,001$) как при обычном расслаблении (у лиц из группы контроля), связанном видимо с адаптацией к обстановке исследования, так и при выполнении процедуры БОС-тренинга. В то же время, состояние расслабленности, подкрепленное сигналами биологической обратной связи, вызывает более сильные сдвиги в функциональной активности мозга и способствует нормализации механизмов активации, улучшая при этом кортикальную стабильность проявляемую в увеличении альфа- и снижении тета-активности ($p < 0,05-0,001$). Процессы синхронизации мозговой активности в динамике биоуправления наиболее отчетливо проявляются в правом полушарии, при этом часто с вовлечением префронтальных областей.

Учитывая, что при биоуправлении максимально задействованы кортико-висцеральные связи и эмоционально-волевая сфера, представило дальнейший интерес определить, насколько успешность выполнения кардиотренинга влияет на описанные выше изменения показателей ЭЭГ и центральной гемодинамики. Предыдущие исследования (Сороко С.И., 2010; Поскотинова Л.В., 2014) показали, что направленное произвольное управление вегетативной регуляцией обычно становится возможным после 3-4 сеансов обучения, когда у испытуемых минимизируется рефлекс на обстановку исследования и устанавливается ассоциативная связь между изменениями контролируемого параметра и внутренним состоянием. В нашем исследовании было выявлено, что **в зависимости от успешности выполнения процедуры**, адаптивное биоуправление параметрами ритма сердца формирует сходные по характеру, но различные по силе варианты изменений биоэлектрической активности мозга и гемодинамических показателей у подростков. Более 85 % лиц смогли успешно выполнить однократный сеанс биоуправления, у них отмечена наибольшая выраженность изменений, когда наряду с усилением активности парасимпатического отдела вегетативной регуляции и снижением уровня

артериального давления ($p < 0,01$) происходит более интенсивная оптимизация нейродинамических процессов (увеличение альфа- и снижение тета-активности ($p < 0,05-0,001$)). По-видимому, успешность направленных вегетативных сдвигов при саморегуляции сопряжена с высокой пластичностью нейрофизиологических механизмов (Сороко С.И., 2010). Однонаправленность изменений ЭЭГ у подростков с различной степенью успешности биоуправления и малая доля «неуспешных» лиц (менее 15 %), обосновали дальнейшее рассмотрение нейрофизиологических и вегетативных реакций у таких подростков в общей выборке. Достижение положительного эффекта биоуправления в группе «неуспешных» подростков, видимо, возможно при более длительном курсе процедур, но целесообразность проведения такого курса необходимо уточнять индивидуально с учётом исходного вегетативного тонуса и психоэмоционального состояния испытуемого.

Выраженность и реактивность основного ритма биоэлектrogenеза человека (альфа-ритма) отражает степень оптимального функционирования таламо-кортикальных, таламо-ретикулярных нервных путей (Базанова О.М., 2009) и, следовательно, мозговых центров, отвечающих за нейровисцеральные связи в организме. Учитывая выявленные нами различия в темпах формирования ЭЭГ и механизмах нейровегетативной регуляции сердечной деятельности у обследованных подростков 14-17 лет, проживающих в климатоэкологических условиях приполярных и заполярных территорий Севера, актуально **определение у них направленности ЭЭГ реакций при биоуправлении параметрами ритма сердца.**

Показано, что более высокая фоновая активность подкорковых диэнцефальных мозговых структур у подростков из Заполярного района, сохраняет свои повышенные значения и в ходе проведения однократного сеанса биоуправления. Наиболее высокие уровни тета-активности ($p < 0,001$) при наименьших значениях бета₁-активности ($p < 0,05-0,001$) выявлены в группе подростков Заполярного района с повышением мощности альфа-активности в динамике проведения БОС-тренинга. Стабильность сохранения выраженной тета-активности в данном случае может свидетельствовать о важной роли активности подкорковых, диэнцефальных структур при адаптации к дискомфортным условиям Севера. Различные варианты изменений биоэлектрической активности мозга подростка при кардиотренинге обусловлены как индивидуальным выбором когнитивной стратегии, так и исходным вегетативным тонусом. Может отмечаться как общее усиление мощности альфа-активности (в 63-70 % случаев), свидетельствующее об увеличении внутренней синхронизации ритмозадающих структур головного мозга, так и снижение мощности альфа-активности в области зрительной коры (в 30-37 % случаев), отражающее процессы усиления десинхронизирующих восходящих активирующих влияний ретикулярной формации ствола на кору головного мозга. При варианте повышения альфа-активности – у подростков из Заполярного района это повышение сохраняется более продолжительное время и происходит на фоне более выраженного снижения тета-активности как в затылочных, так и в лобных отделах мозга ($p < 0,05-0,01$), в сравнении со сверстниками из Приполярного района.

Выявлено, что **в зависимости от района проживания и исходного вегетативного тонуса обследованных подростков, при однократном сеансе биоуправления** параметрами сердечного ритма формируются определённые различия в интенсивности изменения показателей центральной гемодинамики и биоэлектрической активности мозга (рис. 1 и 2). В обоих северных районах к участию

в данном фрагменте исследования привлечены лица со сбалансированным вегетативным тонусом (нормотоники) и лица с преобладанием симпатических влияний на активность сердечной деятельности (симпатотоники).

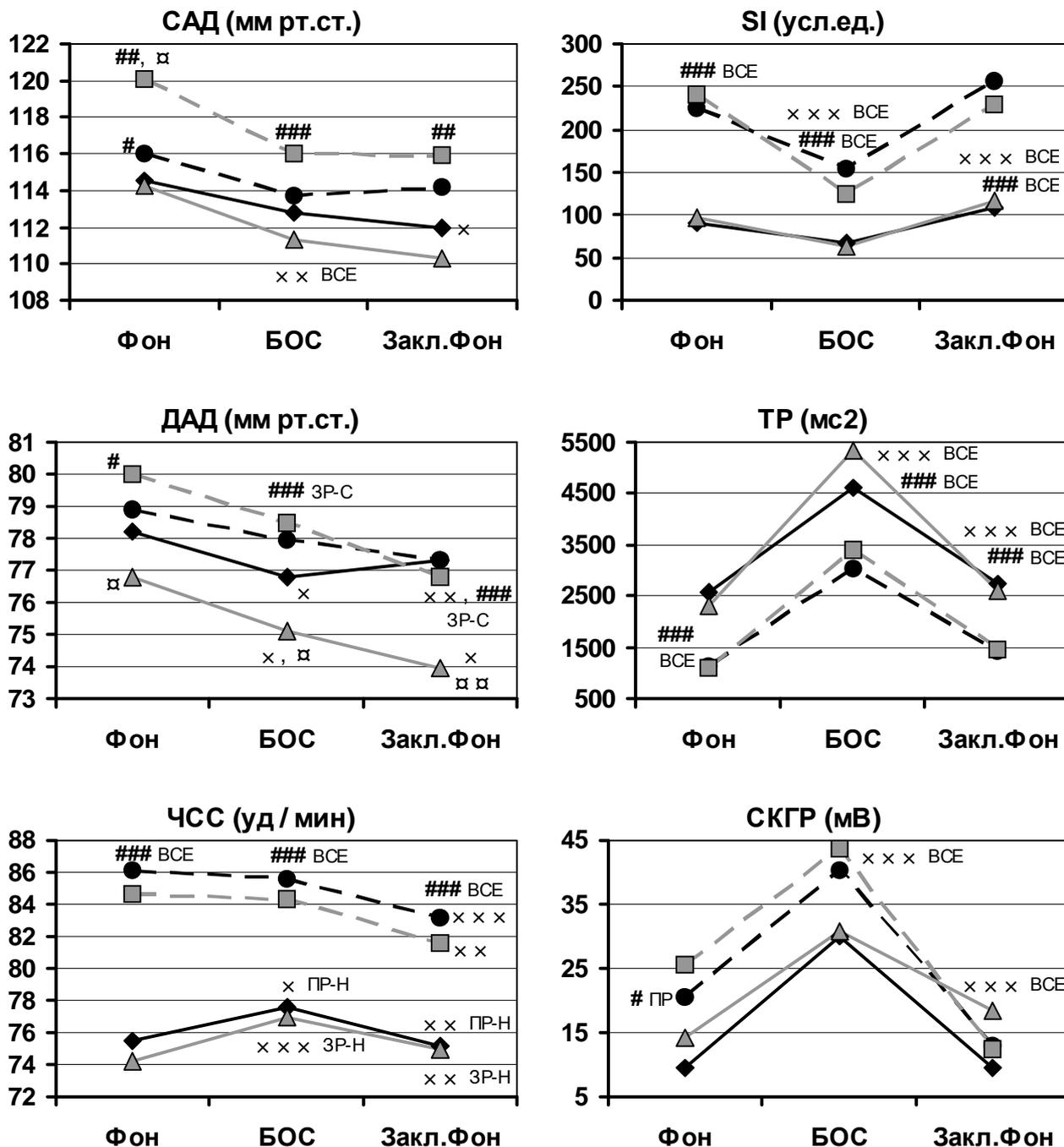


Рис. 1. Изменение показателей центральной гемодинамики, variability сердечного ритма и спонтанной кожно-гальванической реакции в ходе однократного сеанса биоуправления у подростков Приполярного и Заполярного северных районов с различным вегетативным статусом.

Примечание. Сплошные линии – группы нормотоников (Н); пунктирные линии – группы симпатотоников (С). Чёрные линии – группы Приполярного района (ПР); серые линии – группы Заполярного района (ЗР). Статистически значимое отличие в сравнении с предыдущим этапом исследования: x – p < 0,05; xx – p < 0,01; xxx – p < 0,001; # – между группами с различным вегетативным статусом в одном районе; alpha – между выборками из разных районов с однотипным вегетативным статусом.

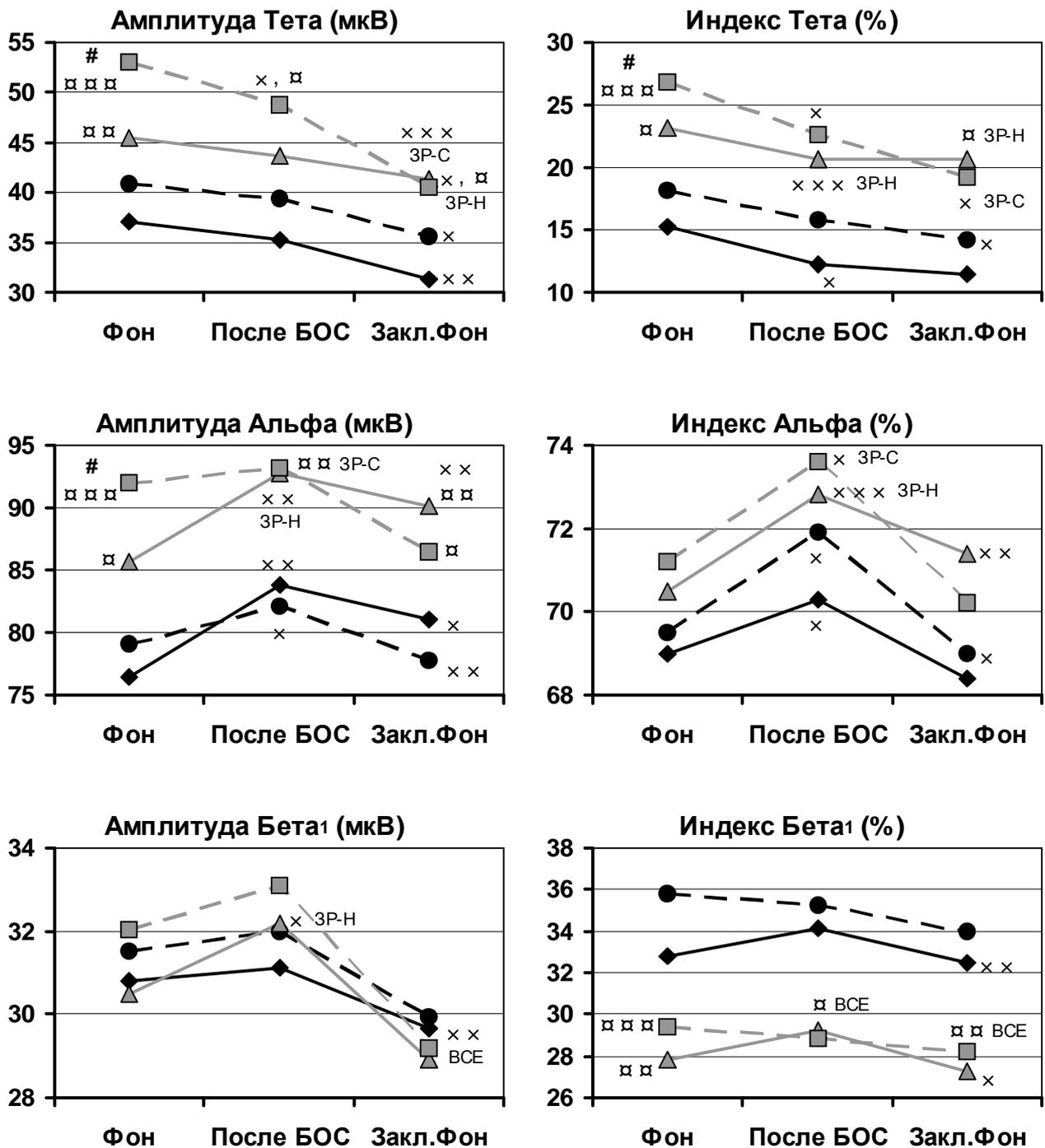


Рис. 2. Изменение показателей биоэлектрической активности головного мозга в динамике однократного сеанса биоуправления у подростков Приполярного и Заполярного северных районов с различным вегетативным статусом.

Примечание. Сплошные линии – группы нормотоников (Н); пунктирные линии – группы симпатотоников (С). Чёрные линии – группы Приполярного района (ПР); серые линии – группы Заполярного района (ЗР). Статистически значимое отличие в сравнении с предыдущим этапом исследования: x – $p < 0,05$; xx – $p < 0,01$; xxx – $p < 0,001$; # – между группами с различным вегетативным статусом в одном районе; α – между выборками из разных районов с однотипным вегетативным статусом.

Выраженность гемодинамических изменений проявляется в значимом снижении систолического и диастолического АД ($p < 0,05-0,01$) у подростков из

обоих районов со сбалансированным вегетативным тонусом, а также в снижении изначально более высоких уровней систолического АД и ЧСС ($p < 0,01-0,001$) у подростков с преобладанием симпатических влияний на активность сердечной деятельности. БОС-тренинг по характеристикам ВСР способствует повышению устойчивости подкорковых структур регуляции, не позволяющих отклоняться частотному спектру ЭЭГ за оптимальные возрастные пределы независимо от исходного вегетативного тонуса. Формирование симпатикотонии у подростков, проживающих в более дискомфортных условиях заполярного Севера, в большей степени связано с изменением и возможным повреждением таламо-кортикальных связей, чем у сверстников из Приполярного района. У подростков Заполярного района, особенно в группе симпатотоников, наряду с усилением активности парасимпатического отдела вегетативной регуляции при биоуправлении происходит более интенсивное снижение тета-активности ЭЭГ ($p < 0,05-0,001$) с относительным преобладанием динамики в правом полушарии ($p < 0,05$), которая продолжает снижаться и после окончания процедуры. Кроме того, у подростков Заполярного района отмечено снижение (до 30 %) частоты встречаемости пароксизмальных форм активности после проведения кардиотренинга.

У обследованных подростков из всех групп формирование церебральных ответов в альфа-диапазоне выражается в генерализованном усилении активности над всеми участками коры мозга ($p < 0,05-0,001$) с некоторым смещением градиента в передние и центральные его отделы, что отражает сочетанное усиленное влияние таламических и стволовых структур на биоэлектrogenез коры (рис. 3). Приросты мощности бета₁-активности происходят преимущественно за счёт передних и правых центрально-височных отделов мозга ($p < 0,05-0,001$) у подростков из обоих районов, что свидетельствует о вовлечении сенсомоторной коры и медиабазальных, возможно эмоциогенных структур при реализации индивидуальной стратегии эффективности биоуправления как вида когнитивной деятельности, наибольшие изменения выявлены у лиц со сбалансированным вегетативным тонусом ($p < 0,05$).

Более выраженные перестройки биоэлектрического паттерна в правых отделах головного мозга свидетельствуют также об активизации центральных мозговых структур, связанных с сердечно-сосудистой афферентацией, что может оптимизировать вегетативную регуляцию сердечной деятельности организма (Глазкова В.А., 1996; Александров В.Г., 2015). Снижение выраженности медленно-волновых и повышение роли высокочастотных ритмов в центральных и передних отделах мозга после данного вида БОС-тренинга отражает процессы снижения активности глубинных структур и повышения активности коры мозга. Наибольшее количество корреляционных связей между церебральными и вегетативными показателями отмечено у подростков из групп со сбалансированным вегетативным тонусом, особенно в группе Заполярного района, что свидетельствует о более выраженных межсистемных взаимосвязях и более однонаправленной общегрупповой реакции функциональных систем на однократный сеанс биоуправления у лиц, проживающих в более дискомфортных условиях Заполярья. Независимо от характера исходного вегетативного тонуса, после БОС-тренинга у обследованных лиц отмечено повышение устойчивости подкорковых структур регуляции к ритмической фотостимуляции. Особенно наглядно эти изменения происходят у симпатотоников Заполярного района (снижение усвоения ритмов в тета-диапазоне, $p < 0,05$) и у нормотоников Приполярного района (снижение усвоения в бета₁-диапазоне, $p < 0,01$).

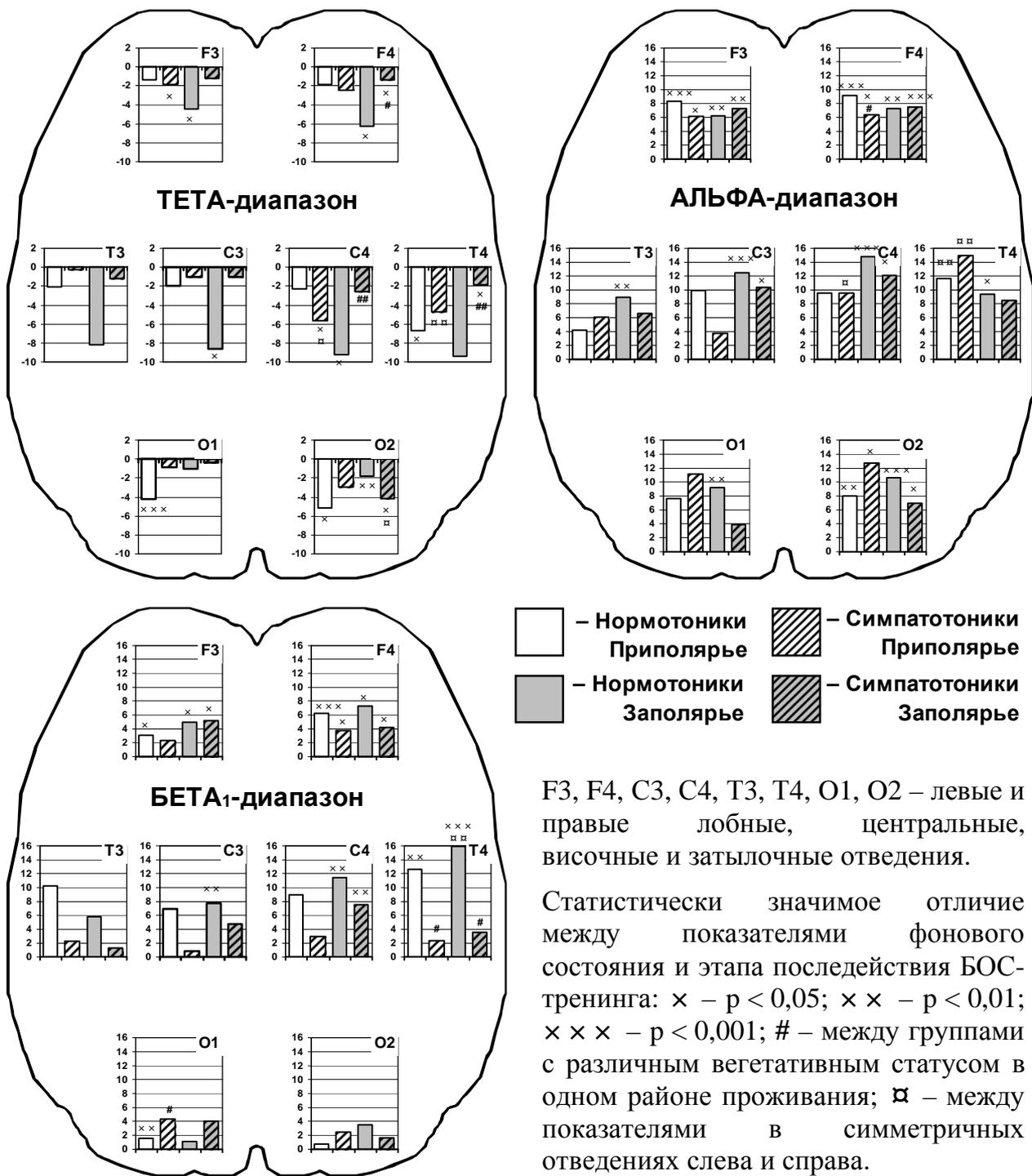


Рис. 3. Изменение (в %) абсолютных значений мощности основных частотных диапазонов ЭЭГ в динамике однократного сеанса биоуправления у подростков Приполярного и Заполярного районов с различным вегетативным статусом.

Использование однократного сеанса кардиобиоуправления применяется, в том числе в качестве скринингового диагностического теста определения общей реактивности ВНС (Джафарова О.А., 2013). Однако проведение курса подобных сеансов уже может быть использовано для повышения адаптивных возможностей подростка, который при этом обучается навыкам саморегуляции физиологических функций, в том числе в условиях психоэмоциональной нагрузки, восстановлению нормальной работы функциональных систем организма и одновременно приобретает

опыт целенаправленного поведения, выработки верной стратегии достижения цели (Даниленко Е.Н., 2010; Редько Н.Г., 2010). При регулярной тренировке биологическая обратная связь закрепляется на уровне рефлекса и помогает перейти организму на новый, более правильный и здоровый режим работы (Сороко С.И., 2010).

С учётом показанной нами эффективности однократного сеанса биоуправления параметрами сердечного ритма в стабилизации вегетативного тонуса, артериального давления, а также нормализации механизмов церебральной активации и кортикальной стабильности у обследованных подростков-северян, представило интерес оценить характер динамики изучаемых нейрофизиологических показателей **при прохождении курса из 10 сеансов адаптивного биоуправления** по предложенному способу. Для участия в данном фрагменте исследования были отобраны подростки-добровольцы из старшей возрастной группы (16-17 лет) Приполярного района со сбалансированным вегетативным тонусом (нормотоники) и с преобладанием симпатических влияний на активность сердечной деятельности (симпатотоники). Учитывая характер проводимых БОС-тренингов – повышение вагусных влияний на сердечную деятельность, группу лиц с изначальным преобладанием вагусных влияний на ритм сердца (ваготоников) мы не включали в данное исследование.

Выявлено, что проведение курса из десяти процедур адаптивного биоуправления параметрами ритма сердца с целью повышения резервов его парасимпатической регуляции формирует различные варианты изменений показателей variability сердечного ритма, центральной гемодинамики и биоэлектрической активности мозга подростка в зависимости от его исходного вегетативного тонуса (рис. 4 и 5). У подростков с преобладанием симпатических влияний на активность сердечной деятельности отмечены значимо более высокие фоновые значения АД ($p < 0,05$), ЧСС ($p < 0,05$) и индекса напряжения регуляторных систем ($p < 0,001$), а также значимо более низкие показатели общей мощности спектра ВСР ($p < 0,001$). На основе изменения данных показателей к завершению курса из десяти процедур биоуправления, у обследованных подростков из обеих групп отмечено снижение тонуса симпатического отдела ВНС. У подростков с преобладанием симпатических влияний в ходе проведения сеансов биоуправления отмечено более активное снижение АД и ЧСС ($p < 0,05$), а при завершении курса процедур у большинства подростков из данной группы наблюдается значительная стабилизация фонового артериального давления до нормальных уровней, что может свидетельствовать о сохранении у этих лиц эффективного функционирования кортико-висцеральных нервных связей, адекватных механизмах барорефлекса и кардиореспираторного сопряжения. У подростков со сбалансированным вегетативным тонусом к завершению курса более выражена реактивность «функциональных качелей» при биоуправлении, когда наряду с усилением активности парасимпатического отдела вегетативной регуляции происходит также активация симпатического звена, но не выходящая за границы состояния нормотонии.

Для большинства рассматриваемых амплитудно-частотных характеристик ЭЭГ были выявлены их значимо более высокие фоновые и динамические значения в группе симпатотоников как при первом, так и при десятом сеансе биоуправления ($p < 0,05-0,01$). В обеих группах подростков выявлена более высокая реактивность ритмов ЭЭГ на проведение первого сеанса кардиотренинга, проявляемая в значимом снижении тета-активности преимущественно в правых отделах мозга, а также в диффузном повышении альфа-активности во всех отделах мозга и бета₁-активности в правых передних отделах мозга ($p < 0,05-0,001$), что свидетельствует об активизации

таламо-кортикальных нейронных сетей, в которых происходит интеграция вегетативных реакций с когнитивными и эмоциональными процессами.

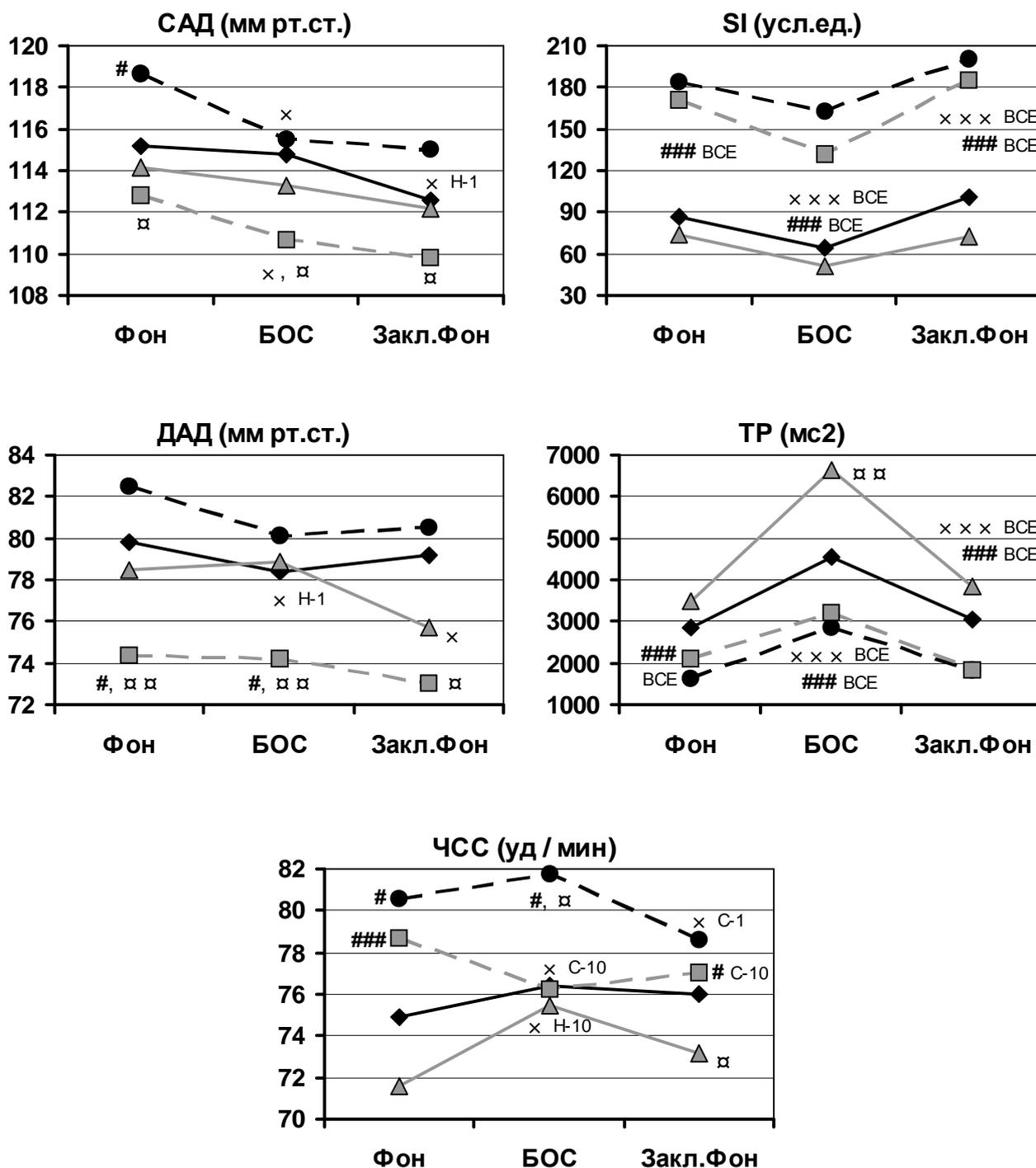


Рис. 4. Изменение показателей центрального кровообращения и variability сердечного ритма в динамике первого и десятого сеансов биоуправления у подростков 16-17 лет с различным вегетативным статусом.

Примечание. Сплошные линии – группы нормотоников (Н); пунктирные линии – группы симпатотоников (С). Чёрные линии – 1 сеанс; серые линии – 10 сеанс. Статистически значимое отличие в сравнении с предыдущим этапом исследования: x – $p < 0,05$; xx – $p < 0,01$; xxx – $p < 0,001$; # – между нормотониками и симпатотониками на соответствующем этапе текущего сеанса; α – между 1 и 10 сеансом у одной группы лиц на соответствующем этапе.

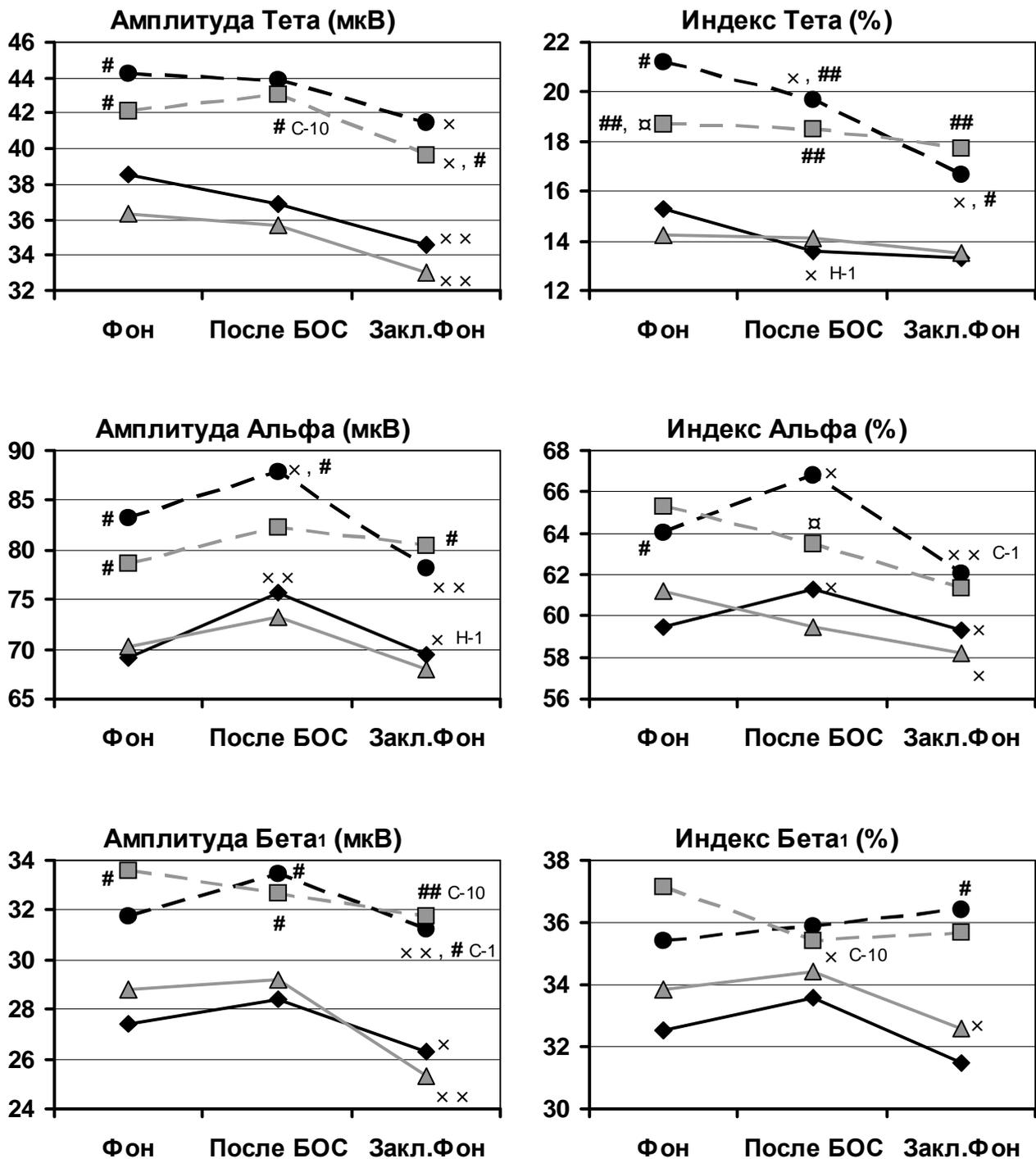


Рис. 5. Изменение показателей ЭЭГ в динамике первого и десятого сеансов биоуправления у подростков 16-17 лет с различным вегетативным статусом.

Примечание. Сплошные линии – группы нормотоников (Н); пунктирные линии – группы симпатотоников (С). Чёрные линии – 1 сеанс; серые линии – 10 сеанс. Статистически значимое отличие в сравнении с предыдущим этапом исследования: × – $p < 0,05$; ×× – $p < 0,01$; ××× – $p < 0,001$; # – между нормотониками и симпатотониками на соответствующем этапе текущего сеанса; ☒ – между 1 и 10 сеансом у одной группы лиц на соответствующем этапе.

К заключительному десятому сеансу кардиотренинга у подростков с преобладанием симпатических влияний оптимизация корково-подкорковых

взаимоотношений закрепляется уже в фоновых значениях и проявляется в более низкой тета- ($p < 0,05$) и относительно более высокой бета₁-активности, при уменьшении количества усвоений ритмов фотостимуляции в этих диапазонах. В динамике десятого сеанса у этих лиц не было выявлено значимых изменений в тета- и альфа-диапазонах, но происходило значимое снижение бета₁-активности ($p < 0,05-0,01$). С другой стороны, минимальные различия между фоновыми и динамическими значениями ЭЭГ на заключительном сеансе свидетельствуют о более выраженном снижении реактивности таламо-кортикальной системы у симпатотоников по сравнению с нормотониками. У подростков со сбалансированным вегетативным тонусом при минимальных изменениях в тета- и бета₁-диапазонах, значимо увеличивается альфа-активность в передних отделах мозга ($p < 0,05-0,01$). Видимо к окончанию курса кардиотренингов, уже сформированы как необходимые внутримозговые ассоциативные связи, так и новые нейровисцеральные связи для оптимизации вегетативной регуляции сердечной деятельности, поэтому процесс биоуправления происходит по более экономному варианту и с незначительными церебральными проявлениями. Выявленные варианты произвольных направленных перестроек структуры паттерна ЭЭГ у лиц с различным уровнем напряжения сердечной деятельности свидетельствуют о различиях в центральных механизмах регуляции головного мозга подростков, разной степени взаимодействия его структур и способности функциональной реорганизации мозга как единой системы.

ВЫВОДЫ

1. Среди 14-17 летних подростков Заполярного района (67°40' с.ш.) в сравнении со сверстниками из Приполярного района (64°30' с.ш.) отмечено значимое увеличение доли лиц с преобладанием симпатических влияний на активность сердечной деятельности (38 % против 27,7 %, $p < 0,05$), при значимом снижении доли лиц с преобладанием вагусных влияний (9,6 % против 23,5 %, $p < 0,001$). Доля лиц с уровнем артериального давления превышающим границу 90 центиля увеличивается с возрастом и достигает 63 % к 17 годам. Наиболее высокие значения систолического АД, ЧСС и индекса напряжения регуляторных систем выявлены у 15-летних подростков Заполярного района ($p < 0,05-0,01$) в сравнении со сверстниками из Приполярного района.
2. У подростков из обоих районов исследования выявлено отчётливое возрастное снижение тета- и альфа-активности ЭЭГ ($p < 0,05-0,01$). При этом у подростков Заполярного района отмечена более высокая активность подкорковых диэнцефальных мозговых структур, проявляемая в виде сохранения повышенного уровня тета-активности, особенно в лобно-центральных отделах и дезорганизованной высокоамплитудной альфа-активности (до 37 % лиц), наличия диффузных реакций усвоения ритмов фотостимуляции в тета-диапазоне (до 50 % случаев) и пароксизмальных форм активности (до 30 % лиц). Показанные изменения наиболее выражены среди заполярных подростков 14-15 лет, а также у лиц с симпатикотонией (более 50 % случаев). У подростков из Приполярного района независимо от состояния их вегетативного тонуса происходит более интенсивная возрастная оптимизация нейродинамических процессов, проявляемая в виде более сформированной амплитудно-частотной части альфа-активности ЭЭГ и её зонального градиента, снижения доминирующего влияния медленно-волновой активности и умеренно выраженной бета₁-активности.

3. Фоновые гормональные показатели тиреоидной системы являются значимыми предикторами, обуславливающими возрастное становление биоэлектрической активности мозга у подростков (формирование амплитудно-частотных взаимоотношений – снижение тета-активности, особенно в лобных отделах, и повышение альфа- и бета₁-активности). По данным регрессионного анализа, наибольшее влияние тиреоидных гормонов выявлено у 14-15 летних подростков Приполярного района, при этом с возрастанием концентрации тироксина в крови у данных лиц, возрастает и степень реактивности ритмозадающих структур во всех рассматриваемых частотных диапазонах ЭЭГ. У подростков Заполярного района подобная зависимость проявляется в меньшей степени и лишь к 16-17 годам.
4. У подростков Заполярного района напряжение в системе тиреостата, проявляемое в виде повышения (в физиологических пределах) концентрации тиреотропина и снижения уровней гормонов щитовидной железы в сыворотке крови, значимо отражается на активности ритмозадающих структур головного мозга (снижение тета- и альфа-активности ЭЭГ ($p < 0,05$), значимые связи тиреоидных гормонов с показателями тета-активности). У подростков Приполярного района формирование амплитудно-частотных взаимоотношений ЭЭГ более устойчиво к колебаниям тиреоидного статуса, в то же время у этих лиц отмечается наибольшее количество нейроэндокринных связей.
5. В динамике проведения однократного сеанса биоуправления параметрами ритма сердца выявлено значимое снижение систолического и диастолического АД ($p < 0,05-0,01$) у подростков с нормотонией из обоих северных районов, а также снижение изначально более высоких уровней систолического АД и ЧСС ($p < 0,01-0,001$) у подростков с симпатикотонией.
6. У обследованных подростков из всех групп после однократного сеанса биоуправления выявлено генерализованное усиление альфа-активности над всеми участками коры мозга ($p < 0,05-0,001$) и прирост мощности бета₁-активности преимущественно в передних и правых центрально-височных отделах мозга ($p < 0,05-0,001$), наибольшие изменения бета₁-активности выявлены у лиц с нормотонией ($p < 0,05$). У подростков Заполярного района, особенно в группе симпатотоников, происходит более интенсивное и продолжительное по времени снижение тета-активности ЭЭГ ($p < 0,05-0,001$) с преобладанием динамики в правом полушарии ($p < 0,05$), снижение (до 30 %) частоты встречаемости пароксизмальных форм ЭЭГ активности, снижение усвоения ритмов фотостимуляции в тета-диапазоне ($p < 0,05$). У подростков с нормотонией из Приполярного района отмечено снижение усвоения ритмов фотостимуляции в бета₁-диапазоне ЭЭГ ($p < 0,01$).
7. В обоих районах исследования в ходе однократного сеанса биоуправления выделены группы лиц как с усилением мощности альфа-активности (в 63-70 % случаев), так и снижением таковой в области зрительной коры (в 30-37 % случаев). При варианте повышения альфа-активности – у подростков из Заполярного района это повышение сохраняется более продолжительное время как в затылочных, так и в лобных отделах мозга, и происходит на фоне более выраженного снижения тета-активности в этих отделах мозга ($p < 0,05-0,01$), в сравнении со сверстниками из Приполярного района.
8. Наибольшая выраженность изменений изучаемых показателей отмечена для группы лиц с успешным выполнением процедуры биоуправления (более 85 %

лиц), когда наряду со снижением уровня АД ($p < 0,01$) происходит более интенсивное увеличение альфа- и снижение тета-активности ($p < 0,05-0,001$). Наиболее значимые изменения спектральных характеристик ЭЭГ выявлены у подростков проводивших сеанс БОС-тренинга в сравнении с лицами из группы контроля ($p < 0,05-0,01$).

9. При проведении курса из 10 сеансов БОС-тренинга выявлено, что у подростков с симпатикотонией как при первом, так и при десятом сеансе наблюдаются значимо более высокие фоновые и динамические значения ЭЭГ характеристик ($p < 0,05-0,01$) в сравнении с лицами с нормотонией. В обеих группах подростков отмечена более высокая реактивность ритмов ЭЭГ на проведение первого сеанса кардиотренинга, проявляемая в значимом снижении тета-активности преимущественно в правых отделах мозга, а также в диффузном повышении альфа-активности во всех отделах мозга и бета₁-активности в правых передних отделах мозга ($p < 0,05-0,001$).
10. В группе подростков с симпатикотонией (в сравнении с нормотониками) в ходе проведения сеансов происходит более активное снижение АД и ЧСС ($p < 0,05$), а при завершении курса процедур у подростков из данной группы наблюдается стабилизация фонового АД до нормальных уровней. К десятому сеансу кардиотренинга у лиц с симпатикотонией уже в фоновых значениях отмечается более низкая тета- ($p < 0,05$) и относительно более высокая бета₁-активность, при уменьшении количества усвоений ритмов фотостимуляции в этих диапазонах. У подростков с нормотонией после десятого сеанса кардиотренинга при минимальных изменениях в тета- и бета₁-диапазонах ЭЭГ, значимо увеличивается альфа-активность, преимущественно в передних отделах мозга ($p < 0,05-0,01$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В рамках медико-профилактических программ по сохранению здоровья населения Арктических территорий, мониторинг параметров вегетативной регуляции ритма сердца и центральной гемодинамики у лиц подросткового возраста следует проводить с учётом исходной функциональной активности их мозга и фонового тиреоидного статуса. Рекомендовано учитывать данные результаты при разработке региональных возрастных физиологических нормативов клинической ЭЭГ для подростков, проживающих в различных климатогеографических условиях Севера.
2. При лечении и профилактике нейровегетативных расстройств у учащихся образовательных учреждений, в ряду прочих методов психологической и медицинской коррекции, рекомендовано проводить многократные сеансы биоуправления параметрами ритма сердца. С целью усовершенствования контроля качества проводимых сеансов кардиотренинга рекомендовано использование неуправляемых полиграфических показателей (ЭЭГ, артериальное давление).

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Дёмин Д.Б. Возрастная динамика гормональных показателей у детей, проживающих на различных географических широтах Европейского Севера / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2008. – Т. 94, № 1. – С. 109-116.

2. Дёмин Д.Б. Фотозависимые изменения активности эндокринной системы подростков, проживающих на различных географических широтах Европейского Севера / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2008. – Т. 42, № 4. – С. 43-47.
3. Дёмин Д.Б. Тиреоидный статус и физическое развитие детей, проживающих на различных географических широтах Европейского Севера / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова // Педиатрия. Журн. им. Г.Н. Сперанского. – 2009. – Т. 87, № 2. – С. 144-146.
4. Дёмин Д.Б. Оценка биоэлектрической активности головного мозга у подростков и молодых лиц при адаптивном биоуправлении параметрами variability сердечного ритма / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Вестник новых медицинских технологий. – 2009. – Т. 16, № 1. – С. 208-210.
5. Поскотинова Л.В. Показатели реоэнцефалограммы при биоуправлении параметрами variability сердечного ритма у здоровых молодых лиц / Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова, Д.Б. Дёмин // Вестник новых медицинских технологий. – 2009. – Т. 16, № 2. – С. 303-304.
6. Кривоногова Е.В. Спектральная мощность ЭЭГ-ритмов и характер произвольного внимания у лиц с различной эффективностью биоуправления параметрами ритма сердца / Е.В. Кривоногова, Л.В. Поскотинова, Д.Б. Дёмин // Вестник новых медицинских технологий. – 2009. – Т. 16, № 2. – С. 305-306.
7. Поскотинова Л.В. Особенности вегетативной регуляции ритма сердца и тиреоидной системы у подростков на Севере / Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова, Д.Б. Дёмин // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2009. – Т. 88, № 6. – С. 166-170.
8. Дёмин Д.Б. Контроль ЭЭГ-реакций в течение сеансов адаптивного биоуправления вегетативными параметрами у школьников / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2011. – Т. 90, № 2. – С. 135-138.
9. Дёмин Д.Б. Роль фонового тиреоидного статуса в изменении ЭЭГ подростков при биоуправлении параметрами сердечного ритма / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2011. – Т. 97, № 11. – С. 1262-1269.
10. Дёмин Д.Б. Оценка полиграфических реакций при биоуправлении параметрами ритма сердца у подростков с разными вариантами вегетативного статуса / Д.Б. Дёмин // Вестн. Российской академии медицинских наук. – 2012. – № 2. – С. 11-15.
11. Дёмин Д.Б. Варианты ЭЭГ-реакций при выполнении курса БОС-тренингов у подростков в зависимости от исходного вегетативного тонуса / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Экология человека. – 2012. – № 3. – С. 16-22.
12. Дёмин Д.Б. Реактивность ЭЭГ-характеристик у подростков с разной степенью успешности выполнения БОС-тренингов параметрами сердечного ритма / Д.Б. Дёмин // Бюллетень сибирской медицины. – 2012. – Т. 11, № 3. – С. 25-31.
13. Поскотинова Л.В. Возрастные особенности изменений биоэлектрической активности головного мозга при биоуправлении параметрами ритма сердца у подростков Приполярного региона / Л.В. Поскотинова, Д.Б. Дёмин, Е.В. Кривоногова // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 5 (1). – С. 180-184.
14. Дёмин Д.Б. Соотношение ЭЭГ-характеристик и тиреоидного профиля подростков приполярных и заполярных территорий Европейского Севера / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Бюллетень сибирской медицины. – 2013. – Т. 12, № 1. – С. 24-29.
15. Дёмин Д.Б. Зависимость ЭЭГ-характеристик от тиреоидного статуса у подростков Архангельской области и Ненецкого автономного округа / Д.Б. Дёмин // Экология человека. – 2013. – № 4. – С. 43-48.

16. Поскотинова Л.В. Успешность биоуправления параметрами variability сердечного ритма у лиц с различным уровнем артериального давления / Л.В. Поскотинова, Д.Б. Дёмин, Е.В. Кривоногова и др. // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2013. – № 7. – С. 20-23.
17. Дёмин Д.Б. Становление биоэлектрической активности мозга подростков, проживающих в различных по степени проявления зубной эндемии районах Европейского Севера / Д.Б. Дёмин // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2013. – № 7. – С. 32-35.
18. Demin D.B. Neurophysiological status of adolescents in different latitudes of the Russian North / D.B. Demin, L.V. Poskotinova, E.V. Krivonogova, A.M. Grjibovski // European Journal of Epidemiology. – 2013. – Vol. 28. – P. 129.
19. Poskotinova L.V. Detection of a decrease in vagal regulation of cardiac activity in patients with hypertension / L.V. Poskotinova, D.B. Demin, E.V. Krivonogova, A.M. Grjibovski // European Journal of Epidemiology. – 2013. – Vol. 28. – P. 91.
20. Кривоногова Е.В. Сравнительный анализ амплитудно-временных параметров когнитивного вызванного потенциала P300 у молодых лиц приполярного и заполярного районов Севера / Е.В. Кривоногова, Л.В. Поскотинова, Д.Б. Дёмин // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11 (3). – С. 478-483.
21. Дёмин Д.Б. Сравнительная оценка изменений структуры ЭЭГ при кардиотренинге у подростков приполярных и заполярных территорий Севера / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2014. – Т. 100, № 1. – С. 128-138.
22. Галашева З.В. Соотношение типов организации электроэнцефалограммы у подростков, проживающих в циркумполярном регионе / З.В. Галашева, Л.В. Поскотинова, Д.Б. Дёмин, Е.В. Кривоногова // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2014. – № 4. – С. 19-21.
23. Дёмин Д.Б. Климатоэкологические условия северных территорий и их влияние на сердечно-сосудистую и нервную системы человека / Д.Б. Дёмин // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2014. – Т. 48, № 2. – С. 20-25.
24. Дёмин Д.Б. Физиологические основы методов функционального биоуправления / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова // Экология человека. – 2014. – № 9. – С. 48-59.
25. Дёмин Д.Б. Вегетативный статус и мозговая активность у подростков заполярного Севера / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Вестник Российской академии медицинских наук. – 2014. – № 9-10. – С. 5-9.
26. Demin D.B. Neurophysiological effects of heart rate variability biofeedback training in adolescents: a Russian study / D.B. Demin, L.V. Poskotinova, A.M. Grjibovski // International Journal of Epidemiology. – 2015. – Vol. 44. – Suppl. 1. – P. i216.
27. Кривоногова Е.В. Индивидуально-типологические варианты реактивности ЭЭГ-колебаний при биоуправлении параметрами ритма сердца у подростков и молодых лиц на Севере / Е.В. Кривоногова, Л.В. Поскотинова, Д.Б. Дёмин // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. – 2015. – Т. 65, № 2. – С. 203-211.
28. Дёмин Д.Б. Возрастные особенности функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у подростков различных Арктических территорий / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Экология человека. – 2015. – № 7. – С. 27-32.

Статьи в иных рецензируемых журналах, главы в монографиях:

1. Дёмин Д.Б. Варианты возрастного формирования структуры ЭЭГ подростков приполярных и заполярных районов Европейского Севера / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. – 2013. – № 1. – С. 41-45.

2. Поскотинова Л.В. Нейрофизиологические эффекты кардиотренинга при артериальной гипертензии / Л.В. Поскотинова, Д.Б. Дёмин, Е.В. Кривоногова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. – 2013. – № 2. – С. 46-54.
3. Каменченко Е.А. Показатели реоэнцефалограммы у подростков при биоуправлении параметрами ритма сердца в режиме мониторинга / Е.А. Каменченко, Л.В. Поскотинова, Д.Б. Дёмин, Е.В. Кривоногова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. – 2014. – № 2. – С. 37-48.
4. Дёмин Д.Б. Характеристика изменений полиграфических показателей при биоуправлении параметрами variability сердечного ритма / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Клінічна інформатика і Телемедицина. – 2014. – Т. 10. – Вып. 11. – С. 137-139.
5. Поскотинова Л.В. Нейроиммунные взаимоотношения и возможности немедикаментозной коррекции осложнений у больных сахарным диабетом II типа / Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова, Д.Б. Дёмин // Регуляция метаболических процессов при сахарном диабете II типа. – Под ред. Л.К. Добродеевой. – Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2014. – С. 95-131.
6. Дёмин Д.Б. Перспективы развития методов биоуправления параметрами ритма сердца / Д.Б. Дёмин // 150 лет «Рефлексам головного мозга». – Под ред. А.Ю. Алексева. – М.: ИИнтелл, 2014. – С. 328-347.
7. Дёмин Д.Б. Варианты нейрофизиологических реакций при выполнении тренировок параметрами сердечного ритма на основе биологической обратной связи / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Фундаментальные проблемы нейронаук. – Под ред. С.Н. Иллариошкина. – М.: Научный мир, 2014. – С. 76-82.
8. Дёмин Д.Б. Нейрофизиологическая характеристика различных этнических групп подростков, проживающих на Арктических территориях / Д.Б. Дёмин // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. – 2015. – № 1. – С. 16-23.

Другие публикации в научных изданиях (основные):

1. Дёмин Д.Б. Анализ количественных характеристик ЭЭГ подростков при адаптивном биоуправлении вегетативными параметрами / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Сборник материалов Международной конференции «Физиология развития человека». – М.: Вердана, 2009. – С. 40-41.
2. Дёмин Д.Б. Влияние тиреоидного профиля на активность головного мозга подростков в динамике сеансов биоуправления параметрами ритма сердца / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова // Труды 6-го Международного междисциплинарного конгресса «Нейронаука для медицины и психологии». – Украина, Судак, 2010. – С. 109-110.
3. Дёмин Д.Б. Динамика полиграфических показателей при выполнении БОС-тренингов по вегетативным параметрам у подростков / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Тезисы докладов XXI съезда Физиологического общества им. И.П. Павлова. – М.: «БЭСТ-принт», 2010. – С. 180-181.
4. Дёмин Д.Б. Зависимость ЭЭГ подростков с различными вариантами вегетативного тонуса от фонового тиреоидного статуса / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Фундаментальные аспекты компенсаторно-приспособительных процессов». – Новосибирск: НГУ, 2011. – С. 55-56.
5. Дёмин Д.Б. ЭЭГ-характеристики определяющие качество выполнения курса БОС-тренингов вегетативными параметрами / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Труды 7-го Международного междисциплинарного конгресса «Нейронаука для медицины и психологии». – Украина, Судак, 2011. – С. 156-157.

6. Дёмин Д.Б. Изменение биоэлектрической активности мозга при биоуправлении параметрами ритма сердца у подростков с повышенным симпатическим тонусом / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Материалы международной научно-практической конференции «Циркумпольная медицина: влияние факторов окружающей среды на формирование здоровья человека». – Архангельск: СГМУ, 2011. – С. 77-79.
7. Дёмин Д.Б. Повышение устойчивости мозговых структур к ритмической фотостимуляции после выполнения курса БОС-тренингов параметрами ритма сердца / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Научные труды III Съезда физиологов СНГ. – Под ред. А.И. Григорьева, Ю.В. Наточина, Р.И. Сепиашвили. – Украина, Ялта: Медицина-Здоровье, 2011. – С. 267.
8. Дёмин Д.Б. Эффективность курса БОС-тренингов по параметрам variability сердечного ритма у школьников с различным уровнем вегетативного тонуса / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Материалы V Всероссийского симпозиума с международным участием «Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение». – Ижевск, 2011. – С. 49-53.
9. Дёмин Д.Б. Контроль полиграфических показателей при биоуправлении параметрами ритма сердца у подростков с повышенным симпатическим тонусом / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова // Тезисы докладов и лекций XIV Международного совещания и VII школы по эволюционной физиологии. – СПб., 2011. – С. 63-64.
10. Дёмин Д.Б. Значимость тиреоидного статуса в формировании биоэлектрической активности мозга подростков проживающих на различных географических широтах Европейского Севера / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Труды 8-го Международного междисциплинарного конгресса «Нейронаука для медицины и психологии». – Украина, Судак, 2012. – С. 151.
11. Дёмин Д.Б. Особенности биоэлектрической активности мозга подростков в зависимости от успешности выполнения кардиотренинга / Д.Б. Дёмин // Тезисы докладов VII Сибирского физиол. съезда. – Красноярск, 2012. – С. 154-156.
12. Demin D. Thyroid effect to brain activity at adolescents during heart rhythm biofeedback session / D. Demin, L. Poskotinova, E. Krivonogova // 8th FENS Forum of Neuroscience Abstract. – Spain, Barcelona, 2012. – Vol. 6. – P. 019.11.
13. Дёмин Д.Б. Исследование устойчивости мозговых структур к ритмической фотостимуляции у подростков приполярных и заполярных территорий Европейского Севера / Д.Б. Дёмин // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Экологическая физиология и медицина: наука, образование, здоровье населения». – Ульяновск: УлГУ, 2012. – С. 74-76.
14. Дёмин Д.Б. Спектральная мощность ЭЭГ-диапазонов и тиреоидный статус подростков, проживающих на различных географических широтах Европейского Севера / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Тези доповідей VI Міжнародної наукової конференції «Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі і патології». – Україна, Київ: ВПЦ «Київський університет», 2012. – С. 85.
15. Дёмин Д.Б. Широтные особенности количественных характеристик ЭЭГ при различном уровне тиреоидной активности у подростков Европейского Севера / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Нейрофизиологические исследования в клинике». – Москва, 2013. – С. 25-26.
16. Дёмин Д.Б. Адаптация нейрофизиологического статуса подростков к условиям заполярного Севера / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Фундаментальные аспекты компенсаторно-приспособительных процессов». – Новосибирск: НГУ, 2013. – С. 38-39.

17. Дёмин Д.Б. Широкие различия функциональных изменений церебральной биоэлектрической активности при биоуправлении параметрами сердечного ритма у подростков-северян / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Труды 9-го Международного междисциплинарного конгресса «Нейронаука для медицины и психологии». – Украина, Судак, 2013. – С. 126-127.
18. Дёмин Д.Б. Значимость фонового тиреоидного статуса в становлении биоэлектрической активности мозга подростков-северян / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова // Сборник научных трудов IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Порядок и стандарты оказания помощи детям с эндокринной патологией». – Архангельск: СГМУ, 2013. – С. 18-19.
19. Дёмин Д.Б. Особенности формирования биоэлектрической активности мозга и вегетативных функций у подростков в условиях Заполярного Севера / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Труды 10-го Международного междисциплинарного конгресса «Нейронаука для медицины и психологии». – Судак, М.: МАКС Пресс, 2014. – С. 139-140.
20. Demin D. Brain activity at heart rate variability biofeedback training in adolescents / D. Demin, L. Poskotinova // 9th FENS Forum of Neuroscience Abstract. – Italy, Milan, 2014. – No FENS-0729.
21. Дёмин Д.Б. Мозговая активность при кардиотренинге у подростков / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Научные труды IV Съезда физиологов СНГ. – Под ред. А.И. Григорьева, Ю.В. Наточина, Р.И. Сепиашвили. – Москва-Сочи: Медицина-Здоровье, 2014. – С. 52.
22. Дёмин Д.Б. Топические изменения спектральной мощности ЭЭГ при биоуправлении параметрами ритма сердца / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова // Труды 11-го Международного междисциплинарного конгресса «Нейронаука для медицины и психологии». – Судак, М., 2015. – С. 152-153.

Подписано в печать 19.02.2016.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Печать цифровая. Усл. печ. л. 2,0. Уч.-изд. л. 2,0.

Тираж 100 экз. Заказ № 1671

ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет»

163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51

Телефон: (8182) 20-61-90. E-mail: izdatel@nsmu.ru