

Головин Михаил Сергеевич

**ВЛИЯНИЕ ОДНОКРАТНОЙ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОЙ
АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ НА ОРГАНИЗМ СТУДЕНТОВ,
ЗАНИМАЮЩИХСЯ СПОРТОМ**

03.03.01- физиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Томск- 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Новосибирский государственный педагогический университет» и Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт физиологии и фундаментальной медицины»

Научные руководители:

заслуженный деятель науки РФ,
доктор биологических наук, профессор

Айзман Роман Иделевич

доктор медицинских наук, профессор

Кривошеков Сергей Георгиевич

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, доцент
кафедры медико-биологических основ
физической культуры и спорта
ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный
университет физической культуры и спорта»

Кудря Ольга Николаевна

кандидат биологических наук, доцент
кафедры спортивно-оздоровительного
туризма, спортивной физиологии и медицины
Национальный исследовательский
Томский государственный университет

Кабачкова Анастасия
Владимировна

Ведущая организация: Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита состоится ___ _____ 2016г. в ____ ч на заседании диссертационного совета Д 208.096.01 при Сибирском государственном медицинском университете (634050, г. Томск, Московский тракт, 2)

С диссертацией можно ознакомиться в научно-медицинской библиотеке ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России и на сайте <http://www.ssmu.ru>

Автореферат разослан «__» _____ 2016 г

Ученый секретарь
диссертационного совета

Петрова Ирина Викторовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Не вызывает сомнения, что систематические физические нагрузки у студентов в процессе обучения вызывают изменение активности различных систем организма, обеспечивая процессы краткосрочной и долговременной адаптации [Меерсон Ф.З. с соавт., 1988; Сонькин В.Д., 2007; Кудря О.Н., 2012]. В процессе спортивной деятельности происходит мобилизация функциональных резервов организма, формируются новые внутри- и межсистемные структурно-функциональные связи, составляющие основу оптимизации функционирования всех систем [Шаров Р.А., 2009; Britton W.B., 2009; Воскресенский С.А., 2011]. В процессе обучения также наблюдается напряжение физиологических систем и психоэмоционального статуса у студентов, что нередко приводит к снижению здоровья и адаптивных резервов [Севрюкова Г.А., 2012].

Вместе с тем, выполнение физических нагрузок, которые не соответствуют уровню функциональных возможностей, и нарушение процессов восстановления зачастую приводят к истощению резервов организма и срыву адаптации, что в первую очередь обусловлено процессами утомления в ЦНС, приводящими к рассогласованию физиологических механизмов регуляции [Попова Т.В. с соавт., 2012; Шлык Н.И. с соавт., 2012]. Для успешной адаптации студентов к учебной деятельности, совмещенной с систематическими спортивными тренировками, необходима эффективная межсистемная интеграция функций на разных уровнях их регуляции [Бехтерева Н.П., 1988; Воскресенский С.А., 2011].

В связи с этим, особую актуальность приобретают задачи оценки и своевременного восстановления функционального и психофизиологического состояния организма. Важное место в процессах восстановления принадлежит применению современных способов воздействия, где приоритет отдается использованию высокоэффективных и краткосрочных методов коррекции и реабилитации, позволяющих обеспечить управление функциональным состоянием организма [Kim D.K. et.al., 2014; Mikicin M. et.al., 2015].

Степень разработанности темы исследования. Одним из перспективных методов нормализации функционального состояния организма является аудиовизуальная стимуляция (АВС), в основе которой лежат интенсивно развиваемые технологии «навязывания» («entrainment») ритма мозгу с помощью внешних стимулов [Араби Л.С., 2011; Teplan M. et.al., 2011]. Навязывание ритмов разных частотных диапазонов имеет свою функциональную специфичность [Mikicin M. et.al., 2015] и применяется в комплексной реабилитации и коррекции психогенных расстройств и дезадаптивных состояний [Макаров С.В., 2005; Афтанас Л.И. с соавт 2013], при лечении зависимостей, профилактике нарушений у лиц опасного и напряженного труда и т.д. [Tsai S.L., 2004; Stebliuk V. et.al., 2012].

Значительное количество работ по изучению механизмов влияния АВС на организм человека посвящено исследованию активности мозговых и гуморально-метаболических процессов у здоровых людей и пациентов с различными нарушениями здоровья [Brauchli P. et.al., 1995; Masterova E.I. et.al., 1999; Geraciotti T.D. et.al., 2008]. Исследований по оценке комплексных эффектов АВС на процессы, проявляющиеся на различных функциональных уровнях

организма, мы не обнаружили. Имеющиеся работы о благоприятном воздействии АВС на некоторые системы организма спортсменов (сердечно-сосудистую, дыхательную) [Москвин В.А. с соавт., 2009; Siever D., 2012; Пупиш М. с соавт., 2013] позволяют предположить, что использование АВС на студентах, занимающихся спортом, и испытывающих психо-эмоциональные нагрузки, связанные с учебной деятельностью, может способствовать повышению психофункциональных возможностей и сохранению здоровья студенческой молодежи.

Цель работы: изучить влияние однократной и продолжительной низкочастотной аудиовизуальной стимуляции на организм студентов, занимающихся спортом.

Задачи исследования:

1) Оценить влияние АВС на корковую активность головного мозга и психофизиологические процессы у студентов, занимающихся циклическими видами спорта.

2) Определить функциональное состояние кардиореспираторной системы и вегетативного тонуса после АВС у студентов-спортсменов.

3) Исследовать изменения биохимических показателей плазмы крови и гормонов стресса у студентов-спортсменов после однократной и продолжительной АВС.

4) Выявить особенности внутри- и межсистемных взаимосвязей показателей ЭЭГ активности, психофизиологического статуса, вегетативной регуляции, биохимических и гормональных процессов у студентов, занимающихся циклическими видами спорта после АВС.

Научная новизна. Впервые проведено комплексное исследование влияния АВС на показатели ЭЭГ активности, психофизиологические особенности, вегетативную регуляцию, биохимический и гормональный статус студентов, занимающихся спортом. Установлено, что после низкочастотной АВС происходит оптимизация возбуждательных и тормозных процессов в коре головного мозга (повышение амплитуды α -ритма, увеличение мощности θ -ритма, прирост супрессии мощности низкочастотных и высокочастотных α -волн при реакции десинхронизации). Впервые показано улучшение психоэмоциональных (снижение тревожности, фрустрации, психопатизации), когнитивных (повышение объема памяти, концентрации внимания) и нейродинамических показателей (снижение времени ПЗМР, усиление процессов торможения в коре головного мозга) у студентов, занимающихся спортом. Выявлено повышение активности парасимпатической нервной системы, усиление влияния автономного контура регуляции сердечной деятельности и экономизация его функций в состоянии покоя и при физической нагрузке. Впервые показано снижение концентрации основных гормонов стресса: кортизола, Т3, Т4 и тиреотропина после АВС, а также повышение в плазме крови содержания белков, глюкозы, общей антиоксидантной активности и снижение концентрации продуктов белкового и жирового обмена, что отражает повышение активности анаболических процессов и снижение уровня катаболических реакций. Совокупность описанных изменений свидетельствует об улучшении функционального и психоэмоционального состояния организма студентов, занимающихся спортом.

Впервые установлено увеличение после АВС количества внутри- и межсистемных корреляционных связей между физической работоспособностью и корковой активностью, психофизиологическими процессами, состоянием вегетативного тонуса, резервами кардиореспираторной системы и показателями биохимического и гормонального статуса, что указывает на усиление интеграции процессов на внутри- и межсистемном уровнях и формирование функциональной системы после АВС.

Положения, выносимые на защиту:

1) После низкочастотной АВС в режиме 3-13 Гц происходит улучшение психо-функционального состояния организма спортсменов и повышение физической работоспособности, обусловленное оптимизацией биоэлектрической активности и усилением процессов торможения в головном мозге, улучшением нейродинамических и когнитивных процессов, увеличением резервов кардиореспираторной системы, снижением концентрации основных гормонов стресса и повышением соотношения активности анаболических/катаболических процессов.

2) После АВС происходит формирование функциональной системы активизации резервов организма на основе образования новых внутри- и межсистемных функциональных связей, которые обеспечивают успешную адаптацию студентов к систематическим физическим нагрузкам.

Теоретическая и практическая значимость.

Основные экспериментальные материалы настоящей работы позволили сформировать представление о механизмах влияния АВС на различные системы организма и уровни их регуляции у спортсменов и усилении взаимосвязи этих процессов, что способствует повышению адаптационных возможностей в процессе учебной и спортивной деятельности.

Использование методики АВС в режиме 3-13 Гц можно рекомендовать при занятиях спортом для повышения функциональных резервов и более успешного восстановления организма спортсменов после физических нагрузок.

Материалы работы используются в курсах лекций и практических занятий по дисциплинам «Современные методы физиологических исследований» и «Скрининг диагностика здоровья» для бакалавров, магистров и аспирантов профилей «Биология» и «Безопасность жизнедеятельности» в Институте естественных и социально-экономических наук Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Новосибирский государственный педагогический университет».

Степень достоверности и апробация результатов.

Основные положения и результаты диссертационного исследования доложены и обсуждены на научных конференциях Института естественных и социально-экономических наук НГПУ (Новосибирск, 2014, 2015), Международном научно-практическом конгрессе «Национальные программы формирования здорового образа жизни» (Москва, 2014), IV Съезде физиологов СНГ «Физиология и здоровье человека» (Сочи-Дагомыс, 2014), научной конференции с международным участием «Нейрогуморальные механизмы регуляции висцеральных функций в норме и патологии» (Томск, 2014), V Международном симпозиуме «Исследования в тхэквондо» (Челябинск, 2015),

IV Международной междисциплинарной конференции «Современные проблемы системной регуляции физиологических функций» (Москва, 2015).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ, из них 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Объем и структура диссертации.

Диссертация изложена на 163 страницах печатного текста, состоит из введения, четырех глав, выводов, практических рекомендаций и списка литературы (цитируется 265 источников, в том числе 94-иностранных авторов). Работа иллюстрирована 18 таблицами и 9 рисунками.

Личное участие автора. Автор принимал непосредственное участие в разработке дизайна и планировании исследования. Автором сформулированы цели и задачи исследования, выводы и основные положения, выносимые на защиту. Весь материал, представленный в диссертации, получен, обработан и проанализирован лично автором.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Организация, контингент и методы исследования.

Исследование проводилось на базе кафедры анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный педагогический университет» и в лаборатории функциональных резервов человека ФГБНУ «Научно-исследовательского института физиологии и фундаментальной медицины». Период исследования: 2014-2015 гг.

В исследовании приняли участие 100 юношей-студентов 18-23 лет 1-й группы здоровья. Студенты занимались легкой атлетикой (бег на средние дистанции) и имели спортивную квалификацию 1-2-й спортивные разряды, а также звание кандидата в мастера спорта и мастера спорта России. Спортивные тренировки проводились 6 раз в неделю. Беговой объем в зонах разной интенсивности составлял от 185 до 225 км/мес. В начале исследования спортсмены были разделены на контрольную (n=60) и экспериментальную (n=40) группы и не имели различий по основным морфо-функциональным и психофизиологическим показателям.

Дизайн эксперимента.

На 1 этапе (середина января) в обеих группах проводили следующие исследования:

- оценку электроэнцефалографической активности головного мозга;
- определение психофизиологических показателей;
- расчет морфо-функционального профиля на основе общепринятых стандартов [Мартиросов Э.Г., 1985; Рубанович В.Б., 2003];
- диагностику функционального состояния механизмов регуляции вегетативной нервной системы;
- оценку биохимического и гормонального статуса.

На 2 этапе в экспериментальной группе проводили курс тренировок аудиовизуальной стимуляции (ABC), который состоял из 20-22 сеансов, выполняемых через сутки с использованием портативного аудиовизуального стимулятора «NOVO PRO» (Photosonix, США). В группах контроля проводили имитацию сеанса ABC, не подвергая спортсменов сенсорной стимуляции. В

течение всего этапа исследования обе группы спортсменов занимались по учебно-тренировочному плану спортивной подготовки и к марту, началу соревновательного сезона, выходили на пик спортивной формы. Объем и интенсивность спортивных нагрузок в данный период наблюдения были практически одинаковыми.

На 3 этапе для оценки эффективности продолжительной АВС на нейрогормональные и психо-вегетативные параметры организма спортсменов определяли те же показатели, что и в начале исследования. Для оценки влияния однократной АВС изучали перечисленные показатели до и сразу после сеанса.

Процедура АВС. Использовали сеанс «умеренное расслабление» с изменяющейся частотой ритмических воздействия от 3 до 13 Гц и длительностью 25 минут, в котором генерировались красные световые вспышки в диодных очках и двойные бинауральные звуки в наушниках. Тренинги АВС проводили во второй половине дня в изолированной от шума комнате. Испытуемые находились в удобном положении, полусидя в кресле, закрывали глаза, надевали очки и наушники и сидели спокойно в течение 25 минут. Обследуемые группы контроля также располагались в кресле, закрывали глаза, надевали очки и наушники, однако не подвергались стимуляции в отличие от экспериментальной группы.

Методы исследования.

ЭЭГ регистрировали на мультимодальном программно-аппаратном комплексе «БОСЛАБ» (г. Новосибирск) монополярно в отведении Pz, в состоянии покоя с закрытыми глазами (2 мин) и в пробе на открывание глаз (30 сек). Для контроля за движением глаз записывали электромиограмму (ЭМГ) от мышц лба. Выходные данные анализировали с помощью специализированной программы Win EEG (Мицар, Санкт-Петербург), составленной с принятыми стандартами анализа сигнала. Для каждого индивидуума анализировали индивидуальную частоту (ИЧМПА) и амплитуду максимального пика α -диапазона при закрытых глазах с помощью экспертно-курсорного метода и мощность в α -1 и α -2 диапазонах. Реакцию индивидуальной глубины снижения мощности α -ритма (ИГСМА) оценивали по проценту снижения спектральной амплитуды максимального пика α -ритма в реакции на открывание глаз. Выделяли и анализировали также индивидуальные диапазоны θ - и β -ритма.

Диагностику психофизиологического состояния студентов, занимающихся спортом, проводили с помощью компьютерной программы «Методика комплексной оценки здоровья спортсменов» (2009) (регистрационное свидетельство № 16366 «ИНФОРМРЕГИСТР») [Айзман Р.И. с соавт., 2009]. Программа включала оценку следующих психологических показателей [Шапарь В.Б., 2010]:

- социально-психологическая адаптация (по А.К.Осницкому),
- самооценка психических состояний (по Г.Ю. Айзенку),
- реактивная и личностная тревожность (по Ч.Д.Спилбергеру-Ю.Л.Ханину),
- уровень невротизации и психопатизации,
- состояние агрессии (по Басса-Дарки),
- мотивация к успеху (по Т. Элерсу и А. Мехрабиану),
- уровень стрессоустойчивости,

- темперамент (по Г.Ю. Айзенку),
- уровень жизнестойкости и удовлетворенности жизнью, характеризующий личностный потенциал (по С.А. Богомазу).

С использованием компьютерного комплекса НС-Психотест (Нейрософт, Россия), определяли объем механической и образной памяти, умственную работоспособность, функциональную асимметрию мозга, скорость простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР) и скорость переключения внимания.

Оценивали показатели физического развития: масса и длина тела, кистевая и становая сила. Рассчитывали относительные интегральные показатели: индекс Кетле, кистевой и становой индекс [Рубанович В.Б., 2003].

Состояние системы внешнего дыхания: жизненную емкость легких (ЖЕЛ), жизненный индекс (ЖИ), максимальную скорость потока воздуха при форсированном вдохе (МСПВвд), максимальную вентиляцию легких (МВЛ) - определяли на приборе «Спиро-спектр» («Нейрософт», Россия).

Функциональные резервы кардиореспираторной системы изучали с помощью степ-эргометрического тестирования. Экономичность и эффективность функционирования сердечно-сосудистой системы оценивали по величине физической работоспособности (PWC_{170}), частоте сердечных сокращений (ЧСС), систолическому и диастолическому артериальному давлению (САД и ДАД), хроноинотропному резерву (ХР), систолическому и минутному объему крови (СОК и МОК). Скорость процессов восстановления изучали с учетом мощности нагрузки по индексу восстановления (ИВ).

Состояние процессов вегетативной регуляции определяли по вариабельности сердечного ритма (ВСР), включая оценку спектральной мощности, временного анализа и вариационной пульсометрии по Р.М. Баевскому [Баевский Р.М. с соавт., 2001; Быков Е.В. с соавт., 2005]. Регистрацию ритма сердца осуществляли с помощью аппаратно-программного комплекса ВНС-Микро («Нейрософт», г.Иваново) в положении лежа на спине (фоновая запись, 5 мин) и при ортостатическом тестировании (6 мин) во II стандартном отведении. Из анализа исключали артефакты, все переходные процессы и нестационарные участки [Михайлов В.М., 2002]. В исследовании принимали участие только студенты с преобладанием нормотонического типа исходного вегетативного тонуса, который оценивали по следующим критериям: индекс напряжения (ИН=30-90 у.е.), мощность очень низкочастотного спектра ($VLF \geq 240 \text{ мс}^2$), общая мощность спектра ($TP=2000-8000 \text{ мс}^2$) [Баевский Р.М. с соавт., 2001; Шлык Н.И., 2009].

Для характеристики биохимических и гормональных показателей у обследуемых производили забор крови из локтевой вены в охлажденные пробирки, утром натощак, до и после однократной АВС, а также в начале и в конце всего периода наблюдения (январь-март). После центрифугирования образцов крови со скоростью 3000 об/мин отбирали плазму, в которой определяли основные биохимические показатели, характеризующие: белковый обмен (креатинин, мочевины, мочевиная кислота, общий белок, альбумины, креатинкиназа); углеводный обмен (глюкоза); жировой обмен (триглицериды, липаза, липопротеины низкой плотности, липопротеины высокой плотности, общий холестерин, общий билирубин); минеральный обмен (кальций, фосфор, магний), а также концентрации гормонов (кортизол, тиреотропин,

трийодтиронин, тироксин). Уровень гормонов и общий антиоксидантный статус оценивали методом иммуноферментного анализа на планшетном ИФА-фотометре Multiskan FC (США) с использованием ИФА-стандартов производства «Вектор-Бест» (Россия). Биохимический анализ выполняли на автоматическом биохимическом анализаторе Mindray BS-200E (Китай) с использованием оригинальных реактивов фирмы производителя.

Выбор используемых в настоящей работе методов исследования обусловлен поставленными задачами: выявить особенности внутрисистемных изменений и интеграции процессов на разных уровнях организма студентов, занимающихся спортом, в единую функциональную систему после АВС.

Полученные результаты обработаны методами математической статистики с использованием пакета “Microsoft Excel 2010” и “Statistica 6.0 for Windows”. Анализ проводился на основе расчета средних арифметических генеральных совокупностей (M), их ошибок ($\pm m$) и средних квадратичных отклонений (σ). Для выявления значимости различий между контрольной и экспериментальной группой, а также в динамике наблюдения использовали t -критерий Стьюдента в случае нормального распределения, при непараметрическом распределении - критерий Вилкоксона-Манна-Уитни [Гланц С., 1999]. Для оценки корреляционной связи (r) между переменными с нормальным распределением использовали коэффициент корреляции Пирсона, при непараметрическом распределении - коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Для выделения наиболее взаимосвязанных параметров и объединения их в однородные группы по функциональному значению использовали процедуру факторного анализа [Перевозкина Ю.М., 2014]. Для изучения возможности прогнозирования величины физической работоспособности (PWC_{170}) использовали множественный линейный регрессионный анализ [Халафян А.А., 2007].

Программа исследований была утверждена этическим комитетом НГПУ как часть плановых исследований НОЦ «Физиология онтогенеза». Все обследованные давали информированное согласие на проведение исследований, которые выполнялись в соответствии с Хельсинкской декларацией (1964 г).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изменение электроэнцефалографической активности головного мозга после однократной и продолжительной АВС

Мы провели анализ изменений ЭЭГ активности головного мозга, которая отражает активность центральных структур, участвующих в регуляции функционального состояния организма [Brauchli P. et.al., 1995; Bazanova O.M., 2012]. После однократной АВС выявлено достоверное снижение мощности θ - и α -1 ритма ЭЭГ. Вместе с тем, установлено повышение мощности α -2 волн, а также существенное снижение силы реакции десинхронизации α -1 волн (табл.1). Не было выявлено изменений амплитуды α -ритма и ИЧМПА, а также не изменялись амплитуда и частота β -ритма (табл.1), что может свидетельствовать о специфичности однократного воздействия АВС в режиме умеренной релаксации.

Таблица 1. Изменение электроэнцефалографических показателей у спортсменов после однократной АВС при закрытых глазах (M±m)

Показатели	До АВС	После АВС
ИЧМПА, Гц	10±0,2	10,3±0,1
Амплитуда-α, μV	10,7±0,6	10,6±0,4
Мощность θ-ритма, μV ²	14,4±0,8	10,2±0,7*
θ-ритм, Гц	3,2±0,1	3,4±0,4
α1, μV ²	18,5±0,5	11,8±0,3*
α1, Гц	9,0±0,2	8,7±0,2
α2, μV ²	24±0,3	31±0,3*
α2, Гц	10,2±0,2	11,1±0,3*
β-ритм, μV ²	6,0±0,2	5,7±0,2
β-ритм, Гц	16,3±0,5	17,6±0,4
ИГСМА α1, %	18,9%	38,9%*
ИГСМА α2, %	17,0%	12,5%

Примечание. Достоверность изменений до и после АВС: * p<0,05.

После курса тренировок АВС выявлено достоверное повышение амплитуды α-волн, мощности всех α-поддиапазонов и θ-ритма. Обнаружен прирост «Бергер-эффекта» в α-1 и α-2 волнах (табл.2). Повышение амплитуды θ-ритма отражает состояние релаксации [Klimesch W., 1999; Базанова О.М., 2011] и свидетельствует об улучшении восстановительных процессов. Увеличение ИГСМА в группе АВС может свидетельствовать о повышении уровня активации мозга на фоне состояния релаксации [Barry R.J. et al., 2007; Балиоз Н.В. с соавт., 2012].

Таблица 2. Динамика показателей электроэнцефалограммы спортсменов контрольной и экспериментальной групп после курса АВС (M±m)

Показатели	Группа контроля		Группа АВС	
	январь	март	январь	март
ИЧМПА, Гц	10,4±0,2	10,6±0,2	10,1±0,2	10,6±0,2
Амплитуда-α, μV	12,0±1,9	14,0±2,8	10,6±1,5	14,8±2,1*
θ-ритм, μV ²	13±1	11±1	11,8±0,8	17,4±1*#
θ-ритм, Гц	3,7±0,3	3,2±0,1	3,9±0,2	3,6±0,3
α1, μV ²	17,8±1,5	20,0±2,5	14,8±1,4	16,4±1,7
α1, Гц	10±0,3	10±0,3	9,8±0,2	10,3±0,2
α2, μV ²	25,4±3,8	22,9±3,2	26,7±3,3	34,0±3,5*#
α2, Гц	10,3±0,3	10,6±0,3	10±0,2	10,6±0,2
β-ритм, μV ²	6,0±1,1	4,6±1,1	5,3±0,5	5,3±0,6
β-ритм Гц	13,4±0,6	12,2±0,2	13,7±0,5	12,7±0,3
ИГСМА α1, %	15,3%	20,0%	22,9%	18,9%
ИГСМА α2, %	8,5%	15%*	11,2%	4,8%*#

Примечание. В этой и последующих таблицах достоверность различий между группами в январе и марте: * p<0,05, ** p<0,01; между группами в марте: # p<0,05.

В группе контроля за данный отрезок времени выявлена тенденция к снижению мощности θ- и α-2 волн и величины «Бергер эффект» (табл.2). Ослабление реакции десинхронизации α-ритма в контрольной группе может быть связано с усталостью и повышением психоэмоционального напряжения [Бурых Э.А. с соавт., 2014]. Вместе с тем, ни в одной из групп к концу эксперимента не происходило достоверных изменений частоты и амплитуды β-ритма. Таким образом, АВС более существенно влияет на отдельные параметры ЭЭГ

активности мозга, характеристика которых соответствует несущим изменяющимся частотам ритмических воздействий, применявшимся в процессе сенсорной стимуляции (от 3 до 13 Гц).

Одним из критериев оценки адаптивных перестроек на нейрофизиологическом уровне может быть формирование новых связей между показателями. После АВС отмечено увеличение количества положительных корреляций ($n=24$), по сравнению с началом исследования ($n=17$), что может быть обусловлено изменением функционального значения различных нейрофизиологических процессов при адаптации к АВС. В группе контроля на всех этапах исследования число корреляций не изменялось ($n=16$) (рис.1). Описанные результаты согласуются с представлениями Н.П. Бехтерева о том, что увеличение количества связей способствует большей устойчивости к воздействию эндогенных и экзогенных факторов [Бехтерева Н.П., 1988].

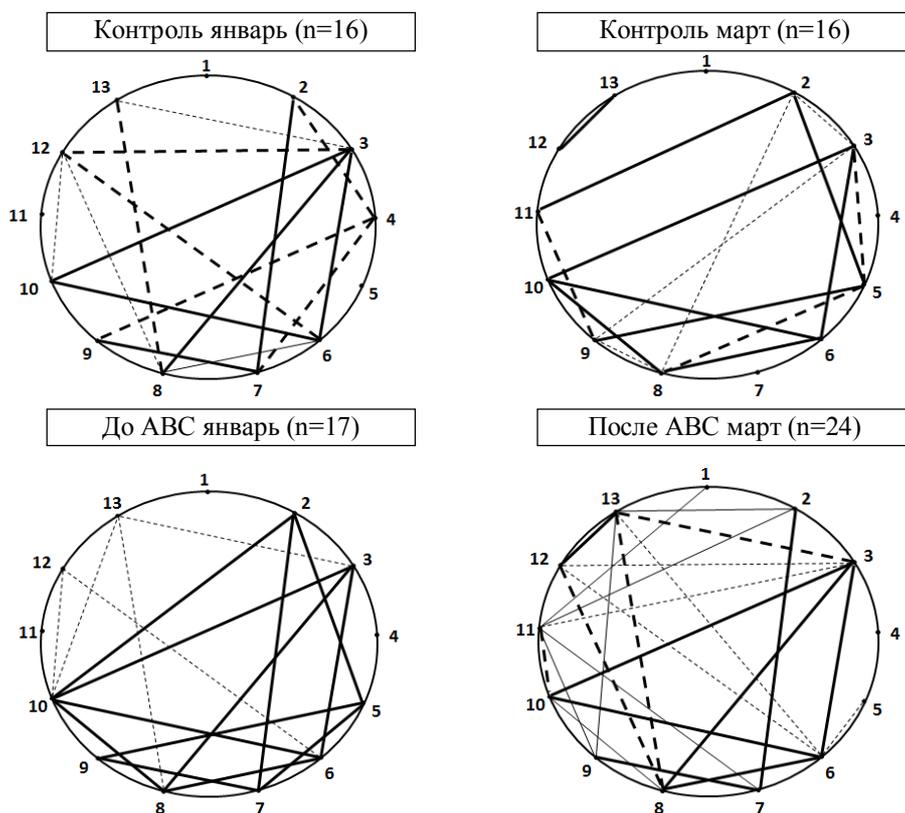


Рис.1. Корреляционные связи ЭЭГ показателей обследуемых. Примечание: 1 – АВW, 2 – ИЧМПА, 3 – амплитуда α -ритма, 4 – мощность θ -ритма, 5 – частота θ -ритма, 6 – мощность α -1 ритма, 7 – частота α -1 ритма, 8 – мощность α -2 ритма, 9 – частота α -2 ритма, 10 – мощность β -ритма, 11 – частота β -ритма, 12 – ИГСМА α -1, 13 – ИГСМА α -2

Положительная связь $0,7 \leq r \leq 1,0$
 Отрицательная связь $0,7 \leq r \leq 1,0$
 Положительная связь $0,5 \leq r \leq 0,7$
 Отрицательная связь $0,5 \leq r \leq 0,7$

Влияние АВС на нейродинамические показатели обследуемых

Для оценки функциональных и психофизиологических проявлений мозговой активности было проведено исследование нейродинамических показателей у студентов после АВС. После однократной АВС установлено улучшение баланса нервных процессов возбуждения и торможения (увеличение количества попаданий в тесте «РДО»), достоверное уменьшение времени опережения, что отражает уменьшение активности процесса возбуждения, а также тенденция к снижению диапазона колебаний между временем опережения и запаздывания. Следует отметить увеличение времени

запаздывания, что указывало на смещение активности нейродинамических процессов коры в сторону преобладания торможения (табл.3).

Таблица 3. Изменение нейродинамических показателей у спортсменов после однократной АВС (M±m)

Показатель	РДО опережения, мсек	РДО запаздывания, мсек	Количество попаданий	Диапазон колебаний, мсек	ПЗМР, мсек
до АВС	132±8	65±4	1,5±0,1	197±10	175±1,5
после АВС	99±7*	82±5*	2,8±0,1*	181±10	174±1,3

Примечание. Достоверность изменений до и после АВС: * p<0,05

После продолжительной АВС было обнаружено достоверное уменьшение времени ПЗМР, а также, как и при однократном воздействии, улучшение баланса процессов возбуждения и торможения в коре больших полушарий, что видно по увеличению количества совпадений (тест РДО), существенному уменьшению диапазона колебаний времени реакций опережения и запаздывания (табл.4). В группе контроля в динамике наблюдения повышалась разбалансированность процессов возбуждения и торможения, что может свидетельствовать о нарастании процессов утомления [Ильин Е.П., 2008].

Таблица 4. Изменение нейродинамических показателей у студентов контрольной и экспериментальной групп после курса тренировок АВС (M±m)

Группа	Показатель	РДО опережение, мсек	РДО запаздывание, мсек	Количество попаданий	Диапазон колебаний, мсек	ПЗМР, мсек
Контроль	январь	183±19	170±26	1,3±0,2	353±22	182±4,4
	март	314±16*	138±24	1,4±0,2	452±20	178±3,4
АВС	январь	173±19	149±19	1,6±0,2	322±18	183±3,5
	март	111±19*#	63±19*#	2,7±0,2**#	174±18*#	163±3,5*#

Описанное ранее увеличение мощности $\alpha 2$ -волн в группе АВС может быть связано с процессами самоконтроля и произвольного торможения, что выразилось в снижении времени опережения и запаздывания, увеличении количества попаданий (тест РДО) и скорости ПЗМР.

Влияние продолжительной АВС на психофизиологические показатели спортсменов

Установлено, что АВС улучшала психо-эмоциональное состояние спортсменов и способствовала снижению тревожности, фрустрации и психопатизации. Сеансы АВС приводили к повышению эмоциональной устойчивости, уравновешенности, личностного адаптивного потенциала (увеличение жизнестойкости и мотивации к достижению успеха) и снижению уровня тревожности (табл.5). Повышение скорости переключения внимания в экспериментальной группе может быть частью адаптивного процесса после АВС. Увеличение объема механической памяти после тренировок АВС находит отражение в увеличении мощности θ - и α -волн, которые вовлечены в процессы рабочей памяти [Huang T.L. et.al., 2008; Vazanovа O.M., 2012]. Таким образом, описанные изменения после АВС в когнитивной, психоэмоциональной и нейродинамической сферах, обеспечивают оптимизацию деятельности функциональных систем, что определяет их более высокий адаптивный потенциал по сравнению с контролем [Пупиш М. с соавт., 2013].

Таблица 5. Изменение психофизиологического статуса спортсменов контрольной и экспериментальной групп после курса АВС (M±m)

Показатель, баллы	Группа контроля		Группа АВС	
	январь	март	до АВС январь	после АВС март
Мотивация к успеху	144±2,7	135±2,5 *	148±4,6	149±4,6#
Жизнестойкость	132±4,7	120±6,1*	127±6,1	133±6,0#
Удовлетворенность жизнью	24,3±1,1	28,2±0,8*	24,6±1,7	28±1,6*
Реактивная тревожность	20,6±1,6	20,8±1,8	22,5±1,8	17,3±1,8*
Фрустрация	5,7±0,5	5,5±0,8	5,1±0,7	3,4±0,7*#
Уровень психопатизации	16±0,6	19,2±1,2*	17,3±1,2	16,5±0,8#
Объем механической памяти	5,8±0,3	6,7±0,2*	5,9±0,4	7,5±0,4**#
Объем образной памяти	8,5±0,2	8,2±0,3	8,6±0,2	8,5±0,2
Переключение внимания, сек	48,5±1,9	46,1±3,2	49,3±3,9	38,7±3,9**#

В то же время в группе контроля к концу зимнего соревновательного сезона снижалась мотивация к достижению успеха и уровень жизнестойкости, что может свидетельствовать о нарастании процессов утомления [Айзман Р.И. с соавт., 2014; Суботялов М.А. с соавт., 2014].

Для оценки адаптивных перестроек в динамике наблюдения мы использовали метод корреляционного анализа. После продолжительной АВС установлено увеличение количества корреляционных связей (n=18), по сравнению с исходными значениями (n=12) (рис.2).

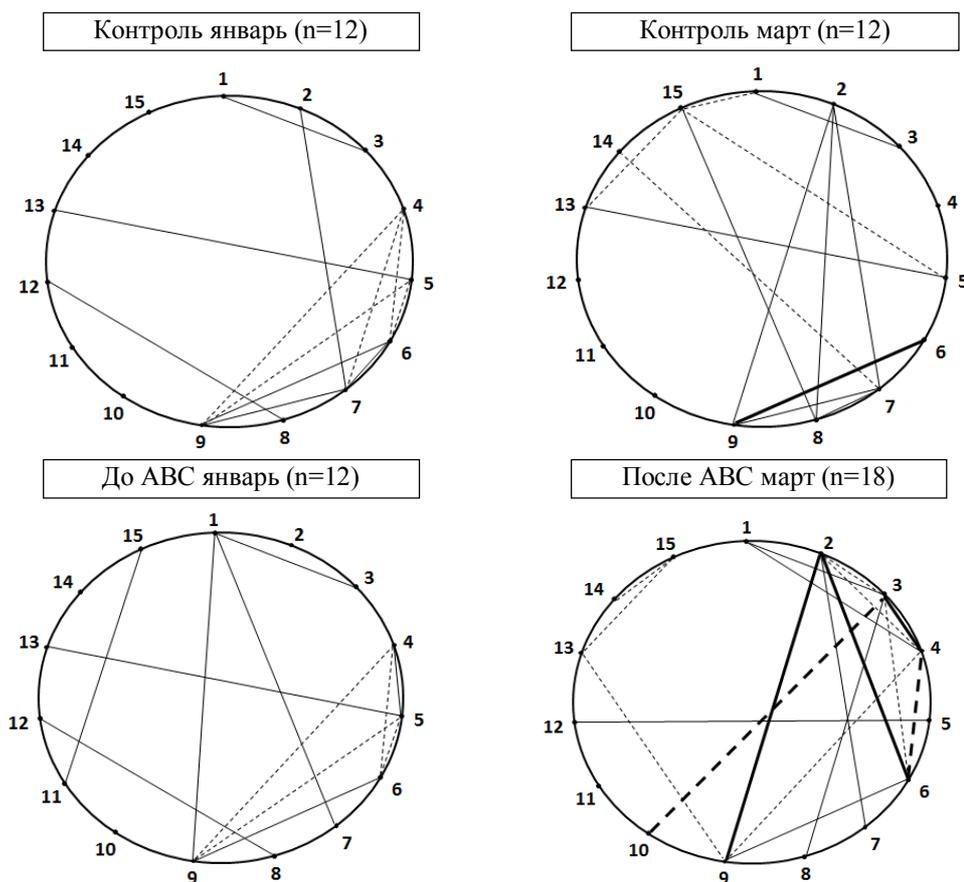


Рис.2. Корреляционные связи психофизиологических показателей обследуемых.
 Примечание: 1 – Внутренний контроль, 2 – Внешний контроль, 3 – Мотивация к успеху, 4 – Жизнестойкость, 5 – Удовлетворенность жизнью, 6 – Реактивная тревожность, 7 – Фрустрация, 8 – Психопатизация, 9 – Нейротизм, 10 – Механическая память, 11 – Переключение внимания, 12 – ПЗМР, 13 – РДО кол-во совпадений, 14 – РДО опережения, 15 – РДО запаздывания.
 ————— Положительная связь 0,5 ≤ r ≤ 0,7 ———— Отрицательная связь 0,5 ≤ r ≤ 0,7
 ————— Положительная связь 0,7 ≤ r ≤ 1,0 ———— Отрицательная связь 0,7 ≤ r ≤ 1,0

Появлялись положительные связи между внешним контролем и реактивной тревожностью, внешним контролем и нейротизмом, мотивацией к успеху и жизнестойкостью, а также отрицательная связь между жизнестойкостью и реактивной тревожностью. Появление новых корреляций может отражать адаптивные процессы психофизиологических изменений под влиянием сенсорного воздействия.

В динамике наблюдения в группе контроля количество корреляционных взаимосвязей не изменялось (n=12) (рис.2). Описанные изменения доказывают благоприятное влияние АВС на психофизиологический статус обследованных спортсменов, тогда как в контрольной группе спортивные нагрузки приводили к повышению психоэмоционального напряжения.

Влияние однократной и продолжительной АВС на вегетативную нервную систему обследуемых

Для оценки состояния вегетативного тонуса после однократной АВС использовали анализ ВСР у спортсменов. После однократной АВС выявлено увеличение суммарного эффекта влияний на синоатриальный узел со стороны симпатического и парасимпатического отделов ВНС [Михайлов В.М., 2002; Шлык Н.И. с соавт., 2012], что отражается в повышении показателей SDNN и TP (табл.6). Наряду с этим выявлено ослабление способности синусного узла к контролю сердечного ритма (повышались значения RMSSD, CV, pNN50%). Оценка влияния разных частотных диапазонов в формировании общей структуры спектра показала увеличение силы общих церебрально-эрготропных и гуморально-метаболических влияний (повышение вклада HF, LF и VLF) (табл.6). Это свидетельствует об одновременном усилении активности как симпатической, так и парасимпатической регуляции и повышении общих энергозатрат в обеспечении работы сердечно-сосудистой системы, что позволяет организму эффективно восстанавливаться после физических тренировок и одновременно поддерживать готовность симпатического отдела ВНС для эффективного обеспечения физиологических процессов [Баевский Р.М. с соавт., 2008].

Таблица 6. Вариабельность сердечного ритма после однократной АВС

Методы анализа	Показатель	До АВС	После АВС
Временной	SDNN, мс	58,7±3,7	79,2±4,9**
	RMSSD, мс	48,6±4,1	62,9±5,4*
	pNN50, %	29,4±3,9	36,5±4,1
	CV, %	6,1±0,34	7,9±0,4**
Спектральный	TP, мс ²	3401±358	6247±766**
	VLf, мс ²	1209±166	2226±346*
	LF, мс ²	1166±130	2174±276**
	HF, мс ²	1025±139	1847±371*
Вариационная пульсометрия	Мо, с	0,92±0,03	0,96±0,02
	АМо, %	36,0±2,3	30,7±2,2*
	BP, с	0,32±0,02	0,44±0,03*
	ИН, у.е.	59,2±6,8	33,5±3,3*

Примечание. Достоверность отличий в динамике изменений: * p<0,05.

Выявлено ослабление централизации управления ритмом сердца и снижение напряжения механизмов регуляции (уменьшение АМо, ИН, и увеличение BP). Описанные изменения одновременного вовлечения симпатического и

парасимпатического отделов ВНС в реализацию адаптивного ответа организма на АВС могут быть обусловлены повышением корково-подкорковых влияний на ВНС [Гриндель О.М. с соавт., 2011].

При анализе влияния курса тренировок АВС установлено существенное увеличение нейро-гуморальных влияний на формирование ритма сердца (TP и SDNN), однако обнаруженный рост в большей степени обусловлен повышением вклада парасимпатической регуляции и восстановительных процессов (HF, RMSSD, pNN50, BP), чем симпатических воздействий (табл.7).

Таблица 7. Вариабельность сердечного ритма спортсменов контрольной и экспериментальной групп после курса АВС

Методы анализа	Показатель	Группа контроля		Группа АВС	
		январь	март	январь	март
Временной	SDNN, мс	62,9±3,1	52±3,2 *	62,4±3,8	71±5,2#
	RMSSD, мс	54,1±4,4	40,8±3,1 *	53±4,7	73±7,4 *#
	pNN50, %	37±3,8	24±3,8 *	37,8±4,9	57,1±3,7 *#
	CV, %	6,3±0,3	5,8 ±0,4	6,7±0,4	7,1±0,4#
Спектральный	TP, мс ²	4169±350	2993±315 *	3620±311	5919±653 *#
	VLF, мс ²	1377±165	1142±202	1601±289	1774±308#
	LF, мс ²	1215±145	1310±232	1272±219	1428±270 *
	HF, мс ²	1516±223	967±182 *	1329±213	2297±340 *#
Вариационная пульсометрия	Mo, с	1,00±0,02	0,99±0,03	0,96±0,04	1,00±0,03
	AMo, %	32,8±1,62	40,3±2,2 *	32,7±1,8	26,2±1,2 *#
	BP, с	0,33±0,01	0,28±0,02 *	0,32±0,02	0,41±0,02 *#
	ИН, у.е.	54,6±4,7	75,1±11,8	53,7±8,8	39,4±5,8#

Обнаружено достоверное повышение BP и снижение AMo и ИН, что свидетельствует об ослаблении фокуса центрального управления и снижении напряжения механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы. В группе контроля в динамике наблюдения установлена более выраженная активность симпатических влияний на сердечный ритм и увеличение напряжения механизмов регуляции (снижение показателей SDNN, RMSSD, pNN50%, TP, HF и увеличение AMo и ИН). Таким образом, изменение показателей BCP укладывается в общую гипотезу релаксирующего влияния АВС [Timmermann D.A.L. et.al., 1999; Huang T. L. et.al., 2008; Teplan M. et.al., 2011].

Влияние АВС на функциональное состояние кардиореспираторной системы

Описанные изменения активности ВНС позволили перейти к оценке воздействия АВС на кардиореспираторную систему, играющую ведущую роль в обеспечении физической работоспособности и функционального состояния организма [Сонькин В.Д., 2010; Кудря О.Н., 2014].

В динамике наблюдения в обеих группах не выявлено изменений показателей сердечно-сосудистой системы в состоянии относительного покоя (табл.8). Вместе с тем, после тренировок АВС установлено увеличение физической работоспособности (PWC₁₇₀) и индекса восстановления (ИВ), что свидетельствует об улучшении функциональных возможностей организма спортсменов и повышении скорости восстановления ЧСС после физической нагрузки. В контрольной группе достоверных изменений PWC₁₇₀ не происходило и значения оставались на уровне исходных показателей.

Таблица 8. Состояние кардиореспираторной системы спортсменов контрольной и экспериментальной групп после курса АВС

Показатели		Группа контроля		Группа АВС	
		Январь	Март	Январь	Март
Состояние покоя	ЧСС, уд/мин	56,9±1,7	58,9±2,1	58,3±1,9	56,5±1,0
	САД, мм.рт.ст	125±3	124±3	125±2	121±2
	ДАД, мм.рт.ст	80±2	77±3	82±2	78±1
	ХР, у.е.	71±3	73±3	73±3	68±2
	СОК, мл	56,5±2,4	59,7±3,1	54,8±1,5	57,1±1,5
	МОК, мл/кг	45±2,3	49,5±3,5	47,3±2,7	47,5±2,6
Физическая нагрузка	РWC ₁₇₀ /кг	17,4±0,6	17,9±0,7	17,6±0,4	19,1±0,5*#
	ИБ, у.е.	24,5±0,9	23,1±0,8	24,3±0,8	26,9±0,7*#
	ЧСС, уд/мин	136±3,3	133,5±3,1	135,4±2,6	131±2,5
	САД, мм.рт.ст	167±3	168±3	169±3	160±3*#
	ДАД, мм.рт.ст	64±2	63±2	65±2	66±2
	ХР, у.е.	227±7	224±7	229±9	209±7*#
	СОК, мл	97,3±3,4	97,9±3,1	98±2,5	91±2*#
	МОК, мл /кг	190±10	185,5±9	196±10	177±10
Внешн. дыхан.	ЖИ, мл/кг	77,3±1,6	77,9±1,3	81,1±1,3	79,8±1,8
	МСПВВД, л/сек	4,9±0,2	5,2±0,2	4,7±0,2	5,0±0,2
	МВЛ, л/кг	2,96±0,08	2,81±0,07	2,99±0,08	3,24±0,13*#

После АВС обнаружено повышение экономичности функционирования сердечно-сосудистой системы (снижались САД и ХР), что свидетельствует об улучшении адаптации организма спортсменов к мышечной нагрузке. Установлено снижение «цены» приспособительных реакций, что отражалось в меньших приростах СОК и МОК по сравнению с началом исследования. В группе контроля в динамике наблюдения показатели не изменялись (табл.8).

Таким образом, в группе АВС, наряду с достоверным повышением физической работоспособности, было выявлено повышение экономичности и рационального расходования резервов миокарда.

В группе АВС установлено повышение максимальной вентиляции легких (МВЛ), тогда как другие изучаемые показатели системы внешнего дыхания в обеих группах не изменялись (табл.8).

После курса тренировок АВС, по сравнению с началом исследования, было установлено увеличение числа корреляционных связей между показателями кардиореспираторной системы и ее вегетативной регуляции (n=42 и n=33, соответственно) (рис.3), свидетельствующее об усилении жесткости внутрисистемных взаимосвязей.

Увеличение числа связей свидетельствует об улучшении синхронизации изучаемых процессов после курса тренировок АВС и отражает большую устойчивость представителей данной группы к воздействию эндогенных и экзогенных факторов, однако меньшую гибкость при изменяющихся внешних условиях, включая факторы социальной среды [Бехтерева Н.П., 1988; Суботялов М.А., 2002; Воскресенский С.А., 2011].

В группе контроля в динамике наблюдения выявлено незначительное снижение числа связей между показателями кардиореспираторной системы и ее вегетативной регуляции (n=29), по сравнению с началом исследования (n=34) (рис.3).

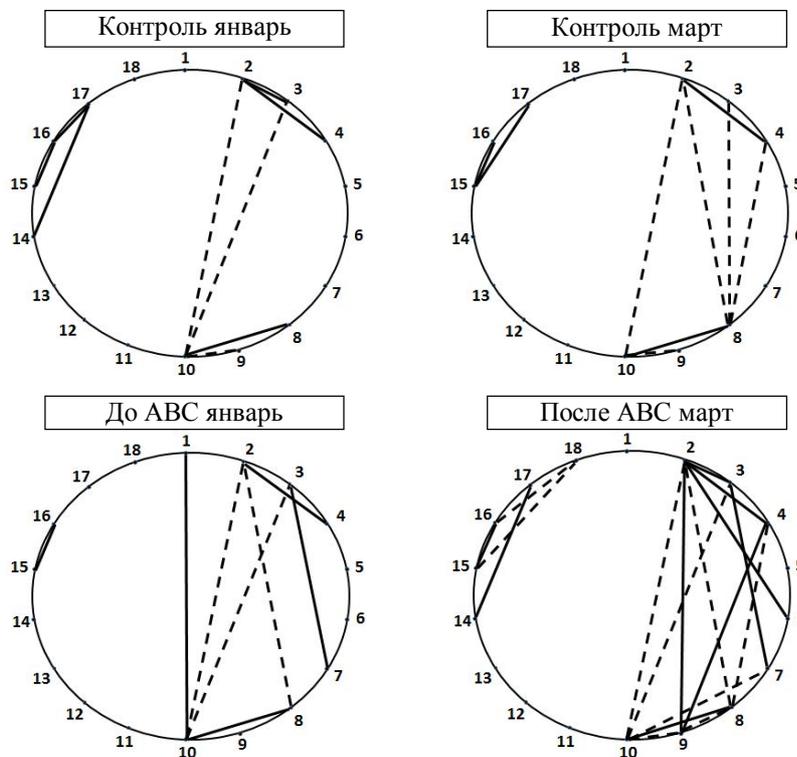


Рис.3. Корреляционные связи показателей кардиореспираторной системы и ее вегетативной регуляции у обследуемых. Примечание: 1 – ЧСС покой, 2 – SDNN, 3 – RMSSD, 4 – TP, 5 – VLF, 6 – LF, 7 – HF, 8 – АМо, 9 – ВР, 10 – ИН, 11 – МВЛ, 12 – ЖП, 13 – ХР, 14 – МОК покой, 15 – ЧСС нагрузка, 16 – ХР нагрузка, 17 – МОК нагрузка, 18 – PWC₁₇₀.

На рисунке показаны только сильные связи. В связи с большим количеством средних связей, они не представлены на рисунке, а только описаны в тексте диссертации.

———— Положительная связь $0,7 \leq r \leq 1,0$ - - - - - Отрицательная связь $0,7 \leq r \leq 1,0$

Влияние однократной и продолжительной АВС на биохимические и гормональные показатели крови спортсменов

В связи с тем, что гуморальная регуляция более инертна, чем нервная, значительный интерес для изучения механизмов влияния АВС представляло изучение изменений адаптивных гормонов, а также основных биохимических показателей плазмы крови. После однократной АВС было выявлено достоверное снижение концентрации только кортизола (с 812 ± 26 до 730 ± 30 нмоль/л), вместе с тем не наблюдалось изменений биохимических показателей, характеризующих разные виды метаболизма: белкового, жирового, минерального и углеводного.

Для изучения кумулятивного эффекта курса тренировок на эндокринно-метаболический статус спортсменов были исследованы показатели плазмы крови после продолжительной АВС. После тренировок АВС, по сравнению с контролем, установлено выраженное снижение концентрации основных адаптивных гормонов стресса: кортизола, тиреотропина, Т3 и Т4 (табл.9).

В обеих группах обнаружено увеличение содержания общего белка и альбуминов, что может свидетельствовать об активирующем влиянии спортивных тренировок на анаболические процессы [Михайлов С.С., 2009]. После курса АВС была выявлена тенденция к снижению концентрации мочевой кислоты, тогда как в группе контроля в конце наблюдения отмечено повышение концентрации креатинина, мочевой кислоты и креатинкиназы (табл.9), что отражает повышение активности катаболических процессов и недовосстановление спортсменов контрольной группы после физических тренировок [Никулин Б.А. с соавт., 2011].

При исследовании компонентов жирового обмена после тренировок АВС выявлено достоверное снижение концентрации триглицеридов и липазы, тогда

как в контроле изменения были незначительными (табл.9). Анализ минерального обмена в обеих группах показал снижение концентрации кальция и фосфора, а также достоверное повышение общей антиоксидантной активности. Вероятно, изменения минерального обмена в большей степени зависели от спортивных нагрузок, чем от влияния тренировок АВС. Увеличение концентрации глюкозы после АВС согласуется с ранее описанными эффектами воздействия сенсорных стимулов на повышение содержания глюкозы в крови [Cox R. et.al., 1996].

Таблица 9. Показатели биохимического и гормонального статуса спортсменов

Показатели		Группа контроля		Группа АВС	
		Январь	Март	до АВС	после АВС
Белковый обмен	Общий белок, г/л	65,9±1,4	73,1±1*	62,9±0,7	68,4±1,7*#
	Альбумины, г/л	44,8±0,5	46,4±0,6*	43,9±0,5	46,5±0,6*
	Креатинин, мкмоль/л	104,4±2,9	111,6±3,0*	102,7±3,0	103,7±2,2#
	Мочевая кислота, мкмоль/л	293±14	332±15*	294±12	269±13#
	Креатинкиназа, Ед/л	252±45	324±73	230±29	239±32
Жировой обмен	Триглицериды, ммоль/л	0,88±0,08	0,80±0,09	0,78±0,05	0,57±0,07*#
	Липаза, Ед/л	22,2±0,9	21,6±1,8	23,5±1,1	18,6±0,9*#
	ЛПНП, ммоль/л	2,1±0,2	2,6±0,2*	1,9±0,2	2±0,1#
	ЛПВП, ммоль/л	1,2±0,1	1,2±0,1	1,3±0,1	1,4±0,1
	Общий холестерин, ммоль/л	3,7±0,2	4,2±0,2	3,5±0,2	3,6±0,2
Минер. обмен	Кальций, ммоль/л	2,48±0,03	2,37±0,03*	2,46±0,03	2,38±0,02*
	Фосфор, ммоль/л	1,10±0,05	1,05±0,07	1,15±0,03	1,02±0,02*
	Магний, ммоль/л	0,82±0,02	0,77±0,02	0,84±0,03	0,78±0,03
УО	Глюкоза, ммоль/л	4,5±0,1	4,5±0,3	4,5±0,1	5,2±0,1***#
АОА	Антиоксидантная активность, ммоль/л	1,37±0,03	1,48±0,04*	1,34±0,03	1,43±0,02*
Гормоны	Кортизол, нмоль/л	812±26	812±25	866±15	730±29*#
	Т3, нмоль/л	2,6±0,1	2,1±0,1*	2,5±0,1	2,2±0,1*
	Т4, нмоль/л	155±6	145±6	156±4	138±5*
	ТТГ, мМЕ/л	2,25±0,27	2,00±0,33	2,40±0,24	1,73±0,18*

После курса тренировок АВС существенно увеличилось общее количество корреляционных связей (n=19) по сравнению с началом исследования (n=9) (рис.4), что может свидетельствовать о формировании функциональной системы регуляции эндокринно-метаболических процессов под влиянием навязанных сенсорных стимулов, что важно для обеспечения приспособительных реакций на различные воздействия. В группе контроля в динамике наблюдения выявлено незначительное снижение количества корреляционных связей (n=8) по сравнению с началом исследования (n=9).

Таким образом, кумулятивное воздействие АВС, в отличие от однократной стимуляции, оказывало влияние на разные виды метаболизма и гормональный статус студентов, занимающихся спортом. Изменения корреляционных связей между биохимическими и гормональными показателями после АВС, вероятно, отражают формирование нового паттерна биохимической и гормональной активности, который может быть связан с активностью нейродинамических, психофизиологических, вегетативных и висцеральных процессов в организме.

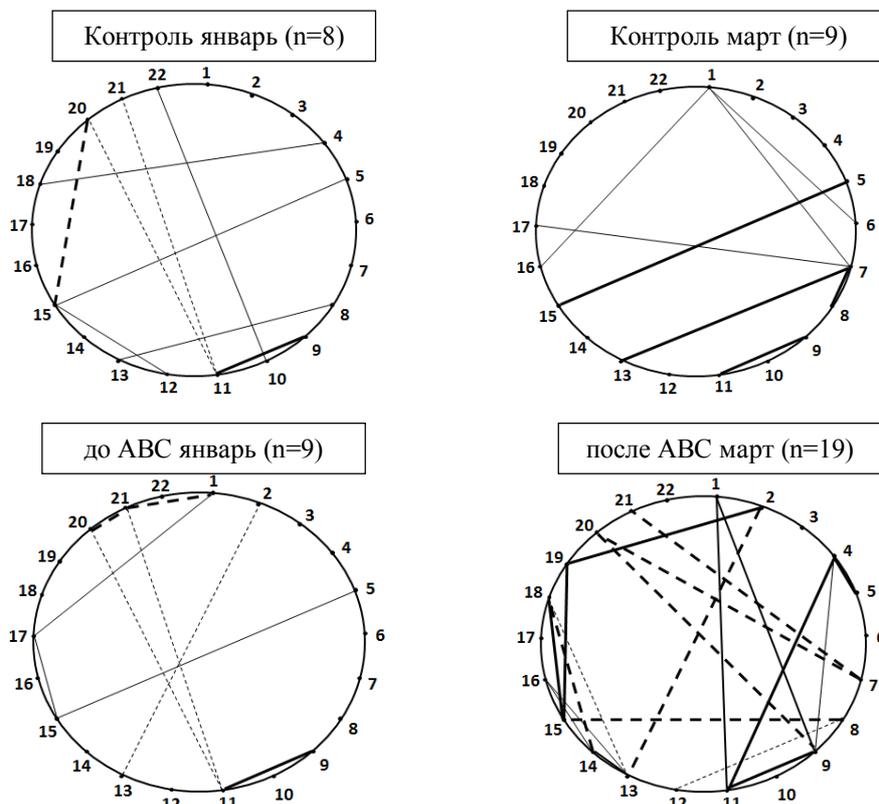


Рис.4. Достоверные внутри- и межсистемные корреляционные связи биохимических и гормональных показателей у спортсменов до и после АВС. Примечание: 1 – креатинин, 2 – мочевины, 3 – мочевая кислота, 4 – общий белок, 5 – альбумины, 6 – креатинкиназа, 7 – триглицериды, 8 – липаза, 9 – ЛПНП, 10 – ЛПВП, 11 – общий холестерин, 12 – билирубин, 13 – глюкоза, 14 – щелочная фосфатаза, 15 – кальций, 16 – фосфор, 17 – магний, 18 – антиоксидантная активность, 19 – кортизол, 20 – Т3, 21 – Т4, 22 – ТТГ.

————— Положительная связь $0,7 \leq r \leq 1,0$ - - - - - Отрицательная связь $0,7 \leq r \leq 1,0$
 ————— Положительная связь $0,5 \leq r \leq 0,7$ - - - - - Отрицательная связь $0,5 \leq r \leq 0,7$

Изменение корреляционных межсистемных взаимосвязей под влиянием АВС

Интегральным показателем, характеризующим адаптивно-приспособительные возможности и эффективное взаимодействие висцеральных систем организма, от которого в значительной степени зависит успешность спортивной деятельности в беге на 1500-3000 метров, является PWC_{170} [Дубровский В.И., 2002; Рубанович В.Б., 2003]. Для оценки степени влияния разных систем на величину PWC_{170} мы определили количество и силу корреляционных связей этого показателя с изученными параметрами исследуемых систем.

К концу эксперимента в контроле исчезали корреляции между показателями ЭЭГ активности и PWC_{170} , уменьшилось число связей между PWC_{170} и параметрами вегетативной и кардиореспираторной систем, однако увеличивалось число связей, отражающих роль катаболических процессов (показатели мочевины, креатинина) при спортивных нагрузках (рис.5).

После тренировок АВС установлено увеличение числа корреляционных связей, отражающее усиление влияния исследуемых систем на PWC_{170} . Возросла роль ЭЭГ активности головного мозга, выделялась корреляционная связь удовлетворенности жизнью с PWC_{170} . Связи показателей вегетативной и кардиореспираторной систем с PWC_{170} , обнаруженные в начале исследования, сохранялись, и дополнительно появлялась связь с ЧСС в покое. Существенное влияние на PWC_{170} оказывали гормональные и биохимические процессы (рис.5).

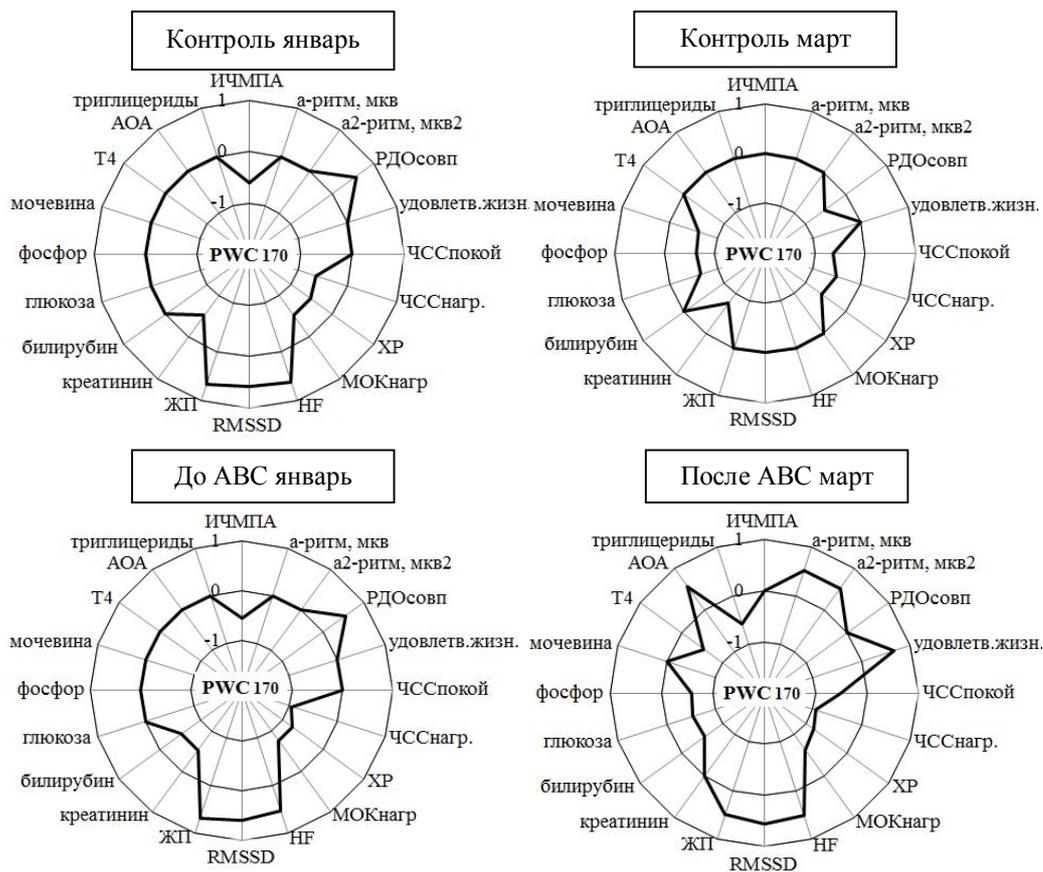


Рис.5. Корреляционные плеяды взаимосвязей PWC_{170} с ЭЭГ, психофизиологическими, морфофункциональными, биохимическими и гормональными показателями в группах контроля и ABC. Примечание: — значения, расположенные в диапазоне от 0 до +1, отражают положительные, а от 0 до -1 отрицательные корреляции PWC_{170} с указанными показателями.

Полученные результаты позволяют заключить, что после применения ABC усиливается интеграция процессов, протекающих на разных функциональных уровнях, в обеспечении физической работоспособности, обуславливая ее достоверное повышение в экспериментальной группе (табл.8). Отсутствие изменений в интеграции этих процессов в контрольной группе приводило к увеличению напряжения механизмов вегетативной регуляции, повышению «цены» адаптации кардиореспираторной системы к физическим нагрузкам.

Для оценки вклада изучаемых физиологических процессов в формирование PWC_{170} мы использовали множественный линейный регрессионный анализ. После ABC на величину физической работоспособности оказывают влияние 8 факторов (ХР, ЖП, ИЧМПА, РДОсовпад., а также концентрация глюкозы, креатинина, билирубина и Т4 в плазме крови), по сравнению с началом исследования (3 фактора: ЖП, ХР, РДОсовпад.). В контрольной группе в динамике наблюдения не выявлено увеличения количества переменных в уравнении регрессии. Таким образом, регрессионный анализ характеризует усиление взаимосвязи процессов, протекающих на разных функциональных уровнях, и увеличение вклада разных систем в обеспечении физической работоспособности, что свидетельствует об интеграции изучаемых процессов организма спортсменов в единую функциональную систему.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

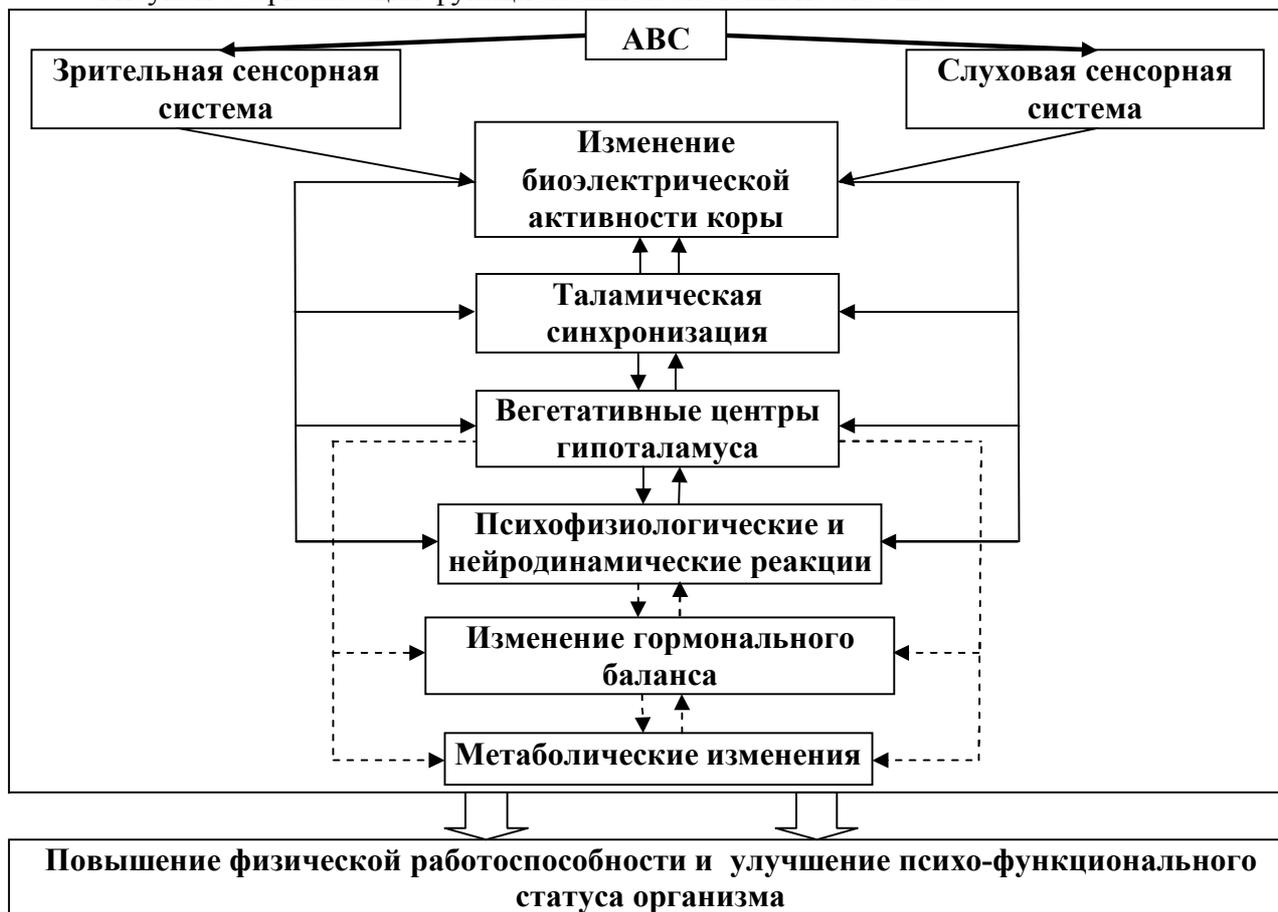
Описанные в настоящей работе данные подтверждают способность мозга человека следовать навязываемым ритмам, что может быть использовано для улучшения функционального состояния [Макаров С.В., 2005; Никулин Д.И., 2011],

снижения психо-эмоционального напряжения и достижения более высокой спортивной работоспособности [Бобрищев А.А., 2007, Пупиш М. с соавт., 2013].

После АВС формируются новые взаимосвязи внутри- и между изучаемыми системами: нервной, гормональной, кардиореспираторной и метаболической. Это свидетельствует как о повышении адаптивных возможностей под влиянием сенсорного воздействия, так и об улучшении синхронизации изучаемых показателей, что обеспечивает большую устойчивость представителей данной группы к воздействию эндогенных и экзогенных факторов [Бехтерева Н.П., 1988; Суботьялов М.А., 2002; Воскресенский С.А., 2011]. Вместе с тем, показан эффект суммации изменений после серии тренировок АВС на нейровегетативном, гормонально-метаболическом уровнях, что проявляется в усилении ответа по сравнению с однократным воздействием.

АВС вызывает изменения на психо-эмоциональном, психофизиологическом, нейрогормональном, вегетативном и метаболическом уровнях организации, формируя функциональную систему оптимизации процессов в организме, которая обеспечивает повышение энергетического обеспечения мышечной деятельности и физическую работоспособность, способствуя более успешному восстановлению после спортивных тренировок (табл.8) [Сонькин В.Д., 2010; Кудря О.Н., 2012].

Рисунок 6. Организация функциональной системы после АВС



ВЫВОДЫ

1) Однократная аудиовизуальная стимуляция частотой 3-13 Гц в течение 25 мин. вызывает повышение активности восстановительных процессов в коре головного мозга у спортсменов, что выражается в повышении амплитуды и мощности α - и θ -ритмов без изменения β -ритма, приросте супрессии мощности низкочастотных и высокочастотных α -волн при реакции десинхронизации.

2) После продолжительной низкочастотной аудиовизуальной стимуляции (20-22 сеанса) у студентов, занимающихся спортом, происходит улучшение психо-эмоционального состояния (снижение тревожности, фрустрации, психопатизации), когнитивных (повышение объема памяти, концентрации внимания) и нейродинамических процессов (уменьшение времени простой зрительно-моторной реакции, повышение активности процессов восстановления в коре головного мозга).

3) Однократная и продолжительная низкочастотная аудиовизуальная стимуляция вызывает сдвиг вегетативного тонуса в сторону большего повышения активности парасимпатического отдела, что увеличивает адаптационный потенциал системы кровообращения, обеспечивает более экономичную работу сердца в состоянии покоя и при физической нагрузке и способствует повышению физической работоспособности спортсменов. После продолжительной АВС этот эффект выражен сильнее, чем после однократной стимуляции.

4) Однократная аудиовизуальная стимуляция в режиме 3-13 Гц вызывает достоверное снижение только концентрации кортизола в плазме, тогда как после серии тренировок АВС происходит снижение концентрации нескольких гормонов стресса: кортизола, Т3, Т4 и ТТГ.

5) Однократная АВС не вызывает биохимических изменений в плазме крови, в то время как после серии тренировок отмечается повышение содержания белков, альбумина, глюкозы, антиоксидантной активности и снижение концентрации продуктов жирового и белкового метаболизма, что свидетельствует о существенном увеличении соотношения анаболических/катаболических процессов.

6) Повышение физической работоспособности и снижение психо-эмоционального напряжения спортсменов после аудиовизуальной стимуляции обусловлены интеграцией физиологических процессов и механизмов их регуляции на разных уровнях организма, о чем свидетельствует увеличение количества внутри- и межсистемных корреляционных связей между показателями корковой активности, психофизиологическими процессами, состоянием вегетативного тонуса, функциональными возможностями кардиореспираторной системы и гормонально-метаболическими реакциями. После продолжительной АВС эти проявления выражены сильнее, чем после однократного воздействия, что, вероятно, обусловлено суммационным эффектом.

Практические рекомендации

1) В динамике спортивных занятий необходимо проводить систематическую оценку психо-функциональных резервов спортсменов, диагностику состояния механизмов вегетативной регуляции кардиореспираторной системы и гуморально-метаболического статуса.

2) В процессе занятий спортом целесообразно использование АВС для оптимизации нейро-физиологических процессов и психологических реакций, для улучшения функционального состояния организма и более успешного восстановления после выполнения физических нагрузок, а также для достижения более высокой спортивной работоспособности.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Айзман Р.И., Головин М.С. Эффективность влияния однократной и продолжительной аудиовизуальной стимуляции на вариабельность сердечного ритма и механизмы вегетативной регуляции у спортсменов-цикликов // **Бюллетень сибирской медицины.** - 2014. - Т. 13. - № 6. - С. 113-120.

2. Головин М.С., Балиоз Н.В., Айзман Р.И., Кривошеков С.Г. Влияние аудиовизуальной стимуляции на психические и физиологические функции у спортсменов-легкоатлетов // **Физиология человека.** - 2015. - Т. 41. - № 5. - С. 90-98.

3. Головин М.С., Айзман Р.И. Влияние аудиовизуальной стимуляции на вегетативную регуляцию и вариабельность сердечного ритма спортсменов циклических видов // **Теория и практика физической культуры**. - 2015. - № 1. - С. 19-22.
4. Головин М.С., Айзман Р.И. Повышение психо-функциональных резервов организма студентов под влиянием аудиовизуальной стимуляции // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. - 2014. - № 5 (21). - С. 119-126.
5. Головин М.С., Айзман Р.И. Влияние аудио-визуальной стимуляции на вегетативную регуляцию и вариабельность сердечного ритма спортсменов циклических видов // Сборник материалов IV съезда Физиологов СНГ «Физиология и здоровье человека». - 8-12 октября 2014. - С. 241-242.
6. Головин М.С., Айзман Р.И. Изменение электроэнцефалографической активности головного мозга после аудиовизуальной стимуляции // В сборнике: Физическая культура, здравоохранение и образование. - Материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной памяти В.С. Пирусского. - Томск, 2015. - С. 100-103.
7. Головин М.С., Айзман Р.И. Использование аудиовизуальной стимуляции для повышения психо-функциональных резервов спортсменов // Научно-спортивный вестник Урала и Сибири. - 2015. - №3 (6). - С. 22-26.
8. Головин М.С., Айзман Р.И. Изменение психофизиологического статуса у спортсменов после тренировок аудиовизуальной стимуляции // Материалы IV международного научного конгресса, посвященного 45-летию Уральского государственного университета физической культуры. - Т.1 - 2015. - С. 129-130.
9. Головин М.С., Балиоз Н.В., Кривошеков С.Г., Айзман Р.И. Сенсорная стимуляция влияет на нейрогуморальные механизмы регуляции физиологических процессов // Материалы 4 международной междисциплинарной конференции «Современные проблемы системной регуляции физиологических функций», Москва, 2015. - ФГБУ «НИИНФ им П.К. Анохина» РАМН, С. 150-152.
10. Головин М.С., Балиоз Н.В., Айзман Р.И., Кривошеков С.Г. Изменение ЭЭГ показателей у студентов, занимающихся спортом, после однократной и продолжительной низкочастотной аудиовизуальной стимуляции // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. - 2016. - № 1. – С.131-140.

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АВС – аудиовизуальная стимуляция	УО – углеводный обмен
АМо – амплитуда моды	ХР – хроноинотропный резерв
ВР – вариационный размах	ЭЭГ – электроэнцефалография
ВСР – вариабельность сердечного ритма	CV – коэффициент вариации
ИВ – индекс восстановления	HF – высокочастотная составляющая спектра сердечного ритма
ИГСМА – индивидуальная реакция снижения мощности альфа-ритма ЭЭГ в ответ на открывание глаз	LF – низкочастотная составляющая спектра сердечного ритма
ИН – индекс напряжения	PWC ₁₇₀ – физическая работоспособность при ЧСС 170 уд. в мин.
ИЧМПА – индивидуальная частота максимального пика альфа-диапазона	RMSSD – квадратный корень из среднего квадратов разностей величин последовательных пар интервалов NN
ЛПНП – липопротеины низкой плотности	SDNN – стандартное отклонение величин R-R интервалов
ЛПВП – липопротеины высокой плотности	R-R интервалов
Мо – мода	TP – общая мощность спектра сердечного ритма
ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция	VLF – очень низкочастотная составляющая спектра сердечного ритма
РДО – реакция на движущийся объект	
ТЗ – трийодтиронин	
Т4 – тироксин	
ТТГ – тиреотропин	

Работа выполнена при поддержке Министерства образования в рамках выполнения Государственного задания № 2014/366 на выполнение НИР «Здоровье и безопасность в системе образования».