

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Новосибирский государственный педагогический университет  
(ФГБОУ ВПО «НГПУ»)  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Научно-исследовательский институт физиологии и фундаментальной медицины»  
(ФГБНУ «НИИФФМ»)

*На правах рукописи*

Головин Михаил Сергеевич

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

03.03.01- физиология

**Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук**

Научные руководители  
заслуженный деятель науки РФ  
д.б.н., профессор Р.И. Айзман  
д.м.н., профессор С.Г.Кривошеков

Новосибирск - 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	6
<b>ГЛАВА 1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ (АВС) В БИОЛОГИЧЕСКИХ И МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ</b>	12
1.1. Аудиовизуальная стимуляция как метод воздействия на организм человека	12
1.1.1. История развития метода АВС	12
1.1.2. Технологии и механизмы воздействия АВС на организм человека	14
1.1.3. Эффекты применения АВС на здоровых людях и при некоторых психофункциональных нарушениях	21
1.1.4. Использование АВС в спортивной практике	27
1.2. Психофункциональные особенности организма студентов под влиянием спортивной деятельности	29
1.2.1. Организм человека с позиции системного подхода	29
1.2.2. Изменение биоэлектрической активности мозга, психофизиологических и функциональных показателей организма студентов в процессе учебной и спортивной деятельности	32
1.2.3. Физическая работоспособность как показатель функциональных резервов лиц, занимающихся спортом	47
<b>ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ, КОНТИНГЕНТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</b>	50
2.1. Характеристика исследуемых групп студентов	50
2.2. Дизайн эксперимента	50
2.3. Методы исследования	53
2.3.1. Регистрация и анализ электроэнцефалограммы (ЭЭГ)	53
2.3.2. Оценка психофизиологического статуса студентов-спортсменов	54
2.3.3. Оценка морфо-функционального статуса студентов-спортсменов	55

2.3.4. Оценка состояния вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы	58
2.3.5. Определение биохимических и гормональных показателей крови студентов, занимающихся спортом	61
2.4. Методы математической статистики	62
<b>ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	64
3.1 Изменение электроэнцефалографической активности головного мозга после однократной и продолжительной АВС	64
3.2. Влияние АВС на нейродинамические показатели обследуемых	74
3.3. Влияние продолжительной АВС на психофизиологические показатели студентов-спортсменов	75
3.4. Влияние однократной и продолжительной АВС на вегетативную нервную систему обследуемых	84
3.5. Влияние АВС на функциональное состояние кардиореспираторной системы	93
3.6. Влияние однократной и продолжительной АВС на биохимические и гормональные показатели крови студентов, занимающихся легкой атлетикой	101
3.7. Анализ структуры межсистемных взаимосвязей в обеспечении физической работоспособности студентов-спортсменов под влиянием АВС	111
<b>ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ</b>	121
<b>ВЫВОДЫ</b>	134
Практические рекомендации	136
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b>	137

## **СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

АВС – аудиовизуальная стимуляция

АОА – антиоксидантная активность

АМо – амплитуда моды

ВНС – вегетативная нервная система

ВР – вариационный размах

ВСР – вариабельность сердечного ритма

ДАД – диастолическое артериальное давление

ДТ – длина тела

ЖП – жизненный показатель

ИВ – индекс восстановления

ИГСМА – индивидуальная глубина снижения мощности альфа-ритма ЭЭГ в ответ на открывание глаз

ИК – индекс Кетле

ИН – индекс напряжения

ИЧМПА – индивидуальная частота максимального пика альфа-диапазона ЭЭГ

КИ – кистевой индекс

ЛПНП – липопротеины низкой плотности

ЛПВП – липопротеины высокой плотности

Мо – мода

МВЛ – максимальная вентиляция легких

МОК – минутный объем крови

МПК – максимальное потребление кислорода

МТ – масса тела

ОХС – общий холестерин

ПД – пульсовое давление

ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция

ПСНС – парасимпатическая нервная система

РДО – реакция на движущийся объект

САД – систолическое артериальное давление

СИ – становой индекс

СНС – симпатическая нервная система

СОК – систолический объем крови

ССС – сердечно-сосудистая система

УО – углеводный обмен

ХР – хроноинотропный резерв

ЧСС – частота сердечных сокращений

ЭКГ – электрокардиография

ЭЭГ – электроэнцефалография

ABW – ширина индивидуального альфа-диапазона ЭЭГ

CV – коэффициент вариации

HF – высокочастотная составляющая спектра сердечного ритма

LF – низкочастотная составляющая спектра сердечного ритма

LF/HF – симпатико-парасимпатическое равновесие

pNN50 – количество пар соседних интервалов NN, различающихся более чем на 50 мс

PWC<sub>170</sub> – физическая работоспособность при ЧСС 170 уд. в мин.

RMSSD – квадратный корень из среднего квадратов разностей величин последовательных пар интервалов NN

SDNN – стандартное отклонение величин R-R интервалов

TP – общая мощность спектра сердечного ритма

VLF – очень низкочастотная составляющая спектра сердечного ритма

## ВВЕДЕНИЕ

**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; Быков Е.В., с соавт., 1998, 2005; Рубанович В.Б., 2003; Исаев А.П., с соавт., 2004; Агаджанян Н.А. с соавт., 2005; Сонькин В.Д., 2007; Шлык Н.И., 2009; 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 [Behncke L., 2004; Brunkner P. et.al., 2008; Шаров Р.А., 2009; Britton W.B., 2009; Воскресенский С.А., 2011]. В процессе обучения также наблюдается напряжение физиологических систем организма и психоэмоционального статуса студентов, что нередко приводит к снижению здоровья и адаптивных резервов. [Севрюкова Г.А., 2012; Лебедев А.В. с соавт., 2014].

Вместе с тем, выполнение физических нагрузок, которые не соответствуют уровню функциональных возможностей организма, а также 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 [Карпман В.И., 1980; Земцовский Э.В., 2008; Шлык Н.И. с соавт., 2009, 2012; Попова Т.В. с соавт., 2012]. Для достижения высоких спортивных результатов и успешной адаптации студентов к учебной деятельности, совмещенной с систематическими спортивными тренировкам необходима эффективная межсистемная взаимосвязь 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 [Араби Л.С., 2011; John S. et.al., 2011; Park Y.J. et.al., 2012; Афтанас Л.И. с соавт 2013; Kim D.K. et.al., 2014; Mikicin M. et.al., 2015].

**Степень разработанности темы исследования.** Одним из перспективных направлений нормализации функционального состояния организма является методика аудиовизуальной стимуляции (АВС), в основе которой лежат интенсивно развиваемые в последнее время технологии «навязывания» («entrainment») ритмики мозгу с помощью внешних стимулов [Murata T. et.al., 2004; Tsai S.L., 2004; Huang T. et.al., 2008; Teplan M. et.al., 2011; Stebliuk V. et.al., 2012]. В работах с использованием АВС показано, что навязывание ритмов разных частотных диапазонов имеет свою функциональную специфичность [Timmermann D.A.L. et.al., 1999; Olmstead R., 2005; Klimesch W. et.al., 2007; Siever D., 2012; Mikicin M. et.al., 2015] и применяется в разных сферах: в комплексной реабилитации и коррекции психогенных расстройств и дезадаптивных состояний [Макаров С.В., 2005; Араби Л.С., 2011], при лечении зависимостей, профилактике нарушений у лиц опасного и напряженного труда и т.д. [Carter J. L. et.al., 1993; Tsai S.L., 2004; Vernon D. et.al., 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; Cox R. et.al., 1996; Kumano H. et.al., 1997; Pietrini P. et.al., 1997; Masterova E.I. et.al., 1999; Ramírez N. et.al., 2000; Geracioti T.D. et.al., 2008]. В то же время работ по оценке комплексных эффектов АВС на различные функциональные уровни организма мы не обнаружили. Имеющиеся работы о благоприятном воздействии АВС на некоторые системы организма спортсменов (сердечно-сосудистая, дыхательная) [Nunez P. et.al., 2001; 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, могут 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-легкоатлетов.

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 аудиовизуальной стимуляции 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  $\alpha$ -ритма, увеличение мощности  $\theta$ -ритма, прирост



супрессии мощности низкочастотных и высокочастотных  $\alpha$ -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.

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.

### **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 студентов-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», «Скрининг диагностика здоровья» и «Методика организации исследовательской деятельности» 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».

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1) После низкочастотной АВС в режиме 3-13 Гц происходит улучшение психо-функционального состояния организма студентов-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 спортивным тренировкам.

### **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, трех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы (цитируется 265 источников, в том числе 94-иностранных авторов). Работа иллюстрирована 18 таблицами и 9 рисунками.

## **ГЛАВА.1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АУДИОВИЗУАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ (АВС) В БИОЛОГИЧЕСКИХ И МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

### **1.1. Аудиовизуальная стимуляция как метод воздействия на организм человека**

#### **1.1.1. История развития метода АВС**

Первые знания и понимание применения аудиовизуальной стимуляции были обнаружены французским психологом Pierre Janet в 1880 году. Он установил, что его пациенты становились более спокойными и тихими после воздействия на них колеса стробоскопа, освещенного фонарем [Janet P., 1925; Huang T.L. et.al., 2008].

В 1929 году Н.Berger установил, что электрическую активность головного мозга можно записывать при помощи наложения на поверхность головы специальных электродов, что явилось начальным периодом в развитии методики электроэнцефалографии [Huang T.L. et.al., 2008; Siever D., 2012].

В ЭЭГ человека эффект следования ритма корковых потенциалов за частотой световых мельканий впервые был отмечен E.D. Adrian and B.H.C. Mathews (1934). В дальнейшем эффект аудиовизуальной стимуляции был изучен G.Walter с соавт., (1946), показавшим, что волны ЭЭГ повторяют частоту мерцающего света, особенно в диапазоне альфа- ( $\alpha$ -ритм) или тета- ( $\theta$ -ритм) частот. Вместе с тем, ранние исследования касались только физиологических аспектов аудиовизуальной стимуляции и еще не применялись в клинических целях.

На заре изучения процессов электрофизиологической активности головного мозга рядом авторов было показано, что ритмика биопотенциалов мозга имеет рефлекторную природу и зависит от приходящих с периферии раздражений [Bremer F. et.al., 1939; Саркисов С.А. с соавт., 1949; Болдырева Г.Н., 1964]. Позже исследования с мерцающей световой стимуляцией, проведенные к 1940 году показали, что люди с высокими значениями мощности  $\alpha$ -ритма имели слабый уровень синхронизации, тогда как те, у кого наблюдалась низкая мощность  $\alpha$ -волн показали более широкий уровень

синхронизации мозговых волн. Е. Dempsey и А. Morison (1941) наблюдали повторяющиеся сенсорные ответы при стимуляции седалищного нерва, таким образом, доказывая, что тактильная стимуляция также может вызывать синхронизацию мозговых волн.

Позднее реакция усвоения ритма подверглась многочисленным исследованиям в таких направлениях как изучение расстройств внимания, бессонницы, хронической боли, в стоматологии и т.д. [Ливанов М.Н., 1944; Walter V.J. et.al., 1949; Ильянок В.А., 1962; Townsend R.E. et. al., 1975; Новикова Л.А. с соавт., 1978; Pigeau R.A. et.al., 1992]. В середине прошлого века появился интерес в использовании визуальной и аудио-ритмической стимуляции как эффективного средства, вызывающего релаксацию и улучшающего гипноз [Kroger W.S. et.al., 1959; Morse D.R., 1993; Timmermann D.A.L. et.al., 1999].

В 1966 году В.С. Margolis опубликовал работу о применении мерцающего света для дентального гипноза, что способствовало уменьшению количества анестезии, ускорению лечения и уменьшению тревожности и страха у пациентов.

В 60-х годах XX века изучалось в основном влияние свето-звуковой стимуляции на восприятие, чувства, производительность труда, уровень стресса, при разных патологических состояниях, и лишь позже оно стало рассматриваться как осознанный подход к улучшению здоровья человека [Timmermann D.A.L. et.al., 1999]. Реакцию усвоения ритма начали использовать на больных в клинике для оценки функционального состояния головного мозга [Болдырева Г.Н., 1964]. Однако, несмотря на то, что синхронизация волн мозговой активности посредством световой стимуляции успешно использовалась в клинических целях, ее признание как метода лечения встречало препятствия в результате недопонимания механизмов ее возникновения. Анализ литературы об эффектах и механизмах влияния АВС на организм человека посвящены следующие разделы главы.

### 1.1.2. Технологии и механизмы воздействия АВС на организм человека

Аудиовизуальная стимуляция - это ритмическое внешнее воздействие световых вспышек и звуковых колебаний на организм через зрительный и слуховой анализаторы с вовлечением корковых, лимбических структур и ретикулярной формации головного мозга [Голуб Я.В. с соавт., 2007; Усанова А.Д., 2011]. Анализ нейрофизиологической литературы указывает на неослабевающий интерес к изучению методов произвольного управления функциональным состоянием ЦНС [Горев А.С. с соавт., 2014]. В исследованиях электрофизиологического обеспечения различных функциональных состояний важная роль отводится анализу структуры ритмов ЭЭГ [Murata T. et al., 2004; Kamiya J., 2011]. Каждое из состояний волновой активности мозга представляет собой особый тип корковой активности и соотносится с такими состояниями сознания, как тревога, спокойствие или состояние сна [Siever D., 2012].

В структуре ЭЭГ общепринято выделяют четыре волновых диапазона, которые отражают разные психо-функциональные состояния организма человека [Гриндель О.М. с соавт., 2001; Гнездицкий В.В., 2004; Alexander D.M. et.al., 2006]. Альфа волны (8-13 Гц) наиболее выражены в период сенсорного покоя, умственной релаксации и медитации. Повышение мощности  $\alpha$ -волн свидетельствует о наличии чувства умиротворения, снижении тревожности, улучшении сна и иммунной функции. Бета-волны находятся в диапазоне от 14 до 40 Гц. Низкочастотные  $\beta$ -волны связаны с познавательными процессами, такими как решение проблем и мышление. Чрезмерная активность высокочастотных  $\beta$ -волн связана с повышенными эмоциональными состояниями, такими как волнение и страх. Частоты  $\theta$ -волн (4-8 Гц) ассоциируются с состоянием сна и гипнотического транса [Базанова О.М., 2011; Siever D., 2012]. В этом состоянии увеличивается активность памяти, повышается креативность, имеют место неожиданные озарения. Предполагается, что увеличение мощности  $\theta$ -ритма при эмоциях отражает активацию коры больших полушарий со стороны лимбической системы. Именно в  $\theta$ -состоянии человеческий мозг продуцирует больше бета-

эндорфинов, способствующих уменьшению боли и лучшему восстановлению организма после психо-эмоциональных и физических нагрузок [Голуб Я.В. с соавт., 2007]. Выявлено, что функциональная специфичность веретенообразных осцилляций в диапазоне 5-15 Гц связана с процессами внимания, памяти, эмоций и мотивации [Barry R.J. et.al., 2007]. Дельта волны - самые медленные волны мозговой активности с частотой от 1 до 4 Гц доминируют, когда организм засыпает, и продолжают преобладать в состоянии глубокого сна [Siever D., 2012].

Установлено, что мозг человека способен следовать за навязываемыми ритмичными стимулами, например, импульсами сверхслабого электрического тока, световыми вспышками и звуковыми щелчками, если частота следования стимулов находится в рамках диапазона частот биоэлектрических потенциалов мозга (0,5-42 Гц) [Frederick J.A. et.al., 1999; Lazarev V.V. et.al., 2001; Голуб Я.В. с соавт., 2007; Москвин В.А. с соавт., 2009]. Наблюдаемый эффект адаптации или приспособления доминирующей частоты ЭЭГ к внешним стимулам известен как навязывание мозговых волн. Перестройка электрической активности мозга происходит в соответствии с частотой, кратной частоте стимуляции [Walter V.J. et.al., 1949; Федотчев А.И., с соавт. 2001]. Ритмические световые и звуковые стимулы, генерируемые прибором в виде световых и звуковых сигналов, передаются через периферические нервы в соответствующие сенсорные зоны мозга и навязывают резонансный эффект в осциллирующих нейрональных ансамблях изменяя биоэлектрическую активность коры.

Аудиовизуальная стимуляция с изменяющейся частотой ритмических воздействий в первую очередь воздействует на гипоталамус и на префронтальную зону коры головного мозга, в которой моделируется функция внимания, и в дальнейшем вызывает синхронизацию ранее нескоррелированных источников спонтанной ритмики головного мозга, что приводит к переупорядочиванию корковых нейронных сетей и устранению очагов возбуждения в мозге [Carter J.L. et.al., 1993; Budzynski T., et.al. 1999; Timmermann D.A.L. et.al., 1999; Siever D., 2012; Афтанас Л.И. с соавт., 2013].

Электрическая активность головного мозга является отражением сложного взаимодействия корково-корковых и корково-подкорковых взаимоотношений, синхронизирующих и десинхронизирующих процессов [Гриндель О.М. с соавт., 2011]. В связи с наличием множественных связей, при изменении функционального состояния одной из структур мозга изменяется состояние всех остальных отделов и структур [Бехтерева Н.П., 1988; Воскресенский С.А., 2011; Святогор И.А. с соавт., 2015]. Показано, что при световой стимуляции реакция навязывания ритма распространяется от визуальной коры к другим областям, тогда как аудио стимуляция играет менее выраженную роль в эффектах распространения биоэлектрической активности [Huang T.L. et.al., 2008]. Установлено, что АВС наиболее эффективно влияет на затылочную область головного мозга, создавая эффект синхронизации мозговых волн на медленных частотах в дельта и тета-диапазоне [Brauchli P. et.al., 1995; Timmermann D.A.L. et.al., 1999; Teplan M. et.al., 2011]. Вместе с тем последние экспериментальные данные дают основание считать, что АВС имеет более широкий эффект на мозговую активность и оказывает влияние не только на затылочную область, но также эффективно распространяется на височную и лобную долю коры головного мозга [Huang T.L. et.al., 2008; Teplan M. et.al., 2011].

Показано, что даже после однократного сеанса АВС у здоровых молодых людей может увеличиваться спектральная мощность  $\alpha$ -диапазона [Цюрюпа В.Н. с соавт., 2006]. На первых сессиях АВС активируется афферентная неспецифическая система, и проявление условно-рефлекторной перестройки не совпадает с локализацией стимуляции. Однако по мере повторения сеансов АВС изменения локализации проявления неспецифического ответа в момент включения стимуляции приобретали генерализованный характер и концентрировались в зоне представительства сочетаемых раздражителей [Huang T.L. et.al., 2008; Святогор И.А. с соавт., 2015].

Быстрые повторяющиеся стимулы при сенсорной стимуляции инициируют возникновение временных вызванных потенциалов [Siever D., 2012]. Показано, что большинство изменений в ЭЭГ при АВС стимуляции краткосрочные и исчезают в этот



же день. Вместе с тем, некоторые данные свидетельствуют о сохранении эффекта АВС [Голуб Я.В. с соавт., 2007], однако эти факты оспариваются [Huang T. L. et.al., 2008; Григорьева Е.А. с соавт., 2013]. Выявлено, что курс тренировок АВС значительно увеличивает мощность в  $\theta$ -диапазоне, в  $\alpha$ -диапазоне во фронтальной и центральной частях коры, а также улучшает межполушарную когерентность  $\alpha$ -ритма [Terlan M. et.al., 2011]. Длительность эффекта после применения курса тренировок АВС на разных уровнях организации организма может составлять около 30 дней [Голуб Я.В. с соавт., 2007].

Для достижения успешной синхронизации мозговых волн, а также для получения надежного и длительного эффекта, тренировки АВС необходимо проводить в соответствии с установленными и общепринятыми правилами и критериями эффективности АВС, базирующимися на законах физики и психологической выносливости: правило частоты и мощности сигнала, правило соответствия сигнала, правило психологического соответствия [Голуб Я.В. с соавт., 2007; Siever D., 2012]. Эффект АВС также сильно зависит как от используемых частотных диапазонов стимуляции, так и от используемых программ, или паттернов работы приборов. Так, установлено, что при тренингах АВС на одной частоте практически отсутствуют наблюдаемые изменения, тогда как при добавлении других частот стимуляции при использовании скользящего режима генерации стимулов эффект наблюдается [Huang T.L. et.al., 2008; Siever D., 2012].

Показано, что АВС не затрагивает высшие психические процессы, а лишь создает условия для произвольной регуляции психических функций и вегетативных реакций благодаря оптимизации нервных процессов в коре головного мозга и влиянию на нейрогуморальную регуляцию [Brauchli P. et.al., 1995; Kumano H. et al., 1997; Голуб Я.В. с соавт., 2007; Араби Л.С., 2011; Усанова А.Д., 2011]. Вместе с тем, механизмы действия и эффективность аудиовизуального психофизиологического воздействия на психоэмоциональное состояние, умственную работоспособность, функциональные

резервы центральной нервной системы и вегетативные процессы остаются недостаточно исследованными [Усанова А. Д., 2011].

Эффекты реакции усвоения ритма проявляются опосредованно через активацию центральных нервных механизмов, регулирующих вегетативные функции, психическую и двигательную активность, как на системном, так и на локальном уровнях, а также через повышение неспецифической резистентности организма [Данилова Н.Н., 1998; Голуб Я.В. с соавт., 2007; Пупиш М. с соавт., 2013].

Предпосылками к пониманию механизмов описанных эффектов АВС и дальнейшему развитию метода стали работы Орбели И.А. и Кармановой И.Г., которые для коррекции повышенной возбудимости нервной системы в опытах на животных при воздействии ритмического света выявили формирование фотогенной каталепсии, характеризующейся процессами разлитого торможения и снижения возбудимости [Карманова И.Г., 1964; Anokhin P.K., 1974]. У животных происходило нарастание процесса иррадиации торможения по центральной нервной системе и образование доминантного очага. Было показано, что симпатическая нервная система вовлекается в действие рефлекторно в результате наличия функциональных связей сетчатки с передним гипоталамусом оптико-вегетативными и ретино-диэнцефальными связями [Anokhin P.K., 1974], а также за счет возбуждения ретикулярной формации, связанной функциональными связями с сетчаткой. Ретикулярная формация ствола мозга может оказывать синхронизирующее влияние на генерацию устойчивого ритмического паттерна, и десинхронизирующее, нарушающее согласованную ритмическую активность. Таким образом, световая стимуляция может влиять на урежение дыхания, снижение тонуса скелетных мышц и повышение температуры конечностей [Карманова И.Г., 1964; Anokhin P.K., 1974].

Исследования показывают, что световая стимуляция улучшает приток крови к мозгу и продукцию нейротрансмиттеров, что может увеличивать скорость визуальных и слуховых процессов и способствовать увеличению работоспособности [Peniston E.

G. et.al., 1989; Cox R. et.al., 1996; Rosenfeld J.P. et.al., 1997; Masterova E.I. et.al., 1999; Ramírez N. et.al., 2000; Teplan M. et.al., 2011; Siever D., 2012].

Синхронизация мозга с помощью бинауральных звуков – основная составляющая АВС, является также эффективным способом организации электрических колебаний мозга и связанных с ними психофизиологических состояний, одновременно обеспечивающих высокую синхронизацию обоих полушарий [Голуб Я.В. с соавт., 2010; Пупиш М. с соавт., 2013]. Бинауральные ритмы представляют собой два тона различной частоты, подаваемые порознь в каждое ухо. Технология бинаурального воздействия основана на резонансном отклике мозга, благодаря которому возникает желаемая перестройка биоэлектрической активности [Lane J.D. et.al., 1998; Scouarnes R.P. et.al., 2001; Wahbeh H. et.al., 2007].

Установлено, что технология воздействия бинауральными звуками может применяться для контроля внимания, вегетативного возбуждения и улучшения физической работоспособности. Воздействие  $\beta$ -частотами может улучшать психоэмоциональное состояние и настроение, внимание и память, а альфа воздействие улучшает процессы восстановления [Lane J.D. et.al., 1998].

При использовании АВС с доминирующей альфа частотой происходит перераспределение степени участия каждого из ритмов в формировании ЭЭГ-паттерна за счет увеличения мощности  $\alpha$ -активности и уменьшения парциальной мощности высокочастотных ритмов, что формирует нейродинамический баланс центральных структур [Макаров С.В., 2005; Махинов В.А. с соавт., 2013].

Показан эффект релаксации, обусловленный выраженным влиянием на ВНС, что проявляется в снижении ЧСС, частоте и глубине дыхания, кожно-гальванической реакции [Morse D.R., 1993; Федотчев А.И. с соавт., 2001], а также скорости центрального и периферического кровообращения [Fox P.T. et.al., 1984]. Эти эффекты могут быть использованы в качестве эффективных терапевтических методов [Walter V.J. et.al., 1949; Morse D.R., 1993].

Воздействие частотой в ритме  $\beta$ -волн увеличивает состояние активации головного мозга, за счет чего повышается концентрация внимания, улучшаются когнитивные показатели, ослабевают паранойяльные расстройства [Lane J.D. et.al., 1998]. Тета стимуляция способствует повышению активности  $\theta$ -диапазона, улучшению состояния медитации-релаксации, и повышению творческой активности [Hiew S.C., 1995].

Авторы установили, что в зависимости от характера стимуляции по-разному после АВС изменяются настроение, мозговая активность, возбуждение ВНС [Карманова И.Г., 1964]. Активационные программы увеличивали возбуждение, а низкочастотные-ослабляли. Чрезмерная гиперстимуляция вызывала увеличение раздражения, напряжение и легкое недомогание. ЧСС снижалась после применения всех программ, однако, после расслабляющих - более всего. В литературе объясняется, что даже интенсивная стимуляция может снижать возбуждение ВНС, либо в силу привыкания, либо блокировки ретикулярной формации [Huang T.L. et.al., 2008].

Наряду с описанными эффектами АВС, установлено, что реакция усвоения ритма и синхронизация мозговых волн может быть также вызвана нервной и тактильной стимуляцией [Dempsey E., et.al., 1941; Афтанас Л.И. с соавт., 2013].

Установлено, что реакция усвоения ритма наблюдается у здоровых людей в 70-100% случаев [Frederick J.A. et.al., 1999]. Показано, что базовый низкий или высокий уровень ЭЭГ активности и эмоциональной лабильности может влиять на изменения ЭЭГ после АВС. [Kumano H. et al., 1997; Rosenfeld J.P. et.al., 1997]. В случаях резко выраженной синхронизации, реакция усвоения отсутствует. Наличие признаков дизритмии в фоновой ЭЭГ сопровождалось более выраженным усвоением широкого диапазона частот световых мельканий [Святогор И.А. с соавт., 2015].

В клинической практике широко используют метод оценки изменения паттернов ЭЭГ под воздействием ритмической фотостимуляции, критерием патологии которого считается расширение диапазона усвоения ритмов либо полное отсутствие реакции усвоения [Kamiya J., 2011; Святогор И.А. с соавт., 2015]. Локусы ЭЭГ в затылочных

отведениях являются наиболее информативными в связи с тем, что ответы на световые раздражители распространяются симметрично в обоих полушариях и имеют максимальную амплитуду в затылочных долях мозга [Святогор И.А. с соавт., 2015].

Таким образом, имеющиеся данные свидетельствуют о том, что АВС навязывает резонансный эффект и вызывает синхронизацию ранее нескоррелированных источников спонтанной ритмики головного мозга, что может обуславливать изменения активности различных функциональных систем и проявление множественных эффектов в организме.

### **1.1.3. Эффекты применения АВС на здоровых людях и при некоторых психофункциональных нарушениях**

Несмотря на то, что методы аудио-визуальной стимуляции не новы, последние исследования доказывают пользу АВС как эффективного терапевтического инструмента при лечении расстройств внимания, предменструального синдрома, хронической боли, мигрени, бессонницы, головных болей, стресса и депрессии [Morse D.R., 1993; Dieter J. et.al., 1995; Patrick G.J., 1996; Serman M.B., 1996; Anderson D.J. et al., 1997; Budzynski T. et.al., 1999; Teplan M. et.al., 2011; Stebliuk V. et.al., 2012]. В последние десятилетия появился ряд клинико-физиологических наблюдений о том, что АВС влияет на сон, неврологические расстройства и аддикции [Huang T.L. et.al., 2008; Siever D., 2012;], улучшает поведение и когнитивную работоспособность необучаемых детей [Carter J.L. et.al., 1993; Голуб Я.В. с соавт., 2007], смягчает когнитивные дисфункции при закрытых травмах головы, вызывает гипнотические состояния [Dieter J. et.al., 1995].

У пациентов с синдромом хронической усталости было отмечено значительное уменьшение уровня депрессии, улучшение показателя импульсивности/гиперактивности [Margolis B.S., 1966]. АВС улучшала память, уровень общего интеллекта, параметры теста на чтение у детей с СДВГ [Patrick G.J., 1996; Budzynski T., et.al. 1999], тогда как после фото-стимуляции на частоте  $\theta$ -ритма не наблюдалось изменений концентрации

внимания, арифметического счета и памяти [Patrick G.J., 1996; Wahbeh H. et.al., 2007]. Стимуляция  $\beta$ -ритмами также приводила к улучшению в арифметическом счете, а совместная  $\alpha$ - и  $\beta$ - стимуляция улучшала концентрацию внимания [Olmstead R., 2005; Siever D., 2012].

Установлено, что фото и аудио стимуляция имеет положительный эффект на боль при повторных операциях эзофагогастродуоденоскопии [Nomura T. et.al., 2006]. Аналогичный обезболивающий эффект также наблюдался при зубной боли и мышечных спазмах [Manns A. et.al., 1981]. У большинства людей с острой и хронической головной болью АВС понижала проявление боли и мигреней, снижала необходимость в анестезии во время хирургии [Rosenfeld J.P. et.al., 1997; Kumano H. et.al., 1997]. В 1981 г. Arturo Manns после воздействия изохронических тонов наблюдал улучшение в случаях височно-нижнечелюстной дисфункции и снятие челюстного напряжения [Manns A. et.al., 1981; Голуб Я.В. с соавт., 2007].

Положительный опыт применения АВС получен при терапии кардионеврозов, гипертензивных состояний, а также для коррекции текущего эмоционального фона специалистов, деятельность которых сопряжена с чрезмерным психо-эмоциональным напряжением и витальной угрозой [Голуб Я.В. с соавт., 2007].

У больных с хроническим мышечным напряжением АВС способствовала более быстрому и полному восстановлению нарушенных неврологических функций, нормализации процессов возбуждения-торможения, снятию избыточного напряжения [Максимов О.Б., 2006].

Показано, что после проведения курса АВС у пациенток, имевших в анамнезе наличие преждевременных родов или мертворождений, вызванных интенсивными стрессами во время беременности на 12-20-й неделе, улучшилось актуальное психическое состояние, снизилась выраженность стресс-реакции и возросла стрессоустойчивость [Махинов В.А. с соавт., 2013].

Применение аудиовизуальной коррекции явилось достаточно эффективным средством оперативной и долговременной коррекции психоэмоционального состояния

студентов с явлениями хронического утомления без применения медикаментозных средств [Никулин Д.И., 2011].

Использование АВС при лечении пациентов с артериальной гипертензией с симптомами ментального и эмоционального стресса оказывало позитивные эффекты на психовегетативные компоненты патогенеза заболевания, что позволило рекомендовать ее для широкого внедрения в практику реабилитации [Stebliuk V. et.al., 2012; Афтанас Л.И. с соавт., 2013].

В ряде исследований показано, что инструментальные лечебные технологии в таких областях как реабилитация наркозависимых, работа с лицами опасных профессий, психотерапия и т.д. могут успешно конкурировать с фармакологическими и психотерапевтическими методами и при сочетанном использовании могут снижать лекарственную нагрузку [Штарк М.Б. с соавт., 2002; Шаров Р.А., 2009; Черапкина Л.П. с соавт., 2011; Буторин Г.Г. с соавт., 2012].

Целенаправленное формирование уровня мозговой активности (активации/торможения) позволяет использовать АВС в качестве профилактического средства как у людей с различными психофункциональными нарушениями здоровья, так и у практически здоровых лиц. Применение АВС способствует повышению адаптационного резерва механизмов защиты от эмоциональных и психосоциальных перегрузок, связанных с учебной деятельностью [Араби Л.С., 2011; Усанова А.Д., 2011]. Установлено, что курсовое применение АВС приводило к улучшению состояния вегетативной нервной системы у студентов после экзаменационной сессии, а также снижению показателя субъективных проявлений синдрома хронической усталости, что в целом свидетельствовало о нормализации функциональных резервов адаптации [Макаров С.В., 2005]. Аудиовизуальное воздействие оказывает положительное влияние на показатели (по тестам Спилбергера-Ханина и Люшера): самочувствия, актуальное психическое состояние, снижает реактивную тревожность, фрустрацию, психопатизацию, улучшает когнитивные функции и нейродинамические показатели ЦНС [Голуб Я.В. с соавт., 2007].

Показано, что применение АВС способствовало выделению дофамина и серотонина, улучшению сатурации и утилизации глюкозы в мозгу, снижению активности адренергических нейронов [Walton K.G. et.al.,1995; Rosenfeld J.P. et.al., 1997; Teplan M. et.al., 2011; Stebliuk V. et.al., 2012]. АВС повышала эффективность структурно-функциональной системы передачи нервных импульсов и межклеточного взаимодействия [Peniston E.G. et.al.,1989; Ramírez N. et.al., 2000]. Установлено что после курса АВС происходило улучшение иммунного статуса, изменение актуальной самооценки, усиление вагальных и снижение эрготропных влияний в процессы регуляции ритма сердца у здоровых юношей [Masterova E.I. et.al., 1999].

Вместе с тем, результаты использования АВС у практически здоровых людей, часто бывают противоречивы. Так, существуют данные о том, что  $\alpha$ - и  $\beta$ - стимуляция у здоровых взрослых людей не вызывала значительных изменений памяти и уровня общего интеллекта [Siever D., 2012]. Как сообщает P.Brauchli, АВС с различной частотой и интенсивностью стимулов эффективно влияла на настроение и вегетативный тонус, однако не отражалась на ЭЭГ активности [Brauchli P. et.al., 1995]. Timmerman D.A.L. с соавт., (1999) было показано, что АВС в  $\alpha$ -диапазоне не оказывала существенного влияния на соответствующую  $\alpha$ -активность коры. Т.Kawaguchi (1993) сообщил что половина испытуемых в его эксперименте не демонстрировала эффект навязывания ритма в альфа диапазоне при стимуляции от 5 до 16 Гц. В других экспериментах с визуальной стимуляцией эффект навязывания ритма проявлялся у участников с исходной низкой альфа-активностью. H.Ossebaard (2000) выявил существенное эмоциональное истощение после стимуляции на  $\alpha$ - и  $\beta$ - частотах. Не обнаружено также изменений показателей депрессии, общего настроения, реактивной тревожности и качества жизни после проведения курса тренингов АВС [Scouarnes R.P. et.al., 2001; Wahbeh H. et.al., 2007]. Однако вышеописанные результаты исследований в настоящее время активно оспариваются, поскольку во многих экспериментах исследуемые группы не имели достаточных репрезентативных выборок и не были тщательно обработаны разными методами математической статистики.



Как было установлено, в состоянии релаксации интенсифицируются процессы восстановления функциональных ресурсов мозга, что создает предпосылки для оптимизации работы всех систем организма. Эти процессы являются физиологической основой эффекта пострелаксационного улучшения психофизиологических функций – произвольного внимания и кратковременной памяти [Budzynski T. et al., 1999; Travis F., 2001; Голуб Я.В. с соавт., 2007; Park Y.J. et.al., 2012; Siever D., 2012].

Считается, что методика АВС практически не имеет противопоказаний в применении. Однако при использовании АВС у некоторых групп людей в силу их индивидуальных особенностей наблюдались неблагоприятные психофизиологические изменения в организме [Timmermann D.A.L. et.al., 1999; Huang T.L. et.al., 2008; Siever D., 2012]. Поэтому не рекомендуется использовать АВС людям при острых психотических расстройствах, при повышенной фото чувствительности, больным эпилепсией, при острых заболеваниях глаз и индивидуальной непереносимости мерцающего света и звука [Huang T.L. et.al., 2008; Голуб Я.В. с соавт., 2010]. Например, показано, что во время сеансов АВС у людей, предпочитающих иметь контроль над ситуацией, при состоянии релаксации возникало чувство тревоги, несмотря на вегетативные признаки расслабления и успокоения [Siever D., 2012]. Люди, пережившие период трудностей, депрессии или повышенной склонности к суициду, должны быть осторожны с применением средств АВС, так как во время сеансов могут появляться глубоко скрытые воспоминания об этом периоде и, соответственно, приступы паники. Имеются данные о том, что долговременная АВС может подавлять межполушарное взаимодействие [Huang T.L. et.al., 2008].

Вместе с тем, очень часто для повышения эффективности терапевтических и восстановительных процедур, АВС используют в сочетании с другими методами воздействия на организм человека. Цель комплексной терапии состоит в том, чтобы определить и создать условия, при которых осуществляется максимально полная реализация адаптивных возможностей [Голуб Я.В. с соавт., 2007; Араби Л.С., 2011]. Так, применение АВС в комплексном лечении психосоматических больных

способствовало оптимизации функционального состояния коры головного мозга, снижению тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы; нормализации актуального психического состояния. Эти эффекты обеспечивали более сбалансированную регуляцию функций организма и, соответственно, успешность лечения [Голуб Я.В. с соавт., 2007; Huang T.L. et.al., 2008; Араби Л.С., 2011; Афтанас Л.И. с соавт., 2013].

В 1981 г. Arturo Manns опубликовал исследование, показывающее глубокую релаксацию при одновременном использовании биологической обратной связи и изохронных тонов. Предварительное проведение курса БОС-тренинга, направленного на увеличение мощности  $\alpha$ -ритма ЭЭГ, повышает эффективность аудио-визуального воздействия, что может быть использовано у пациентов с выраженной депрессией  $\alpha$ -ритма [Голуб Я.В. с соавт., 2007].

Показано, что применение аппаратных методов лечения при комбинированном воздействии с методами биоуправления и аудиовизуальной стимуляции целесообразно для потенцирования терапевтического эффекта у пациентов с героиновой зависимостью [Frederick J.A. et.al., 1999; Макаров С.В., 2005; Kaplan A.Y. et.al., 2005; Голуб Я.В. с соавт., 2007; Prinsloo G.E. et.al., 2013].

Интеграция аудио- и видеопрограмм со светозвуковой стимуляцией вызывает более глубокий эффект. Так, испытуемые, получавшие АВС с музыкальным сопровождением перед процедурой лечения корневых каналов зубов, показывали самые низкие показатели стресса по сравнению с контрольной группой [Siever D., 2012].

Комплексное воздействие белым светом и музыкой, по сравнению с одноканальным воздействием, оказывало более эффективное влияние на амплитуду  $\alpha$ -ритма, ЧСС, дыхание, тревожность и уровень бета-эндорфинов. В 1999 Timmermann с соавт., также подтвердили наибольший эффект АВС при комбинировании аудио- и визуального воздействия [Morse D.R., 1993; Timmermann D.A.L. et.al., 1999; Teplan M. et.al., 2011; Усанова А.Д., 2011]. Эффект усиливался, если фотостимуляцию

сопровождали релаксационными аудиозаписями. При этом уровень бета-эндорфинов повышался на 25%, а серотонина – на 21% [Cox R. et.al., 1996].

Установлено, что по сравнению с монотерапией фармакологическими препаратами, сочетанное использование метода аудио-визуально-вибротактильной стимуляции приводило к более эффективной нормализации суточной динамики артериального давления наряду с двукратным снижением суточной дозы принимаемого антигипертензивного препарата [Stebliuk V. et.al., 2012; Афтанас Л.И. с соавт., 2013]. Применение аудио-визуально-вибротактильной стимуляции в комплексной терапии на этапе формирования ремиссии у женщин с алкогольной зависимостью вызывало положительную динамику аффективных и личностных психологических параметров, снижало показатели стресса, тревоги и психического напряжения [Афтанас Л.И. с соавт., 2013].

Очевидно, что колебательные процессы, происходящие в организме и изменяющиеся под воздействием АВС, должны затрагивать не только мозговую активность, но также и вегетативные процессы, в частности, ритм сердца. Эти результаты свидетельствуют о тесной взаимосвязи между биоэлектрической активностью головного мозга и вегетативной сферой, их общей включенности в обеспечение функционального состояния человека [Kim D.K. et.al., 2014].

#### **1.1.4. Использование АВС в спортивной практике**

Потенциальные возможности применения АВС в спорте изучены недостаточно. Как известно, при увеличении возбуждения у каждого спортсмена постепенно суживается зона восприятия и снижается способность к концентрации внимания на информационно-значимые сигналы [Голуб Я.В. с соавт., 2007]. Таким образом, регулируя психофизиологическое состояние спортсменов с учетом их индивидуальных психофизиологических качеств, можно проводить тренировочный процесс в частотном коридоре продуктивной активации мозга, достигая максимального положительного

результата, как в процессе тренировки, так и в соревновательном периоде [Budzynski T. et al., 1999; Голуб Я.В. с соавт., 2010].

Первые публикации об использовании АВС в спортивной практике относятся к концу 1980-х годов. До этого времени предпринимались попытки использовать технологии на основе биологической обратной связи, персонифицированные звуковые/видео-программы, дыхательные методы, различные формы медитации и т.д., чтобы помочь спортсменам достичь оптимального психофизического состояния, которому соответствуют определенные нейрогуморальный фон, уровень напряжения систем вегетативной регуляции и двигательная активность [Glicksohn J., 1986; Budzynski T. et al., 1999; Vernon D. et.al., 2004].

Устройства АВС могут быть очень эффективны для повышения концентрации внимания и сосредоточенности при спортивных соревнованиях, а также для улучшения пиковой работоспособности за счет раскрытия резервов, находящихся под управлением вегетативной нервной системы [Walton K.G. et.al., 1992; Москвин В.А. с соавт., 2009; Siever D., 2012].

Интересные результаты получены в работе Пупиш М., Чиллик И., (2013) свидетельствующие о положительном влиянии курса тренировок АВС на процессы восстановления мастеров спортивной ходьбы на основе мониторинга показателей ЧСС, содержания лактата в крови, продолжительности сна, скорости засыпания и некоторых субъективных ощущений. Как указывают авторы, для достижения желаемых эффектов спортсменам потребовалось не менее 10-20 сеансов АВС, что в значительной степени способствовало не только психической, но и общей релаксации организма. Вместе с тем, недостатком этой работы является незначительное количество обследуемых спортсменов, что делает эти данные недостаточно репрезентативными.

Как показано V.Stebliuk (2012), после продолжительного курса тренировок АВС у спортсменов наблюдались изменения исходного вегетативного тонуса, о чем свидетельствовал переход от симпатикотонии к эйтонии, способствующий увеличению толерантности к физическим нагрузкам.

Таким образом, ABC рассматривается как возможность сенсорной активации коры головного мозга, как способ психофизиологической коррекции состояния человека, что помогает успешнее адаптироваться к интенсивной учебной деятельности, к физическим нагрузкам и быстро изменяющимся ситуациям во время занятий спортом. Следовательно, методика ABC успешно встраивается в концепцию восстановительной и спортивной медицины по разработке технологий, связанных с коррекцией функциональных состояний, повышением адаптивных возможностей человека в целях восстановления и укрепления здоровья, повышения профессиональной надежности и долголетия [Вялков А.И. с соавт., 2003; Huang T.L. et.al., 2008; Siever D., 2012].

Однако многие вопросы, касающиеся влияния ABC на различные уровни организма занимающихся спортом, - психический, нейродинамический, психофункциональный, гормональный, вегетативный, метаболический - в рамках единого исследования не изучены, что и определило цель и задачи настоящего исследования.

## **1.2. Психофункциональные особенности организма студентов под влиянием спортивной деятельности**

### **1.2.1. Организм человека с позиции системного подхода**

С позиции системного подхода организм представляет совокупность множества взаимодействующих функциональных систем различного уровня организации: от метаболического до популяционного и социального [Меерсон Ф.З. с соавт., 1988; Анохин К.В., 2010]. Регуляция функций организма как целостной динамической функциональной системы происходит на разных ее уровнях, которые обладают относительной автономией и, будучи связаны между собой регуляторными механизмами, образуют многоярусную систему, высшие центры которой

контролируют нижележащие [Анохин П.К., 1980; Покровский В.М. с соавт., 2010; Судаков К.В., 2013].

Большинство российских и зарубежных ученых едины во мнении, что адаптация человека к мышечным нагрузкам связана с саморегулированием многокомпонентных функциональных систем [Меерсон Ф.З. с соавт., 1988; Земцовский Э.В., 1995; Nottin S. et.al., 2002; Bolis S.L. et.al., 2003; Баевский Р.М. с соавт., 2008; Сонькин В.Д., 2010; Колпаков В.В. с соавт., 2011]. Регуляция активности систем организма обеспечивает уровень их функционирования, необходимый для успешной адаптации к различным факторам среды и нагрузкам [Павлов С.Е., 2000; Солодков А.С., 2000; Фомин Н.А., 2003].

С позиций системного подхода нормальный уровень функционирования физиологических систем отражает сочетание механизмов централизации и автономности управления в организме, которые обеспечивают максимальную адаптивность целостной системы при ее взаимодействии с факторами внешней среды [Меерсон Ф.З. с соавт., 1988]. Автономность низших уровней освобождает высшие уровни от необходимости постоянно участвовать в локальных регуляторных процессах [Судаков К.В., 2000]. Функцию межсистемной регуляции при формировании приспособительных реакций организма в ответ на воздействие физических нагрузок выполняет вегетативная нервная система. ВНС контролирует и изменяет функцию тканей и органов, приспособляя их к деятельности целостного организма, которая направлена на достижение состояния высокой физической работоспособности при минимизации физиологической цены за это [Ноздрачев А.Д. с соавт., 2001; Nottin S. et.al., 2002; Bolis S.L. et.al., 2003; Шлык Н.И., 2009].

В связи с тем, что каждая реакция адаптации имеет некую «цену», которую «платит» организм затратой веществ, энергии и резервов, физическая нагрузка может вызывать в организме спортсменов различные адаптационно-приспособительные сдвиги [Судаков К.В., 2000; Раевский В.В., 2005]. При адаптации к мышечным нагрузкам происходит усиление деятельности ряда функциональных систем за счет

мобилизации и использования их резервов, а системообразующим фактором является полезный приспособительный результат – выполнение поставленной спортивной задачи [Солодков А.С., 2000]. Вместе с тем, адаптация к условиям тренировочно-соревновательной деятельности связана со своевременной мобилизацией резервов и соответствующей стимуляцией процессов восстановления и защиты организма [Агаджанян Н.А., с соавт. 2003].

Спортивная нагрузка, соответствующая по объему и интенсивности функциональным резервам организма, способствует совершенствованию центральных механизмов регулирования, оптимизации межсистемных и внутрисистемных связей, высокому развитию саморегуляции на всех уровнях жизнедеятельности организма. Однако необходимость длительного поддержания активности функциональных систем может приводить к напряжению регуляторных механизмов [Быков Е.В. с соавт., 1998; Пшенникова М. Г., 2000; Исаев А.П. с соавт., 2004; Шаханова А. В. с соавт., 2008].

Особенностью современного спорта является повышение требований к морфофункциональным резервам всех систем организма [Никитушкин В.Г., 2009; Шлык Н.И. с соавт., 2012; Иванова Т. С., 2015], что обусловлено высокими нагрузками на физиологические системы спортсменов для выполнения работы на максимально возможном уровне [Бердичевская Е.М. с соавт., 2009; Цыпленкова Е.С., 2011].

Показано, что интенсивные занятия спортом, наряду с негативными социально-средовыми влияниями, зачастую выходят за пределы функциональных и адаптивных возможностей организма и могут вызывать целый ряд изменений на гомеостатическом уровне, изменять регуляторно-адаптивный статус организма [Быков Е.В. с соавт., 1998; Павлов С.Е., 2000; Исаев А.П. с соавт., 2004; Агаджанян Н.А. с соавт., 2005]. Наряду со спортивной деятельностью, студенты задействованы в учебном процессе, предполагающим высокую активность познавательных психических процессов и сопровождающимся высоким психоэмоциональным напряжением [Усанова А.Д., 2011]. Поэтому значительные физические и психические нагрузки, вызывающие напряжение адаптивно-приспособительных механизмов функциональных систем,

могут приводить к значительному ухудшению состояния здоровья занимающихся [Щербатых Ю. В., 2001; Батрымбетова С. А. с соавт., 2008; Шаханова А. В. с соавт., 2008].

### **1.2.2. Изменение биоэлектрической активности мозга, психофизиологических и функциональных показателей организма студентов в процессе учебной и спортивной деятельности**

Современное высшее образование ориентировано на трудоемкую многопрофильную теоретическую и практическую подготовку студентов, ставя главной целью воспитание и развитие активной, ответственной, профессиональной и здоровой личности [Найденова З.Г., 2009; Севрюкова Г.А., 2012]. Современная образовательная система с обилием предметов, большим объемом информации, дефицитом времени и высоким психо-эмоциональным напряжением выводит умственную работу студентов на предельно высокий уровень [Осадчая Е.А. с соавт., 2009; Блинова Н.Г. с соавт., 2014]. Поэтому студенты относятся к группе повышенного риска, по состоянию психического и физического здоровья [Чикова С.Н., 2007; Блинова Н.Г. с соавт., 2014; Лебедев А.В. с соавт., 2014].

В связи с этим, успешная адаптация к обучению в вузе представляет собой многоуровневый процесс, который включает в себя физиологическую и психо-социальную адаптацию, обеспечивая развитие физических, психических и интеллектуальных возможностей, а также увеличение личностного потенциала студентов [Агаджанян Н.А., 2005; Богомаз С.А., 2012].

Интенсивный ритм жизни студентов, не учитывающий их индивидуальные особенности, сказывается не только на эффективности обучения, но и на состоянии здоровья, основными критериями которого являются умственная работоспособность, академическая успеваемость и уровень заболеваемости [Шаханова А.В. с соавт., 2008]. Так, в исследованиях Г.А. Севрюковой (2012) установлено, что в процессе обучения в



вузе на фоне эмоционального напряжения и интенсивной умственной деятельности увеличивается состояние тревоги и психо-эмоционального напряжения, которые могут стать причиной высокой чувствительности к стрессу, затруднений в интеллектуальной деятельности, соматических и нервно-психических отклонений.

Учебная адаптация представляет собой результат интеграции корково-подкорковых взаимоотношений, при которых возникают одновременные сдвиги в деятельности коры головного мозга и вегетативных функций. При несоответствии психо-функциональных резервов обучающихся и предъявляемых к ним требованиям развиваются процессы дезадаптации, что может негативно влиять на функциональное состояние, регуляторно-адаптивный статус организма и дальнейшую профессиональную деятельность студентов [Агаджанян Н.А., 2005]. Так, например, выявлено достоверное уменьшение физической работоспособности у студентов старших курсов, снижение МПК, что свидетельствует о снижении аэробной производительности и общей выносливости [Шаханова А.В., 2008].

Важное значение в общей адаптивной реакции организма студентов к учебной деятельности приобретают активность гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, играющей ведущую роль в поддержании тонуса ВНС и симпатoadреналового звена. У студентов наблюдается повышение кортизола в плазме крови с одновременным уменьшением АКТГ, что предопределяет сдвиг метаболизма в сторону катаболических процессов [Севрюкова Г.А., 2012].

Снижение функциональных и регуляторно-адаптивных возможностей у студентов на разных этапах обучения в вузе предопределяет необходимость оценки, своевременного восстановления и профилактической коррекции функционального и психоэмоционального состояния организма [Kim D.K. et.al., 2014; Mikicin M. et.al., 2015].

Степень адаптации учащихся к учебному процессу обуславливается индивидуальными психофизиологическими и морфофункциональными особенностями организма, определяющими эффективность и стратегию перестроек. Примечательно,

что двигательная активность по своему воздействию может выступать как фактор, совершенствующий механизмы адаптации к учебному процессу и, наоборот, как ослабляющий при нерациональном ее применении.

Одной из главных задач изучения приспособления организма студентов к спортивным занятиям является оценка влияния физических нагрузок на функциональное состояние и функциональные возможности центральной нервной системы (ЦНС), которая занимает главное место в иерархической структуре функциональных систем [Анохин П.К., 1980; Судаков К.В., 2013]. Функциональное состояние ЦНС обуславливает эффективность и физиологическую стоимость тренировочно-соревновательной деятельности [Бердичевская Е.М. с соавт., 2009; Беленко И.С., 2010].

Нейрофизиологической результирующей процессов адаптации и дезадаптации является электрическая активность мозга [Бехтерева Н.П., 1988; Гнездицкий В.В., 2004; Черепкина Л.П. с соавт., 2011], которая может существенно изменять свою функциональную активность при выполнении спортсменами физических нагрузок [Попова Т.В. с соавт., 2006]. Особенности протекания процессов возбуждения и торможения в ЦНС лежат в основе психотипологического статуса личности спортсмена, детерминирующего успешность в циклических видах спорта [Ильин Е.П., 2008].

При анализе биоэлектрической активности мозга выявлено, что при открытых глазах (ОГ) у спортсменов отмечается более выраженная альфа-активность в покое, по сравнению с незанимающимися спортом, что находит отражение в более высокой амплитуде и индексе  $\alpha$ -ритма [Попова Т.В. с соавт., 2006]. У спортсменов также наблюдается более высокая амплитуда высокочастотного и низкочастотного  $\beta$ -ритма. Хорошо выраженную альфа-активность при открытых глазах у спортсменов можно объяснить способностью более эффективно переходить в состояние покоя при помощи выработанных навыков к расслаблению внемышечной активности. Установлено, что у лиц практикующих методы психофизической регуляции и релаксации, наблюдается

генерализация  $\alpha$ -ритма [Travis F., 2001; Горев А.С. с соавт., 2003]. У незанимающихся спортом в состоянии покоя при ОГ выявлены более выраженные  $\theta$ -волны. В пробе с закрытыми глазами (ЗГ) можно отметить, что у спортсменов доминирует альфа-активность, а также более выражен рост спектральной мощности  $\theta$ -ритма [Попова Т.В. с соавт., 2006]. Еще одной отличительной чертой паттерна ЭЭГ спортсменов является ослабление когерентности ЭЭГ, что может являться признаком высокой креативности [Тарасова И.В. с соавт., 2010; Черапкина Л.П. с соавт., 2011]. Таким образом, приведенные данные свидетельствуют о том, что процесс усвоения ритма при фотостимуляции у спортсменов выражен лучше, чем у незанимающихся спортом [Попова Т.В. с соавт., 2006].

Однако существует ряд исследований, результаты которых отличаются от вышеприведенных данных. В своих работах Черапкина Л.П. с соавт., (2011) установили существование особых паттернов ЭЭГ, характерных для большинства спортсменов, в виде более выраженной активности в тета- и дельта-диапазонах, что может быть связано с избирательностью внимания, ожиданием и принятием решения [Basar E., 1999], а также недостаточную относительную мощность биоэлектрической активности мозга в альфа-диапазоне, свидетельствующую об усилении мозговой активности. Отличительной чертой паттерна ЭЭГ спортсменов явилось диффузное ослабление когерентности ЭЭГ. При этом у большинства высококвалифицированных спортсменов наблюдалось усиление когерентной связи между левой теменной и правой затылочной областями [Черапкина Л.П. с соавт., 2011].

Частым вариантом изменения паттерна фоновой ЭЭГ у спортсменов высокой квалификации может быть ослабление альфа-активности и замещение ее низкочастотной  $\beta$ -активностью, а в ряде случаев - тета и дельта активностью [Siever D., 2012; Еремеева О.В. с соавт., 2014].

Описаны особенности формирования ЭЭГ активности у спортсменов в различные периоды спортивной подготовки в течение одного спортивного сезона. В подготовительном периоде у спортсменов проявляется относительно устойчивый

паттерн ЭЭГ. В соревновательном периоде наблюдается рост мощности  $\alpha$ -ритма головного мозга в левом полушарии. В переходном периоде увеличивается мощность низкочастотного  $\beta$ -ритма правого полушария и снижается мощность  $\theta$ -ритма левого полушария [Черапкина Л.П. с соавт., 2011].

Наблюдаемое при утомлении замедление мозговой ритмики и усиление медленноволновой активности можно рассматривать с позиции теории возвратного торможения в нейронной сети мозга [Новикова Л.А. с соавт., 1978]. А.И. Ройтбак и Ц.М. Дедабришвили (1959) установили, что при активном отдыхе наблюдается депрессия низкочастотных ритмов ЭЭГ в участках коры головного мозга, ответственной за утомление мышц. Ш.А. Чахнашвили и А.С. Мелия (1962) рассматривают такую депрессию  $\alpha$ -ритма при мышечной деятельности не как результат процессов в моторных центрах, а как результат общей ориентировочной реакции.

«Спорт - это сложная, тяжелая, профессиональная деятельность, требующая от человека большого напряжения всех его физических и духовных сил» [Крылов А.А., 2002]. Показано, что интенсивные занятия спортом могут привести к возникновению у занимающихся состояния психо-эмоционального напряжения, повышенной тревожности и дискомфорта, которые неблагоприятны для их успешной спортивной и учебной деятельности [Ивашквичене Я.И., 1969; Киселев Ю.Я., 1983; Brunkner P. et.al., 2008; Britton W.B., 2009; Бердичевская Е.М. с соавт., 2009]. Спортсмены могут испытывать состояние страха и тревоги также в стрессовых условиях спортивных соревнований, что может изменять работу сердечно-сосудистой системы, вызывать перераспределение крови между органами, нарушать двигательные функции, процессы внимания, восприятия, а также существенно снижать спортивные результаты [Кретти Б. Дж., 1978; Бодров В.А., 2001]. Улучшение спортивных результатов наблюдается у испытуемых, которые находятся в относительно спокойном состоянии, имеют низкий уровень тревожности при высокой мотивации в достижении успеха [Никитин А.М. с соавт., 1981; Бодров В.А., 2001].

Согласно Trojan S. с соавт. (1992), психические и эмоциональные нагрузки оказывают существенное влияние на физиологические параметры спортивной работоспособности. Психоэмоциональная нагрузка может вызывать повышение мышечного тонуса, различные реакции вегетативной нервной системы, последствия которых часто схожи с эффектами от физической нагрузки. Эта проблема достаточно подробно освещена в ряде научных исследований [Zaichkowsky L.D. et.al., 1988; Sahni S. P., 1996; Behncke L., 2004].

Для улучшения работы функциональных систем организма спортсменов, обеспечивающих повышение спортивных результатов, рекомендуется снизить их ментальный стресс в период длительной подготовки, который часто вызывает не только торможение передачи информации, уменьшение способности к мышлению и принятию решений, но и приводит к нарушению сенсомоторных функций [Trojan S. et.al., 1992; Ostrander M.M. et.al., 2006].

Установлено, что спортсменам присуще сравнительно высокая степень боязни (страха) [Кретти Б.Дж., 1978], однако улучшение физической подготовленности уменьшает боязнь и нервозность [Ильин Е.П., 2008]. У спортсменов с высшим образованием реакция страха и тревоги проявляется чаще, чем у спортсменов с незаконченным высшим и средним образованием. По мере повышения интеллектуального уровня более значимой становится общественная оценка результатов спортивной деятельности. В связи с этим возрастает чувство ответственности, что и приводит к более частому проявлению отрицательных эмоциональных состояний страха и тревоги [Крылов А.А., 2002]. У спортсменов при повышенной тревожности отмечается высокая степень невротичности, значительное увеличение частоты тремора и пульса перед стартом, что свидетельствует о выраженном возбуждении коры больших полушарий и ретикулярной формации.

Однако повышение активности симпатического отдела нервной системы вместе с компенсирующим повышением активности парасимпатического отдела, которое обеспечивает адекватные условия кровоснабжения и метаболизма, наблюдается только

при благоприятных предстартовых реакциях [Качоровская О.В., 1970]. Похожие симптомы описывает и В.В. Васильева, добавляя к этому еще широкую иррадиацию процессов возбуждения в коре головного мозга, которые сильно преобладает над торможением, что приводит к нарушению дифференцировок и значительному изменению вегетативных функций. Для этого состояния характерны излишние энерготраты, повышенный расход углеводов, что может вызывать повышение температуры или озноб [Солодков А.С., 2000].

Сердцевину спорта, как пишет профессор Ю.И. Портных (2002), составляет мотивация достижения успеха, так как каждый человек генетически запрограммирован на конкурентную борьбу за свое выживание. При этом спортсмен соревнуется не только с соперниками, но и с самим собой, с природной стихией, со временем и пространством, тяжестью и невесомостью и т.д., т.е. с внешними препятствиями и внутренними трудностями [Ежкова А.Ю., 2004]. У спортсменов высокой квалификации превалирует мотивация к достижению успеха, тогда как у начинающих спортсменов доминирует мотив избегания неудачи, что с одной стороны, побуждает этих спортсменов проявлять высокую активность в достижении цели, а с другой - предпринимать меры для предупреждения возможных неудач.

Психомоторика - это особая форма психики, находящаяся в единстве с совершаемым двигательным действием. В игровых видах спорта из психомоторных качеств наиболее важны скорость реакции и координация [Киселев Ю.Я., 1983]. Скорость простой сенсомоторной реакции оценивается по латентному (скрытому) времени реакции - времени от момента появления сигнала до начала ответного действия. Сложная реакция - это реакция выбора ответа из нескольких сигналов. Как разновидность сложных сигналов используют РДО - реакцию на движущийся объект.

Важнейшим качеством спортсмена является способность быстро переключать внимание с внутренних ощущений на внешние события, которые необходимо учитывать при выполнении спортивных действий [Кретти Б.Дж., 1978]. Существуют

значительные психофизиологические отличия между опытными спортсменами и спортсменами низших разрядов по концентрации внимания. Высокий уровень работоспособности высококлассных спортсменов основывается на способности отвлечься от окружающего и сосредоточиться на наиболее важных моментах. Опытные спортсмены способны поддерживать интенсивное внимание в течение большого времени, тогда как у спортсменов-любителей интенсивность внимания быстро снижается [Голуб Я.В. с соавт., 2007; Ильин Е.П., 2008].

Коммуникативная деятельность - одна из сторон спорта. Коммуникативный потенциал отражает способности человека устанавливать, налаживать, поддерживать общение с людьми, изыскивать каналы коммуникации, строить стратегию и тактику контактов и т.д. [Нгуен К. Т., 2000]. Спортсмены общаются между собою и как партнеры, и как соперники, происходит также общение с тренером, с судьями, зрителями, болельщиками, журналистами и т.д. В командных видах функция общения наиболее сложная. Но и в индивидуальных видах спорта спортсмен выступает в составе команды, поэтому все виды общения есть и в них [Жилин С.В., 2003].

В основе коммуникативного потенциала лежит ряд более простых характеристик, таких как экстравертированность - интровертированность, общительность - замкнутость, пластичность, ригидность. Поэтому уровень развития этих качеств очень важен для достижения результатов в спорте.

В циклических видах спорта достижение результатов зависит также от уровня развития и проявления многих психофизиологических, двигательных качеств и вегетативного их обеспечения [Fagard R.H., 2001; Behncke L., 2004; Britton W.B., 2009; Якушкин А.В. с соавт., 2014; Диверт В.Э. с соавт., 2015].

### **Кардиореспираторная система.**

Наиболее важной в обеспечении достижения спортивных результатов является кардиореспираторная система [Рубанович В.Б., 2003; Быков Е.В. с соавт., 2005; Жомин

К.М., 2013]. Уровень функционирования кардиореспираторной системы является одним из наиболее информативных критериев функционального состояния организма и его резервных возможностей, поскольку активность протекающих в ней процессов, а также нервная и гуморальная регуляции кровообращения и дыхания изменяются раньше, чем выявляются гемодинамические, метаболические или энергетические нарушения [Баевский Р.М. с соавт., 2008].

Достаточно простым и доступным показателем, отражающим функциональное состояние сердца и результат всех регуляторных влияний на систему кровообращения, является частота сердечных сокращений (ЧСС) [Ноздрачёв А.Д. с соавт., 2001; Бабунц И.В. с соавт., 2002; Ванюшин Ю.С. с соавт., 2004; Рубанович В.Б., 2004].

Уменьшение ЧСС представляет собой один из известных признаков тренированности людей, занимающихся физическими упражнениями [Карпман В.Л., 1980; Абзалов Р.А. с соавт., 1998; Русанов В.Б., 2009]. При выполнении стандартной физической нагрузки у спортсменов отмечается экономизация хронотропной функции сердца и более быстрое ее восстановление [Ендропов О.В., 1996; Рубанович В.Б., 2004; Brunkner P. et.al., 2008]. По мнению многих исследователей, систематическая физическая тренировка ускоряет становление вагусных влияний, которое более выражено в видах спорта, направленных на развитие выносливости [Фомин Н.А., 2003; Русанов В.Б., 2009; Britton W.B., 2009]. Однако, как показали экспериментальные данные, у спортсменов не всегда обнаруживается повышенный тонус парасимпатической нервной системы. Полагают, что в механизмах развития брадикардии определяющую роль играет симпатическая нервная система [Меерсон Ф.З. с соавт., 1988]. Данное явление обусловлено снижением симпато-адренергической активности и вследствие этого относительным преобладанием холинергических факторов регуляции в деятельности сердца [Абзалов Р.А. с соавт., 1998; Ванюшин Ю.С. с соавт., 2004].

Было установлено, что под влиянием систематических физических нагрузок происходит умеренное расширение полостей желудочков, увеличение размеров сердца



и компенсаторная гипертрофия [Карпман В.Л., 1980; Бабунц И.В. с соавт., 2002; Смирнов В.М. с соавт., 2002]. Во время выполнения спортсменами физической работы увеличивается до 150 мл систолический выброс крови (ударный объем), частота сердечных сокращений может превышать 200 уд/мин, минутный объем крови достигать 35 литров, приток крови к мышцам – 25 литров в минуту [Агаджанян Н.А. с соавт., 2005]. Наблюдаемая у спортсменов дилатация сердца обеспечивает одно из важнейших свойств спортивного сердца – его высокую производительность. [Карпман В.Л., 1980]. У физически малоактивных людей абсолютная величина объема сердца 740 см<sup>3</sup>, а у спортсменов – 1010 см<sup>3</sup>. Примерно та же разница (в среднем 125 г) отмечена и в массе сердца. У бегунов на средние и длинные дистанции МОК в покое составляет в среднем 2,74л/мин, у нетренированных лиц – 4,8 л/мин [Смирнов В.М. с соавт., 2002].

Судя по гемодинамическим данным, наиболее выражена экономизация работы сердца у спортсменов с высоким уровнем физической работоспособности, тренирующихся в видах спорта, связанных с проявлением выносливости [Набиуллин Р.Р. с соавт., 2008; Капилевич Л.В. с соавт., 2012]. Большинство исследователей показали, что по мере роста тренированности происходит уменьшение минутного объема крови и возрастает сила сердечных сокращений одновременно с уменьшением ЧСС [Карпман В.Л., 1980; Абзалов Р.А. с соавт., 2002; Русанов В.Б., 2009] и, как следствие, увеличивается общая пауза сердца [Прокофьева В.Н. с соавт., 2007]. Такие проявления связывают с трофотропной настройкой нервной системы и экономизацией сердечной деятельности [Хрущев С.В., 1980; Земцовский Э.В., 1995; Абзалов Р.А. с соавт., 2002; Зиятдинова А.И., 2011]. Сочетание выраженной гипертрофии и дилатации сердца свидетельствует об экономизации сердечной деятельности, что повышает экономичность функционирования ССС в состоянии относительного покоя и при выполнении физических нагрузок.

Адаптация к физической нагрузке сердечно-сосудистой системы в целом более отчетливо проявляется в изменениях работы сердца, однако длительные

систематические занятия спортом вызывают определенные адаптивные изменения и сосудистых реакций [Озолин П.П., 1984; Kasikciogly E., 2005].

До настоящего времени нет единого мнения относительно влияния спорта на уровень артериального давления. Некоторые исследователи отмечают снижение уровня систолического давления в покое [Fagard R.H., 2001; Агаджанян Н.А. с соавт., 2005], другие не выявили спортивной гипотонии [Граевская Н.Д., 1975; Hagberg J.M. et al., 1984; Ендропов О.В., 1996]. Одни ученые отмечают более низкие значения систолического объема крови у спортсменов, чем у не занимающихся спортом [Mellerowitz H. et al., 1979], другие - более высокие [Nottin S. et al., 2002]. По данным Н.С. Кончица (1990), величина СОК у юных спортсменов во всех возрастных группах практически одинакова с систолическим объемом крови их сверстников, не занимающихся спортом.

Специфика регуляции сердечной активности со стороны ЦНС обеспечивает возможность получения прогностической информации как о деятельности сердца, так и об изменениях состояния всего организма [Федоров А.И., 2008; Пиковская Н.Б., 2011]. Установлено, что информация о гомеостазе и о «цене» адаптации содержится в структуре сердечного ритма и закодирована в последовательности кардиоинтервалов [Псеунок А.А., 2003; Покровский В.М. с соавт., 2010]. На этом основании Р.М. Баевским (2001) было предложено ряд формул для расчета адаптационного потенциала ССС, оценки центральных и периферических механизмов регуляции сердечной деятельности.

Система кровообращения тесно связана с системой внешнего дыхания и строго координируется нейрогуморальной системой, благодаря чему функционирует, по существу, как единая система транспорта кислорода в организме [Карпман В.Л., 1980]. В результате систематических физических тренировок в организме развиваются механизмы внешнего дыхания, обеспечивающие возможность большей доставки кислорода к тканям при меньшей величине сердечного выброса. От этого в

значительной степени зависит аэробная производительность организма и поддержание нормального газового состава артериальной крови [Ванюшин Ю.С. с соавт., 2004].

Увеличение мощности и выносливости дыхательных мышц в процессе спортивных занятий приводит к росту объема вдыхаемого воздуха по отношению к функциональной остаточной емкости легких. При этом дыхательная мускулатура должна обеспечивать увеличение дыхательного объема в условиях резкого сокращения длительности дыхательного цикла [Карпман В.Л., 1980].

Функциональные способности системы внешнего дыхания характеризует максимальная вентиляция легких (МВЛ). Вместе с тем известно, что МВЛ в значительной степени зависит от жизненной емкости легких (ЖЕЛ), от бронхиальной проходимости и от силы дыхательных мышц [Рубанович В.Б., 2003]. Улучшение этих показателей при занятиях спортом способствует также экономизации дыхания: большему поступлению кислорода в кровь при меньших величинах легочной вентиляции.

По мнению Судакова К.В., (2000), дыхание играет ведущую роль в процессе адаптации организма к физической нагрузке. Однако по данному вопросу есть и другая точка зрения. И.С. Бреслав (2007) утверждает, что если вентиляция легких растет в большей степени, чем кровоток, то она уже не способствует увеличению доставки кислорода к тканям. Таким образом, большее увеличение легочной вентиляции, чем кровотока, по-видимому, не всегда можно рассматривать в качестве компенсаторного фактора [Ванюшин Ю.С. с соавт., 2004; Рубанович В.Б., 2003].

Достаточно высокие величины использования кислорода в группах юношей и особенно взрослых спортсменов 22-35 лет характеризуют повышение экономичности и эффективности функционирования аппарата внешнего дыхания и газообмена, по сравнению с неспортсменами [Ванюшин Ю.С. с соавт., 2004]. Следовательно, можно предположить, что ткани организма спортсменов обладают способностью извлекать из каждого литра крови, протекающей через капилляры, большее количество кислорода.

Организм спортсмена можно считать моделью адаптированного организма по целому ряду объективных признаков. Активация мышечной системы, изменение афферентной импульсации, энергетического обмена, перестройка регуляторных механизмов - все это звенья адаптационного процесса [Меерсон Ф.З. с соавт., 1988]. Установлено, что наиболее высокие спортивные результаты в циклических видах спорта достигаются в случае сбалансированных по величине характеристик хеморефлекторных ответов системы дыхания и сердца [Диверт В.Э. с соавт., 2015]. В связи с тем, что функциональные свойства газотранспортной системы, включающей внешнее дыхание, кровь, сердце и сосуды в значительной степени определяют резервные возможности организма при выполнении мышечной работы [Уилмор Дж.Х. с соавт., 2005], то для оптимизации адаптационных процессов, актуальной является разработка и применение профилактических методов и средств повышения неспецифической и специфической резистентности организма, его адаптационных возможностей.

Таким образом, показано, что под влиянием физкультурно-спортивной деятельности увеличиваются адаптационные возможности кардиореспираторного аппарата, свидетельствующие о повышении его функциональных резервов [Жомин К.М., 2013].

### **Гормональный и биохимический статус организма спортсменов.**

Успешность в спорте зависит не только от кардиореспираторных резервов, но и от состояния нейроэндокринных механизмов регуляции вегетативных функций, обеспечивающих гомеостаз. Со времен Г.Селье (1936) не вызывает сомнений, что одним из основных индикаторов стресс-реакции в ответ на физический и/или психологический раздражитель является стероидный гормон гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы - кортизол [Селье Г., 1960; Filaire E. et.al., 2009; John S. et.al., 2011]. Наряду с этим при значительных отклонениях от нормы того или иного гомеостатического фактора при адаптации к мышечным нагрузкам, включается медленная, но наиболее мощная система эндокринной регуляции, действующая через

тиреоидные гормоны. Молекулы этих регуляторов проникают через липидный бислой клеток и через каскад внутриклеточных реакций стимулируют синтез новых белков, которые обеспечивают физиологический эффект этих гормонов [Fagard R.H., 2001; Покровский В.М. с соавт., 2003; Козлов А.И. с соавт., 2014].

Так, выявлено, что у спортсменов уровень кортизола повышен, по сравнению с незанимающимися спортом [Афанасьева И.А., 2009]. В работе S. John с соавт., (2011) показано, что результативность стрелков обратно пропорционально связана с уровнем кортизола в слюне, и на эти зависимые показатели положительно влияет медитация. Глюкокортикоиды способствуют накоплению глюкозы в крови спортсменов, тормозят анаболические процессы, стимулируют глюконеогенез [Никулин Б.А. с соавт., 2011].

Важными гормонами при адаптации к систематической мышечной деятельности являются производные симпатoadреналовой системы - адреналин и норадреналин [Волков Н.И. с соавт., 2000], механизмы действия которых сходны с действием СНС (вызывают повышение ЧСС, дыхания, расширение бронхов, перераспределение крови в сосудистом русле, ускорение распада гликогена до глюкозы, активацию липазы и ускорение расщепления жира на глицерин и жирные кислоты).

Высвобождение гормонов в кровоток при физической нагрузке представляет собой набор каскадных реакций. Схема этого процесса может выглядеть примерно так: физическая нагрузка – гипоталамус – гипофиз – высвобождение тропных гормонов и эндорфинов – железы внутренней секреции – высвобождение гормонов – клетки и ткани организма [Никулин Б.А. с соавт., 2011].

Разнообразие представленных эффектов свидетельствует о многокомпонентности гормональных механизмов в становлении процессов адаптации организма к условиям спортивной деятельности.

Под влиянием гормонов в процессе адаптации происходит изменение обмена веществ, что приводит к появлению в различных тканях и биологических жидкостях отдельных метаболитов (продуктов обмена веществ), которые отражают функциональные изменения и могут служить биохимическими маркерами физической

активности [Уракова Т.Ю., 2009]. В то же время метаболиты и продукты распада клеток могут действовать как индукторы протеиносинтеза, благодаря чему создается возможность согласовывать пластическое обеспечение функций с действительной её активностью - «функция создает орган» [Меерсон Ф.З. с соавт., 1988].

При выполнении мышечной работы в крови повышается концентрация белков, что свидетельствует об усилении активности анаболических процессов для постройки новых структур. Наряду с этим увеличивается содержание лактата и кислотность крови, содержание свободных жирных кислот и кетоновых тел. При длительной физической работе повышается концентрация креатинина и мочевины, отражая повышение активности катаболических процессов [Волков Н.И. с соавт., 2000]. Кратковременные физические нагрузки могут вызывать повышение содержания глюкозы в крови за счет либо усиленной мобилизации гликогена из печени, либо относительно малого использования глюкозы тканями [Никулин Б.А. с соавт., 2011].

Показано, что у высококвалифицированных спортсменов силовые нагрузки могут стать причиной атерогенных сдвигов, а занятия циклическими видами спорта могут способствовать повышению уровня триацилглицеринов [Чиркин А.А. с соавт., 2003; Стаценко Е.А. с соавт., 2009].

Ключевое значение в регуляции адаптационно-приспособительных реакций организма имеет водно-электролитный баланс: он характеризует обменные процессы между плазмой крови и тканями; имеет механизмы, необходимые для поддержания гомеостаза (системы поддержание ионного, осмотического, объемного и кислотно-щелочного баланса), участвует в организации системы контроля гомеостаза [Айзман Р.И. с соавт., 1991; Наточин Ю.В., 2010].

Интенсивная мышечная деятельность вызывает снижение объема циркулирующей крови, оказывает влияние на содержание воды, натрия, калия и других электролитов в крови, моче и слюне, поэтому изменения биохимических показателей, отражающие гомеостатические реакции организма, являются важным критерием эффективности адаптации к нагрузкам [Минаков Н.Т., 1972]. Сохранение

гомеостатических параметров при физических нагрузках свидетельствует об эффективной мобилизации и использовании функциональных резервов организма, а также об оптимальном уровне развития физиологических механизмов регуляции [Борисова С.А. с соавт., 1979; Филимонов В.И., 2002].

### **1.2.3. Физическая работоспособность как показатель функциональных резервов лиц, занимающихся спортом**

Как показано в предыдущей главе, во время спортивных тренировок формируются новые структурно-функциональные взаимоотношения нервных, гормональных, вегетативных и биохимических реакций, необходимые для приспособления организма к физическим нагрузкам [Меерсон Ф.З. с соавт., 1988; Солодков А.С., 2000] и обеспечивающие высокую физическую работоспособность. Такая перестройка позволяет спортсменам выполнять интенсивные и длительные нагрузки, связанные со спортивной деятельностью [Ивашквичене Я.И., 1969; Карпман В.Л., 1980]. Высокая физическая работоспособность в соревновательный период – результат хорошей тренированности, т.е. развития резервных психофизиологических возможностей организма.

Физическая работоспособность (ФР) (англ. physical working capacity) - способность человека проявить максимум физического усилия на нагрузку. ФР зависит от ряда объективных факторов: антропометрических показателей, состояния аэробных и анаэробных механизмов энергопродукции, силы и выносливости мышц, нейромышечной координации, нейроэндокринной регуляции, психического состояния и мотивации [Карпман В.Л. с соавт., 1988; Аулик И.В., 1990; Рубанович В.Б., 2003; Ванюшин Ю.С. с соавт., 2004].

«Пик спортивной формы» (ПСФ) – психофизиологическое состояние, при котором обработка потока поступающей информации производится без активного участия сознания, что позволяет спортсменам максимально полно сосредоточиться на

выполнении спортивных упражнений. Это дает качественно и количественно новый скачок в уровне работоспособности [Озолин Н.Г., 2002; Brunkner P. et.al., 2008; Britton W.V., 2009].

В более узком смысле ФР оценивают по функциональному состоянию кардиореспираторной системы, поскольку количественной характеристикой ФР является величина максимального потребления кислорода (МПК). Чем эффективнее работает аппарат кровообращения, чем шире функциональные возможности вегетативных систем организма, тем больше величина ФР [Рубанович В.Б., 2003].

Важнейший показатель аэробной производительности организма - максимальное потребление кислорода (МПК) [Astrand P.O., 1986; Сонькин В.Д., 2010]. Величина МПК обусловлена эффективностью аппаратов внешнего и тканевого дыхания, морфофункциональным состоянием миокарда, объёмной скоростью кровотока, кислородной ёмкостью крови, количеством дыхательных субстратов и др. У спортсменов наблюдается прямая зависимость показателей физической работоспособности и максимальной аэробной производительности от объема сердца [Allen H.D. et. al., 1977; Рубанович В.Б., 2003], ударного и минутного объема крови при мышечной нагрузке [Озолин П.П., 1984; Абзалов Р.А. с соавт., 2002], продолжительности диастолы [Меерсон Ф.З. с соавт., 1988].

Немаловажную роль в обеспечении физической работоспособности играют также: психическое состояние человека, состояние метаболических процессов, уровень вегетативной регуляции. Поэтому по величине физической работоспособности можно судить об интегральных механизмах достижения спортивных результатов при оптимальной «цене» адаптации.

Несмотря на описанные психофункциональные, вегетативные и гормональные изменения в организме под влиянием физических нагрузок, только достаточно высокий уровень физической работоспособности при хорошем качестве реакции на нагрузку может свидетельствовать о хорошем функциональном состоянии. Нередко, достаточно высокая работоспособность наблюдается на фоне напряжения механизмов



регуляции, начальных признаках физического перенапряжения и может сопровождаться атипичными реакциями сердечно-сосудистой системы. Могут быть выявлены клинически значимые нарушения ритма сердца, нарушение обменных процессов в миокарде, напряжение и перенапряжение нейрогормональных механизмов регуляции, неадекватное качество реакции, замедленное восстановление и т.д. [Макарова Г.А., 2002; Рубанович В.Б., 2003; Дегтярева Е.А. с соавт., 2006; Corrado D. et.al., 2006; Гаврилова Е.А., 2007; Иорданская Ф.А., 2011]. Следовательно, высокое состояние тренированности должно привлекать к себе пристальное внимание, поскольку требует тщательных восстановительных процедур [Абзалов Р.А., 1998].

Развивающееся утомление сопровождается снижением силы респираторных мышц, уменьшением ЖЕЛ, МВЛ, резервного объема вдоха и объема альвеолярной вентиляции, что в конечном итоге ограничивает поступление в кровь кислорода и обуславливает снижение работоспособности. Таким образом, в качестве лимитирующего фактора может выступать утомление дыхательных мышц, а также дискоординация дыхания, обусловленная нарушением синхронности движений и дыхания [Дубилей В.В. с соавт., 1991].

Брадикардия в сочетании с синусовой аритмией является проявлением высокой тренированности, но выраженная брадиаритмия может быть признаком перенапряжения. В случае предъявления неадекватных нагрузок определяется состояние умеренной или выраженной перетренированности, характеризующееся нарастанием LF и VLF на фоне брадикардии и уменьшением показателя K30:15 при проведении ортостатической пробы [Бабунц И.В. с соавт., 2002].

Поэтому использование методов релаксации в динамике тренировочного процесса может способствовать сохранению здоровья спортсменов и повышению спортивных результатов [Travis F., 2001; Дубровский В.И., 2002; Шлык Н.И., 2009; Park Y.J. et.al., 2012].

Оценке состояния этих ресурсов и возможности их повышения под влиянием аудио-визуальной стимуляции и посвящена настоящая работа.

## **ГЛАВА 2. 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.

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

### **2.1. Характеристика исследуемых групп студентов**

В исследовании приняли участие 100 юношей 18-23 лет 1-й группы здоровья, обучающиеся в Новосибирском государственном педагогическом университете и Сибирском государственном университете геосистем и технологий. Студенты занимались легкой атлетикой, специализировались в беге на средние дистанции и имели спортивную квалификацию 1-2-й спортивные разряды, а также звание кандидат в мастера спорта и мастер спорта России. Спортивные тренировки проводились 6 раз в неделю. Беговой объем в зонах разной интенсивности составлял от 185 до 225 км/мес. В начале эксперимента спортсмены были разделены на контрольную (n=60) и экспериментальную (n=40) группы. Группы были рандомизированы по уровню спортивной квалификации и не имели различий по основным морфо-функциональным и психофизиологическим показателям.

### **2.2. Дизайн эксперимента**

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

- оценку электроэнцефалографической активности головного мозга;

- определение психофизиологических показателей спортсменов;
- 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 спортсменов.

**На 2 этапе** в экспериментальной группе проводили курс тренировок аудиовизуальной стимуляции (АВС), который состоял из 20-22 сеансов, выполняемых через сутки с использованием портативного аудиовизуального стимулятора «NOVO PRO» (Photosonix, USA, США).

### **Процедура АВС**

Использовали запрограммированный в памяти прибора сеанс «умеренное расслабление» с изменяющейся частотой ритмических воздействия от 3 до 13 Гц и длительностью 25 минут (рис. 2.1), в котором генерировались красные световые вспышки в диодных очках и двойные бинауральные звуки в наушниках. Согласно паспорта аудиовизуального стимулятора «NOVO PRO» используемая программа АВС находилась в частотных диапазонах биоэлектрической активности головного мозга и вызывала эффекты расслабления, релаксации и восстановления сил. Тренинги АВС проводили во второй половине дня в тихой изолированной от шума и посторонних воздействий комнате. Испытуемые находились в удобном положении, в состоянии полусидя, в кресле с закрытыми глазами, что требуется в соответствии с правилами проведения АВС [Голуб Я.В. с соавт., 2007; Siever D., 2012].

Для сравнения эффекта АВС обследуемые группы контроля также располагались в кресле, закрывали глаза, надевали очки и наушники и сидели спокойно в течение 25 минут, однако не подвергались стимуляции в отличие от экспериментальной группы.

Несущие частоты аудиовизуальной стимуляции имели скользящий характер, что является наиболее эффективным способом организации ритмических воздействий, по

сравнению с использованием одной доминирующей частоты [Huang T.L. et.al., 2008; Siever D., 2012]. АВС проводилась на следующих частотах: 13 Гц в первые 2 минуты с последующим снижением до 8 Гц и медленным снижением до 4 Гц, затем плавно уменьшалась до 3 Гц с последующим повышением до 8 Гц. К концу сеанса частота плавно возвращалась к исходному уровню до 13 Гц (рис.2.1).

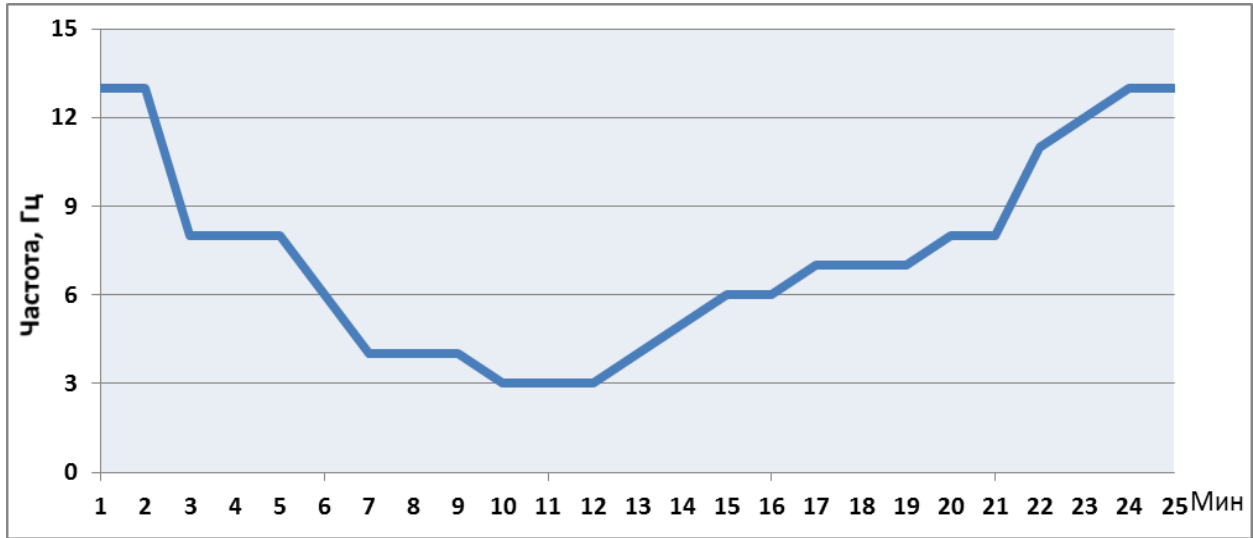


Рис. 2.1. Схема генерации частот АВС в течение 25 минутной программы

В течение всего второго этапа исследования обе группы студентов 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** после завершения курса тренировок АВС в обеих группах определялись те же показатели, что и в начале исследования, для оценки эффективности продолжительной АВС на нейро-гормональные и психо-вегетативные параметры организма студентов, занимающихся спортом. Для оценки влияния однократной АВС изучали вышеперечисленные показатели до 25 минутного сеанса и сразу после его завершения.

## 2.3. Методы исследования

### 2.3.1. Регистрация и анализ электроэнцефалограммы (ЭЭГ)

ЭЭГ регистрировали на мультимодальном программно-аппаратном комплексе «БОСЛАБ» (г. Новосибирск) монополярно в отведении Pz. В качестве референтного использовали ушной электрод. Pz сайт был выбран в связи с тем, что характеристики альфа-активности в теменно-затылочной области наиболее устойчивы и воспроизводимы при повторных измерениях, а также наименее переменчивы [Thatcher R.W. et al., 2008; Базанова О.М., 2011; Балиоз Н.В. с соавт., 2012]. Регистрацию ЭЭГ проводили 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. В анализ электроэнцефалографических данных включали свободные от артефактов эпохи ЭЭГ, которые подразделялись на сегменты длительностью 4 секунды и подвергались быстрому преобразованию Фурье в полосе пропускания 3 - 20 Гц с использованием окна Ханна. Выходные данные анализировали с помощью специализированной программы Win EEG (Мицар, Санкт-Петербург), составленной с принятыми стандартами анализа сигнала и представленными в виде таблицы спектральной мощности ЭЭГ с шагом 1 Гц.

Поскольку перестройка электрической активности мозга в ответ на аудиовизуальную стимуляцию происходит в соответствии с частотой, кратной частоте стимуляции [Walter V.J. et.al., 1949; Федотчев А.И., с соавт. 2001], были выбраны  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\theta$ -ритмы ЭЭГ. Наибольший интерес в исследовании представлял  $\alpha$ -ритм [Сороко С.И. с соавт., 2010; Алексеева М.В. с соавт., 2012], обладающий следующими феноменологическими характеристиками: индивидуальной частотой максимального пика [Clark R.C. et al., 2004], снижением амплитуды при зрительной активации [Moretti D.V. et.al., 2004], веретенообразностью колебаний [Каплан А.Я. с соавт., 2004]. В связи с тем, что разным значениям темпераментальной активности соответствует различная мощность ритмов ЭЭГ, это позволило использовать показатель мощности альфа-

активности как прогностический критерий для оценки психофизиологических процессов [Балиоз Н.В. с соавт., 2012].

Для каждого индивидуума анализировали индивидуальную частоту максимального пика  $\alpha$ -диапазона (ИЧМПА) и амплитудные характеристики  $\alpha$ -осцилляций: амплитуда максимального  $\alpha$ -пика при ЗГ с помощью экспертно-курсорного метода; мощность в  $\alpha$ -1 и  $\alpha$ -2 диапазонах. Реакцию индивидуальной глубины снижения мощности  $\alpha$ -ритма (ИГСМА) оценивали по проценту снижения спектральной амплитуды максимального пика  $\alpha$ -ритма в реакции на ОГ. Для этого выделяли четыре последовательные эпохи ЭЭГ длительностью по 5 секунд, зарегистрированные в состоянии ОГ, и сравнивали с результатами спектрального анализа последних 20 зарегистрированных секунд ЭЭГ, зарегистрированных в состоянии ЗГ. Таким образом, величину спектральной мощности и супрессию амплитуды определяли в индивидуально установленных  $\alpha$ -1 и  $\alpha$ -2 диапазонах. Глубину снижения мощности оценивали по соотношению [Shmelkina R., 1999]:

$$In\% = \text{мощность ОГ} \times 100\% / \text{мощность ЗГ}.$$

В качестве критерия при определении нижней и верхней границ  $\alpha$ -диапазона принимали значения, в пределах которых наблюдалась депрессия амплитуды спектра более чем на 20% в ответ на открывание глаз. Выделяли и анализировали также индивидуальные диапазоны  $\theta$ -ритма и  $\beta$ -ритма.

### **2.3.2. Оценка психофизиологического статуса студентов-спортсменов**

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], разработанной на кафедре

анатомии, физиологии и безопасности жизнедеятельности Новосибирского государственного педагогического университета.

Программа включала оценку следующих психологических показателей на основе использования общепринятых тестов [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).

Кроме того, с использованием компьютерного комплекса НС-Психотест (Нейрософт, Россия), определяли следующие психофизиологические параметры: объем механической и образной памяти, умственную работоспособность, функциональную асимметрию мозга, скорость простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР) и скорость переключения внимания.

### **2.3.3. Оценка морфо-функционального статуса студентов-спортсменов**

Для расчета относительных морфофункциональных показателей определяли основные антропометрические параметры: масса тела (МТ) и длина тела (ДТ). Были также определены кистевая сила (КС), становая сила (СтС) и общее количество жира в организме методом биоимпедансного анализа [Рубанович В.Б., 2003; Корнеева И.Т., с соавт., 2012]. На основе эмпирических данных рассчитывали следующие интегральные индексы:

**Индекс Кетле (ИК) = МТ, кг/ДТ, м<sup>2</sup>;**

**Кистевой индекс (КИ) = КС (П+Л), кг/МТ, кг;**

**Становой индекс (СИ) = СтС, кг/МТ, кг.**

На начало исследования, а также в динамике наблюдения (январь - март) в обеих группах не было выявлено достоверных отличий показателей МТ, ДТ, ИК, общего жира, КИ и СИ (табл.2.1), что свидетельствует об одинаковом уровне физического развития обследуемых обеих групп.

Табл.2.1.

Показатели физического развития у спортсменов контрольной и экспериментальной групп после продолжительной АВС

Показатели	Группа контроля		Группа АВС	
	Январь	Март	Январь	Март
Возраст, лет	20,2±0,5	20,2±0,5	20,3±0,4	20,3±0,4
ДТ, см	180,8±1,2	180,8±1,2	180±1,7	180±1,7
МТ, кг	71,3±1,3	71,5±1,4	68,9±2,6	69,6±2,3
Индекс Кетле, у.е.	21,2±0,3	21,5±0,4	21,2±0,5	21,4±0,4
Общий жир, %	15,1±0,4	16,5±0,6	14,4±0,7	15±0,5
КИ, кг/кг	1,43±0,04	1,44±0,02	1,44±0,03	1,43±0,04
СИ, кг/кг	1,68±0,03	1,69±0,02	1,70±0,06	1,73±0,08

Примечание. Достоверность внутригрупповых отличий в динамике изменений: \*  $p < 0,05$ ; между группами в январе и марте: #  $p < 0,05$ ; между группами в марте: #  $p < 0,05$ .

Общепринятыми методами оценивали состояние системы внешнего дыхания на приборе «Спиро-спектр» («Нейрософт», Россия): жизненную емкость легких (ЖЕЛ), максимальную скорость потока воздуха при форсированном вдохе и выдохе (МСПВвд и МСПВвыд), максимальную вентиляцию легких (МВЛ). Жизненный индекс (ЖИ) рассчитывали по формуле:

$$\text{ЖИ} = \text{ЖЕЛ, мл} / \text{МТ, кг},$$

Функциональные резервы кардиореспираторной системы изучали с помощью степ-эргометрического тестирования (PWC<sub>170</sub>) и определяли следующие показатели:



частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолическое артериальное давление (САД), диастолическое артериальное давление (ДАД). Экономичность и эффективность функционирования сердечно – сосудистой системы при выполнении физической нагрузки оценивали по хроноинотропному резерву (ХР):

$$\text{ХР} = \text{ЧСС нагр.} \times \text{САД нагр.} / 100,$$

Систолический (СОК) и минутный (МОК) объем крови рассчитывали по формуле Старра:

$$\text{СОК (мл)} = 90,97 + (0,54 \times \text{ПД}) - (0,57 \times \text{ДАД}) - (0,61 \times \text{В}),$$

где ПД – пульсовое давление, В – возраст.

$$\text{МОК (л)} = \text{СОК} \times \text{ЧСС}.$$

Физическую работоспособность оценивали по тесту  $\text{PWC}_{170}$  и рассчитывали по формуле, предложенной Карпманом с соавт., (1988):

$$\text{PWC}_{170} = \text{N1} + (\text{N2} - \text{N1}) \times ((170 - \text{f1}) / (\text{f2} - \text{f1})),$$

где N1- мощность первой нагрузки, N2- мощность второй нагрузки, f1- ЧСС в конце первой нагрузки, f2- ЧСС в конце второй нагрузки (уд/мин)

Мощность нагрузки при выполнении степ-теста рассчитывали по формуле:

$$\text{N} = \text{n} \times \text{h} \times \text{p} \times 1,33 \text{ (кгм/мин.)},$$

где N - мощность нагрузки (кгм/мин.), n-частота подъёмов в 1 минуту, h-высота ступеньки (м), p - масса тела (кг), 1,33 - коэффициент, учитывающий величину работы при спуске со ступеньки [Карпман В.Л. с соавт., 1988; Дубровский В.И., 2002; Рубанович В.Б., 2003].

Всем обследуемые выполняли две стандартные нагрузки, равные 6 кгм/мин/кг и 10 кгм/мин/кг, а при необходимости третью нагрузку, которая подбиралась индивидуально (от 12 до 18 кгм/мин/кг). Величину  $\text{PWC}_{170}$  рассчитывали по первой и последней нагрузкам. Длительность первой нагрузки составляла 3 минуты, второй (и третьей) - 5 минут, продолжительность отдыха между нагрузками - 3 минуты.

Максимальное потребление кислорода рассчитывали по номограмме Астранда-Риминга, учитывая мощность выполненной нагрузки и величину пульса при нагрузочном тестировании.

Скорость восстановительных процессов оценивали с учетом мощности нагрузки по индексу восстановления (ИВ) по формуле:

$$\text{ИВ} = 5 \times N / \sum P_1 + P_2 + P_3$$

где 5- продолжительность степэргометрической нагрузки (мин.), N- мощность нагрузки (кгм/мин),  $\sum P_1 + P_2 + P_3$ - сумма ЧСС за 2-ю, 3-ю и 4-ю мин. восстановительного периода.

Для исследования реактивности сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку определяли также прирост показателей СОК, МОК, ЧСС, ХР по сравнению с состоянием покоя.

#### **2.3.4. Оценка состояния вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы**

Для количественной оценки процессов вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы и вегетативного тонуса применили анализ variability сердечного ритма (ВСР), являющийся маркером напряжения адаптационных процессов и включающий следующие методы: спектральный анализ волновой структуры с оценкой спектральной мощности волн высокой, низкой и очень низкой частоты; временной анализ и вариационную пульсометрию по Р.М. Баевскому [Баевский Р.М. с соавт., 2001; Бабунц И.В. с соавт., 2002; Михайлов В.М., 2002; Быков Е.В. с соавт., 2005]. В методических рекомендациях российских и зарубежных экспертов [Task Force, 1996; Баевский Р.М. с соавт., 2001] анализ ВСР установлен как метод оценки состояния механизмов регуляции физиологических функций в организме человека и животных.

Регистрацию и анализ кардиоритмограммы осуществляли с помощью аппаратно-программного комплекса ВНС-Микро («Нейрософт», г.Иваново), позволяющего

проводить автоматическую обработку данных ВСП на персональном компьютере. Запись кардиоинтервалограммы проводили в положении лежа на спине (фоновая запись, 5 мин) и при ортостатическом тестировании (6 мин) во II стандартном отведении. Из анализируемого ритма исключали артефакты и эктопические ритмы, все переходные процессы и нестационарные участки на ритмограмме, обусловленные глотанием, отдельными глубокими вдохами, покашливаниями [Михайлов В.М., 2002].

Реакция сердечно-сосудистой системы на ортостатическое воздействие зависит от преобладающего исходного типа вегетативной регуляции - симпатотонического, нормотонического и ваготонического. Для формирования репрезентативной выборки не рекомендуют отбирать обследуемых с разными типами регуляции сердечного ритма [Шлык Н.И. с соавт., 2009, 2012]. В связи с этим в настоящем исследовании принимали участие только студенты с преобладанием нормотонического типа исходного вегетативного тонуса, который оценивали по следующим критериям: индекс напряжения ( $SI=30-90$  у.е.), мощность очень низкочастотного спектра ( $VLF \geq 240$  мс), общая мощность спектра ( $TP=2000-8000$  мс) [Бабунц И.В. с соавт., 2002; Шлык Н.И., 2009].

Выбор оптимального набора показателей ВСП определялся как целями и задачами исследования, так и техническими возможностями аппаратуры [Ноздрачев А.Д. с соавт., 2001], в соответствии с наиболее информативными критериями отбора [Task Force., 1996; Баевский Р.М. с соавт., 2001].

### **Ортостатическая проба**

Ортостатическая проба использовалась для оценки функциональных резервов сердечно-сосудистой системы при изменении положения тела в пространстве [Бабунц И.В. с соавт., 2002; Кудря О.Н., 2012]. Пять минут обследуемый находился в положении лежа на спине. В это время регистрировали ЭКГ (5-минутная запись ВСП в покое). Затем обследуемый принимал вертикальное положение и стоял спокойно, без напряжения в течении 6 мин. Спустя 1-2 минуты после перехода в ортостатическое

положение происходит активация симпатического отдела нервной системы, что обуславливает учащение ЧСС и увеличение периферического сопротивления [Гайтон А., 1969; Шлык Н.И., 2009].

При анализе переходного периода оценивали коэффициент 30:15 [Task Force., 1996], отражающий отношение минимального значения R-R-интервала, в районе 15 сокращения сердца от начала вставания к самому длинному R-R-интервалу, около 30 сокращения. Отношение K30:15 характеризует реактивность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Нормальной реакцией на активную ортостатическую пробу у молодых (до 40 лет) здоровых людей следует считать K30:15 от 1,25 до 1,75; сниженная реакция – K30:15 от 1,0 до 1,25; избыточная реактивность на ортостатическую пробу – K30:15 более 1,75; парадоксальная – K30:15 менее 1,0 [Баевский Р.М. с соавт., 2001; Шлык Н.И. с соавт., 2009, 2012].

Характер и тип вегетативной реактивности определяли по соотношению ИН2 (индекс напряжения в положении стоя) к ИН1 (индекс напряжения в покое). Выделяли три варианта вегетативной реактивности: нормотонический (нормальный), гиперсимпатикотонический (избыточный), асимпатикотонический (недостаточный) (табл.2.2.).

Табл.2.2

Типы вегетативной реактивности по данным кардиоинтервалографии [Беляева Л.М. с соавт., 2003].

ИН1, у.е.	Типы вегетативной реактивности (ИН-2/ИН-1)		
	Нормальный симпатикотонический	Гиперсимпатикотонический	Асимпатикотонический
30	1-3	>3	<1
30-60	1-2,5	>2,5	<1
61-90	0,9-1,8	>1,8	<0,9
91-160 и более	1,5-0,7	>1,5	<0,7

### **2.3.5. Определение биохимических и гормональных показателей крови студентов, занимающихся спортом**

В связи с тем, что АВС вызывает изменения концентрации гормонов, которые являются основным регулятором метаболических процессов в организме [Terlan M. et.al., 2011; Stebliuk V. et.al., 2012], на след этапе работы была поставлена задача изучить влияния однократной и продолжительной АВС на биохимические и гормональные показатели. У обследуемых производили забор крови из локтевой вены в охлажденные пробирки, утром натощак, до и после однократного 25-минутного воздействия 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, мочевая 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, щелочная фосфатаза), 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 разных уровней организации организма студентов, занимающихся спортом, в единую функциональную систему после АВС.

## 2.4. Методы математической статистики

Полученные результаты обработаны общепринятыми методами математической статистики с использованием программного пакета “Microsoft Excel 2010” и “Statistica 6.0 for Windows”. Статистический анализ проводился на основе расчета средних арифметических генеральных совокупностей ( $M$ ), и их ошибок ( $\pm m$ ) и средних квадратичных отклонений ( $\sigma$ ). Для выявления значимости различий между контрольной и экспериментальной группой, а также в динамике наблюдения использовали  $t$ -критерий Стьюдента в случае параметрических выборок и непараметрический критерий Вилкоксона-Манна-Уитни в случае переменных, не имеющих нормального распределения. Достоверными ( $p \leq 0,05$ ) считали различия при уровне значимости 95% [Гланц С., 1999; Перевозкина Ю.М. с соавт., 2014].

Одним из методов, позволяющих выявить взаимосвязи между переменными, отражающими ту или иную функцию или функциональный уровень, является метод корреляционного анализа. Оценку корреляционной связи ( $r$ ) между переменными с нормальным распределением проводили с помощью коэффициента корреляции Пирсона, при непараметрическом распределении использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена [Халафян А.А., 2007]. Сила связи считалась умеренной при  $0,5 \leq r \leq 0,7$ , сильной при  $0,7 \leq r \leq 1,0$ .

Для выделения наиболее взаимосвязанных параметров и классификации их в сравнительно однородные группы по функциональному значению использовали процедуру факторного анализа [Гланц С., 1999; Перевозкина Ю.М. с соавт., 2014].

С целью изучения возможности прогнозирования величины зависимой интегральной переменной (физической работоспособности -  $PWC_{170}$ ) использовали множественный линейный регрессионный анализ, который позволяет установить меру связи и существенность вклада совокупности изучаемых независимых переменных (показатели ЭЭГ активности, психофизиологического статуса, вегетативного

обеспечения кардиореспираторной системы, гормональной регуляции метаболических процессов) в значение зависимой ( $PWC_{170}$ ) переменной.

По известной величине выбранного нами признака ( $PWC_{170}$ ), находили ожидаемые значения других признаков, связанных с ним коррелятивно. Рассчитывались *бета*-коэффициенты, которые оценивались по стандартизованным данным, имеющим выборочное среднее, равное нулю и стандартное отклонение, равное единице. Бета коэффициенты являются сравнимыми для разных переменных и позволяют сравнить относительные вклады каждой из них (ранг) в предсказание результата [Халафян А.А., 2007]. Были проанализированы переменные, между которыми отсутствуют достоверные линейные корреляции.

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).

### ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ ОДНОКРАТНОЙ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОЙ АВС НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОРГАНИЗМА СТУДЕНТОВ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ СПОРТОМ

#### 3.1 Изменение электроэнцефалографической активности головного мозга после однократной и продолжительной (АВС)

##### Характеристика ЭЭГ после однократной АВС

Одним из наиболее валидных и информативным критериев эффективности когнитивной и психомоторной деятельности является  $\alpha$ -ритм ЭЭГ [Шевелев И.А. с соавт., 2001; Nunez P. et.al., 2001; Базанова О.М., 2011]. При исследовании влияния сенсорной стимуляции на физиологические процессы организма мы провели анализ изменений электроэнцефалографической активности головного мозга, которая, как известно, отражает активность центральных структур, участвующих в регуляции функционального состояния организма [Brauchli P. et.al., 1995; Bazanova O.M., 2012].

После однократной АВС у спортсменов при ЗГ было выявлено достоверное снижение мощности пограничных друг с другом зон  $\theta$ -ритма и  $\alpha$ -1 поддиапазона, тогда как частота описанных индивидуальных диапазонов достоверно не изменялась (табл.3.1). При анализе  $\alpha$ -2 волн установлено достоверное повышение частоты и мощности данного поддиапазона. Перед сеансом АВС соотношение параметров коэффициента мощности (К)  $\alpha$ 1/ $\alpha$ 2 характеризовалось незначительным преобладанием мощности  $\alpha$ -2 волн ( $K_{до\ АВС}=0,77$ ). После 25-минутной АВС усиливалось влияние высокочастотного компонента  $\alpha$ -волн и происходило снижение коэффициента  $\alpha$ 1/ $\alpha$ 2 ( $K_{после\ АВС}=0,38$ ).

Однократная АВС вызывала также изменение величины реакции снижения мощности  $\alpha$ -ритма в ответ на открывание глаз (ИГСМА). Выявлено существенное ослабление силы проявления «Бергер-эффекта» в  $\alpha$ -1 поддиапазоне, что, в свою очередь, связано со снижением мощности волн этого поддиапазона при закрытых



глазах. Величина реакции десинхронизации  $\alpha$ -2 волн, напротив, после АВС увеличивалась, что обусловлено более высокой мощностью при закрытых глазах, а также существенным снижением при открывании глаз.

Табл.3.1.

Изменение электроэнцефалографических показателей у спортсменов после однократной АВС при ЗГ ( $M \pm m$ )

Показатели	До АВС	После АВС
ИЧМПА, Гц	10 $\pm$ 0,2	10,3 $\pm$ 0,1
Амплитуда- $\alpha$ , $\mu V$	10,7 $\pm$ 0,6	10,6 $\pm$ 0,4
АВW, Гц	3,7 $\pm$ 0,2	4,3 $\pm$ 0,2
Мощность $\theta$ -ритма, $\mu V^2$	14,4 $\pm$ 0,8	10,2 $\pm$ 0,7*
$\theta$ -ритм, Гц	3,2 $\pm$ 0,1	3,4 $\pm$ 0,4
$\alpha$ 1, $\mu V^2$	18,5 $\pm$ 0,5	11,8 $\pm$ 0,3*
$\alpha$ 1, Гц	9,0 $\pm$ 0,2	8,7 $\pm$ 0,2
$\alpha$ 2, $\mu V^2$	24 $\pm$ 0,3	31 $\pm$ 0,3*
$\alpha$ 2, Гц	10,2 $\pm$ 0,2	11,1 $\pm$ 0,3*
$\alpha$ 1/ $\alpha$ 2	0,77 $\pm$ 0,1	0,38 $\pm$ 0,1*
$\beta$ -ритм, $\mu V^2$	6,0 $\pm$ 0,2	5,7 $\pm$ 0,2
$\beta$ -ритм, Гц	16,3 $\pm$ 0,5	17,6 $\pm$ 0,4
ИГСМА $\alpha$ 1, %	18,9%	38,9%*
ИГСМА $\alpha$ 2, %	17,0%	12,5%

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

Таким образом, можно заключить, что однократная АВС с частотой воздействия от 3 до 13 Гц оказывает значительное влияние на мощность  $\theta$ -,  $\alpha$ -1 и  $\alpha$ -2 волн, а также на выраженность реакции десинхронизации  $\alpha$ -ритма. Вместе с тем, после однократной АВС не было выявлено изменений амплитуды и индивидуальной частоты максимального пика  $\alpha$ -диапазона (ИЧМПА), а также не изменялись амплитуда и частота  $\beta$ -ритма. Это может свидетельствовать о специфичности и избирательности разового воздействия АВС на ЭЭГ активность головного мозга обследуемых.

## Изменение электроэнцефалографической активности головного мозга после продолжительной АВС

На начало эксперимента спортсмены обследованных групп не отличались между собой по параметрам электроэнцефалографической активности головного мозга (табл.3.2).

Табл. 3.2

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*
ABW, Гц	5,4±0,2	5,2±0,2	5,3±0,1	5,0±0,2
θ-ритм, μV <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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 <sup>2</sup>	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
α1/α2	0,68±0,1	0,91±0,2	0,55±0,1	0,48±0,1#
β-ритм, μV <sup>2</sup>	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. Достоверность различий между январскими и мартовскими показателями в каждой группе: \* p<0,05, \*\* p<0,01; между группами в марте: # p<0,05.

При анализе электроэнцефалографических показателей, после проведения 20-22 сеансов АВС выявлено достоверное повышение амплитуды α-волн, а также существенное увеличение мощности θ-ритма. Вместе с тем, в группе контроля за данный отрезок времени не выявлено достоверного изменения амплитуды α-волн, тогда как мощность θ-ритма имела тенденцию к снижению. Наряду с этим, в динамике наблюдения были обнаружены достоверные изменения в индивидуальных низкочастотном α-1 и высокочастотном α-2 поддиапазонах. Соотношение параметров

коэффициента мощности (К)  $\alpha_1/\alpha_2$  в обеих группах в начале обследования было смещено в сторону преобладания высокочастотного  $\alpha_2$  ритма ( $K_{\text{КОНТРОЛЬ}}=0,68$  и  $K_{\text{АВС}}=0,55$ ). К концу эксперимента в контрольной группе наблюдалось снижение мощности  $\alpha_2$  волн и повышение  $\alpha_1$  составляющей, что повлияло на увеличение коэффициента мощности  $\alpha_1/\alpha_2$  ( $K_{\text{КОНТРОЛЬ}}=0,91$ ). В группе АВС выявлено повышение мощности всех поддиапазонов, что позволило сохранить величину коэффициента мощности  $\alpha_1/\alpha_2$  на уровне фоновых значений ( $K_{\text{АВС}}=0,48$ ).

В конце исследования было установлено изменение соотношения значений реакции десинхронизации по сравнению с началом эксперимента. В группе АВС произошел прирост супрессии мощности низкочастотных и высокочастотных  $\alpha$ -волн в ответ на открывание глаз, в то время как в контроле наблюдалась тенденция к снижению проявлений описанного «Бергер эффекта». Ни в одной из групп к концу эксперимента не происходило достоверных изменений характеристик  $\beta$ -ритма (частоты и амплитуды).

Таким образом, можно заключить, что курс тренингов АВС более существенно влияет на отдельные параметры ЭЭГ активности мозга, характеристика которых соответствуют частоте, применявшейся в процессе сенсорной стимуляции.

Сравнение степени и направленности изменений ЭЭГ показателей после однократной стимуляции и курса тренингов позволило оценить эффекты влияния АВС на уровень ЭЭГ активности (рис.3.1).

Отличительной характеристикой разового воздействия АВС является достоверное снижение мощности  $\theta$ -ритма ЭЭГ, тогда как после курса тренингов наблюдалось существенное увеличение мощности  $\theta$ -волн. После однократной стимуляции были обнаружены наиболее значимые изменения мощности и частоты  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  поддиапазонов: существенно снижалась сила реакции десинхронизации  $\alpha_1$  волн и увеличивалась сила реакции активации  $\alpha_2$  волн. Применение курса тренингов способствовало усилению мощности и повышению силы «Бергер-эффекта» в  $\alpha_2$  поддиапазоне.

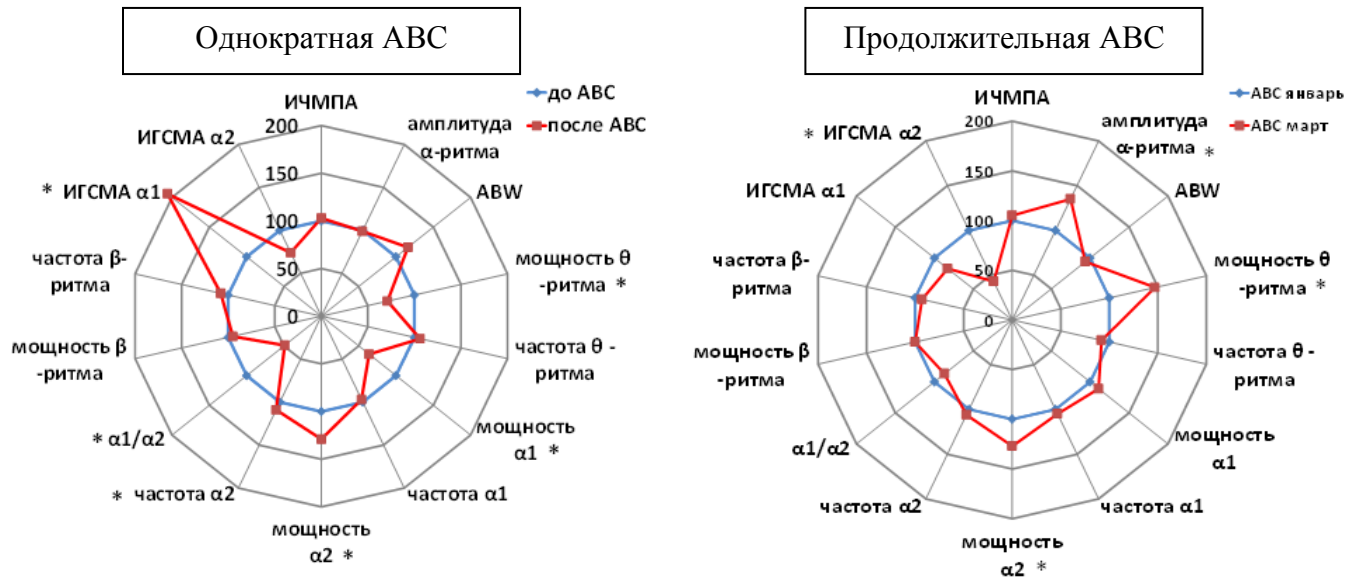


Рис.3.1. Степень и направленность изменений ЭЭГ активности при однократной и продолжительной ABC (изменения показаны в % по отношению к исходным значениям).

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

Частота и мощность  $\beta$ -ритма в обеих сериях ABC не изменялась. Это свидетельствует о направленном влиянии несущих частот воздействия ABC, лежащих в диапазоне от 3 до 13 Гц, на  $\alpha$ - и  $\theta$ -волны.

Таким образом, сравнение эффектов однократной и продолжительной ABC позволяет заключить, что наибольшее количество изменений и степень выраженности сдвигов ЭЭГ показателей выявлены после однократной стимуляции. Эффекты продолжительной стимуляции менее выражены, что может свидетельствовать о снижении реактивности ЭЭГ ответа в связи с адаптивными перестройками на нейрофизиологическом уровне.

Одним из критериев оценки адаптивных перестроек на нейрофизиологическом уровне может быть формирование взаимосвязей между показателями на внутрисистемном уровне. Для анализа этого предположения мы провели изучение взаимосвязи показателей ЭЭГ активности головного мозга спортсменов с помощью метода корреляционного анализа до и после ABC стимуляции. Как видно из рисунка (рис.3.2), в группе спортсменов до курса аудиовизуального воздействия было выявлено

существование как сильных ( $n=12$ ), так и умеренных ( $n=5$ ) взаимосвязей между ЭЭГ показателями. После курса сенсорной стимуляции было отмечено существенное увеличение количества новых, положительных взаимосвязей средней силы ( $n=12$ ), в то время как количество жестких корреляций оставалось на прежнем уровне. Наибольшее количество новых внутрисистемных связей выявлено между частотой  $\alpha$ -2 ритма, ИГСМА  $\alpha$ -1 и  $\alpha$ -2 ритмов с другими изученными показателями ЭЭГ. Следует выделить появление множества средних связей между частотой  $\beta$ -ритма и показателями биоэлектрической активности мозга, не смотря на отсутствие достоверных изменений частоты  $\beta$ -ритма после влияния АВС. Наряду с обнаруженным увеличением количества связей описанных показателей, в динамике наблюдения у группы АВС сохранялись множественные связи амплитуды  $\alpha$ -ритма и мощности  $\alpha$ -1 ритма с изученными показателями ЭЭГ. Вместе с увеличением количества связей, было установлено изменение структуры положительных и отрицательных связей, что может быть обусловлено изменением функционального значения различных нейрофизиологических процессов при адаптации к АВС. В группе контроля на всех этапах исследования число сильных ( $n=12$ ) и умеренных связей ( $n=4$ ) не изменялось, а в конце периода наблюдения выявлено существенно меньше взаимосвязей по сравнению с группой АВС. Следует отметить, что в динамике наблюдений также происходило изменение структуры взаимосвязей показателей, что может быть обусловлено влиянием спортивных нагрузок на биоэлектрическую активность мозга [Иорданская Ф.А., 2011; Кудря О.Н., 2012].

Следовательно, после АВС формируются новые гибкие взаимосвязи на ЭЭГ уровне, тогда как число прочно сформированных сильных связей между изученными параметрами не изменяется. Описанные результаты согласуются с представлениями Н.П. Бехтеревой о том, что увеличение количества связей способствует более экономичному процессу адаптации к различным воздействиям [Бехтерева Н.П., 1988].

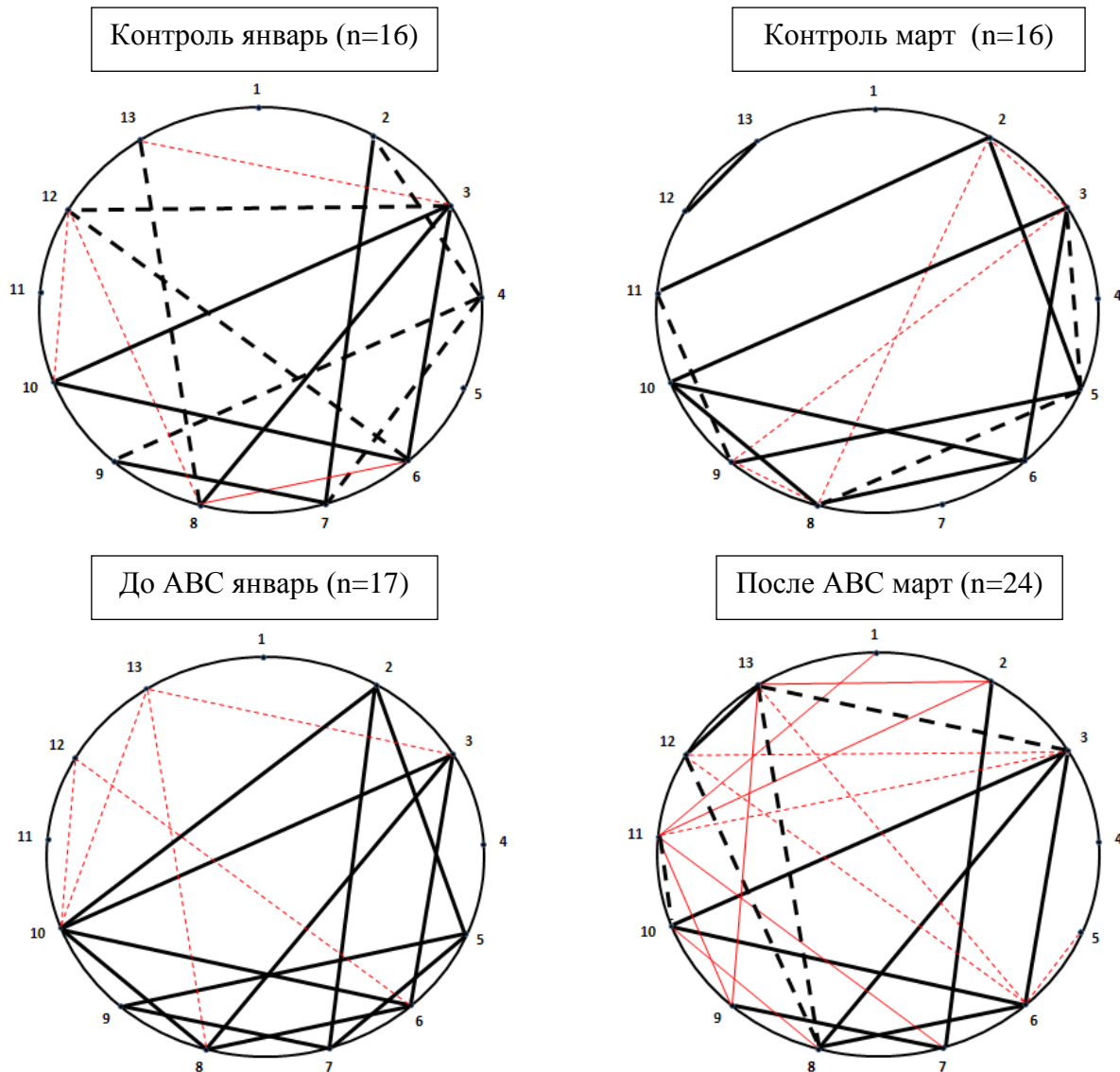


Рис.3.2. Корреляционные связи ЭЭГ показателей обследуемых.

Примечание к рис.3.2.: 1 – АВW, 2 – ИЧМПА, 3 – амплитуда  $\alpha$ -ритма, 4 – мощность  $\theta$ -ритма, 5 – частота  $\theta$ -ритма, 6 – мощность  $\alpha$ -1 ритма, 7 – частота  $\alpha$ -1 ритма, 8 – мощность  $\alpha$ -2 ритма, 9 – частота  $\alpha$ -2 ритма, 10 – мощность  $\beta$ -ритма, 11 – частота  $\beta$ -ритма, 12 – ИГСМА  $\alpha$ -1, 13 – ИГСМА  $\alpha$ -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  $0,5 \leq r \leq 0,7$

Для того чтобы дать интегральную оценку изученных нами показателей и выделить скрытые взаимосвязи основных нейрофизиологических процессов, которые тесно связаны между собой, мы использовали метод факторного анализа. До начала исследования в группах контроля и ABC было выделено два ведущих фактора, объясняющих соответственно 64% и 61% общей изменчивости (табл.3.3). Первый

фактор в обеих группах до воздействия мы обозначили как фактор мощности  $\alpha$ - и  $\beta$ -ритма. Второй фактор мы определили как фактор частоты  $\alpha$ - и  $\theta$ -ритма. Характеристика входящих в эти факторы связей свидетельствует о том, что обследованные группы не отличались по структуре и знаку переменных.

После тренингов АВС наблюдалось перераспределение изученных показателей, определяющих факторные нагрузки. Общую долю дисперсии в первом факторе, образующем положительный полюс, представляли только показатели частот всех изученных диапазонов (35%), что полностью отлично от показателей, входящих в данный фактор до тренингов АВС, которые были представлены показателями мощности изученных диапазонов. Во второй фактор входили показатели амплитуды и мощности  $\alpha$ -диапазона, мощности  $\beta$ -волн и ИГСМА-  $\alpha_1$  (26%), что может характеризовать его как фактор мощности. Полученные данные свидетельствуют о том, что после АВС происходит изменение структуры связей, которые противоположны взаимосвязям до начала эксперимента.

В группе контроля в динамике наблюдения происходили незначительные изменения показателей, определяющих нагрузки обоих факторов. В группу показателей, формирующих общую дисперсию первого фактора, входили частота и мощность  $\theta$ -ритма (38%), без изменения других параметров. Второй фактор, по сравнению с исходным состоянием, характеризовался появлением показателей реакции десинхронизации  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  ритма (30%). Таким образом, в группе контроля не происходило существенных изменений показателей, определяющих факторные нагрузки, за исключением показателя снижения мощности  $\alpha$ -ритма при реакции активации.

Двухфакторная структура ЭЭГ активности обследованных спортсменов

Показатели	Контроль январь		Контроль март		до АВС январь		после АВС март	
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2
ABW, Гц	0,35	-0,18	0,44	<b>0,51</b>	0,26	0,43	0,30	0,01
ИЧМПА, Гц	0,21	<b>-0,90</b>	-0,25	<b>-0,89</b>	0,17	<b>-0,96</b>	<b>0,97</b>	0,03
амплитуда $\alpha$	<b>-0,90</b>	0,24	<b>0,98</b>	0,01	<b>-0,75</b>	0,26	-0,31	<b>-0,87</b>
teta, mkV <sup>2</sup>	-0,24	<b>0,87</b>	<b>0,75</b>	-0,21	-0,48	0,23	0,15	-0,46
teta, Гц	-0,08	<b>0,59</b>	<b>-0,59</b>	<b>-0,55</b>	0,15	<b>-0,77</b>	<b>0,57</b>	0,25
alpha-1, mkV <sup>2</sup>	<b>-0,91</b>	0,01	<b>0,85</b>	0,28	<b>-0,77</b>	0,30	-0,31	<b>-0,91</b>
alpha-1, Гц	0,07	<b>-0,89</b>	-0,03	<b>-0,74</b>	0,12	<b>-0,93</b>	<b>0,92</b>	-0,05
alpha-2, mkV <sup>2</sup>	<b>-0,86</b>	0,39	<b>0,95</b>	0,09	<b>-0,91</b>	0,17	-0,35	<b>-0,87</b>
alpha-2, Гц	0,21	<b>-0,90</b>	-0,25	<b>-0,89</b>	0,21	<b>-0,96</b>	<b>0,97</b>	0,03
beta, mkV <sup>2</sup>	<b>-0,64</b>	0,15	<b>0,97</b>	-0,01	<b>-0,65</b>	-0,04	-0,47	<b>-0,58</b>
beta, Гц	-0,31	0,35	-0,35	-0,37	-0,50	0,19	<b>0,72</b>	0,13
ИГСМА-А1	<b>0,74</b>	-0,20	-0,30	<b>0,66</b>	<b>0,57</b>	-0,30	-0,28	<b>0,61</b>
ИГСМА-А2	<b>0,79</b>	0,28	-0,22	<b>0,68</b>	<b>0,79</b>	0,27	0,47	0,27
Собственные значения	4,34	4,03	4,99	3,87	4,01	3,93	4,52	3,41
Дисперсия по фактору (%)	33	31	38	30	31	30	35	26
Общая дисперсия (%)	33	64	38	68	31	61	35	61



Анализ изменений ЭЭГ активности под влиянием АВС частотой 3-13 Гц свидетельствует о том, что однократная и продолжительная АВС оказывают влияние на ЭЭГ показатели обследованных студентов, занимающихся спортом. После АВС наблюдалось специфичное и избирательное воздействие на показатели биоэлектрической активности мозга, количество и степень которых были более выражены после однократной стимуляции. Эффекты продолжительной стимуляции менее выражены, что может свидетельствовать о снижении реактивности ЭЭГ ответа и формировании адаптивных перестроек к АВС. После АВС установлено образование новых гибких связей между ЭЭГ показателями, тогда как количество жестких связей не изменяется. Под влиянием АВС также выявлено образование новых групп факторов, которые представлены частотными показателями изученных диапазонов и значениями мощности волн.

### 3.2. Влияние АВС на нейродинамические показатели обследуемых

Описанные в предыдущей главе ЭЭГ изменения, наблюдаемые после АВС, поставили вопрос о функциональных и психофизиологических проявлениях мозговой активности. С этой целью было проведено исследование нейродинамических показателей у студентов после применения однократной и продолжительной АВС. Так, после разового воздействия установлено улучшение баланса нервных процессов возбуждения и торможения, о чем свидетельствовало существенное увеличение количества попаданий в тесте («Реакция на движущийся объект»), достоверное уменьшение времени опережения, что отражает снижение активности процесса возбуждения, а также тенденция к уменьшению диапазона колебаний между временем опережения и запаздывания. Следует отметить достоверное увеличение времени запаздывания, что указывало на смещение активности нейродинамических процессов коры в сторону преобладания торможения (табл.3.4).

Табл.3.4

Изменение нейродинамических показателей у спортсменов после однократной АВС ( $M \pm m$ )

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: \*  $p < 0,05$

Вместе с тем, после сеанса АВС не было выявлено достоверных изменений скорости простой зрительно-моторной реакции. Таким образом, однократное воздействие АВС вызывает улучшение баланса нервных процессов коры головного мозга благодаря усилению тормозных влияний.

Поскольку нейродинамические изменения отражают быстрый эффект воздействия, представлялось важным оценить влияние серии тренировок АВС на эти показатели. Было обнаружено достоверное уменьшение времени простой

зрительно-моторной реакции, а также, как и при однократном воздействии, повышение баланса процессов возбуждения и торможения в коре больших полушарий, что видно по увеличению количества совпадений в тесте, существенному уменьшению диапазона колебаний времени реакций опережения и запаздывания (табл.3.5). В группе контроля в динамике наблюдения увеличивалась разбалансированность процессов возбуждения и торможения (увеличение времени опережения и диапазона колебаний в тесте РДО).

Табл.3.5.

Изменение нейродинамических показателей у студентов контрольной и экспериментальной групп после курса тренингов АВС (M±m)

Группа	Показатель	РДО опережения, мсек	РДО запаздывания, 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	до АВС	173±19	149±19	1,6±0,2	322±18	183±3,5
	после АВС	111±19*#	63±19*#	2,7±0,2**#	174±18*#	163±3,5*#

Примечание. Достоверность различий между январскими и мартовскими показателями в отдельных группах: \* p<0,05, \*\* p<0,01; между группами в марте: # p<0,05.

Таким образом, курс тренингов АВС вызывал однонаправленные, однако более выраженные по сравнению с однократной стимуляцией, изменения нейродинамической активности, что свидетельствует о суммационном эффекте АВС, выражающемся в улучшении баланса нервных процессов с повышением активности торможения.

### 3.3. Влияние продолжительной АВС на психофизиологические показатели студентов-спортсменов

Поскольку однократная стимуляция не позволяет оценить психофизиологический статус обследуемых (учитывая, что продолжительность сенсорного воздействия меньше длительности проведения

психофизиологического тестирования), мы оценивали только влияние продолжительной АВС (20-22 сеанса) на психофизиологические процессы обследуемых.

На начало эксперимента спортсмены обследованных групп не отличались между собой по психо-адаптивным параметрам (табл.3.6). После курса тренировок АВС, по сравнению с исходным уровнем, было выявлено ослабление внутреннего контроля при оценке социально-психологической адаптации (методика А.К. Осницкого), а также повышение показателя удовлетворенностью жизнью, тогда как такие личностные адаптивные параметры как жизнестойкость и мотивация достижения успеха были равны исходным значениям (табл.3.6).

В контрольной группе в динамике исследований (январь-март) наблюдалось снижение внешнего контроля, мотивации достижения успеха и уровня жизнестойкости, в то же время увеличивался показатель внутреннего контроля. Это может быть следствием влияния тренировочных и соревновательных нагрузок под внешним контролем тренера на психо-функциональные показатели спортсменов к концу зимнего сезона [Кретти Б.Дж., 1978; Крылов А.А., 2002; Ильин Е.П., 2008]. Несмотря на снижение психо-адаптивных параметров, в группе контроля наблюдалось повышение показателя удовлетворенностью жизнью, что может указывать на роль субъективного принятия вышеописанных изменений студентов данной группы. При межгрупповом сравнении психо-адаптивных параметров группа, прошедшая курс тренировок АВС, характеризуется снижением внутреннего напряжения и более высоким уровнем совладания со стрессом, что определяет их более высокий адаптивный потенциал по сравнению с контролем.

Анализ психо-эмоционального состояния показал, что после курса тренировок АВС обнаружено достоверное снижение уровня реактивной тревожности и фрустрированности при самооценке психических состояний (тест Г.Ю. Айзенка), выявлена тенденция к снижению уровня психопатизации, однако, вместе с тем отмечалось повышение вербальной агрессии по сравнению с исходным состоянием и данными контрольной группы.

Изменение психофизиологического статуса спортсменов контрольной и экспериментальной групп после курса АВС ( $M \pm m$ )

Уровень	Показатель	Группа контроля		Группа АВС	
		январь	март	до АВС январь	после АВС март
Психо-адаптивный уровень, баллы	Адаптация	75±1,6	75,1±2,1	71,5±3,1	71,1±3,1
	Внутренний контроль	57,6±1,0	60,1±0,8*	58,6±1,6	55,2±1,6*#
	Внешний контроль	14±1,4	10,7±1,6*	12,6±2,2	12,6±2,2
	Мотивация достижения успеха	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*
Психо-эмоциональный уровень, баллы	Реактивная тревожность	20,6±1,6	20,8±1,8	22,5±1,8	17,3±1,8*
	Личностная тревожность	32,2±1,5	33,2±1,6	34,1±1,4	35±1,3
	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#
	Стрессоустойчивость	34,2±1,0	34,3±1,6	33,4±1,5	34,8±1,6
	Нейротизм	11±0,9	12±1,2	9,5±0,8	9,6±0,9#
	Физическая агрессия	4,2±0,3	4,1±0,3	4,5±0,4	4±0,5
	Косвенная агрессия	3,9±0,3	4,1±0,4	4±0,4	4,4±0,4
	Раздражение	3,1±0,5	3,7±0,4	3,4±0,4	3,7±0,5
	Негативизм	1,7±0,3	1,8±0,3	2,3±0,3	2,6±0,3
	Обида	3,3±0,3	3,3±0,3	3,4±0,4	3,5±0,4
	Подозрительность	5,7±0,3	6,6±0,4*	5,6±0,4	5,7±0,4#
	Вербальная агрессия	6,1±0,3	6,1±0,4	6,1±0,3	7,1±0,3*#
Чувство вины	5,5±0,4	5,8±0,3	5,5±0,4	5,3±0,4	
Когнитивный уровень	Объем механической памяти, баллы	5,8±0,3	6,7±0,2*	5,9±0,4	7,5±0,4**#
	Объем образной памяти, баллы	8,5±0,2	8,2±0,3	8,6±0,2	8,5±0,2
	Скорость переключения внимания, сек	48,5±1,9	46,1±3,2	49,3±3,9	38,7±3,9** #

Примечание. Достоверность различий между январскими и мартовскими показателями в отдельных группах: \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ; между группами в марте: #  $p < 0,05$ .

В контрольной группе в динамике исследований (январь-март), наоборот, наблюдалось достоверное повышение уровня психопатизации и подозрительности. По другим исследованным показателям достоверных изменений в обеих группах не отмечалось.

Таким образом, после окончания исследования в группе АВС в отличие от контрольной группы обнаружено снижение психо-эмоционального напряжения, которое в практике спортивной деятельности играет важнейшую роль для подготовки к соревнованиям, выступлениям и успешного восстановления [Кретти Б.Дж., 1978; Никитин А.М. с соавт., 1981; Крылов А.А., 2002; Ильин Е.П., 2008; Москвин В.А. с соавт., 2009].

При анализе параметров когнитивной сферы в группе АВС отмечались положительные эффекты курса тренингов, что проявлялось в увеличении объема механической памяти и скорости переключения внимания. У спортсменов группы контроля к концу эксперимента наблюдалось повышение только объема механической памяти. Однако степень прироста данного показателя в группе контроля была существенно меньше (на 0,9 балла), чем в группе АВС (на 1,6 балла). Объем образной памяти в обеих группах не изменялся. Следовательно, психофизиологическое исследование в группе АВС, по сравнению с контролем, показало улучшение показателей, характеризующих когнитивную сферу.

Для оценки изменений структуры взаимосвязей психофизиологических показателей, а также для определения адаптивных перестроек в динамике наблюдения мы использовали метод корреляционного анализа. В начале обследования группы не отличались между собой по количеству обнаруженных связей ( $n=12$ ) и имели практически одинаковую их структуру (из 12 обнаруженных связей в обеих группах одинаковыми были 8 корреляций) (рис.3.3). Следует отметить, что в обеих группах все обнаруженные на начальном этапе исследования связи имели среднюю силу, тогда как сильных корреляций между показателями не было выявлено. Отсутствие в общей доле дисперсии корреляций жестких связей может быть обусловлено тем, что в отличие от показателей ЭЭГ, психофизиологические параметры являются более гибкими и в

большей степени зависят от влияния социальных факторов и условий жизнедеятельности.

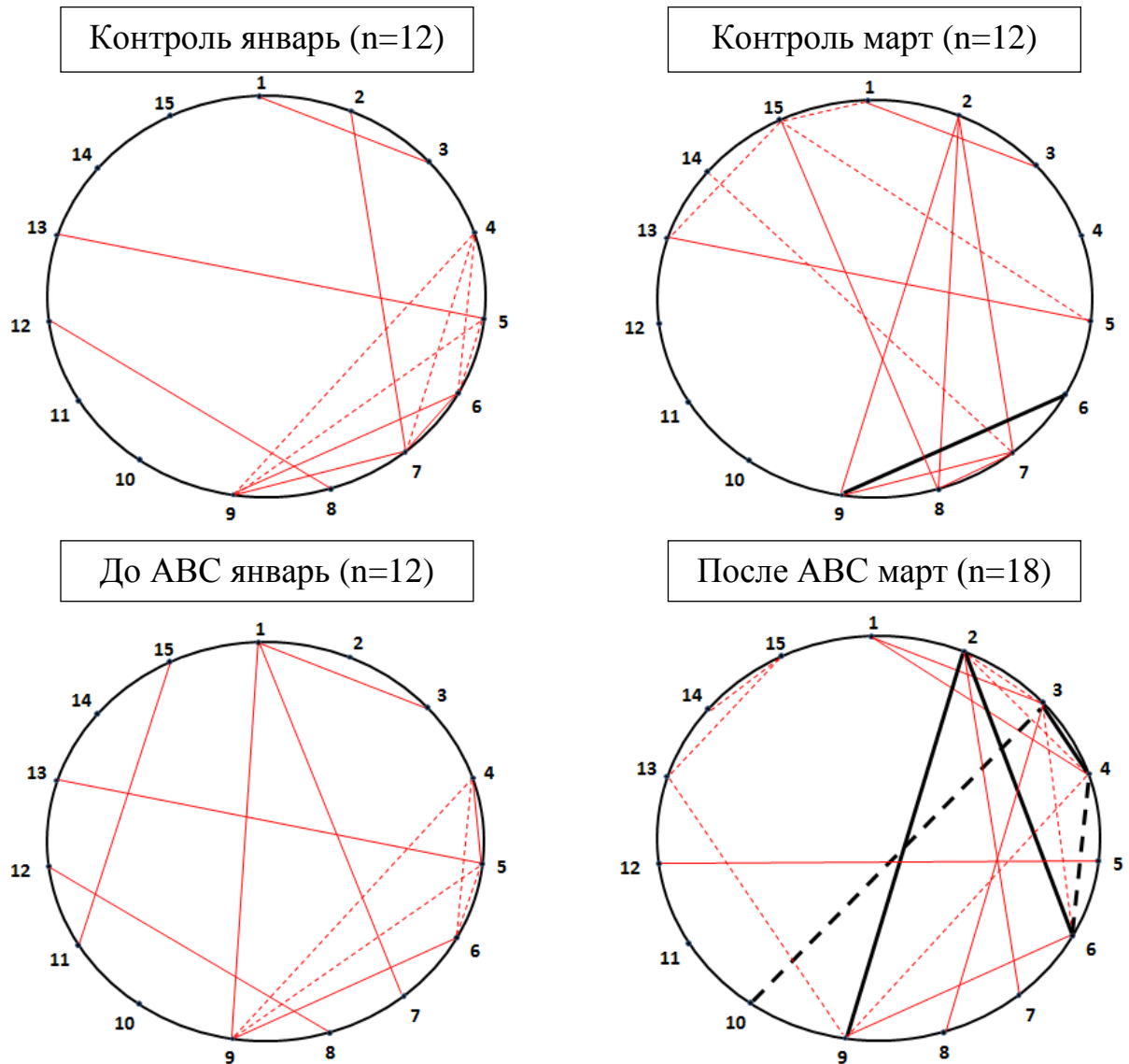


Рис.3.3. Корреляционные связи психофизиологических показателей обследуемых.

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

После воздействия АВС было установлено увеличение количества корреляционных связей ( $n=18$ ). Прирост числа связей в значительной степени происходил за счет формирования новых сильных корреляций ( $n=5$ ). Особо следует подчеркнуть появление положительных связей между внешним контролем и реактивной тревожностью, внешним контролем и нейротизмом,

мотивацией к успеху и жизнестойкостью, а также появление отрицательной связи между жизнестойкостью и реактивной тревожностью. Описанные изменения характеризуют увеличение роли внешнего контроля (вероятнее всего, тренера), с психо-эмоциональным напряжением спортсменов.

В динамике наблюдения психофизиологического статуса спортсменов группы контроля не установлено изменений количества корреляционных взаимосвязей к концу исследования (n=12) (рис.3.3). Было выявлено появление только одной сильной связи между реактивной тревожностью и нейротизмом, что указывает на усиление психо-эмоционального напряжения, тогда как остальные корреляции не изменяли свою силу. Вместе с тем, данная взаимосвязь также была выявлена в январе, однако характеризовалась меньшей силой связи.

Таким образом, в экспериментальной группе, в отличие от контроля, происходит увеличение числа связей и появление новых жестких корреляций, что может отражать адаптивные процессы психофизиологических изменений под влиянием сенсорного воздействия.

С помощью факторного анализа были выявлены факторы, которые определяли наибольший вклад изученных показателей в формирование психофизиологических паттернов, присущих каждой группе спортсменов. На начало исследования в группах контроля и АВС было выделено два фактора, которые в сумме определяли 37% и 44% общей изменчивости, соответственно (табл.3.7). Первый фактор в обеих группах мы обозначили как эмоционально-волевой фактор, поскольку он включал такие одинаковые показатели как: внешний контроль, жизнестойкость, удовлетворенность жизнью, реактивная тревожность, фрустрация, нейротизм и скорость переключения внимания. Вторым фактором мы обозначили как фактор личностных особенностей: внутренний контроль, мотивация к успеху, психопатизация и объем механической памяти.

Общая тенденция, которая наблюдалась в обеих группах в динамике наблюдения, заключалась в изменении вклада когнитивных (объем механической памяти, скорость переключения внимания) и нейродинамических показателей (ПЗМР, соотношение возбуждательных и тормозных процессов) в формирование



выделенных факторов. Роль когнитивных показателей снижалась, тогда как вклад нейродинамических показателей увеличивался (табл.3.7).

Вместе с тем, после курса тренингов АВС дополнительно были выявлены существенные изменения структуры факторных нагрузок и знака их переменных (табл.3.7). Обнаружены противоположные изменения вклада таких показателей как внешний контроль, мотивация к успеху и жизнестойкость, свидетельствующие об усилении вклада личностной устойчивости. Выявлен отрицательный вклад реактивной тревожности, фрустрации, нейротизма, а также снижение значения психопатизации в формировании веса фактора, что отражает снижение психо-эмоционального напряжения в динамике наблюдения.

В группе контроля в конце периода наблюдения в общей дисперсии факторных нагрузок были представлены показатели, характеризующие наличие психо-эмоционального напряжения у спортсменов. Так, в эмоционально-волевом факторе сохранялись положительные значения реактивной тревожности, фрустрации и нейротизма. Был отмечен положительный вклад психопатизации в формировании фактора, вместе с тем было установлено появление положительного значения показателя удовлетворенности жизнью.

Табл.3.7.

## Двухфакторная структура психофизиологических показателей обследованных спортсменов

Показатели	Контроль январь		Контроль март		до АВС январь		после АВС март	
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2
Внутренний контроль	0,12	<b>0,58</b>	0,36	<b>0,78</b>	0,05	<b>0,64</b>	0,49	-0,20
Внешний контроль	<b>0,61</b>	-0,20	<b>0,86</b>	-0,07	<b>0,65</b>	0,07	<b>-0,84</b>	-0,17
Мотивация к успеху	0,17	<b>0,71</b>	0,04	<b>0,74</b>	<b>-0,60</b>	<b>-0,63</b>	<b>0,85</b>	0,02
Жизнестойкость	<b>-0,63</b>	0,02	<b>-0,61</b>	-0,08	<b>-0,61</b>	-0,12	<b>0,83</b>	-0,01
Удовлетворенность жизнью	<b>-0,55</b>	<b>-0,51</b>	0,11	<b>0,60</b>	<b>-0,55</b>	<b>-0,50</b>	0,04	<b>0,60</b>
Реактивная тревожность	<b>0,81</b>	0,17	<b>0,71</b>	-0,03	<b>0,77</b>	-0,20	<b>-0,85</b>	0,12
Фрустрация	<b>0,68</b>	0,02	<b>0,92</b>	0,09	<b>0,56</b>	0,02	<b>-0,57</b>	-0,11
Психопатизация	-0,10	<b>-0,61</b>	<b>0,59</b>	<b>0,69</b>	-0,11	<b>-0,66</b>	0,49	0,37
Нейротизм	<b>0,82</b>	0,06	<b>0,86</b>	0,16	<b>0,81</b>	-0,24	<b>-0,76</b>	-0,27
Объем механической памяти	0,03	<b>0,62</b>	-0,16	0,36	-0,05	<b>0,87</b>	-0,26	0,48
Скорость переключения внимания	<b>0,69</b>	-0,31	-0,20	0,02	<b>0,59</b>	0,16	-0,46	0,09
ПЗМР	0,19	0,43	<b>-0,50</b>	0,04	0,21	0,34	<b>-0,57</b>	-0,03
РДО совпадения	-0,10	-0,41	-0,15	<b>0,62</b>	0,02	0,16	0,00	<b>0,87</b>
РДО опережения	-0,29	0,15	-0,30	0,19	-0,19	0,20	0,27	-0,14
РДО запаздывания	0,46	0,30	-0,05	<b>-0,88</b>	0,47	-0,27	-0,16	<b>-0,71</b>
Собственные значения	3,30	2,22	4,11	3,38	3,71	2,82	4,59	2,31
Дисперсия по фактору, %	22	15	27	23	25	19	31	15
Общая дисперсия, %	22	37	27	50	25	44	31	56

Таким образом, анализ влияния АВС на психофизиологические показатели свидетельствует об изменении активности нейродинамических процессов, которая отражалась в уменьшении времени ПЗМР, улучшении баланса нервных процессов благодаря усилению процессов торможения и снижению процессов возбуждения в коре головного мозга. Наряду с этим, происходило повышение показателей мотивации к достижению успеха, жизнестойкости, удовлетворенности жизнью, а также ослабление психо-эмоционального напряжения, что проявлялось в снижении реактивной тревожности и фрустрации. Наблюдалось улучшение когнитивных показателей, таких как объем механической памяти и скорость переключения внимания. Описанные изменения доказывают благоприятное влияние курса АВС на нейродинамические процессы и психофизиологический статус обследованных спортсменов, тогда как в контрольной группе спортивные нагрузки приводили к снижению психоадаптивных резервов и повышению психоэмоционального напряжения.

### **3.4. Влияние однократной и продолжительной АВС на вегетативную нервную систему обследуемых**

Описанные в предыдущих главах изменения ЭЭГ, нейродинамических и психофизиологических параметров после АВС позволили думать о вовлечении в реакцию ответа и более низших уровней регуляции, в частности, вегетативной нервной системы. Диагностика состояния ВНС включает в себя анализ вегетативного тонуса, вегетативной реактивности и вегетативного обеспечения деятельности. Вегетативный тонус и реактивность дают представление о гомеостатических возможностях организма, а вегетативное обеспечение деятельности характеризует его адаптационный потенциал [Бабунц И.В. с соавт., 2002; Баевский Р.М. с соавт., 2008; Кудря О.Н., 2012].

С этой целью были проведены исследования активности вегетативной нервной системы (ВНС) на примере ее влияния на состояние сердечно-сосудистой системы (ССС), как основного и наиболее распространенного маркера [Бабунц И.В. с соавт., 2002; Баевский Р.М. с соавт., 2008] после однократной и продолжительной АВС.

После однократного сеанса АВС у обследуемых выявлено увеличение среднего квадратичного отклонения R-R интервалов (SDNN) (табл.3.8). Это свидетельствует об увеличении суммарного эффекта влияний на синоатриальный узел со стороны симпатического и парасимпатического отделов ВНС [Михайлов В.М., 2002; Шлык Н.И. с соавт., 2012]. Существенно повышался квадратный корень суммы разностей последовательных R-R интервалов (RMSSD), характеризующий усиление активности парасимпатического звена вегетативной регуляции и ослабление способности синусного узла к концентрации сердечного ритма. Достоверно увеличивался коэффициент вариации (CV) и количество кардиоинтервалов длительностью более 50 мс (pNN50%), что подчеркивает описанные изменения об увеличении вклада парасимпатических влияний ВНС в формирование ритма сердца после АВС (табл.3.8).

## Вариабельность сердечного ритма после однократной АВС

Методы анализа		Показатель	До АВС	После АВС
Фоновая запись	Временной	ЧСС, уд/мин	64,6±1,7	62,6±1,5
		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 <sup>2</sup>	3401±358	6247±766**
		VLF, мс <sup>2</sup>	1209±166	2226±346*
		LF, мс <sup>2</sup>	1166±130	2174±276**
		HF, мс <sup>2</sup>	1025±139	1847±371*
		LF/HF	1,31±0,18	1,47±0,23
		IC	3,23±0,42	3,39±0,47
	Вариационная пульсометрия	Мо, с	0,92±0,03	0,96±0,02
		АМо, %	36,0±2,3	30,7±2,2*
		ВР, с	0,32±0,02	0,44±0,03*
		ИВР, у.е.	129,0±15,0	75,5±8,9*
		ПАПР, у.е.	39,7±3,3	32,1±2,5*
		ИН, у.е.	59,2±6,8	33,5±3,3*
	Ортостатическая проба	Временной анализ	ЧСС уд/мин	82,8±1,6
SDNN, мс			52,2±3,8	63,4±4,2*
RMSSD, мс			24,5±2,7	29,3±3
pNN50, %			5,4±1,4	8,7±1,7*
CV, %			7,5±0,5	8,7±0,5*
Спектральный анализ		TP, мс <sup>2</sup>	3369±342	4753±538*
		VLF, мс <sup>2</sup>	1665±212	2099±322
		LF, мс <sup>2</sup>	1625±255	2377±338
		HF, мс <sup>2</sup>	399±93	664±167*
		LF/HF	6,2±0,8	7,8±1,2
		IC	11,6±1,15	13,5±2,2
Вариационная пульсометрия		Мо, с	0,7±0,01	0,73±0,02
		АМо, %	42,2±2,1	36,9±1,6*
		ВР, с	0,33±0,03	0,42±0,02*
		ИВР, у.е.	158±18	105±12*
		ПАПР, у.е.	55,3±4,5	48,3±3,3
		ИН, у.е.	108,0±14,0	71,8±9,0*
К30/15		К30/15	1,30±0,03	1,48±0,03*

Примечание. Достоверность отличий в динамике изменений: \* p&lt;0,05.

При спектральном анализе волновой структуры сердечного ритма было выявлено существенное увеличение общей мощности спектра (TP), что свидетельствовало об усилении суммарной активности нейрогуморальных влияний на сердечный ритм (табл.3.8). Оценка избирательного распределения разных частотных диапазонов в формирование общей структуры спектра показала увеличение вклада высокочастотных дыхательных волн (HF), низкочастотных вазомоторных колебаний (LF) и очень низкочастотных волн (VLF), что свидетельствовало об одновременном повышении активности симпатической и парасимпатической регуляции. Описанные изменения одновременного вовлечения симпатического и парасимпатического отделов ВНС в реализацию адаптивного ответа организма на АВС могли быть обусловлены повышением корково-подкорковых влияний на ВНС [Гриндель О.М. с соавт., 2011].

Таким образом, по результатам временного анализа сердечного ритма можно заключить, что после однократной аудио-визуальной стимуляции в организме спортсменов происходило повышение суммарного эффекта влияний на синоатриальный узел и увеличение вклада обоих отделов ВНС с преимущественным влиянием парасимпатических воздействий на регуляторные процессы.

Методом вариационной пульсометрии также было выявлено снижение централизации управления ритмом сердца и напряжения механизмов регуляции, что проявлялось в уменьшении амплитуды моды (АМо) и индекса напряжения (ИН). Описанные изменения отражались на ослаблении показателя адекватности процессов регуляции (ПАПР) и на снижении индекса вегетативного равновесия (ИВР), что характеризовало преобладание парасимпатического отдела ВНС над симпатическим. Это подтверждается также увеличением вариационного размаха (ВР), свидетельствующего об усилении вагусной активности.

Таким образом, данные вариационной пульсометрии дополняют результаты временного и спектрального анализа об усилении влияния АВС преимущественно на парасимпатическую нервную систему, повышении активности автономного контура регуляции над центральными механизмами, усилении влияния

дыхательных волн в становление структуры ритма сердца в условиях относительного покоя организма.

Вегетативное обеспечение реакций организма на нагрузки является наиболее информативным критерием его адаптивных возможностей, и в практике обычно оценивается по показателям сердечно-сосудистой системы [Баевский Р.М. с соавт., 2008]. В этой связи для моделирования реакции ответа ВНС на физическую нагрузку мы использовали ортостатическое тестирование до и после АВС. Направленность изменений показателей ВСР при ортостазе и в состоянии относительного покоя совпадала (табл.3.8). При проведении ортостатической пробы происходило увеличение значений показателей временного анализа - SDNN, RMSSD, pNN50%, CV, после АВС. Отмечалось также повышением мощности TP и HF, которое отражает активность автономных и общих гуморально-метаболических механизмов регуляции сердечного ритма. Вместе с тем, не выявлено достоверных изменений параметров LF, VLF, LF/HF, что может свидетельствовать о влиянии ортостаза на оба отдела ВНС, но в разной степени. Методом вариационной пульсометрии установили, что АВС, как и в покое, вызывала ослабление централизации управления сердечным ритмом и уменьшение напряжения механизмов регуляции при ортостатической пробе, о чем свидетельствовало увеличение ВР, снижение АМо, ИВР и ИН.

Для оценки реактивности обоих отделов ВНС анализировали адекватность процессов адаптации к переходу в вертикальное положение с помощью коэффициента 30:15. После сеанса АВС было выявлено значительное повышение коэффициента, что свидетельствовало о более высокой реактивности ПНС в ответ на изменение положения тела в пространстве, а также о большей скорости включения регуляторных процессов в поддержание гомеостаза.

Следовательно, однократный сеанс АВС способствовал более выраженному повышению активности парасимпатического отдела ВНС по сравнению с симпатическим, усилению влияния автономного контура регуляции, увеличению вклада дыхательных волн на ритм сердца и формированию более экономной его работы в состоянии покоя и при ортостатической пробе.

## **Влияние продолжительной аудиовизуальной стимуляции на ВНС.**

Курс тренировок АВС приводил, по сравнению с исходным состоянием, к увеличению общих нейрогуморальных влияний на процессы регуляции ритма сердца со стороны симпатического и парасимпатического отделов ВНС, что находило отражение в повышении значений SDNN. Вместе с тем, отмечалось существенное увеличение RMSSD, pNN50 и CV, что свидетельствовало о более выраженном преобладании парасимпатического звена вегетативной регуляции по сравнению с симпатическим и повышении роли восстановительных процессов (табл.3.9).

В группе контроля показатели SDNN, RMSSD и pNN50% в динамике достоверно снижались, что свидетельствовало о более выраженной активности симпатической регуляции сердечного ритма (табл.3.10). Установлено существенное снижение вклада TP и HF в формирование функционального состояния механизмов регуляции, а также увеличение напряжения регуляторных систем, повышение вагосимпатического баланса и индекса централизации. Это можно объяснить влиянием физических нагрузок на резервы парасимпатического отдела ВНС в процессе зимнего (январь-март) тренировочно-соревновательного периода у спортсменов [Шлык Н.И., 2009].

Анализ волновой структуры спектра у обследуемых экспериментальной группы в состоянии покоя выявил повышение вклада автономных и центральных механизмов регуляции в формирование ритма сердца (табл.3.9). После курса тренировок АВС обнаружено повышение мощности частотных диапазонов – TP, HF, LF, а также снижение LF/HF и IC, что указывало на одновременную активацию как симпатических, так и парасимпатических влияний. Это может свидетельствовать о восстановлении функциональных резервов центрального и автономного контуров регуляции после курса АВС, что позволяет спортсменам быстрее восстанавливаться после физических нагрузок [Бабунц И.В. с соавт., 2002; Баевский Р.М. с соавт., 2008; Шлык Н.И., 2009].



Вариабельность сердечного ритма спортсменов контрольной и экспериментальной групп после курса АВС

Методы анализа		Показатель	Группа контроля		Группа АВС	
			январь	март	январь	март
Фоновая запись	Временной	ЧСС, уд/мин	59,6±1,3	61,3±1,9	63,2±2,5	59,7±1,6
		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 <sup>2</sup>	4169±350	2993±315 *	3620±311	5919±653 *
		VLF, мс <sup>2</sup>	1377±165	1142±202	1601±289	1774±308
		LF, мс <sup>2</sup>	1215±145	1310±232	1272±219	1428±270 *
		HF, мс <sup>2</sup>	1516±223	967±182 *	1329±213	2297±340 *
		LF/HF	1,08±0,26	1,71±0,27 *	1,36±0,28	0,73±0,16 *
		IC	2,3±0,4	3,0±0,5	2,8±0,5	1,9±0,4 *
	Вариационная пульсометрия	Мо, с	1,00±0,02	0,99±0,03	0,96±0,04	1,00±0,03
		АМо, %	32,8±1,62	40,3±2,2 *	32,7±1,8	26,2±1,2 *
		ВР, с	0,33±0,01	0,28±0,02 *	0,32±0,02	0,41±0,02 *
		ИВР, у.е.	102±9	152±21 *	102±11	77±10 *
		ПАПР, у.е.	33,2±1,7	38,7±3,3 *	34,5±3,4	29,1±2,6
		ИН, у.е.	54,6±4,7	75,1±11,8	53,7±8,8	39,4±5,8
	Ортостатическая проба	Временной анализ	ЧСС уд/мин	72,6±1,6	75,8±2,3	77,8±3,3
SDNN, мс			66,9±3,4	56,8±3,3 *	58,1±3,9 #	71,5±5,1 *
RMSSD, мс			30,6±3,1	23,7±2,2 *	30±3,9	41±5,8 *
pNN50, %			10,2±2,6	5,3±1,5 *	11,9±4	15,3±4
CV, %			7,9±0,4	7,3±0,4	7,3±0,4	8,3±0,5*
Спектральный анализ		TP, мс <sup>2</sup>	5350±436	3754±361 *	3631±370 #	4958±464 *
		VLF, мс <sup>2</sup>	3019±294	2175±215 *	1785±182 #	2454±403
		LF, мс <sup>2</sup>	1557±190	1536±208	1488±193	1590±219
		HF, мс <sup>2</sup>	516±96	691±234	589±153	725±225
		LF/HF	4,95±0,77	5,67±1,19	3,85±0,64	4,64±1,25
		IC	13,1±2,0	12,7±2,1	7,3±1,5 #	9,1±1,6
Вариационная пульсометрия		Мо, с	0,84±0,02	0,80±0,02	0,76±0,03	0,79±0,02
		АМо, %	34,1±1,3	40,8±2,1 *	37,4±2,3	34±2,18
		ВР, с	0,35±0,01	0,37±0,04	0,32±0,02	0,4±0,02 *
		ИВР, у.е.	99±6,7	147±18,6 *	118±13,4	83±9,3 *
		ПАПР, у.е.	40,5±2,4	51±4,5 *	51±4,3 #	43,9±3,5 *
		ИН, у.е.	61,4±5,2	89,8±14,4 *	83,6±10,8 #	61,2±9,7 *
К30/15			1,37±0,02	1,30±0,02*	1,30±0,03	1,44±0,03*

Примечание. Достоверность различий между январскими и мартовскими показателями в каждой группе: \* p<0,05, \*\* p<0,01; между группами в марте: # p<0,05.

Описанная выше направленность и степень изменений параметров ВСР после курса АВС в состоянии относительного покоя была установлена и методом вариационной пульсометрии. Было обнаружено достоверное повышение ВР и снижение АМо, ИВР, ИН (табл.3.9). Эти изменения характеризовали повышение влияния автономного контура регуляции, ослабление фокуса центрального управления, а также снижение напряжения механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы. В группе контроля в динамике наблюдений изменения носили противоположный характер: увеличивались значения АМо, ИВР, ПАПР и ИН, что свидетельствовало о повышении степени напряжения механизмов регуляции и усилении влияния центрального контура управления ритмом сердца в процессе тренировочно-соревновательной деятельности.

При ортостатическом тестировании изменения параметров временного, спектрального анализа, а также вариационной пульсометрии имели схожую направленность и степень изменений, как и в состоянии относительного покоя. Описанные результаты доказывают, что после курса тренировок АВС у участников экспериментальной группы происходило повышение адаптивных резервов системы кровообращения. Вместе с тем, у спортсменов контрольной группы к марту отмечалось напряжение механизмов регуляции, повышение активности симпатического отдела ВНС, наблюдались признаки истощения нейрогуморальных влияний на ритм сердца и энергодефицитные состояния, как в состоянии покоя, так и при ортостатической пробе, что может свидетельствовать об истощении резервов ПСНС и меньшем адаптационном потенциале.

Для сравнения степени воздействия АВС на функциональное состояние регуляторных систем организма при однократном сеансе и курсе тренировок АВС было проведено сравнение результатов их влияния (рис.3.4).

Так, после разовой стимуляции значительно увеличивались показатели SDNN, RMSSD и TP, характеризующие усиление общей нейро-гуморальной активности.

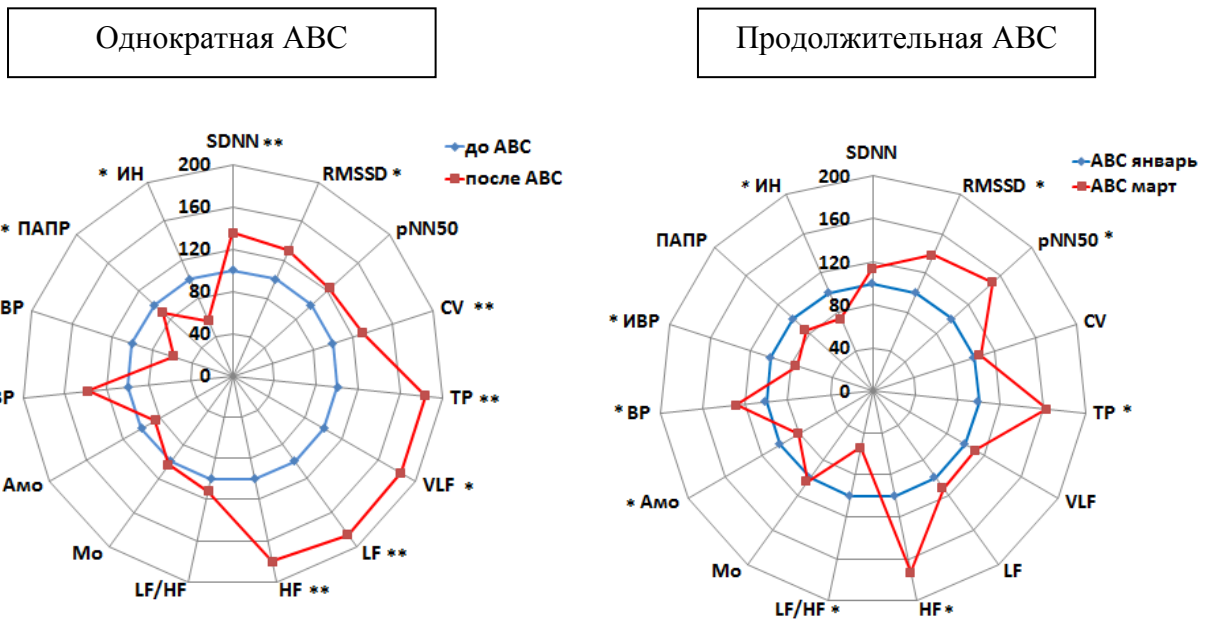


Рис.3.4. Степень и направленность изменений параметров ВСР после однократной и продолжительной АВС (изменения показаны в % по отношению к исходным значениям).

Примечание. Достоверность отличий в динамике изменений: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ .

Наряду с этим в равной степени увеличивалась сила общих церебрально-эрготропных и гуморально-метаболических влияний (RMSSD, HF, LF, VLF). Это свидетельствует о параллельном увеличении вклада симпатической и парасимпатической регуляции и повышении общих энергозатрат в обеспечении работы сердечно-сосудистой системы. При анализе влияния курса тренировок АВС установлено существенное увеличение TP и RMSSD. Однако обнаруженный рост общих нейро-гуморальных влияний на формирование ритма сердца в большей степени обусловлен повышением вклада парасимпатической регуляции (HF, pNN50, BP), чем симпатических воздействий. Выявленные особенности влияния разного количества сеансов АВС проявились в разнонаправленном изменении индекса вагосимпатического баланса (LF/HF), который существенно повышался после разовой стимуляции и снижался после курса тренировок.

Таким образом, временной и спектральный анализ, а также результаты вариационной пульсометрии показали, что однократное воздействие АВС в равной степени увеличивало силу центрального и автономного контура регуляции, что позволяет организму эффективно восстанавливаться после

физических тренировок, и одновременно поддерживать готовность симпатического отдела ВНС для эффективного обеспечения физиологических процессов. Долговременная стимуляция более эффективно активизировала автономный контур регуляции, тогда как активность симпатической регуляции возрастала в меньшей степени, чем выраженность парасимпатических влияний.

Описанные в настоящей главе данные подтверждают способность мозга человека следовать навязываемым ритмам, что может быть использовано для изменения функционального состояния ВНС (от возбуждения к релаксации или наоборот) [Lazarev V.V. et.al., 2001; Макаров С.В., 2005; Никулин Д.И., 2011], для достижения более высокой спортивной работоспособности [Бобрищев А.А., 2007, Пупиш М. с соавт., 2013].

### **3.5. Влияние АВС на функциональное состояние кардиореспираторной системы**

Полученные изменения активности ВНС после аудио-визуальной стимуляции на примере ее влияния на работу сердца позволили перейти к оценке воздействия АВС на вегетативные процессы в организме. В качестве объекта исследования была выбрана кардиореспираторная система, играющая ведущую роль в обеспечении физической работоспособности и функционального состояния организма спортсменов [Рубанович В.Б., 2003; Баевский Р.М. с соавт., 2008; Сонькин В.Д., 2010; Кудря О.Н., 2014].

Интегральным показателем, характеризующим функциональные резервы и адаптивно-приспособительные возможности организма студентов, от которых в значительной степени зависит успешность спортивной деятельности в беге на 1500-3000 метров, является уровень аэробной физической работоспособности ( $PWC_{170}$ ), который может быть выявлен при выполнении физических нагрузок [Дубровский В.И., 2002; Рубанович В.Б., 2003]. Поскольку проведение функциональных нагрузочных проб вызывает выраженные изменения со стороны показателей кардиореспираторной системы [Дубровский В.И., 2002] и может наслаиваться на эффект от сеанса АВС, мы оценивали влияние только курса тренировок на исследуемую систему. Следует отметить, что высокий уровень работоспособности может свидетельствовать о хорошем функциональном состоянии организма при хорошем качестве его реакции на нагрузку, эффективности механизмов вегетативной регуляции мышечной деятельности и адаптации к физическим нагрузкам [Граевская Н.Д., 1975; Дембо А.Г., 1991].

В начале исследования были изучены показатели сердечно-сосудистой системы в состоянии относительного покоя. В обеих группах в динамике наблюдения в состоянии относительного покоя не было выявлено достоверных отличий и изменений, что может свидетельствовать об одинаковом уровне функционирования системы кровообращения в покое у всех обследуемых (табл.3.11). В частности, не выявлено изменений показателей частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического и диастолического артериального давления

(САД и ДАД), хроноинотропного резерва (ХР), систолического и минутного объема крови (СОК и МОК).

Для исследования функциональных резервов организма спортсменов были изучены показатели кардиореспираторной системы при выполнении стандартной дозированной степ-эргометрической нагрузки. Как видно из табл.3.10., после курса тренировок АВС было выявлено достоверное увеличение физической работоспособности и индекса восстановления, что свидетельствует об улучшении функциональных возможностей организма спортсменов и повышении скорости восстановления ЧСС после выполнения физической нагрузки.

Табл.3.10.

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	RWC <sub>170</sub> /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*#
	МПК, мл/кг	53±1,3	52,5±1,2	51,3±1,1	55,6±1,2*
	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
	Прирост СОК, %	74±6	70±8	79±7	61±4*
	Прирост МОК, %	322±16	295±22	320±20	275±13*
	Прирост ЧСС, %	135±6	131±7	135±6	133±5
	Прирост ХР, %	225±8	215±11	216±12	213±8
Внешнее дыхание	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
	МСПВВВД, л/сек	5,5±0,2	5,7±0,2	5,3±0,2	5,5±0,2
	МВЛ, л/кг	2,96±0,08	2,81±0,07	2,99±0,08	3,24±0,13*

Примечание. Достоверность различий между январскими и мартовскими показателями в каждой группе: \* p<0,05, \*\* p<0,01; между группами в марте: # p<0,05.

Происходило также повышение максимального потребления кислорода (МПК), являющегося интегральным показателем  $PWC_{170}$ , что дополнительно отражает улучшение состояния кардиореспираторной системы. В контрольной группе в динамике наблюдения достоверных изменений  $PWC_{170}$  и МПК не происходило, и их значения оставались на уровне исходных показателей.

Для оценки эффективности механизмов повышения физической работоспособности и, следовательно, «цены» адаптационно-приспособительных реакций организма к физической нагрузке, мы провели анализ показателей кардиореспираторной системы до и после АВС.

После курса тренировок АВС было обнаружено существенное повышение экономичности функционирования сердечно-сосудистой системы при выполнении степэргометрического тестирования (табл.3.10). Достоверно снижались показатели САД, СОК, ХР, а также наблюдалась тенденция к снижению МОК, что свидетельствует об улучшении функционирования системы кровообращения при адаптации к мышечной нагрузке. Оценка степени приростов показателей сердечно-сосудистой системы при физической нагрузке показала снижение «цены» приспособительных реакций организма, что отражалось в меньших показателях прироста СОК и МОК по сравнению с началом исследования. В группе контроля в динамике наблюдения показатели не изменялись и оставались на уровне исходных значений. Таким образом, в группе АВС, наряду с достоверным повышением физической работоспособности, при интегральной оценке показателей, характеризующих «цену» адаптации к физическим нагрузкам, было выявлено повышение экономичности и рационального расходования резервов сердечно-сосудистой системы.

При исследовании системы внешнего дыхания в группе АВС было установлено повышение только относительного показателя максимальной вентиляции легких (МВЛ), тогда как значения жизненного индекса (ЖИ) и максимальной скорости потока воздуха на вдохе и выдохе (МСПВвд и МСПВвыд) не изменялись. В группе контроля не выявлено изменений ни одного из описанных параметров системы внешнего дыхания.

Таким образом, тренинги ABC оказывают наибольшее влияние на показатели функционирования кардиореспираторной системы при выполнении физических нагрузок, улучшая адаптивно-приспособительные процессы и способствуя повышению физической работоспособности, тогда как в состоянии относительного покоя уровень функционирования сердечно-сосудистой системы не изменяется. Влияние тренингов ABC на систему внешнего дыхания оказалось незначительным.

Для изучения структуры и эффективности системной организации работы сердечно-сосудистой системы, а также «цены» повышения физической работоспособности в группе ABC мы провели корреляционный анализ показателей, характеризующих состояние кардиореспираторной системы и ее вегетативной регуляции, отражающей адаптивно-приспособительные реакции организма на нагрузки.

В начале исследования в группе ABC было выявлено наличие сильных ( $n=8$ ) и средних ( $n=25$ ) корреляционных связей показателей кардиореспираторной системы и ее вегетативной регуляции (рис.3.5). Практически все сильные связи ( $n=7$ ) были выявлены при анализе блока показателей, характеризующих регуляцию сердечной деятельности, за исключением взаимосвязи между ЧСС и ХР. Так, показаны положительные сильные связи между ЧСС в покое и ИН, SDNN и TP, RMSSD и HF, АМо и ИН. После курса тренингов ABC было установлено значительное увеличение числа сильных связей ( $n=18$ ), а также изменение их структуры, свидетельствующее об увеличении жесткости взаимосвязи между показателями сердечно-сосудистой системы и ее вегетативной регуляции. Физическая работоспособность начинала коррелировать с ЧСС при нагрузке и ХР, МОК в состоянии покоя коррелировал с МОК при физической нагрузке, а ЧСС нагрузки с ХР нагрузки. Вместе с тем, после тренингов ABC число умеренных связей оставалось на уровне исходных значений ( $n=24$ ). Описанное увеличение числа жестких связей может свидетельствовать об улучшении синхронизации изучаемых показателей после курса тренингов ABC,



что согласуется с литературными данными [Бехтерева Н.П., 1988; Суботялов М.А., 2002; Воскресенский С.А., 2011].

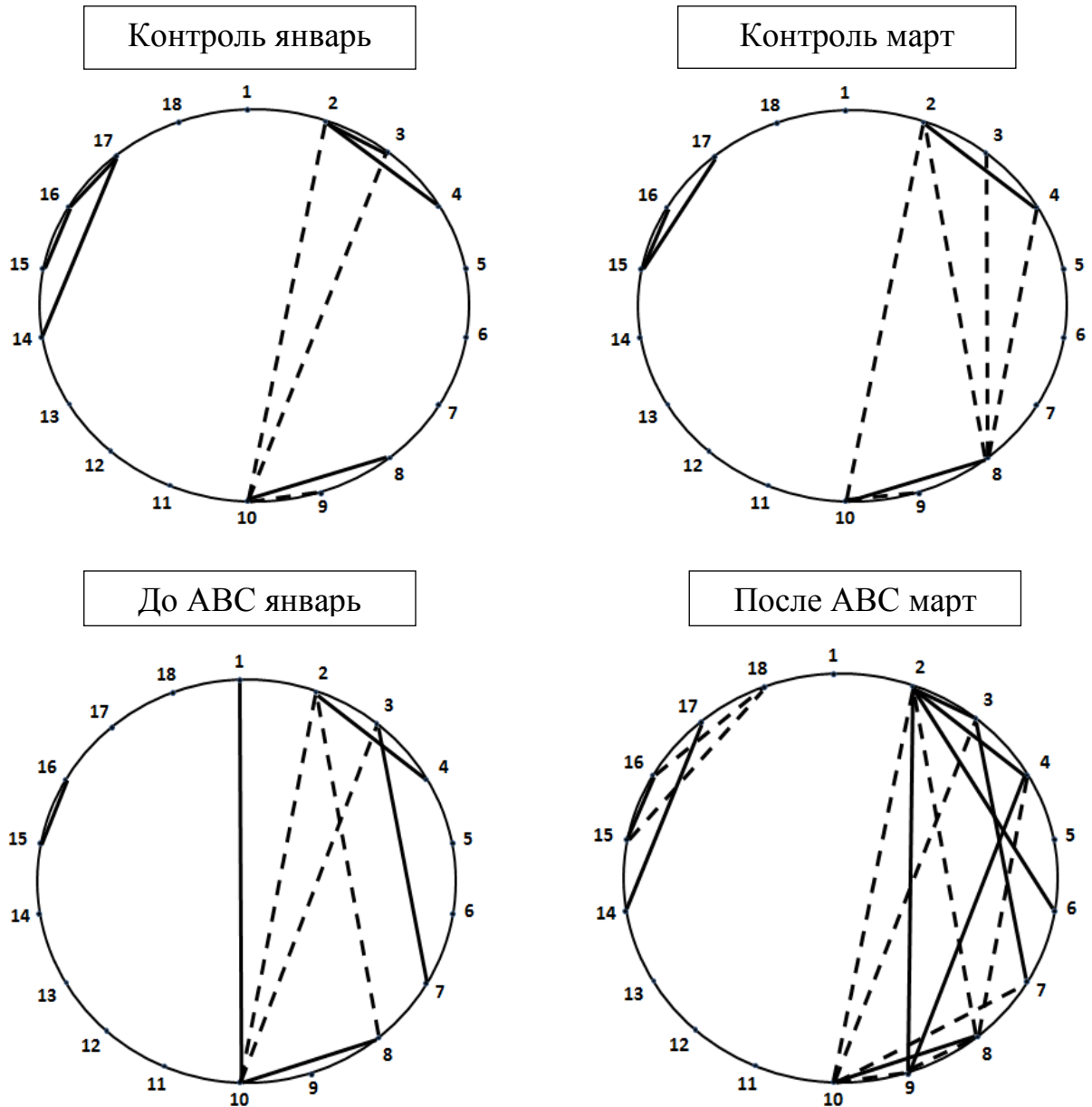


Рис.3.5. Корреляционные связи показателей кардиореспираторной системы и ее вегетативной регуляции у обследуемых.

Примечание к рис.3.5: 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 – PWC<sub>170</sub>.

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

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

В группе контроля в начале исследования также выявлено наличие сильных ( $n=9$ ) и средних взаимосвязей ( $n=25$ ) многие из которых одинаковы со связями в группе АВС (рис.3.5). Показаны корреляции между SDNN и TP, АМо и ИН, ИН с

SDNN и RMSSD, ЧСС и ХР при нагрузке. Однако в динамике наблюдения (январь-март) выявлено только перераспределение сильных корреляционных связей, тогда как не было выявлено изменения количества связей между показателями кардиореспираторной системы и ее вегетативной регуляции (n=9). Вместе с тем в группе контроля к концу исследования (март) снижалось число средних связей (n=20), по сравнению с исходным уровнем (n=25). Изменение структуры корреляций между показателями, вероятно, может отражать влияние тренировочных и соревновательных нагрузок на функциональное состояние организма спортсменов [Меерсон Ф.З. с соавт., 1988; Солодков А. С., 2000; Макаров С. В., 2005].

При использовании факторного анализа в начале исследования в группах контроля и АВС было выявлено два ведущих фактора с общей дисперсией значений 57% и 55% соответственно, которые вносили основной вклад в формирование структуры взаимодействия изучаемых параметров (табл.3.11).

После тренировок АВС у спортсменов было обнаружено повышение общей дисперсии показателей, формирующих силу факторов (63%). Показано также изменение показателей, которые вносили вклад в формирование факторов, и изменение знака этих значений. В первом факторе, который по-прежнему был сформирован из показателей вегетативной регуляции ССС, исчезал вклад ЧСС в покое. Вместе с тем, наибольшие изменения были обнаружены при характеристике второго фактора. После тренировок АВС исчезала значимость вклада МОК в покое, однако появлялись дополнительные отрицательные значения показателей парасимпатической регуляции (RMSSD и волн HF). Значительный интерес представляет изменение вклада показателей системы внешнего дыхания (МВЛ и ЖП), которые после тренировок АВС существенно увеличивали свой вклад в формирование второго фактора. Это свидетельствует о влиянии АВС на регуляторные процессы системы внешнего дыхания, являющейся лимитирующим звеном в достижении высоких спортивных результатов наряду с сохранением и укреплением здоровья спортсмена.

Таким образом, после проведения корреляционного и факторного анализа было установлено существенное увеличение жестких связей в группе ABC, свидетельствующее об улучшении синхронности взаимодействия изучаемых процессов, что также отражалось в изменении вклада показателей, формирующих факторы регуляции кардиореспираторной системы. Это говорит о большей устойчивости представителей данной группы к воздействию эндогенных и экзогенных факторов, но меньшей гибкости при изменяющихся внешних условиях, включая факторы социальной среды [Бехтерева Н.П., 1988; Суботьялов М.А., 2002].

Двухфакторная структура психофизиологических показателей обследованных спортсменов

Показатели	Контроль январь		Контроль март		до АВС январь		после АВС март	
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2
ЧСС покой	-0,38	<b>0,55</b>	-0,49	<b>0,53</b>	<b>-0,61</b>	0,31	-0,45	0,46
SDNN	<b>0,95</b>	-0,13	<b>0,92</b>	0,03	<b>0,90</b>	-0,13	<b>0,93</b>	-0,22
RMSSD	<b>0,77</b>	-0,17	<b>0,74</b>	-0,07	<b>0,78</b>	-0,20	<b>0,77</b>	<b>-0,55</b>
TP	<b>0,83</b>	-0,10	<b>0,87</b>	0,04	<b>0,80</b>	-0,05	<b>0,88</b>	0,12
VLF	<b>0,52</b>	0,24	0,38	0,39	<b>0,59</b>	0,18	<b>0,66</b>	0,25
LF	<b>0,69</b>	0,07	<b>0,53</b>	-0,22	<b>0,56</b>	0,08	<b>0,72</b>	0,11
HF	<b>0,66</b>	-0,47	<b>0,64</b>	-0,42	<b>0,64</b>	-0,43	<b>0,66</b>	<b>-0,57</b>
AMo	<b>-0,72</b>	0,02	<b>-0,86</b>	0,06	<b>-0,76</b>	0,03	<b>-0,84</b>	0,04
BP	<b>0,76</b>	-0,01	<b>0,68</b>	-0,08	<b>0,72</b>	0,02	<b>0,94</b>	0,16
ИH	<b>-0,90</b>	0,24	<b>-0,91</b>	0,03	<b>-0,91</b>	0,17	<b>-0,89</b>	0,21
MBI	0,11	-0,18	0,18	0,24	0,24	0,06	-0,02	<b>0,51</b>
ЖП	-0,28	-0,19	0,12	-0,14	-0,36	0,03	0,14	<b>0,77</b>
ХР покой	-0,18	<b>0,72</b>	-0,16	<b>0,81</b>	-0,43	<b>0,62</b>	-0,42	<b>0,61</b>
МОК покой	0,27	<b>0,64</b>	0,20	<b>0,55</b>	0,28	<b>0,54</b>	0,08	0,19
ЧСС нагрузка	-0,05	<b>0,86</b>	-0,24	<b>0,87</b>	-0,12	<b>0,87</b>	-0,11	<b>0,84</b>
ХР нагрузка	0,07	<b>0,92</b>	-0,19	<b>0,87</b>	-0,10	<b>0,86</b>	-0,20	<b>0,89</b>
МОК нагрузка	0,07	<b>0,87</b>	0,02	<b>0,82</b>	0,11	<b>0,88</b>	0,08	<b>0,63</b>
RWC <sub>170</sub>	0,02	<b>-0,75</b>	0,27	<b>-0,67</b>	0,05	<b>-0,65</b>	0,02	<b>-0,88</b>
Собственные значения	5,65	4,60	5,55	4,32	5,93	3,77	6,47	4,88
Дисперсия по фактору, %	31	26	31	24	33	21	36	27
Общая дисперсия, %	57		55		54		63	

### **3.6. Влияние однократной и продолжительной АВС на биохимические и гормональные показатели крови студентов, занимающихся легкой атлетикой**

В связи с тем, что гуморальная регуляция является более инертной, чем нервная, значительный интерес для изучения механизмов влияния сенсорной стимуляции представляло изучение изменений адаптивных гормонов, а также основных биохимических показателей плазмы крови после однократной АВС.

В условиях однократной АВС было выявлено достоверное снижение концентрации только гормона кортизола (табл.3.12), что согласуется с некоторыми литературными данными о влиянии АВС на снижение выраженности стресса [Peniston E.G. et.al.,1989; Cox R. et.al., 1996; Rosenfeld J.P. et.al., 1997; Masterova E.I. et.al., 1999; Ramírez N. et.al., 2000; Teplan M. et.al., 2011]. Концентрации других исследованных гормонов оставались на уровне фоновых значений. Наряду с этим после однократной АВС не наблюдалось изменений биохимических показателей, характеризующих разные уровни метаболизма: белкового, жирового, минерального и углеводного.

Таким образом, можно заключить, что 25-минутное сенсорное воздействие не вызывает изменений биохимических и гормональных показателей у обследуемых, за исключением снижения концентрации гормона стресса - кортизола.

Показатели биохимического и гормонального статуса обследуемых после однократной АВС

Показатель		до АВС	после АВС
Белковый обмен	Общий белок, г/л	69,5±1,1	68,4±1,7
	Альбумины, г/л	45,5±0,6	46,5±0,6
	Креатинин, мкмоль/л	104,0±2,1	103,7±2,1
	Мочевина, ммоль/л	5,2±0,3	5,1±0,2
	Мочевая кислота, мкмоль/л	273±13	269±13
	Креатинкиназа, Ед/л	243±35	239±33
Жировой обмен	Триглицериды, ммоль/л	0,56±0,06	0,57±0,07
	Липаза, Ед/л	24,3±2,7	20,9±2,1
	Лipoproteиды низкой плотности, ммоль/л	2,0±0,1	2,0±0,2
	Лipoproteиды высокой плотности, ммоль/л	1,4±0,1	1,4±0,1
	Общий холестерин, ммоль/л	3,6±0,2	3,6±0,2
	Билирубин, г/л	9,9±0,8	10,0±0,8
Минералн. обмен	Щелочная фосфатаза, Ед/л	89,6±10,9	89,3±11,6
	Кальций, ммоль/л	2,39±0,03	2,39±0,02
	Фосфор, ммоль/л	1,06 ±0,03	1,02±0,02
	Магний, ммоль/л	0,78±0,03	0,78±0,03
УО	Глюкоза, ммоль/л	5,1±0,2	5,2±0,2
АОА	Общий антиоксидантный статус, ммоль/л	1,42±0,03	1,43±0,02
Гормоны	Кортизол, нмоль/л	812±26	730±30 *
	Трийодтиронин, нмоль/л	2,31±0,10	2,28±0,10
	Тироксин, нмоль/л	143±6	139±5
	Тиреотропин, мМЕ/л	1,95±0,18	1,73±0,18

Примечание. Достоверность различий между показателями до и после АВС: \*  $p < 0,05$ .

УО – углеводный обмен; АОА - антиоксидантная активность.

### Воздействие продолжительной АВС на биохимические и гормональные показатели крови

Для изучения кумулятивного эффекта курса тренировок АВС на эндокринно-метаболический статус обследуемых были исследованы соответствующие показатели плазмы крови в динамике тренировочного процесса (январь-март). После тренировок АВС установлено выраженное снижение концентрации кортизола (табл.3.13), который является маркером гормональных

механизмов адаптационных реакций и состояния психо-функционального напряжения [Козлов А.И. с соавт., 2014].

Табл.3.13.

## 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#
	Мочевина, ммоль/л	4,9±0,3	5,1±0,4	4,9±0,2	5,1±0,3
	Мочевая кислота, мкмоль/л	293±14	332±15*	294±12	269±13#
	Креатинкиназа, Ед/л	252,6±45,2	324±73,2	230,1±29,4	239±32,9
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*#
	Липопротеины низкой плотности, ммоль/л	2,1±0,2	2,6±0,2*	1,9±0,2	2±0,1#
	Липопротеины высокой плотности, 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
	Билирубин, г/л	13,6±2,2	13,6±2,6	12,6±0,4	10,9±0,7
Минеральный обмен	Щелочная фосфатаза, Ед/л	77,8±7,4	79,7±8	83,2±10,2	89,3±11,6
	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*#
	Трийодтиронин, нмоль/л	2,6±0,1	2,1±0,1*	2,5±0,1	2,2±0,1*
	Тироксин, нмоль/л	155±6	145±6	156±4	138±5*
	Тиреотропный гормон, мМЕ/л	2,25±0,27	2,00±0,33	2,40±0,24	1,73±0,18*

Примечание. Достоверность различий между январскими и мартовскими показателями в каждой группе: \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ; между группами в марте: #  $p < 0,05$ .

Наряду с этим происходило достоверное снижение тиреотропина, трийодтиронина и тироксина. При анализе изменений содержания адаптивных гормонов стресса в группе контроля существенных изменений не было выявлено, за исключением снижения трийодтиронина. Таким образом, описанные изменения свидетельствуют о том, что курс тренировок ABC, в отличие от разовой стимуляции, вызывал существенные изменения гормональной активности.

В обеих группах обследованных (контрольной и экспериментальной) было обнаружено достоверное увеличение содержания общего белка и альбуминов в плазме крови, что отражало усиление активности синтетических процессов (табл.3.13). Описанные изменения могут свидетельствовать об активирующем влиянии спортивных тренировок на анаболические процессы в организме занимающихся [Волков Н.И. с соавт., 2000; Михайлов С.С., 2009; Никулин Б.А. с соавт., 2011]. После курса тренировок ABC была установлена тенденция к снижению концентрации мочевой кислоты, тогда как показатели содержания креатинина, мочевины и креатинкиназы оставались на уровне прежних значений. Вместе с тем, в группе контроля в конце периода наблюдения отмечено повышение концентрации креатинина и мочевой кислоты, а также выявлена тенденция к увеличению содержания креатинкиназы, что может свидетельствовать о повышении активности катаболических процессов, а также недовосстановлении спортсменов после физических тренировок [Михайлов С.С., 2009; Никулин Б.А. с соавт., 2011].

При исследовании компонентов жирового обмена после тренировок ABC выявлено достоверное снижение концентрации триглицеридов и фермента липазы, а также тенденция к снижению уровня общего билирубина (табл.3.13). В группе контроля, напротив, показано увеличение содержания липопротеинов низкой плотности и тенденция к повышению концентрации общего холестерина, тогда как по остальным изучаемым показателям достоверные изменения отсутствовали.

При анализе параметров минерального обмена в обеих группах в динамике наблюдения установлено снижение концентрации кальция и фосфора, отсутствие



изменений содержания щелочной фосфатазы и магния, а также достоверное повышение общей антиоксидантной активности. Можно предположить, что описанные изменения минерального обмена в большей степени зависели от тренировочно-соревновательных нагрузок, чем от влияния тренировок АВС.

После тренировок АВС, в отличие от контроля, наблюдалось достоверное увеличение концентрации глюкозы, что согласуется с ранее описанными эффектами воздействия сенсорных стимулов на повышение содержания глюкозы в крови [Cox R. et.al., 1996].

В начале исследования (январь) методом корреляционного анализа биохимических и гормональных показателей не было выявлено существенных отличий между исследуемыми группами спортсменов (рис.3.6). В группе контроля было выявлено 7 средних и 2 сильных связи (ЛПНП-общий холестерин, кальций-Т3). В группе АВС на начало исследования установлено 6 средних и 3 сильных связи (ЛПНП-общий холестерин, Т3-Т4, Т4-креатинин) между показателями.

В динамике наблюдения в группе контроля выявлено незначительное снижение количества гибких связей ( $n=4$ ) и появление двух дополнительных жестких связей между триглицеридами и липазой, триглицеридами и глюкозой ( $n=4$ ). Вместе с тем показано изменение структуры взаимосвязей, что может быть обусловлено влиянием тренировочно-соревновательных нагрузок на организм студентов, занимающихся спортом.

После курса тренировок АВС существенно увеличилось общее количество связей ( $n=19$ ), основную часть которых составляют жесткие корреляции ( $n=14$ ), тогда как число гибких связей уменьшилось на 1 по сравнению с началом исследования. Обнаруженное увеличение количества межсистемных взаимосвязей может свидетельствовать о формировании функциональной системы регуляции эндокринно-метаболических процессов у представителей группы АВС под влиянием навязанных стимулов, что важно для обеспечения приспособительных реакций к различным воздействиям.

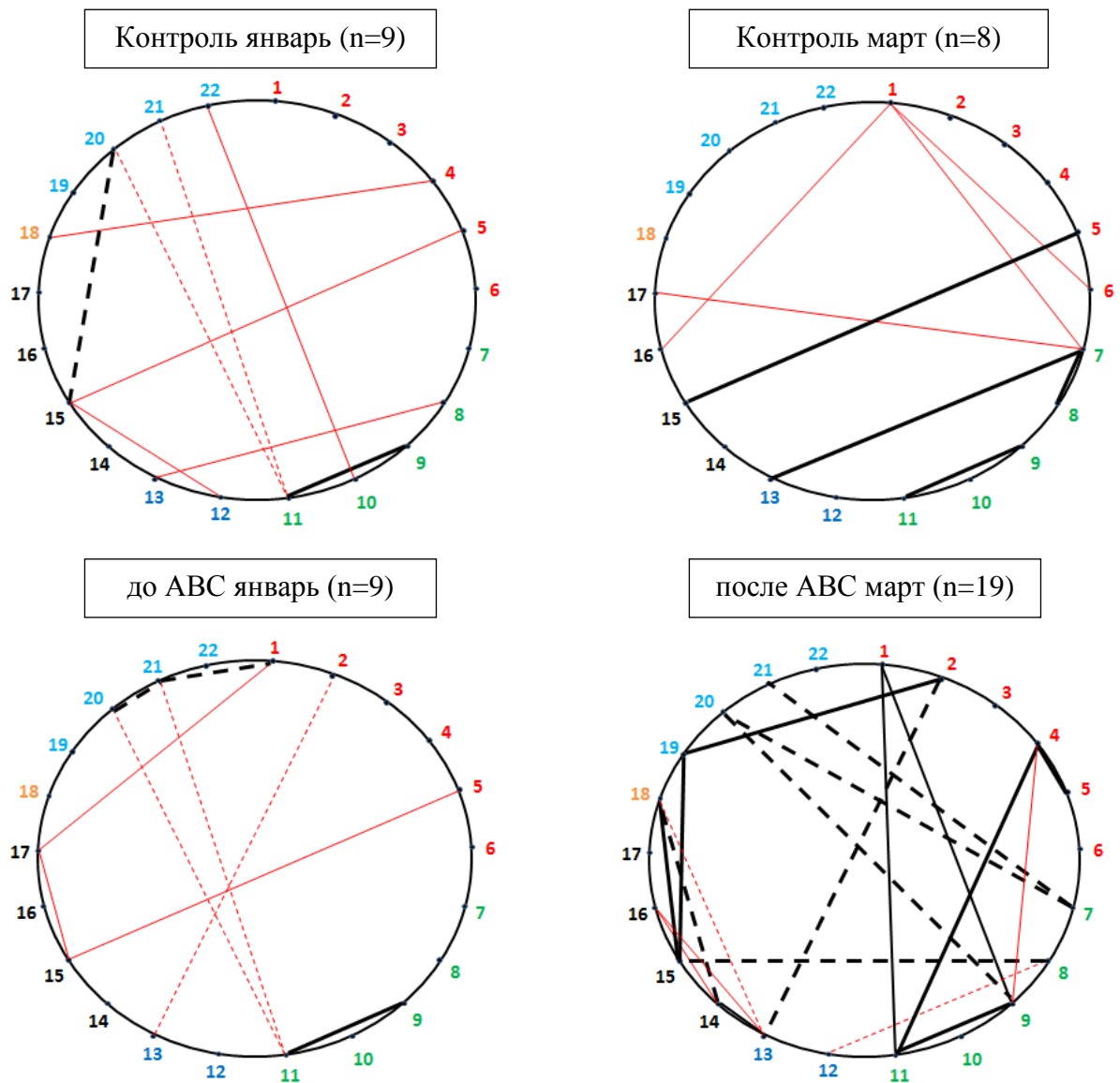


Рис.3.6. Достоверные внутри- и межсистемные корреляционные связи биохимических и гормональных показателей у спортсменов до и после ABC

Примечание к рис.1.: 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 – общая антиоксидантная активность, 19 – кортизол, 20 – трийодтиронин, 21 – тироксин, 22 – тиреотропный гормон.

————— 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  $0,5 \leq r \leq 0,7$

При использовании факторного анализа для выявления вклада различных биохимических и гормональных показателей в формирование данной функциональной системы в группах контроля и ABC было выявлено два фактора, которые составляли 34% и 39%, соответственно, в общей дисперсии признаков (табл.3.14). В обеих группах первый фактор включал в себя показатели белкового

обмена, характеризующие катаболическую активность (креатинин, мочевины), жирового (липаза, ЛПНП, общий холестерин, билирубин), минерального (магний) и содержание адаптивных гормонов в плазме (кортизол, трийодтиронин, тироксин). Вторым фактором в обеих группах состояли показатели белкового обмена, характеризующих анаболическую (общий белок, альбумины) и катаболическую активность (мочевая кислота), а также показатели фосфорно-кальциевого обмена (кальций, фосфор). Незначительные отличия между группами были представлены только вкладом щелочной фосфатазы и магния в формирование второго фактора в группе АВС.

В группе контроля в динамике наблюдения происходило незначительное перераспределение вклада показателей в формирование факторных нагрузок и увеличение общей изменчивости (41%). В первом факторе появлялся вклад триглицеридов и фосфора, тогда как исчезало влияние ЛПНП, магния и адаптивных гормонов. При формировании второго фактора увеличивался вклад креатинкиназы, кортизола и тиреотропина. Это свидетельствует об усилении гормональных влияний при адаптивных процессах к мышечной деятельности у спортсменов контрольной группы, а также о повышении напряжения систем регуляции, что отражается в активности катаболических процессов.

После 20-22 сеансов АВС было выявлено увеличение общей изменчивости (46%) факторов (табл.3.14). Установлен вклад показателей анаболической активности белкового обмена (общий белок, альбумины) в формирование первого фактора, которые, в свою очередь, увеличивали свои факторные веса. Наряду с этим снижался вклад катаболических процессов, что отражалось в снижении факторной нагрузки креатинина, появлялось отрицательное значение вклада мочевины, которая формировала второй фактор и исчезало влияние мочевой кислоты.

Установлено увеличение общего веса показателей жирового обмена, что отражалось в повышении значимости триглицеридов в формировании обоих факторов, однако билирубин переставал играть роль в этом процессе.

Следует отметить отсутствие вклада щелочной фосфатазы и магния в формирование фактора, а также появление отрицательного знака роли кальция. Это может свидетельствовать о снижении роли минерального обмена по сравнению с другими видами метаболизма после продолжительной АВС.

Особое внимание вызывает существенный вклад глюкозы и общего антиоксидантного статуса в формирование факторных нагрузок после курса тренировок АВС, тогда как в группе контроля эти показатели не играли существенной роли. Характеризуя изменения вклада адаптивных гормонов, было выявлено отрицательное значение кортизола, снижение трийодтиронина, что дополнительно свидетельствует об антистрессовом эффекте тренировок АВС.

## Двухфакторная структура биохимических и гормональных показателей обследованных спортсменов

Показатель	Контроль январь		Контроль март		до АВС январь		После АВС март	
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2
Общий белок	0,07	<b>0,57</b>	0,05	<b>0,68</b>	0,35	<b>0,51</b>	<b>0,86</b>	0,42
Альбумины	0,01	<b>0,60</b>	0,25	<b>0,66</b>	-0,02	<b>0,68</b>	<b>0,73</b>	0,21
Креатинин	<b>0,74</b>	-0,07	<b>0,93</b>	-0,05	<b>0,79</b>	0,38	<b>0,51</b>	0,28
Мочевина	<b>0,53</b>	0,42	<b>0,58</b>	-0,01	<b>0,59</b>	-0,23	-0,10	<b>-0,82</b>
Мочевая кислота	0,30	<b>0,51</b>	0,10	<b>0,51</b>	-0,02	<b>0,79</b>	-0,33	-0,28
Креатинкиназа	0,18	-0,16	0,34	<b>-0,68</b>	0,45	0,44	0,12	0,31
Триглицериды	0,15	0,46	<b>0,69</b>	0,27	0,46	-0,46	<b>0,53</b>	<b>0,67</b>
Липаза	<b>-0,50</b>	0,10	<b>0,59</b>	0,17	<b>-0,68</b>	-0,28	<b>-0,56</b>	0,23
ЛПНП	<b>0,66</b>	0,13	0,49	-0,14	<b>0,79</b>	0,01	<b>0,84</b>	-0,03
ЛПВП	0,03	-0,10	-0,18	0,49	0,16	0,05	0,22	0,35
Общий холестерин	<b>0,74</b>	0,06	<b>0,65</b>	0,10	<b>0,85</b>	-0,04	<b>0,92</b>	0,10
Билирубин	<b>0,68</b>	0,04	<b>0,58</b>	-0,40	<b>0,76</b>	0,10	0,28	0,04
Щелочная фосфатаза	-0,03	0,10	-0,01	0,31	-0,48	<b>0,61</b>	-0,11	0,44
Кальций	0,23	<b>0,78</b>	0,19	<b>0,75</b>	0,44	<b>0,71</b>	0,13	<b>-0,85</b>
Фосфор	0,21	<b>0,62</b>	<b>0,83</b>	0,01	-0,34	<b>0,67</b>	0,10	<b>0,70</b>
Магний	<b>0,60</b>	0,41	0,45	-0,11	<b>0,57</b>	<b>0,69</b>	-0,31	-0,01
Глюкоза	-0,28	0,46	0,43	0,07	-0,20	0,49	0,38	<b>0,85</b>
АОА	0,27	0,32	0,24	-0,03	0,19	0,39	-0,26	<b>-0,66</b>
Кортизол	<b>0,59</b>	-0,01	0,06	<b>0,52</b>	<b>0,56</b>	-0,32	0,20	<b>-0,66</b>
Трийодтиронин	<b>-0,77</b>	-0,23	-0,08	0,16	<b>-0,86</b>	-0,12	<b>-0,71</b>	0,27
Тироксин	<b>-0,79</b>	0,04	-0,35	0,05	<b>-0,89</b>	-0,19	-0,38	-0,16
Тиреотропин	-0,13	0,15	0,01	<b>0,85</b>	-0,25	0,01	-0,01	0,17
Дисперсия по фактору, %	18	16	22	19	20	19	24	22
Общая дисперсия, %	34		41		39		46	

Таким образом, кумулятивное воздействие АВС, в отличие от однократной стимуляции, влияло на разные виды метаболизма и гормональный статус обследуемых студентов, занимающихся спортом. Изменения корреляционных связей биохимических и гормональных показателей после АВС, а также их вклада в формирование основных факторов системы контроля эндокринно-метаболического статуса организма, вероятно, отражают формирование нового паттерна биохимической и гормональной активности, связанного с изменением нейродинамических, психофизиологических, вегетативных и висцеральных процессов в организме под влиянием продолжительной аудиовизуальной стимуляции.

### **3.7. Анализ структуры межсистемных взаимосвязей в обеспечении физической работоспособности студентов-спортсменов под влиянием АВС**

Описанные в предыдущих главах изменения количества, силы и структуры корреляционных внутрисистемных взаимосвязей под влиянием АВС на наш взгляд, не отражают структуру взаимосвязей процессов и функций систем на организменном уровне. Для интегральной характеристики межсистемных взаимодействий мы оценили количество корреляционных связей и их силу между функциональными показателями на электроэнцефалографическом, психофизиологическом, вегетативном, кардиореспираторном, гормональном и биохимическом уровнях.

Установлено, что в начале наблюдения (январь) группа контроля и АВС не отличались между собой по общему количеству межсистемных взаимосвязей (156 и 159 связей, соответственно). Из общего количества корреляций в группе контроля было выявлено 121 средняя и 35 сильных связей, в группе АВС установлено 124 средних и 35 сильных связей. Описанные показатели могут свидетельствовать об одинаковом уровне подготовки спортсменов на начало исследования и репрезентативности выборок. Наиболее сильные взаимосвязи (степень связи более 0,9) прослеживаются между показателями: ИЧМПА - частотой  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ -ритма, амплитудой  $\alpha$  - мощностью  $\alpha_1$ - и  $\alpha_2$  ритма, SDNN и АМо, ЧСС нагрузки и PWC<sub>170</sub>, ЛПНП и ОХС (табл.3.15; 3.16).

В динамике наблюдения в группе контроля не происходило изменений общего количества и структуры корреляционных связей (табл.3.16). К марту наблюдалось снижение (на 6) числа средних связей, а также увеличение (на 6) жестких корреляций. Таким образом, в группе контроля не было выявлено существенных изменений структуры и количества межсистемных взаимосвязей в динамике наблюдения.

Вместе с тем, в группе АВС после проведения курса тренировок было установлено существенное увеличение (на 54) общего количества связей по сравнению с началом исследования. При анализе изменения связей разной силы

было показано увеличение количества как средних (на 43), так и сильных корреляций (на 14) (табл.3.15). Следовательно, после проведения АВС межсистемное функциональное взаимодействие на разных уровнях организма становится более сильным и многообразным, а также появляются новые, умеренные связи, которые не были обнаружены в группе контроля. Это свидетельствует о влиянии АВС не только на организацию внутрисистемных процессов, но также на усиление взаимодействия между процессами, протекающими в разных физиологических системах. Описанные результаты согласуются с представлениями Н.П. Бехтеревой о том, что увеличение количества связей способствует более экономичному процессу адаптации к различным воздействиям [Бехтерева Н.П., 1988] и большей устойчивости к воздействию эндогенных и экзогенных факторов [Суботялов М.А., 2002; Воскресенский С.А., 2011].



Межсистемные корреляционные взаимосвязи в группе АВС

Изучаемые системы	До АВС (35 связей)		После АВС (49 связей)	
	Показатели	Корреляционные связи между показателями	Показатели	Корреляционные связи между показателями
Показатели биоэлектрической активности мозга	ИЧМПА Амплитуда $\alpha$ -ритма Мощность $\theta$ -ритма Частота $\theta$ -ритма Мощность $\alpha 1$ -ритма Частота $\alpha 1$ -ритма	Частота $\theta$ -ритма(0,73), частота $\alpha 1$ (0,93) и $\alpha 2$ -ритма(0,98). Мощность $\alpha 2$ -ритма(0,85) Внешний контроль(0,76) Частота $\alpha 2$ -ритма(0,75) Мощность $\beta$ -ритма(0,71) Частота $\alpha 2$ -ритма(0,96)	ИЧМПА Амплитуда $\alpha$ -ритма Частота $\theta$ -ритма Мощность $\alpha 1$ -ритма Частота $\alpha 1$ -ритма Частота $\beta$ -ритма	Частота $\alpha 1$ -ритма(0,96), частота $\alpha 2$ -ритма(1,0) Мощность $\alpha 1$ -ритма(0,93), мощность $\alpha 2$ -ритма(0,99) ИГСМА(0,8) Мощность $\alpha 2$ -ритма(0,93) Частота $\alpha 2$ -ритма(0,96) ТТГ(0,71), РДОоп(0,79)
Психофизиологические и нейродинамические показатели	Нейротизм	Альбумины(-0,71)	Внешний контроль Мотивац.достижения Удовлетв. жизнью Психопатизация РДОсовпадения Удовлетв. жизнью	Реактивная тревожность(0,72) Реактивная тревожность(0,72) Нейротизм(-0,75), Жизнестойкость(0,79) Кальций(0,7) Кортизол(-0,73) ЧСС(-0,7)
Показатели ВНС и кардиореспираторной системы	ЧСС SDNN RMSSD TP АМо ЖП ЧСС нагр. ХР нагр. МОК	RMSSD(-0,81), TP(-0,72), ИН(0,84) АМо(-0,92), ИН(-0,84) TP(0,71), HF(0,89) АМо(-0,78) ИН(0,83) ЧСС нагр.(0,76) ХР(0,82), МОК(0,74), PWC <sub>170</sub> (-0,96) PWC <sub>170</sub> (-0,75) PWC <sub>170</sub> (-0,70)	SDNN RMSSD TP LF HF АМо BP ЧСС нагр. ХР нагр.	RMSSD(0,84), TP(0,83), LF(0,77), HF(0,71), АМо(-0,76), BP(0,83), ИН(-0,87) TP(0,74), HF(0,92), АМо(-0,72), ИН(-0,78) LF(0,71), АМо(-0,82), BP(0,81) BP(0,76) ИН(-0,73) BP(-0,76), ИН(0,79) ИН(-0,87) ХР(0,78), PWC <sub>170</sub> (-0,94) PWC <sub>170</sub> (-0,81)
Биохимические и гормональные показатели	Креатинин Мочевая кислота Креатинкиназа Липаза ЛПНП ОХС Кальций ТЗ	Магний(0,87), Т4(-0,82) Альбумины(0,77), Кальций(0,75) Т4(-0,77), ТТГ(-0,78) Магний(-0,74) ОХС(0,94) ТЗ(-0,77) Магний(0,81) Т4(0,87)	Креатинин Мочевина Мочевая кислота Общий белок ЛПНП Глюкоза Кальций	ЛПНП(0,7), ОХС(0,76) Креатинкиназа(-0,71), Глюкоза(-0,72) АОА(0,71) Альбумины(0,87), ОХС(0,74) ОХС(0,9) Кальций(-0,73), Фосфор(0,72) Кортизол(0,74)

Примечание. В таблице показаны сильные связи ( $r \geq 0,7$ ). Числовое значение рядом с изучаемым показателем обозначает силу его корреляционной связи.

Межсистемные корреляционные взаимосвязи в группе контроля

Изучаемые системы	Контроль январь (35 связей)		Контроль март (41 связь)	
	Показатели	Связи между показателями	Показатели	Связи между показателями
Показатели биоэлектрической активности мозга	ИЧМПА Амплитуда $\alpha$ -ритма Мощность $\theta$ -ритма Частота $\theta$ -ритма Мощность $\alpha 1$ -ритма Частота $\alpha 1$ -ритма	Мощность $\theta$ -ритма(-0,72), частота $\alpha 1$ -ритма(0,95), частота $\alpha 2$ -ритма(1,0) Мощность $\alpha 1$ -ритма(0,89), мощность $\alpha 2$ -ритма(0,97) Частота $\theta$ -ритма(0,8), частота $\alpha 2$ -ритма(-0,72) Частота $\beta$ -ритма(0,73) Мощность $\alpha 2$ -ритма(0,82) АМо(-0,73), SDNN(0,72), частота $\alpha 2$ -ритма(0,95)	ИЧМПА Амплитуда $\alpha$ -ритма Мощность $\theta$ -ритма Частота $\theta$ -ритма Мощность $\alpha 1$ -ритма Частота $\alpha 1$ -ритма Мощность $\alpha 2$ -ритма	Частота $\alpha 1$ -ритма(0,82), частота $\alpha 2$ -ритма(1,0) Мощность $\alpha 1$ -ритма(0,89), мощность $\alpha 2$ -ритма(0,98), мощность $\beta$ -ритма(0,96) Мощность $\beta$ -ритма(0,96) ИГСМА $\alpha 2$ -ритма(-0,71) Мощность $\alpha 2$ -ритма(0,83), мощность $\beta$ -ритма(0,79), ИГСМА $\alpha 1$ -ритма(-0,77), ИГСМА $\alpha 2$ -ритма(-0,8) Частота $\alpha 2$ -ритма(0,82) Мощность $\beta$ -ритма(0,97)
Психофизиологические и нейродинамические показатели	Внутренний контроль Внешний контроль Реактивн. тревожность Фрустрация Психопатизация	МВЛ(0,71) ТТГ(-0,72) Нейротизм(0,75) Нейротизм(0,79) Креатинин(0,71)	Внешний контроль Реактивн.тревожность Переключ.внимания РДОопережения	Фрустрация(0,74) SDNN(-0,77), TP(-0,71), VLF(-0,7) VLF(0,77) TP(0,75), альбумины(0,7), ТТГ(0,83)
Показатели ВНС и кардиореспираторной системы	SDNN RMSSD HF АМо BP ЧСС нагр. ХР нагр.	RMSSD(0,87), TP(0,83), АМо(-0,7), ИН(-0,82) HF(0,75), АМо(-0,77), ИН(-0,79) ИН(-0,76) ИН(0,7) ИН(-0,76) ХР нагр.(0,87) МОК(0,82)	SDNN TP LF АМо BP ЧССнагр. ХРнагр. PWC <sub>170</sub>	TP(0,92), АМо(-0,8), ИН(-0,76) VLF(0,71), АМо(-0,78) HF(0,76), BP(0,73) ИН(0,8) ИН(-0,76) ХРнагр.(0,94), МОК(0,71) МОК(0,71) Креатинин(-0,77)
Биохимические и гормональные показатели	Мочевина Триглицериды ЛПНП Билирубин Фосфор Т3	Глюкоза(-0,71) Фосфор(0,73) ОХС(0,87) Кальций(0,71) Магний(0,7) Т4(0,73)	Креатинин Креатинкиназа ЛПНП Билирубин Глюкоза	Мочевина(0,75), глюкоза(0,88), фосфор(0,84) Кальций(-0,72) ОХС(0,87) ТТГ(0,73) Фосфор(0,83)

Примечание. В таблице показаны сильные связи ( $r \geq 0,7$ ). Числовое значение рядом с изучаемым показателем обозначает силу его корреляционной связи.

Интегральным показателем у спортсменов, отражающим оптимальное состояние спортивной формы и эффективное взаимодействие разных висцеральных систем организма, является показатель физической работоспособности ( $PWC_{170}$ ). Величина физической работоспособности зависит от состояния физиологических процессов в разных системах и может быть обусловлена влиянием различных факторов [Дубровский В.И., 2002; Рубанович В.Б., 2003; Сонькин В.Д., 2010]. Для оценки степени влияния разных систем на величину  $PWC_{170}$  мы определили количество и силу корреляционных связей этого интегрального показателя с параметрами исследуемых систем.

Как показано на корреляционных плеядах в рис. 3.7, в начале периода обследования исследуемые группы практически не отличались между собой по количеству и структуре корреляционных связей с физической работоспособностью. В обеих группах  $PWC_{170}$  слабо отрицательно коррелировала с индивидуальной частотой максимального пика  $\alpha$ -диапазона. Из значений психофизиологического блока была обнаружена связь с показателем, отражающим баланс нервных процессов (количество совпадений в тесте РДО). Наибольшее количество взаимосвязей  $PWC_{170}$  было обнаружено с показателями вегетативной и кардиореспираторной систем: RMSSD, HF, ЖП, ЧСС в нагрузке, ХР в нагрузке, МОК в нагрузке, что, вероятнее всего, свидетельствует о наибольшем влиянии этих параметров на спортивную работоспособность занимающихся в начале зимнего соревновательного сезона. Незначительные межгрупповые отличия были выявлены при оценке значений биохимических и гормональных показателей. Так в группе ABC в январе физическая работоспособность слабо отрицательно коррелировала с показателями белкового и жирового обмена (креатинином и билирубином), тогда как в группе контроля была выявлена средняя связь только с креатинином.

В динамике наблюдения в обеих группах спортсменов существенно изменялась структура корреляционных плеяд (рис.3.7). Так, в группе контроля в марте показатели ЭЭГ активности уже не коррелировали с физической работоспособностью, однако роль нервных процессов (их баланс, определенный

по числу совпадений в тесте РДО) в обеспечении физической работоспособности не изменялась по сравнению с началом наблюдений. Значительно уменьшилось число связей между физической работоспособностью и показателями вегетативной и кардиореспираторной систем, которые к концу исследования были представлены только показателями ЧСС в покое, ЧСС в нагрузке и ХР в нагрузке. Однако к концу периода наблюдений в группе контроля было обнаружено значительное количество связей, отражающих значение метаболических процессов, выраженных биохимическими показателями (мочевины, креатинина, фосфора, глюкозы) с физической работоспособностью. Описанные изменения свидетельствуют об увеличении влияния биохимических процессов при выполнении физической работы и снижении связи с показателями вегетативной и кардиореспираторной систем, а также полном отсутствии влияния со стороны биоэлектрических процессов в коре головного мозга.

После проведения курса тренировок АВС было установлено значительное увеличение влияния исследуемых систем в изменчивость физической работоспособности, что отражалось в увеличении числа корреляционных связей (рис.3.7). Существенно возросла роль амплитуды  $\alpha$ -ритма, которая является наиболее информативным критерием ЭЭГ активности головного мозга, а также показатель мощности  $\alpha$ -2 волн. Из психофизиологического блока выделялась корреляционная связь удовлетворенности жизнью с  $PWC_{170}$ , тогда как исчезало влияние показателя, отражающего баланс нервных процессов (тест РДО). Корреляционные связи показателей вегетативной и кардиореспираторной систем с  $PWC_{170}$ , обнаруженные в начале исследования сохранялись, и дополнительно появлялась связь с ЧСС в покое. Существенное влияние в изменчивость физической работоспособности оказывали гормональные и биохимические процессы, выражающиеся в следующих показателях: концентрация тироксина, фосфора, глюкозы, билирубина, триглицеридов, а также значение общего антиоксидантного статуса. Таким образом, после проведения курса тренировок АВС было установлено значительное увеличение количества межсистемных корреляционных связей, отражающих роль разных уровней регуляции (изменение

биоэлектрической активности мозга, нейро- и психофизиологических процессов, участия ВНС и кардиореспираторной системы, биохимические и гормональные изменения) с физической работоспособностью спортсменов, что существенно отличается от группы контроля, где было обнаружено уменьшение количества корреляций между  $PWC_{170}$  и показателями изучаемых систем.

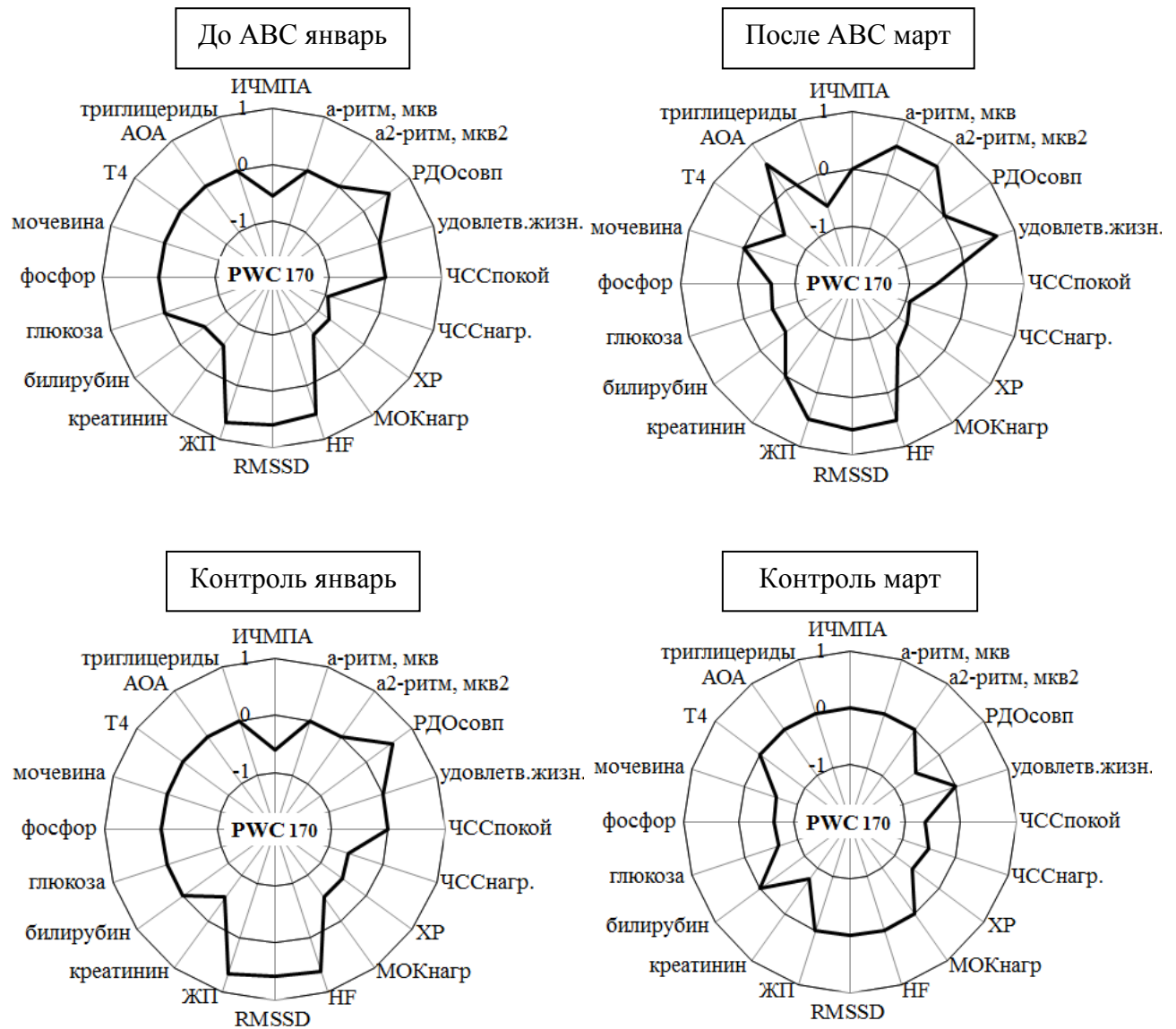


Рис.3.7. Корреляционные плеяды взаимосвязей  $PWC_{170}$  с электроэнцефалографическими, психофизиологическими, морфофункциональными, биохимическими и гормональными показателями в группах контроля и ABC.

Примечание. — Значения, расположенные в диапазоне от 0 до +1, отражают положительные, а от 0 до -1 отрицательные корреляции  $PWC_{170}$  с указанными показателями.

Таким образом, полученные результаты позволяют заключить, что после применения АВС усиливается интеграция процессов, протекающих на разных функциональных уровнях, в обеспечении физической работоспособности, обуславливая ее достоверное повышение в экспериментальной группе (табл.3.10). 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 сохранения исходного уровня физической работоспособности (табл.3.9; 3.10).

С целью изучения возможности прогнозирования уровня физической работоспособности у студентов-спортсменов мы использовали множественный линейный регрессионный анализ, который позволяет установить вклад различных физиологических процессов (ЭЭГ активности, психофизиологического статуса, вегетативного обеспечения кардиореспираторной системы, гормональной регуляции метаболических процессов) в обеспечении  $PWC_{170}$ .

Результаты анализа показали, что в начале эксперимента в группах контроля и АВС в уравнениях регрессии имеются одинаковые предикторы, свидетельствующие о значимости вклада этих переменных (ЖП, ХР, РДОсовпад.) в обеспечении физической работоспособности. Совокупность этих показателей в группе контроля объясняет 76% изменчивости  $PWC_{170}$ , а в группе АВС - 84% изменчивости. При этом данные связи являются статистически значимыми ( $p=0,0009$  и  $p=0,0004$ , соответственно).

Уравнение регрессии в группе контроля в январе:

$$PWC_{170}=16,9+0,64\times\text{ЖП}-0,33\times\text{ХР}-0,34\times\text{РДОсовпад.}$$

$$R=0,76; R^2=58\%; p=0,0009$$

Уравнение регрессии в группе спортсменов до АВС (январь):

$$PWC_{170}=32,8+0,56\times\text{ЖП}-0,43\times\text{ХР}-0,38\times\text{РДОсовпад.}$$

$$R=0,84; R^2=71\%; p=0,0004$$

В динамике наблюдения в контрольной группе не выявлено увеличения количества переменных в уравнении регрессии. Величина вклада ХР не изменялась, тогда как исчезало влияние ЖП и количества попаданий (тест РДО) на изменчивость  $PWC_{170}$ , что свидетельствует о снижении влияний со стороны системы внешнего дыхания и нервных процессов на физическую работоспособность. Вместе с тем в конце эксперимента обнаружено появление вклада фосфора в плазме крови у студентов.

Уравнение регрессии в группе контроля в марте:

$$PWC_{170}=31,1-0,49\times ХР-0,39\times \text{фосфор.}$$

$$R=0,89; R^2=72\%; p=0,0004$$

Анализ уравнения регрессии в группе студентов-спортсменов после АВС выявил, что на изменчивость физической работоспособности оказывают влияние уже 8 факторов (ХР, ЖП, ИЧМПА, РДОсовпад., а также концентрация глюкозы, креатинина, билирубина и Т4 в плазме крови), при этом данная связь является статистически значимой ( $p=0,0004$ ). Описанная функция регрессии включает в себя показатели всех изучаемых уровней организации организма студентов, занимающихся спортом (показатели ЭЭГ активности, психофизиологического статуса, вегетативного обеспечения кардиореспираторной системы, гормональной регуляции метаболических процессов). Это подтверждает выявленное ранее усиление процессов межсистемной интеграции после АВС в обеспечении физической работоспособности, в отличие от контрольной группы.

Уравнение регрессии в группе спортсменов после АВС:

$$PWC_{170}=20,2-1,1\times ХР-0,82\times \text{глюкоза}+0,56\times \text{ЖП}+0,54\times \text{креатинин}+0,48\times \text{ИЧМПА}-0,43\times \text{Т4}-0,39\times \text{билирубин}+0,35\times \text{РДОсовпад.}$$

$$R=0,98; R^2=91\%; p=0,0006$$

Таким образом, интегральная характеристика межсистемных взаимодействий, изученная с помощью методов корреляционного и множественного линейного регрессионного анализа, позволила оценить изменение функциональных связей после АВС на межсистемном уровне и вклад отдельных процессов в изменчивость  $PWC_{170}$ . Выявлено, что после АВС усиливается взаимосвязь процессов, протекающих на разных функциональных уровнях, и увеличивается вклад разных систем в обеспечении физической работоспособности, что свидетельствует об интеграции изучаемых функций и процессов организма студентов-спортсменов в единую функциональную систему.



#### ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

При выполнении физических упражнений происходит структурно-функциональная перестройка организма занимающихся, которая включает разнообразные процессы, протекающие на всех уровнях организации, и выражающаяся изменениями биоэлектрической активности головного мозга, нейрогормональной активности механизмов вегетативной регуляции, а также появлением биохимических сдвигов [Меерсон Ф.З. с соавт., 1988; Волков Н.И. с соавт., 2000; Дубровский В.И., 2002; Brunkner P. et.al., 2008; Britton W.B., 2009; Козлов А.И. с соавт., 2014]. Однако, выполнение физических тренировок, которые не соответствуют уровню функциональных возможностей организма, а также отсутствие восстановительных процедур зачастую приводят к истощению резервов организма и срыву процессов адаптации [Карпман В.И., 1980; Быков Е.В. с соавт., 1998; Рубанович В.Б., 2003; Исаев А.П. с соавт., 2004; Шлык Н.И., с соавт. 2009, 2012]. Важно также подчеркнуть, что условия жизни студентов, занимающихся спортом существенно отличаются от незанимающихся: необходимость строгого режима дня, стрессовые состояния во время соревнований, необходимость систематически выполнять большие физические нагрузки [Михайлов С.С., 2009]. В дополнение к этому, увеличение информационных и психоэмоциональных перегрузок в процессе учебной деятельности приводит к вегетативному дисбалансу [Дёмин Д.Б. с соавт., 2014].

Поэтому важно было оценить влияние АВС в режиме умеренной релаксации (3-13 Гц) на различные уровни организации процессов и функций организма студентов, занимающихся спортом в тренировочно-соревновательном периоде, характеризующимся значительным объемом и интенсивностью физических нагрузок.

Большинство обнаруженных нами в литературе исследований о влиянии АВС касались изучения активности мозговых процессов и их гуморально-метаболических проявлений. Так, было показано, что световая стимуляция улучшает приток крови к мозгу и продукцию нейротрансмиттеров, а также эффективность структурно-функциональной системы передачи нервных

импульсов и межклеточного взаимодействия [Peniston E. G. et.al.,1989; Cox R. et.al., 1996; Rosenfeld J.P. et.al., 1997; Masterova E.I. et.al., 1999; Ramírez N. et.al., 2000; Teplan M. et.al., 2011; Siever D., 2012]. Установлено, что АВС увеличивает приток крови к визуальной корковой зоне и способствует повышению мозгового кислородного метаболизма [Fox P.T. et.al., 1984].

Поэтому на первом этапе мы исследовали влияние АВС на ЭЭГ активность и психофизиологические процессы, поскольку эти системы существенно лимитируют возможности спортсмена, находящегося на пике физической формы [Timmermann D.A.L. et.al., 1999]. Одним из самых важных аспектов взаимосвязи волн мозговой активности с функциональным состоянием организма спортсмена является способность изменять эти состояния в соответствии с требованиями ситуации, либо самостоятельно, либо инструментально, что позволяет эффективнее восстанавливаться после физических нагрузок [Morse D.R., 1993; Kumano H. et.al., 1996; Rosenfeld J.P. et.al., 1997; Siever D., 2012; Teplan M. et.al., 2011].

Активность волновых процессов имеет свои психофизиологические корреляты [Крауфорд Ф., 1974] и обладает функциональной специфичностью [Sheferd R. et.al., 1982; Bazanova O.M., 2012]. Так, например, циклическая динамика низко- и высокочастотных компонентов  $\alpha$ -ритма связана с уровнем гормонов [Bijleveld E. et.al., 2012; Базанова О.М., 2011], характеристиками когнитивной и психоэмоциональной сферы. Активность высокочастотного  $\alpha$ -диапазона является индикатором повышения эффективности регуляции когнитивных процессов [Ливанов М.Н., 1989; Иваницкий А.М., 1997; Nunez P. et al., 2001; Klimesch W., 2007]. Поэтому выявленное нами повышение скорости переключения внимания в группе АВС может быть частью адаптивного процесса, вызванного аудиовизуальной стимуляцией. Наблюдаемое увеличение мощности высокочастотного  $\alpha$ -диапазона может быть также связано с процессами самоконтроля и произвольного торможения, что выразилось в снижении диапазона колебаний времени реакций опережения и запаздывания, количества

попаданий в соответствующих тестах и увеличении скорости простой зрительно-моторной реакции (табл.3.5).

Наши результаты также согласуются с исследованиями Klimesch W. (1999), который показал, что увеличение амплитуды  $\alpha$ -ритма при фотостимуляции является позитивным признаком оптимизации функционального состояния человека и отражает эффективность процессов памяти. Известно положительное влияние АВС и аутогенной тренировки на качество выполнения когнитивных заданий и улучшение состояния релаксации [Travis F., 2001; Park Y.J. et.al., 2012; Mikicic M. et.al., 2015].

Выявленное нами повышение объема механической памяти после тренировок АВС находит отражение в увеличении мощности  $\theta$ - и  $\alpha$ -волн, которые, как известно, вовлечены в процессы рабочей памяти [Palva J., et.al. 2005; Huang T. L. et.al., 2008; Bazanova O.M., 2012]. Ранее было показано, что биоэлектрическая активность мозга в других частотных диапазонах формируется осцилляциями, обладающими альфа-активностью [Martinez-Montes E. et.al., 2004; Klimesch W., et al. 2007], что свидетельствует об улучшении корково-подкорковых взаимоотношений [Святогор И.А. с соавт., 2015].

Известно, что процесс десинхронизации  $\alpha$ -ритма обусловлен активацией ретикулярной и лимбической систем [Barry R.J. et.al., 2007; Базанова О.М., 2011; Балиоз Н.В. с соавт., 2012], в связи с чем обнаруженное увеличение глубины супрессии мощности  $\alpha$ -ритма в ответ на открывание глаз в группе АВС свидетельствует о повышении уровня активации мозга одновременно с описанным ранее улучшением состояния релаксации. Ряд исследователей используют показатели супрессии «Бергер-эффекта» в качестве индивидуально-типологических признаков, имеющих отношение как к общей адаптивности [Arikan K. et.al., 2006; Bazanova O.M., et.al., 2012], так и к формированию изменений когнитивной деятельности [Stipacek A. et. al., 2003; Alexander D.M. et.al., 2006]. Причиной снижения реакции десинхронизации  $\alpha$ -ритма у спортсменов контрольной группы может быть слабая активация  $\alpha$ -волн при закрытых глазах, которая связана с элементами когнитивной недостаточности

[Alexander D.M., et.al., 2006], усталостью, повышением психоэмоционального напряжения [Michel M.M. et.al., 2007; Balioz, N.V. et.al., 2012; Бурых Э.А. с соавт., 2014].

Важное значение для оценки ЭЭГ активности головного мозга имеет обнаруженное в группе ABC повышение амплитуды  $\theta$ -ритма [Peniston E.G. et.al., 1989; Klimesch W., 1999; Базанова О.М., 2011]. Замечено, что  $\theta$ -волны усиливаются в состоянии релаксации, восстанавливают баланс между парасимпатическим и симпатическим отделами нервной системы [Ливанов М.Н., 1989; Lopes da Silva F.H., 1991; Hooper G.S., 2005; Barry R.J. et.al., 2007]. Таким образом, увеличение  $\theta$ -активности после ABC свидетельствует об улучшении динамики восстановительных процессов в результате воздействия.

Существуют данные о том, что ABC изменяет ЭЭГ активность у здоровых взрослых людей, однако не вызывает изменений памяти, уровня общего интеллекта, настроения, реактивной тревожности, качества жизни и показателей вегетативного тонуса [Brauchli P. et.al., 1995; Wahbeh H. et.al., 2007; Siever D., 2012]. Нами в исследовании показана четкая интеграция между изменениями ЭЭГ активности и уровнем функционирования других систем организма студентов, занимающихся спортом: оптимизацией корковых процессов, улучшением психофизиологического состояния, повышением активности симпатического отдела ВНС вместе с компенсирующим повышением активности парасимпатического отдела ВНС, снижением состояния напряжения. Результаты нашего исследования согласуются с данными многих авторов о системных изменениях после ABC [Masterova E.I. et.al., 1999; Huang T.L. et.al., 2008; Голуб Я.В. с соавт., 2010; Teplan M. et.al., 2011; Stebliuk V. et.al., 2012].

Очевидно, что измерение какой-либо отдельной характеристики ЭЭГ не может претендовать на полноту оценки  $\alpha$ -активности, а анализ интегрированных индивидуальных параметров  $\alpha$ -ритма ЭЭГ и их взаимосвязей может способствовать выяснению психофизиологических механизмов поведения и адаптации [Huang T. L. et.al., 2008; Bazanova O.M., 2012].

Процессы восстановления функциональных ресурсов мозга являются физиологической основой эффекта пострелаксационного улучшения психофизиологических функций. Как известно, учебная деятельность и тренировочно-соревновательные нагрузки оказывают существенное влияние на психо-эмоциональное состояние занимающихся [Ильин Е.П. 2008; Гиренко Л.А. с соавт., 2012; Севрюкова Г.А., 2012; Суботьялов М.А. с соавт., 2014]. Более того, спортсмены часто во время и после физических нагрузок испытывают ментальный и физический стресс. В нормальном состоянии после завершения спортивных упражнений действие стрессора заканчивается, однако основная проблема влияния стресса, возникающего после спортивных упражнений, - это частота и длительность, в течение которой стресс подавляет мозговую и физическую активность [Siever D., 2012].

Как показано в нашей работе, АВС улучшала психо-эмоциональное состояние студентов-спортсменов и способствовала снижению тревожности, фрустрации, нейротизма и психопатизации. Полученные после тренингов АВС результаты свидетельствуют о повышении эмоциональной устойчивости, уравновешенности и снижении уровня тревожности. Сеансы АВС также приводили к повышению личностного адаптивного потенциала, что выражалось в повышении значений показателей “уровень жизнестойкости” и “мотивация к достижению успеха” (табл.3.6).

В то же время у обследуемых группы контроля к концу зимнего соревновательного сезона увеличивалась разбалансированность процессов возбуждения и торможения, снижалась мотивация к достижению успеха и уровень жизнестойкости, что, как известно, может свидетельствовать о нарастании процессов утомления и истощения [Ильин Е.П., 2008; Шлык Н.И., 2009; Айзман Р.И. с соавт., 2014; Суботьялов М.А. с соавт., 2014]. Наши результаты также согласуются с данными авторов, показавших, что тренинги АВС могут смещать параметры актуальной самооценки и снижать уровень личностной тревожности [Федотчев А.И. с соавт., 2001; Москвин В.А. с соавт., 2009; Араби Л.С., 2011]. Важно отметить, что улучшение психоэмоционального

состояния, по литературным данным, тесно коррелирует с укреплением иммунного статуса после курса АВС [Masterova E.I. et.al., 1999], что определяет резистентность организма к неблагоприятным факторам.

Вызывает интерес обнаруженное повышение вербальной агрессии в экспериментальной группе, которое можно рассматривать, с одной стороны, как негативный признак, отражающий общий рост агрессивности в современном обществе [Шапарь В.Б., 2010], но с другой стороны, как обязательное условие успешности соревновательной деятельности [Ильин Е.П., 2008]. Мы полагаем, что в нашем случае повышение показателя вербальной агрессии в группе АВС может рассматриваться как адаптивный признак, связанный с соревновательными нагрузками.

Одним из самых важных качеств при занятиях спортом, наряду с исключительными физическими и техническими умениями, является способность концентрироваться, определяющая реализацию таланта спортсменов [Ильин Е.П., 2008; Siever D., 2012]. Нами установлено улучшение концентрации внимания у спортсменов после курса тренировок АВС, что способствует более полной реализации возможностей их организма (табл.3.6).

На основании литературных данных можно предполагать, что как слишком высокая активация мозговых структур, обусловленная стрессом, тревожностью, агрессией, так и слишком слабая, вследствие развития утомления, отсутствия мотивации к усвоению новых навыков и мобилизации резервов адаптации, являются отражением неоптимального функционального состояния организма [Brauchli P. et.al., 1995; Медведев В.И. 2003; Huang T.L. et.al., 2008]. Результаты нашего исследования показали, что под действием АВС у студентов, занимающихся спортом, происходили отчетливые изменения в когнитивной, психоэмоциональной и нейродинамической сферах, которые в практике спортивной деятельности обеспечивают оптимизацию деятельности функциональных систем, участвующих в создании “пика формы” спортсмена [Москвин В.А. с соавт., 2009; Араби Л.С., 2011; Гиренко Л.А., с соавт. 2012; Пупиш М. с соавт., 2013; Айзман Р.И. с соавт., 2014; Диверт В.Э. с соавт., 2015].

Известно, что в состоянии релаксации интенсифицируются процессы восстановления функциональных ресурсов мозга, что создает предпосылки для оптимизации работы всех систем организма [Travis F., 2001; Cahn B.R. et.al., 2006; Горев А.С. с соавт., 2014; Kim D.K. et.al., 2014]. Вместе с тем, психоэмоциональное состояние существенным образом влияет на уровень функциональной активности вегетативных процессов, прежде всего, на механизмы регуляции сердечно-сосудистой системы, которые имеют тесную взаимосвязь с ЭЭГ паттерном [Brauchli P. et.al., 1995; Wahbeh H. et.al., 2007; Huang T.L. et.al., 2008; Шлык Н.И., 2009; Кудря О.Н., 2012].

Нами было выявлено, что АВС способствовала увеличению вклада автономного контура регуляции, повышению влияния дыхательных волн в формирование структуры ритма сердца, а также более экономичной его работы. Показано увеличение общих нейрогуморальных влияний на процессы регуляции ритма сердца одновременно со стороны симпатического и парасимпатического отделов ВНС, однако более выражены были парасимпатические влияния, что свидетельствует о повышении роли восстановительных процессов (табл.3.9). Аналогичные результаты были получены в работах многих отечественных и зарубежных исследователей, показавших восстановление функциональных резервов центрального и автономного контуров регуляции после АВС, что позволяет спортсменам быстрее восстанавливаться после физических нагрузок [Masterova E.I. et.al., 1999; Быков Е.В. с соавт., 2005; Голуб Я.В. с соавт., 2010; Араби Л.С., 2011; Пупиш М. с соавт., 2013].

Описанные изменения одновременного увеличения активности симпатического и парасимпатического отделов ВНС после АВС могут быть обусловлены повышением корково-подкорковых влияний на ВНС [Гриндель О.М. с соавт., 2011]. Это является чрезвычайно важным для студентов-спортсменов, поскольку высокий уровень их функционального состояния зависит от сбалансированности регулирующих систем, обеспечивающих гемодинамические, метаболические и энергетические процессы при мышечной деятельности [Исаев А.П. с соавт., 2004; Сонькин В.Д., 2010; Кудря О.Н., 2012].

Вместе с тем, наряду со значительным улучшением показателей вегетативного статуса после тренингов АВС, ЧСС в состоянии покоя существенно не изменялась. Можно предположить, что стимуляция наиболее значимо изменяет выраженность процессов регуляции в условиях нагрузочных проб и не оказывает существенного влияния в состоянии относительного покоя.

В группе контроля, в свою очередь, было установлено увеличение вклада центрального контура регуляции и церебрально-эрготропных влияний в формирование регуляторных процессов, что можно объяснить напряжением регуляторных систем и истощением резервов парасимпатического отдела ВНС в процессах учебной деятельности и спортивных тренировок к концу зимнего соревновательного сезона [Бабунц И.В. с соавт., 2002; Михайлов В.М., 2002; Михайлов С.С., 2009; Шлык Н.И., 2009].

Полученные нами результаты свидетельствуют о тесной взаимосвязи между вегетативной сферой и показателями биоэлектрической активности головного мозга, их сопряженности в обеспечении функционального состояния человека. Таким образом, обнаруженное после тренингов АВС изменение показателей вариабельности сердечного ритма укладывается в общую гипотезу релаксирующего влияния АВС [Brauchli P. et.al., 1995; Budzynski T. et.al., 1999; Timmermann D.A.L. et.al., 1999; Huang T. L. et.al., 2008; Teplan M. et.al., 2011]. Более успешное восстановление функционального состояния организма студентов, занимающихся спортом, после АВС позволяет им подходить к последующим тренировочным и соревновательным нагрузкам в оптимальном функциональном состоянии [Allen H.D. et.al., 1977; Меерсон Ф.З. с соавт., 1988; Brauchli P. et.al., 1995; Behncke L., 2004; Brunkner P. et.al., 2008; Britton W.B., 2009; Кудря О.Н., 2012; Шайхелисламова М.В. с соавт., 2014].

Описанные нами и другими авторами изменения после АВС на нейровегетативном и психофизиологическом уровнях [Cox R. et.al., 1996; Pietrini P, et.al., 1997; Huang T.L. et.al., 2008; Айзман Р.И. с соавт., 2014] обусловили следующий этап нашей работы – изучить воздействие АВС на гормонально-метаболические процессы. После тренингов АВС было установлено выраженное



снижение концентрации кортизола, являющегося маркером гормональных механизмов адапционных реакций и состояния психо-функционального напряжения [Козлов А.И. с соавт., 2014]. Такие же результаты были получены Geracioti T.D. с соавт., (2008), который установил снижение кортиколиберина и кортизола после АВС, улучшение настроения, снижение САД. Cox R. с соавт., (1996), в свою очередь, выявил снижение уровня мелатонина после курса АВС. Наряду с этим в нашем исследовании после стимуляции отмечалось снижение тиреоидных гормонов (табл.3.13). Выявленные гормональные изменения свидетельствуют в пользу уменьшения стрессированности обследуемых, что согласуется с показателями психофизиологических и вегетативных реакций [Михайлов С.С., 2009; Никулин Б.А. с соавт.,2011].

В литературе встречаются единичные работы, посвященные изучению влияния АВС на метаболические процессы [Cox R., 1996; Pietrini P, et.al., 1997; Masterova E.I. et.al., 1999]. Естественно было предполагать, что обнаруженные в нашем исследовании нейровегетативные и гормональные изменения после АВС будут оказывать влияние на биохимические реакции.

Действительно, после тренингов АВС наблюдалось достоверное увеличение содержания глюкозы, что согласуется с известными эффектами воздействия сенсорных стимулов на концентрацию глюкозы в крови и повышение утилизации ее в мозге [Walton K.G. et.al., 1992; Cox R., 1996; Pietrini P. et.al., 1997; Rosenfeld J.P. et.al., 1997; Teplan M. et.al., 2011; Stebliuk V. et.al., 2012].

При анализе показателей плазмы крови, отражающих уровень метаболических процессов, нами было выявлено повышение активности анаболических процессов в динамике спортивных тренировок у обследуемых обеих групп. Вместе с тем, в группе АВС проявились более существенные изменения эндокринно-метаболического статуса студентов-спортсменов, заключающиеся в снижении активности катаболических процессов (более низкие показатели концентраций креатинина, мочевины и креатинкиназы в плазме), тогда как в группе контроля в конце периода наблюдения отмечено увеличение активности катаболических процессов, что свидетельствует о недовосстановлении

спортсменов после физических тренировок [Волков Н.И. с соавт., 2000; Михайлов С.С., 2009; Никулин Б.А. с соавт., 2011].

Таким образом, описанные изменения свидетельствуют о том, что АВС вызывает благоприятные изменения в организме студентов-спортсменов, свидетельствующие о повышении функциональных резервов и уменьшении психоэмоционального и нейровегетативного напряжения.

Недостаточно данных о зависимости эффектов АВС от количества тренировок, а также о продолжительности сохранения результатов сенсорной стимуляции. Показано, что большинство изменений в ЭЭГ при АВС стимуляции краткосрочные и исчезают в этот же день [Siever D., 2012]. Длительность изменений функционирования других систем организма недостаточно освещена в литературе. Вместе с тем, некоторые данные свидетельствуют о сохранении эффектов АВС [Голуб Я.В. с соавт., 2007; Brauchli P. et.al., 1995;], однако эти факты оспариваются [Wahbeh H. et.al., 2007; Huang T.L. et.al., 2008]. Обнаруженные нами результаты свидетельствуют об изменениях активности функциональных систем после однократной АВС, отражающиеся на всех изучаемых уровнях: ЭЭГ активности, нейродинамических реакций, вегетативной регуляции и гормонально-метаболических процессах. Вместе с тем, нами показан эффект суммации изменений после серии тренировок АВС, который сохраняется длительное время на нейровегетативном, гормонально-метаболическом уровнях и проявляется в усилении ответа по сравнению с однократным воздействием. В то же время ЭЭГ изменения наиболее отчетливо проявляются сразу же после АВС.

Обнаруженные изменения обеспечивали достоверное повышение физической работоспособности, являющейся интегральным и важнейшим показателем подготовленности спортсмена. После курса тренировок АВС, наряду с увеличением физической работоспособности, повышались значения максимального потребления кислорода и максимальной вентиляции легких (табл.3.10), что может свидетельствовать об улучшении функциональных возможностей кардиореспираторной системы спортсменов [Tsai S.L., 2004; Siever D., 2012]. Было также обнаружено существенное повышение экономичности

функционирования сердечно-сосудистой системы и снижение «цены» приспособительных реакций. Наше мнение согласуется с представлениями многих авторов о том, что физическая работоспособность - это комплексная и интегральная психофизическая характеристика организма, отражающая вегетативное, субстратное и энергетическое обеспечение, нервную и гуморальную регуляции, а также нервно-психические свойства и мотивацию индивидуума [Дубровский В.И., 2002; Рубанович В.Б., 2003; Сонькин В.Д., 2010].

Описанные данные подтверждают способность мозга человека следовать навязываемым ритмам, что может быть использовано для изменения функционального состояния организма [Макаров С.В., 2005; Никулин Д.И., 2011], для восстановления после тяжелых тренировочных занятий, а также для достижения более высокой спортивной работоспособности [Бобрищев А.А., 2007].

По данным С.А. Воскресенского (2011), следствием роста квалификации спортсменов выступает расширение адаптационных возможностей организма, что отражается в увеличении силы и количества внутрисистемных связей и характеризует снижение «адаптационного долга» у спортсменов высокой квалификации.

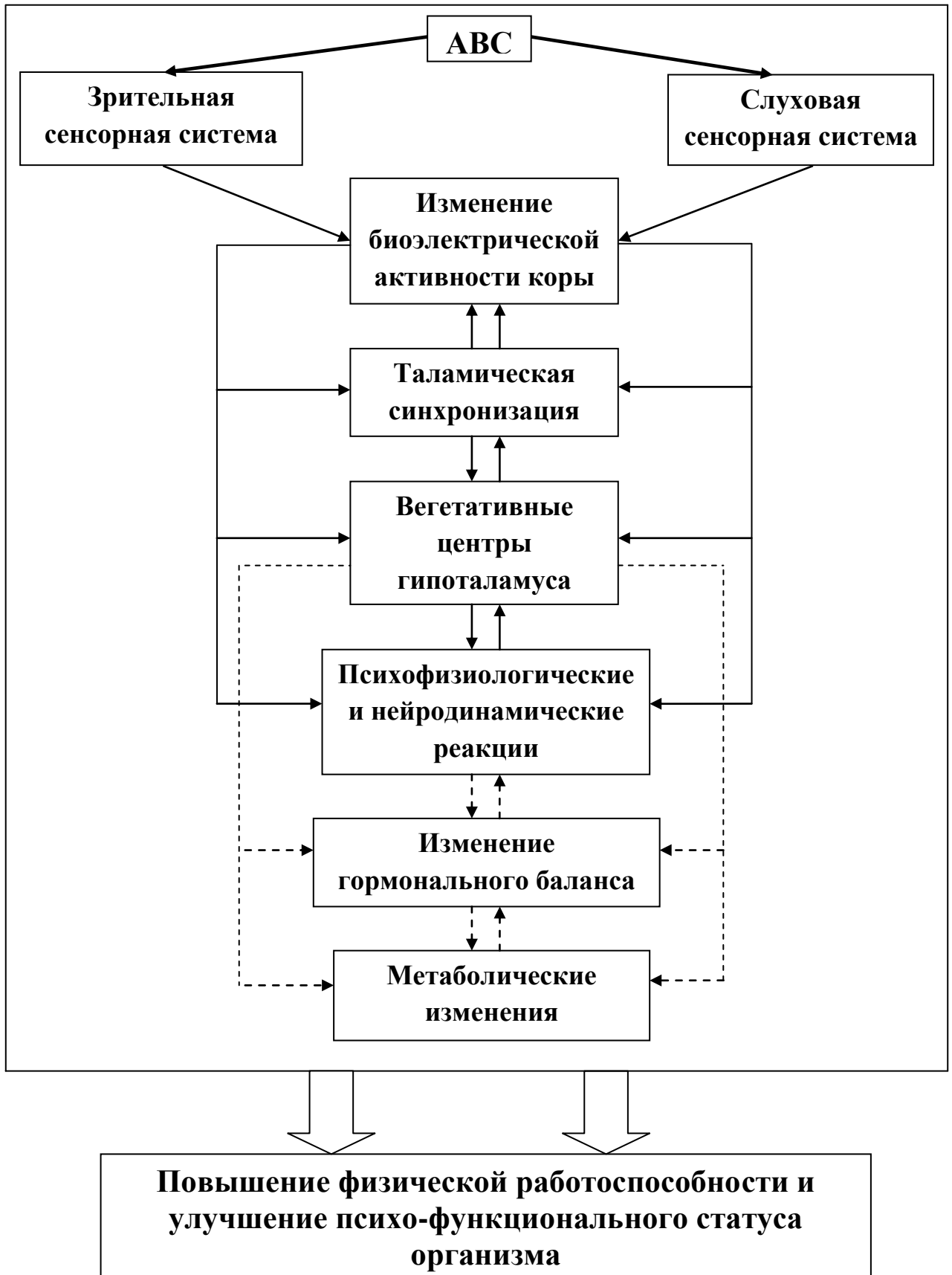
В нашем исследовании были получены аналогичные данные: при корреляционном и факторном анализе показателей, характеризующих функциональные процессы на разных уровнях организации организма студентов-спортсменов, было установлено, что после АВС формируются новые взаимосвязи внутри- и между изучаемыми системами: нервной, гормональной, кардиореспираторной и метаболической. Это свидетельствует как о повышении адаптивных процессов 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; Суботялов М.А., 2002; Воскресенский С.А., 2011]. Тот факт, что достоверные корреляционные связи между изучаемыми параметрами определяют синхронизацию активности структур, которые объединяются в

функциональную систему, позволяет использовать данный подход для оценки особенностей «функционального профиля» [Медведев В.И., 2003].

Описанные результаты согласуются с представлениями Н.П. Бехтеревой о том, что увеличение количества связей способствует более экономичному процессу адаптации к различным воздействиям [Бехтерева Н.П., 1988]. Межсистемное функциональное взаимодействие становится более сильным и многообразным, а также появляются новые умеренные связи, что проявляется в увеличении количества факторов, которые влияют на обеспечение физической работоспособности у студентов-спортсменов.

Обобщая полученные результаты о воздействии АВС на организм можно заключить, что описанные в нашей работе эффекты отражают изменения на всех изучаемых уровнях организации - психо-эмоциональном, психофизиологическом, нейрогормональном, вегетативном и метаболическом, формируя функциональную систему оптимизации процессов в организме студентов, занимающихся спортом, которая обеспечивает повышение энергетического обеспечения мышечной деятельности и физическую работоспособность, способствуя более успешному восстановлению после спортивных тренировок (рис.3.10).

Организация функциональной системы после аудиовизуальной стимуляции



## ВЫВОДЫ

1) Однократная аудио-визуальная стимуляция частотой 3-13 Гц в течение 25 мин. вызывает повышение активности восстановительных процессов в коре головного мозга у студентов-спортсменов, что выражается в повышении амплитуды и мощности  $\alpha$ - и  $\theta$ - ритмов без изменения  $\beta$ -ритма, приросте супрессии мощности низкочастотных и высокочастотных  $\alpha$ -волн при реакции десинхронизации.

2) После продолжительной низкочастотной аудио-визуальной 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 аудио-визуальная 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 аудио-визуальная стимуляция в режиме 3-13 Гц вызывает достоверное снижение только концентрации кортизола в плазме, тогда как после серии тренировок АВС происходит снижение титра нескольких гормонов стресса: кортизола, Т3, Т4 и тиреотропина.

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 студентов-спортсменов после аудио-визуальной

стимуляции обусловлены повышением вклада и интеграцией физиологических процессов 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абзалов Р.А. Показатели ударного объема крови у юношей, занимающихся физическими упражнениями динамического и статического характера / Р.А. Абзалов, И.Х. Вахитов, Р.С. Сафин // Теория и практика физической культуры. - 2002. - № 3. - С. 14-16.
2. Абзалов Р.А., Ситдииков Ф.Г. Развивающееся сердце и двигательный режим / Р.А. Абзалов, Ф.Г. Ситдииков. - Казан. пед. ун-т, 1998. - 96 с.
3. Агаджанян Н.А. Адаптация, экология и восстановление здоровья / Н.А. Агаджанян, А.Т. Быков, Г.М. Коновалова. - Москва-Краснодар, 2003. - 260с.
4. Агаджанян Н.А. Хронофизиологическая реактивность кардиореспираторной системы у спортсменов / Н.А. Агаджанян, Ю.А. Полатайко, И.В. Радыш // Экология человека. - 2005. - № 7. - С. 3-6.
5. Айзман Р.И. Методика комплексной оценки здоровья спортсменов / Р.И. Айзман, Н.И. Айзман, А.В. Лебедев, В.Б. Рубанович. - Новосибирск, 2009. - 84 с.
6. Айзман Р.И. Особенности водно-солевого обмена, функций почек и механизмов их регуляции в юношеском возрасте / Р.И. Айзман, А.Я. Тернер // Физиология человека. - 1991. - Т. 17. - № 3. - С. 115.
7. Айзман Р.И. Эффективность влияния однократной и продолжительной аудиовизуальной стимуляции на вариабельность сердечного ритма и механизмы вегетативной регуляции у спортсменов-цикликов / Р.И. Айзман, М.С. Головин // Бюллетень сибирской медицины. - 2014. - Т. 13. - № 6. - С. 113-120.
8. Алексеева М.В. Использование тренинга произвольного увеличения мощности ЭЭГ в индивидуальном высокочастотном альфа диапазоне для улучшения когнитивной деятельности / М.В. Алексеева, Н.В. Балиоз, К.Б. Муравлева, с соавт. // Физиология человека. - 2012. - Т. 38. - № 1. - С. 51.
9. Анохин К.В. Мозг и память: биология следов прошедшего времени / П.К. Анохин // Вестник Российской академии наук. - 2010. -Т. 80. - № 5-6. - С. 455.
10. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы / П.К. Анохин. - М.: Наука, 1980. - 198 с.

11. Араби Л.С. Психофизиологическое сопровождение лечебно-реабилитационного процесса больных с психо-соматической патологией: Автореф. ... канд. биол. наук. / Л.С. Араби - СПб, 2011. - 121 с.

12. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / И.В. Аулик. - М.: Медицина, 1990. - 192 с.

13. Афанасьева И.А. Уровень кортизола и фагоцитарная активность лейкоцитов у спортсменов при высоких физических нагрузках / И.А. Афанасьева // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. - 2009. - № 8. - С. 6-10.

14. Афтанас Л.И. Нейротехнологии аудио-визуально-вибротактильной стимуляции в комплексной терапии артериальной гипертензии у детей и подростков / Л.И. Афтанас, С.В. Ярош, Ж.В. Нефедова // Сибирский научный медицинский журнал. - 2013. - Т. 33. - № 4. - С. 49-55.

15. Бабунц И.В. Азбука анализа variability сердечного ритма / И.В. Бабунц, Э.М. Мириджанян, Ю.А. Машаех. - Ставрополь, 2002. - 111 с.

16. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин // Вестник аритмологии. - 2001. - № 24. - С. 65-86.

17. Баевский Р.М. Введение в донозологическую диагностику / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. - М.: Слово, 2008. - 220 с.

18. Базанова О.М. Современная интерпретация альфа-активности ЭЭГ // Международный неврологический журнал. - 2011. - № 8. - С. 96-104.

19. Балиоз Н.В. Индивидуально-типологические особенности ЭЭГ спортсменов при остром гипоксическом воздействии / Н.В. Балиоз, С.Г. Кривошеков // Физиология человека. - 2012. - Т. 38. - № 5. - С. 24.

20. Батрымбетова С.А. Влияние адаптационного потенциала на здоровье студенческой молодежи / С.А. Батрымбетова, Л.Н. Семченко // Проблемы социальной гигиены и история медицины. - 2008. - № 3. - С. 12-14.

21. Беленко И.С. Влияние занятий спортом на функциональное состояние нервной и дыхательной систем юных футболистов и баскетболистов 10-15 лет

разных соматотипов: Автореф. ... канд. биол. наук. / И.С. Беленко - Майкоп, 2010. - 246 с.

22. Беляева Л.М. Сердечно-сосудистые заболевания у детей и подростков / Л.М. Беляева, Е.К. Хрусталева. - 2-е издание, перераб. и дополненное. - Минск: Высшая школа, 2003. - 365 с.

23. Бердичевская Е.М. Специфика латерального фенотипа в стрельбе и гандболе / Е.М. Бердичевская, А.С. Гронская, И.Э. Хачатурова // Физическая культура, спорт - наука и практика. - 2009. - № 3. - С. 27-29.

24. Бехтерева Н.П. Механизмы деятельности мозга человека. Часть I. Нейрофизиология человека. / Н.П. Бехтерева. - Л.: Наука, 1988. - 677 с.

25. Блинова Н.Г. Взаимосвязь образа жизни и культуры здоровья с процессами адаптации к учебной деятельности у студентов / Н.Г. Блинова, Н.В. Аверьянова, Э.М. Казин // Валеология. - 2014. - № 1. - С. 21-24.

26. Бобрищев А.А. Аудиовизуальная коррекция психического состояния и работоспособности спортсменов высшей квалификации // Вестник психотерапии. - 2007. - № 22. - С. 61-62.

27. Богомаз С.А. Опросниковые методы исследования личностного потенциала: методическое руководство / С.А. Богомаз, В.В. Мацута -Томск: ТГУ, 2012. - 39 с.

28. Бодров В.А. Психология профессиональной пригодности / В.А. Бодров. - М: ПЕРСЭ, 2001. - 228 с.

29. Болдырева Г.Н. Усвоение ритма световых мельканий в ЭЭГ человека в норме и при органических поражениях головного мозга: Автореф. ... канд. биол. наук. - Г.Н. Болдырева - Москва, 1964. - 19 с.

30. Борисова С.А. Возрастные особенности водно-солевого обмена при спортивных нагрузках // Формирование механизмов регуляции водно-солевого обмена в процессе онтогенеза: республиканский сборник научных трудов / С.А. Борисова, Л.К. Великанова, О.М. Филатов. - Новосибирск. - Изд-во: НГПИ, 1979. - С. 27-36.

31. Бреслав И.С. Регуляция дыхания: висцеральная и поведенческая составляющие / И.С. Бреслав, А.Д. Ноздрачев // Успехи физиологических наук. 2007. - Т. 38. - № 2. - С. 26-45.

32. Бурых Э.А. Отражение резервов энергетических механизмов мозга в динамике мозгового кровотока при острой гипоксии у человека / Э.А. Бурых, С.И. Сороко // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. - 2014. - Т. 100. - № 11. - С. 1310-1323.

33. Буторин Г.Г. Преодоление симптомов посттравматического стрессового расстройства у сотрудников органов внутренних дел с применением средств аудиовизуальной стимуляции / Г.Г. Буторин, И.И. Щеглова // Вестник Кемеровского государственного университета. - 2012. - №2. - С. 104-110.

34. Быков Е.В. Спорт и кровообращение: возрастные аспекты / Е.В. Быков, А.П. Исаев, С.Л. Сашенков. - Челябинск, 1998. - 63 с.

35. Быков Е.В. Адаптация сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам / Е.В. Быков, С.А. Личагина, Р.У. Гаттаров, с соавт. // Колебательная активность показателей функциональных систем организма спортсменов и детей с различной двигательной активностью. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. - С. 92-207.

36. Ванюшин Ю.С. Адаптация кардиореспираторной системы спортсменов / Ю.С. Ванюшин, М.Ю. Ванюшин // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова. - 2004. - Т. 90. - № 8. - С. 512-513.

37. Волков Н.И. Биохимия мышечной деятельности / Н.И. Волков, Э.Н. Нессен, А.А. Осипенко, с соавт. - Киев. - Изд. Олимпийская литература, 2000. - 503 с.

38. Воскресенский С.А. Функциональные характеристики сердечно-сосудистой системы у спортсменов разного уровня адаптированности к специфической мышечной деятельности: дисс. ...канд. биол. наук / С.А. Воскресенский - Волгоград, 2011. - 163 с.

39. Вялков А.И. Восстановительная медицина как новое направление в науке и практике здравоохранения / А.И. Вялков, А.Н. Разумов, И.П. Бобровницкий //

Справочник «Диагностические оздоровительные технологии восстановительной медицины». - 2003. - Т. 1. - С. 16-22.

40. Гаврилова Е.А. Спортивное сердце. Стрессорная кардиомиопатия / Е.А. Гаврилова. - М.: Советский спорт, 2007. - 200 с.

41. Гайтон А. Физиология кровообращения. Минутный объем сердца и его регуляция / А. Гайтон. - М.: Медицина, 1969. - 472 с.

42. Гиренко Л.А. Влияние занятий лыжным спортом на морфофункциональные и психофизиологические показатели здоровья юношей / Л.А. Гиренко, М.С. Головин, А.Б. Колмогоров, Р.И. Айзман // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. - 2012. - Т. 5. - № 1. - С. 33-41.

43. Гланц С. Медико-биологическая статистика / С.М. Гланц. - Изд-во Практика, 1999. - 459 с.

44. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга) / В.В. Гнездицкий. - М.: МЕД - пресс-информ, 2004. - 624 с.

45. Голуб Я.В., Жиров В.М. Медико-психологические аспекты применения свето-звуковой стимуляции и биологически обратной связи / Я.В. Голуб, В.М. Жиров. – СПб: Изд-во «КЭРИ», 2007. - 93 с.

46. Голуб Я.В. Свето-звуковая стимуляция и психотренинг в спорте / Я.В. Голуб, О.М. Шелков, А.К. Дроздовский. - СПб, 2010. - 92 с.

47. Горев А.С. Влияние индивидуальных особенностей ЦНС на эффективность формирования релаксационных навыков при использовании биологической обратной связи у детей 9-10 лет / А.С. Горев, О.А. Семенова // Физиология человека. - 2003. - Т. 29. - № 4. - С. 54 - 61.

48. Горев А.С. Динамика пространственной синхронизации ритмических компонентов ЭЭГ при релаксации и их связь с регуляцией сердечного ритма / А.С. Горев, А.В. Ковалева, Е.Н. Панова, с соавт. // Физиология человека. - 2014. - Т. 40. - № 5. - С. 38.

49. Граевская Н.Д. Влияние спорта на сердечно-сосудистую систему / Н.Д. Граевская. - М.: Медицина, 1975. - 279 с.

50. Григорьева Е.А. Методы перестройки биоэлектрической активности мозга с целью устранения патологически устойчивого состояния / Е.А. Григорьева, А.А. Певзнер, А.Л. Дьяконов // Доктор.Ру. - 2013. - № 5. - С. 99-105.

51. Гриндель О.М. Введение в клиническую ЭЭГ. Нейрофизиологические исследования в клинике / О.М. Гриндель, О.Б. Сазонова, Г.А. Щекутьев с соавт. М.: Антидор, 2001. - 128 с.

52. Данилова Н.Н. Изменение variability сердечного ритма при информационной нагрузке / Н.Н. Данилова, С.В. Астафьев // Журнал высшей нервной деятельности. - 2000. - Т. 49. - С. 28-32.

53. Данилова Н.Н. Психофизиология / Н.Н. Данилова. - М.: Аспект Пресс, 1998. - 373 с.

54. Дегтярева Е.А. Новые подходы к обследованию для дифференцированной кардиопротекции в детском и юношеском спорте / Е.А. Дегтярева, О.И. Жданова, О.А. Муханов // Материалы пятого Российского конгресса «Современные технологии в педиатрии и детской хирургии». – М.: Оверлей. - 2006. - 146 с.

55. Дембо А.Г. Заболевания и повреждения при занятиях спортом / А.Г. Дембо. - 1991. - 335 с.

56. Дёмин Д.Б. Физиологические основы методов функционального биоуправления / Д.Б. Дёмин, Л.В. Поскотинова // Экология человека. - 2014. - № 9. - С. 48-59.

57. Диверт В.Э. Индивидуально-типологическая оценка реакций кардиореспираторной системы на гипоксию и гиперкапнию у здоровых молодых мужчин / В.Э. Диверт, С.Г. Кривошеков, С.Н. Водяницкий // Физиология человека. - 2015. - Т. 41. - № 2. - С. 64-73.

58. Дубилей В.В. Физиология и патология системы дыхания у спортсменов / В.В. Дубилей, П.В. Дубилей, С.Н. Кучкин. - Казань: Изд-во Казан. Ун-та, 1991. - 144 с.

59. Дубровский В.И. Спортивная медицина: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / В.И. Дубровский. - М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2002. - 512 с.

60. Ежкова А.Ю. Психолого-педагогическое обеспечение интереса к спортивной деятельности начинающих борцов: Автореф. дис. ...канд. пед. наук. / А.Ю. Ежкова. - СПб., 2004. - 215 с.

61. Ендропов О.В. Валеологические аспекты двигательной активности человека / О.В. Ендропов. - Новосибирск: Изд-во НГПУ, 1996. - 230 с.

62. Еремеева О.В. Типы электроэнцефалограмм у спортсменов высокой квалификации, тренирующихся в гипокомфортных климатогеографических условиях / О.В. Еремеева, С.И. Еремеев // Вестник Уральской медицинской академической науки. - 2014. - №2. - С. 29-32.

63. Жилин С.В. Особенности Я-концепции личности спортсменов: Автореф. дис. ...канд. пед. наук. / С. В. Жилин. - СПб., 2003. - 185 с.

64. Жомин К.М. Морфофункциональные и психофизиологические особенности студенток в зависимости от вида и режима физкультурно-спортивной деятельности: Дисс. ...канд. биол. наук. / К.М. Жомин. - Челябинск, 2013. - 157 с.

65. Земцовский Э.В. Спортивная кардиология / Э.В. Земцовский. - СПб. Гиппократ, 1995. - 448 с.

66. Зиятдинова А.И. Особенности гетерохронии насосной функции сердца развивающегося организма: Автореф. ...докт. биол. наук / А.И. Зиятдинова. - Чебоксары, 2011. - 36 с.

67. Иваницкий А.М. Синтез информации в ключевых отделах коры как основа субъективных переживаний // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. - 1997. - Т.47. - № 2. - С. 209-225.

68. Иванова Т.С. Физиологические критерии прогнозирования реализации функциональных возможностей легкоатлетов на примере бега на короткие дистанции: Автореф. ...канд. биол. наук. / Т.С. Иванова. - Краснодар, 2015. - 25 с.

69. Ивашкявичене Я.И. Возрастные особенности деятельности сердечно-сосудистой системы в предстартовом состоянии: Автореф. ...док. мед. наук. / Я.И. Ивашкявичене. - Москва, 1969. - 38 с.

70. Ильин Е.П. Психология спорта / Е.П. Ильин. - СПб.: «Питер», 2008 - 352 с.

71. Ильянок В.А. Частотные спектры электроэнцефалограммы человека и их изменения под влиянием световой стимуляции: Автореф. ... канд. биол. наук. / В.А. Ильянок. - Москва, 1962. - 231 с.

72. Иорданская Ф.А. Мониторинг функциональной подготовленности юных спортсменов-резерва спорта высших достижений (этапы углубленной подготовки и спортивного совершенствования) / Ф.А. Иорданская. - М.: Советский спорт, 2011. - 142 с.

73. Исаев А.П. Адаптация человека к спортивной деятельности / А.П. Исаев, С.А. Личагина, Р.У. Гаттаров с соавт. - Ростов-на-Дону: Изд-во РГПУ, 2004. – 236 с.

74. Капилевич Л.В. Особенности адаптации студентов к учебной деятельности при занятиях парным коллективным танцем / Л.В. Капилевич, Е.Н. Якунина // Теория и практика физической культуры. - 2012. - № 16. - С. 34-39.

75. Каплан А.Я. Анализ сегментарной структуры альфа-активности ЭЭГ человека / А.Я. Каплан, С.В. Борисов, С.Л. Шишкин, с соавт. // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова. - 2004. - Т. 88. - № 4. - С. 432.

76. Карманова И.Г. Фотогенная каталепсия / И.Г. Карманова. - М.; Л.: Наука, 1964. - 251 с.

77. Карпман В.Л. Спортивная медицина: Учеб. для ин-тов физ. культ. - / Под ред. В.Л. Карпмана. - М.: Физкультура и спорт, 1980. - 349 с.

78. Карпман В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков. - М.: «Физкультура и Спорт», 1988. - 208 с.

79. Качоровская О.В. Исследование функционального состояния сердца спортсменов по данным электрокардиографии: Автореф. дис. ...докт. мед. наук. / О.В. Качоровская. - Ереван, 1970. - 42 с.

80. Киселев Ю.Я. Оценка эмоциональной возбужденности в реальных условиях спортивной деятельности. - Стресс и тревога в спорте / Киселев Ю.Я. - М.: Физкультура и спорт, 1983. - С. 24-31.

81. Козлов А.И. Кортизол как маркер стресса / А.И. Козлов, М.А. Козлова // Физиология человека. - 2014. - Т. 40. - № 2. - С. 123.



82. Колпаков В.В. Системный анализ индивидуально-типологических особенностей организма / В.В. Колпаков, Т.В. Беспалова, Е.А. Томилова, с соавт. // Физиология человека. - 2011. - Т. 37. - № 6. - С. 111-124.

83. Кончиц Н.С. Физиологические основы физического воспитания студентов в связи с индивидуальными особенностями организма: Дис. ... докт. мед. наук. / Н.С. Кончиц. - Новосибирск, 1990. - 346 с.

84. Корнеева И.Т. Биоимпедансный анализ состава тела как метод оценки функционального состояния юных спортсменов / И.Т. Корнеева, С.Д. Поляков, Д.В. Николаев // Лечебная физкультура и спортивная медицина. - 2012. - № 10. - С. 30-36.

85. Крауфорд Ф. Волны / Пер. с англ. М.: Главная редакция физико-математической литературы, "Наука", 1974. - 527 с.

86. Кретти Б.Дж. Психология в современном спорте / Б.Дж. Кретти - М.: ФиС, 1978. - 224 с.

87. Крылов А.А. Некоторые проблемы психологии спорта в современном мире. - Хрестоматия: Спортивная психология в трудах отечественных специалистов / А.А. Крылов - СПб.: Питер, 2002. - 315 с.

88. Кудря О.Н. Физиологические особенности вегетативного обеспечения мышечной деятельности у спортсменов: Дисс. ... докт. биол. наук. // О.Н. Кудря. - Томск, 2012. - 310 с.

89. Лебедев А.В. Морфо-функциональные особенности студентов первого курса педагогического вуза / А.В. Лебедев, В.Б. Рубанович, Н.И. Айзман, Р.И. Айзман // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. - 2014. - № 1. - С. 128-141.

90. Ливанов М.Н. Избранные труды. Пространственно-временная организация потенциалов и системная деятельность головного мозга / М.Н. Ливанов - М., 1989. - 400 с.

91. Ливанов М.Н. Частотные процессы и механизмы корковой деятельности / М.Н. Ливанов // Журнал общей биологии. - 1944. - Т. 5. - № 1. - С. 9-42.

92. Макаров С.В. Оценка уровня здоровья и его коррекция методами аудиовизуальной стимуляции и нейробиоуправления при наркотически зависимых состояниях: Дисс. ...канд.мед.наук. / С.В. Макаров. - Томск, 2005. - 100 с.

93. Макарова Г.А. Практическое руководство для спортивных врачей / Г.А. Макарова. - Ростов н/Д.: Изд-во БАРО-ПРЕСС, 2002. - 800 с.

94. Максимов О.Б. Аудиовизуальная коррекция дезадаптивных нервно-психических состояний у корабельных специалистов: Дисс. ... канд. мед. наук / О.Б. Максимов. - СПб, 2006. - 137 с.

95. Мартиросов Э.Г. Морфологический статус человека в экстремальных условиях спортивной деятельности // Экологические проблемы антропологии. - 1985. - Т. 1. - С. 100-154.

96. Махинов В.А. Оценка эффективности использования аудиовизуальной стимуляции и транскраниальной электростимуляции для профилактики невынашивания беременности / В.А. Махинов, А.А. Корнилова, В.Н. Сысоев, с соавт. // Современные проблемы науки и образования. - 2013. - № 1. - С. 49.

97. Медведев В.И. Адаптация человека / В.И. Медведев. - СПб.: Институт мозга человека РАН, 2003. - 584 с.

98. Меерсон Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова. - М.: Медицина, 1988. - 253 с.

99. Минаков Н.Т. Влияние соревновательных нагрузок на водно-солевой обмен тренированных лыжников-гонщиков: Автореф. дис. ...канд.биол.наук. - Новосибирск, 1972. - 20с.

100. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода / В.М. Михайлов. - Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2002. - 290 с.

101. Михайлов С.С. Спортивная биохимия: учебник для вузов и колледжей физической культуры / С.С. Михайлов. - Москва: Советский спорт, 2009. - 348 с.

102. Москвин В.А. Метод аудиовизуальной стимуляции как способ психофизиологической подготовки спортсменов / В.А. Москвин, Н.В. Москвина // Спортивный психолог. - 2009. - № 3. - С. 55-60.
103. Набиуллин Р.Р. Насосная функция сердца у спортсменов-туристов при выполнении мышечной нагрузки  $PWC_{170}$  / Р.Р. Набиуллин, Р.А. Абзалов, И.Г. Хурамшин, с соавт. // Физиология человека. - 2008. - Т. 34. - № 3. - С. 129-132.
104. Найденова З.Г. Гуманизация как системообразующий фактор создания и развития инновационной региональной системы образования / З.Г. Найденова // Известия Южного федерального университета «Педагогические науки». - 2009. - № 5. - С. 54-60.
105. Наточин Ю.В. Физиология человека: почка / Ю.В. Наточин // Физиология человека. - 2010. - Т. 36. - № 5. - С. 9-18.
106. Нгуен К.Т. Склонность к стилям руководства преподавателей физической культуры: Автореф. дис. ...канд. пед. наук. / К.Т. Нгуен. - СПб.: СПбТПУ, 2000. - 18 с.
107. Никитин А.М., Сальников В.А. Влияние типологических особенностей на устойчивость перспективы достижения высоких спортивных результатов / А.М. Никитин, В.А.Сальников // Психофизиологическое изучение учебной и спортивной деятельности. - 1981. - С. 131-133.
108. Никитушкин В.Г. Современная подготовка юных спортсменов / В.Г. Никитушкин - М.: Москомспорт, 2009. - 112 с.
109. Никулин Б.А. Биохимический контроль в спорте / Б.А. Никулин, И.И. Родионова. - М.: Сов.спорт, 2011. - 228 с.
110. Никулин Д.И. Аудио-визуальная коррекция расстройств реакций адаптации у студентов: Дисс. ... канд. мед. наук. / Д.И. Никулин. - Москва, 2011. - 115 с.
111. Новикова Л.А. Электроэнцефалография и ее использование для изучения функционального состояния мозга // Естественнонаучные основы психологии / Под. ред. А.А. Смирнова, А.Р. Лурия, В.Д. Небылицына. - М.: Педагогика, 1978. - С. 155 - 177.

112. Ноздрачев А.Д. Современные способы оценки функционального состояния автономной (вегетативной) нервной системы / А.Д. Ноздрачев, Ю.В. Щербатых // Физиология человека. - 2001. - Т. 27. - № 6. - С. 95-101.
113. Озолин Н.Г. Настольная книга тренера / Н.Г. Озолин. - М., 2002. - 500с.
114. Озолин П.П. Адаптация сердечно-сосудистой системы к спортивным нагрузкам / П.П. Озолин. - Рига: Зинатне, 1984. - 134 с.
115. Осадчая Е.А. Учебный стресс как показатель степени эмоционального напряжения организма студентов в процессе адаптации к вузу / Е.А. Осадчая, Р.Ф. Петрова // Ученые записки Орловского ГУ. - 2009. - № 4. - С. 40-49.
116. Павлов С.Е. Адаптация / С.Е. Павлов. - М.: «Паруса», 2000. - 282 с.
117. Перевозкина Ю.М. Основы математической статистики в психолого-педагогических исследованиях: учебное пособие / Ю.М. Перевозкина, С.Б. Перевозкин; Мин-во образования и науки РФ, Новосиб. гос. пед. ун-т. - Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2014. - Ч. 2. - 242 с.
118. Пиковская Н.Б. Типологическая характеристика вегетативной регуляции на основании анализа реактивности сердечно-сосудистой системы электронный ресурс / Н.Б. Пиковская // Медицина и образование в Сибири. - 2011. - № 3. - С. 11.
119. Покровский В.М. Гормональная регуляция физиологических функций. Физиология человека / В.М. Покровский, Г.Ф. Коротько. 2-е изд.- М.: Медицина, 2003. - С. 199-228.
120. Покровский В.М. Представление об иерархической организации ритмогенеза сердца - основа для создания патологических моделей аритмии // XXI съезд Физиологического общества им. И.П. Павлова / В.М. Покровский. - М.: Калуга: ООО «БЭСТ-принт», 2010. - 487 с.
121. Попова Т.В. Вариабельность биоэлектрической активности мозга при различных состояниях спортсменов / Т.В. Попова, Ю.И. Корюкалов, О.Г. Коурова // Теория и практика физической культуры. - 2006. - № 8. - С. 28-30.

122. Портных Ю.И. Воспитательное влияние психологии побед и поражений в спорте // Хрестоматия: Спортивная психология в трудах отечественных специалистов / Ю.И. Портных. - СПб.: Питер, 2002. - 256 с.
123. Прокофьева В.Н. Зависимость продолжительности фаз и периодов сердечного цикла у спортсменов от направленности тренировочного процесса / В.Н. Прокофьева, В.И. Кузнецов, В.И. Кореневская // Физиология человека. - 2007. - Т. 33. - № 6. - С. 71-78.
124. Псеунок А.А. Физиология кровообращения / А.А. Псеунок. - Майкоп: АТУ, 2003. - 108 с.
125. Пупиш М. Влияние аудиовизуальной стимуляции на некоторые параметры элитных спортсменов / М. Пупиш, И. Чиллик // Лечебная физкультура и спортивная медицина. - 2013. - № 3 - С. 39-45.
126. Пшенникова М.Г. Феномен стресса: эмоциональный стресс и его роль в патологии / М.Г. Пшенникова // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. - 2000. - № 3. - С. 20-26.
127. Раевский В.В. Онтогенез функциональных систем / Раевский В.В. - Научные труды I съезда физиологов СНГ. - М.: Медицина-Здоровье, 2005. - С.165-166.
128. Ройтбак А.И. О механизме "активного отдыха" (феномена Сеченова) / А.И. Ройтбак, Ц.М. Дедабришвили // "Докл. АН СССР". - 1959. - Т. 124. - № 4. - С.957.
129. Рубанович В.Б. Врачебно-педагогический контроль при занятиях физической культурой: учебное пособие. - 2-е изд. / Рубанович В.Б. - Новосибирск, 2003. - 262 с.
130. Рубанович В.Б. Морфофункциональное развитие детей и подростков разных конституционных типов в зависимости от двигательной активности: Дис. ... докт. мед. наук. / В.Б. Рубанович. - Новосибирск, 2004. - 406 с.
131. Русанов В.Б. Онтогенетические аспекты формирования структур миокарда в процессе специфической адаптации к мышечной деятельности / В.Б.

Русанов // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2009. - № 12. - С. 130-135.

132. Саркисов С.А. Цитоархитектоника коры большого мозга человека / С.А. Саркисов, Г.И. Поляков. - Медгиз, 1949. - 102 с.

133. Святогор И.А. Анализ изменений ЭЭГ паттернов в ответ на ритмическую фотостимуляцию при различных нарушениях функционального состояния центральной нервной системы / И.А. Святогор, О.Е. Дик, А.Д. Ноздрачев, с соавт. // Физиология человека. - 2015. - Т. 41. - № 3. - С. 41-49.

134. Севрюкова Г.А. Характеристика функционального состояния и регуляторно-адаптивных возможностей организма студентов в процессе обучения в медицинском вузе: Дис. ...докт.биол.наук. / Г.А. Севрюкова. - Майкоп, 2012. - 486с.

135. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме / Г.Селье. - М.: Медгиз, 1960. - 254 с.

136. Смирнов В.М. Физиология физического воспитания и спорта / В.М. Смирнов, В.И. Дубровский. - М.: Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС, 2002, - 608 с.

137. Солодков А.С. Адаптация в спорте: состояние, проблемы, перспективы / А.С. Солодков // Физиология человека. - 2000. - Т. 26. - № 6. - С. 87-93.

138. Сонькин В.Д. Проблема оценки физической работоспособности / В.Д. Сонькин // Вестник спортивной науки. - 2010. - № 2. - С. 37.

139. Сороко С.И. Нейрофизиологические и психофизиологические основы адаптивного биоуправления / С.И. Сороко, В.В. Трубачев. - СПб.: Политехника-сервис, 2010. - 607 с.

140. Стаценко Е.А. Нарушения липидного обмена у спортсменов / Е.А. Стаценко, М.П. Королевич // Медицинская помощь. - 2009. - № 3. - С. 14-17.

141. Суботьялов М.А. Морфофункциональные и психофизиологические особенности подростков и юношей различных конституциональных типов: Дис. ...канд. биол. наук / М.А. Суботьялов. - Томск, 2002. - 162 с.

142. Суботялов М.А. Морфофункциональные и психофизиологические показатели девушек-легкоатлеток с разным уровнем спортивной квалификации / М.А. Суботялов, О.С. Никулина // Медицина и образование в Сибири. - 2014. - № 3. - С. 22.
143. Судаков К.В. Системная организация психической деятельности / К.В. Судаков // Психологический журнал. - 2013. - Т. 34. - № 6. - С. 72-81.
144. Судаков К.В. Системная организация функций человека: теоретические аспекты / К.В. Судаков // Успехи физиологических наук. - 2000. - Т. 31. - № 1. - С. 81-96.
145. Тарасова И.В. Особенности корковых взаимодействий у лиц с высокой и низкой вербальной креативностью / И.В. Тарасова, Н.В. Вольф, О.М. Разумникова // Физиология человека. - 2010. - Т. 36. - № 1. - С. 93-99.
146. Уилмор Дж.Х. Физиология спорта / Дж.Х. Уилмор, Д.Л. Костил. - Киев: Олимпийская литература, 2005. - 504 с.
147. Уракова Т.Ю. Влияние разгрузочно-диетической терапии на составные компоненты тела / Т.Ю. Уракова // Валеология. - 2009. - № 3. - С. 59-61.
148. Усанова А.Д. Влияние фоностимуляции при визуальном сопровождении на деятельность сердечнососудистой системы, параметры дыхания, биоэлектрическую активность мозга человека: Дисс. ...канд физ-мат наук. / А.Д.Усанова. - Саратов, 2011. - 162 с.
149. Федотчев А.И. Резонансные ЭЭГ-реакции при ритмических световых воздействиях разной интенсивности и частоты / А.И. Федотчев, А.Т. Бондарь, И.Г. Акоев // Журнал высшей нервной деятельности. - 2001. - Т. 51. - С. 17.
150. Фёдоров А.И. Особенности вегетативной и эндокринной регуляции процессов адаптации учащихся к условиям среды в различные возрастные периоды: Автореф. дис. ...докт. биол. наук: / А.И. Федоров. - Томск, 2008. - 40 с.
151. Филимонов В.И. Руководство по общей и клинической физиологии / В.И. Филимонов. - Москва.: МИА, 2002. - 958 с.

152. Фомин Н.А. Адаптация: общебиологические и психофизиологические основы / Н.А. Фомин. - М.: Изд-во «Теория и практика физической культуры». - 2003. - 383 с.
153. Халафян А.А. STATISTICA 6.0. Статистический анализ данных. А.А. Халафян. - М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. - 512 с.
154. Хрущев С.В. Врачебный контроль за физическим воспитанием школьников / С.В. Хрущев. - М.: Медицина, 1980. - 224 с.
155. Цыпленкова Е.С. Оптимизация системы подготовки высококвалифицированных легкоатлетов-прыгунов тройным на основе информационной базы данных специальной подготовленности / Е.С. Цыпленкова // Материалы Всероссийского форума «Молодые ученые - 2011». - М.: Физическая культура, 2011. - С. 109-110.
156. Цюрюпа В.Н. Биологические эффекты аудиовизуальной стимуляции / В.Н. Цюрюпа, Т.Л. Визило, И.В. Власова, с соавт. // Политравма. - 2006. - № 2. - С. 50-52.
157. Чахнашвили Ш.А. Изменение электрической активности коры головного мозга при работе, утомлении и в период восстановления / Ш.А. Чахнашвили, А.С. Мелия // Материалы 7-й науч. конф. по вопросам морфол., физиол. и биохим. мышечной деятельности. - Москва, 1962. - 298 с.
158. Черапкина Л.П. Особенности биоэлектрической активности головного мозга спортсменов / Л.П. Черапкина, В.Г. Тристан // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. - 2011. - № 39. - С. 27-31.
159. Чикова С.Н. Адаптивные возможности и психофизиологический статус студентов приполярного региона: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / С.Н. Чикова. - Архангельск, 2007. - 18 с.
160. Чиркин А.А. Липидный обмен: / А.А. Чиркин, Э.А. Доценко, Г.И. Юпатов. - М.: Мед. лит., 2003. - 128 с.
161. Шайхелисламова М.В. Влияние повышенных физических нагрузок на состояние коры надпочечников и половое созревание мальчиков / М.В.



Шайхелисламова, Ф.Г. Ситдилов, А.А. Ситдилова, с соавт. // Физиология человека. - 2014. - Т. 40. - № 2. - С. 87-93.

162. Шапарь В.Б. Практическая психология: тесты, методики, диагностика / В.Б. Шапарь. - Изд-во Феникс, 2010. - 661 с.

163. Шаров Р.А. Использование аудиовизуальной стимуляции для оптимизации военно-профессиональной адаптации курсантов военного вуза: Дисс. ...канд.мед наук. Р.А. Шаров. - СПб, 2009. - 128 с.

164. Шаханова А.В. Образование и здоровье: физиологические аспекты / А.В. Шаханова, Т.В. Глазун. - Майкоп: АГУ, 2008. - 195 с.

165. Шевелев И.А. Альфа-сканирование зрительной коры: данные ЭЭГ и магнитно-резонансной томографии / И.А. Шевелев, Е.Д. Барк, В.М. Верхлютов // Российский физиологический журнал им И.М. Сеченова. - 2001. - Т. 87. - №8. - С. 1050-1059.

166. Шлык Н.И. Об особенностях ортостатической реакции у спортсменов с разными типами вегетативной регуляции / Н.И. Шлык, Е.Н. Сапожникова, Т.Г. Кириллова, с соавт. // Вестник удмуртского университета. - 2012. - № 1. - С. 114-125.

167. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н.И. Шлык. - Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. - 255 с.

168. Штарк М.Б. Электроэнцефалографическое биоуправление в лечении аддиктивных расстройств / М.Б. Штарк, А.Б. Скок, О.С. Шубина // Наркология. - № 11. - 2002. - С. 19-28.

169. Щербатых Ю.В. Вегетативные проявления экзаменационного стресса Автореф. ...дисс. докт. биол. наук. / Ю.В. Щербатых. - СПб, 2001. - 32 с.

170. Якушкин А.В. Влияние беговой тренировки на работоспособность, аэробную производительность и реакцию организма на острое холодное воздействие / Якушкин А.В., Акимов Е.Б., Андреев Р.С. с соавт. // Физиология человека. - 2014. - Т. 40. - № 4. - С. 78.

171. Adrian E.D. The Berger rhythm: potential changes from the occipital lobes in man / E.D. Adrian, B.H.C. Matthews // *Brain*. - 1934. - № 57. - P. 355-384.
172. Alexander D.M. EEG markers for cognitive decline in elderly subjects with subjective memory complaints / D.M. Alexander, M.W. Arns, R.H. Paul, et.al. // *J. Integr. Neurosci.* - 2006. - V. 5. - № 1. - P. 49-74.
173. Allen H.D. A quantitative echocardiographic study of champion childhood swimmers / H.D. Allen, S.J. Goldberg, D.J. Sahn // *Circulation*. - 1977. - № 55. - P. 142-145.
174. Anderson D.J. Preliminary trial of photic stimulation for premenstrual syndrome / D.J. Anderson, N.J. Legg, D.A. Ridout // *Obstet. Gynaecol.* - 1997. - № 17. - P. 76 - 79.
175. Anokhin P.K. Biology and neurophysiology of the conditioned reflex and its role in adaptive behavior / P.K. Anokhin // *International series of monographs in cerebrovisceral and behavioral physiology and conditioned reflexes*. - 1974. - Vol. 3. - New York: Pergamon Press, 592 p.
176. Arikan K. EEG correlates of startle reflex with reactivity to eye opening in psychiatric disorders: preliminary results / K. Arikan, N.N. Boutros, E. Bozhuyuk, et.al. // *Clin. EEG Neurosci.* - 2006. - V. 37. - № 3. - P. 230-234.
177. Astrand P.O. Why Exercise? An Evolutionary Approach / P.O. Astrand // *Acta Med. Scand.* - 1986. - V. 220. - P. 241.
178. Balioz N.V. Individual typological features in the EEG of athletes after acute hypoxic treatment / N.V. Balioz, S.G. Krivoshekov // *Human Physiology*. - 2012. - № 5. - P. 470-477.
179. Barry R.J. EEG differences between eyes-closed and eyes-open resting conditions / R.J. Barry, A.R. Clarke, S.J. Johnstone, et.al. // *Clin. Neurophysiology*. - 2007. - № 118. - P. 2765-2773.
180. Basar E. Brain function and oscillations. Integrative Brain Function - Neurophysiology and Cognitive Processes Based on EEG Oscillations / E. Basar. - Springer-Verlag New York, 1999. - 476 p.

181. Bazanova O.M. Comments for current interpretation EEG alpha activity: A review and analysis // *J. Behav. Brain Sci.* - 2012. - V. 2. - P. 239.
182. Behncke L. Mental Skills Training For Sport / L. Behncke // *Athletic Insight: The Online Journal of Sport Psychology.* - 2004. - Vol. 6. - № 1. P. 1-24.
183. Bolis C.L. Handbook of the autonomic nervous system in health and disease / C.L. Bolis, J. Licinio, S. Govoni, et.al. - 2003. - 677 p.
184. Bijleveld E. The cortisol response to anticipated intergroup interactions predicts self-reported prejudice / E. Bijleveld, D. Scheepers, N. Ellemers // *PLoS One.* - 2012. - № 3. - V. 7. - e3368.1.
185. Brauchli P. Electrocortical, autonomic, and subjective responses to rhythmic audio-visual stimulation / P. Brauchli, C.M. Michel, H. Zeier // *International J. of Psychophysiology.* - 1995. - № 19. - P. 53-66.
186. Bremer F. Physiological analysis of the general cortex in reptiles and birds / F. Bremer, R.S. Dow, G.J. Moruzzi // *Neurophysiol.* - 1939. - № 2. - P. 473-478.
187. Britton W.B. Sport psychology: Handbook of sports medicine and science / W.B. Britton. - UK.: Wiley-Blackwell, 2009. - 139 p.
188. Brunkner P. Clinical sports medicine McGraw Hill / P. Brunkner, K. Khan - Sydney, 2008. - 1013 p.
189. Budzynski T. Academic performance enhancement with photic stimulation and EDR feedback / T. Budzynski, J. Jordy, H.K. Budzynski, et.al. // *J. Neurother.* - 1999. - № 3 - P. 11-21.
190. Cahn B.R. Meditation states and traits: EEG, ERP and neuroimaging studies / B.R. Cahn, J. Polich // *Psychol. Bull.* - 2006. - V. 132. - P. 180.
191. Carter J.L. A pilot investigation of auditory and visual entrainment of brainwave activity in learning-disabled boys / J.L. Carter, H.L. Russell // *Texas Researcher: Journal of the Texas Center for Educational Research.* - 1993. - № 4. P. 65-73.
192. Clark R.C. Spontaneous alpha peak frequency predicts working memory performance across the age span / R.C. Clark, D. Veltmeyer, R.J. Hamilton, et.al. // *International Journal of Psychophysiology.* - 2004. - № 1. - Vol. 53. - P. 1-9.

193. Corrado D. Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program // D. Corrado, C. Basso, A. Pavei, et.al. // JAMA. - 2006. - V. 296. - № 13. - P. 1593-1601.
194. Cox R. Neurochemical responses to cranial electrical stimulation and photo-stimulation via brain wave synchronization / R. Cox, N. Shealy, R. Cady // The Journal of Neurological and Orthopaedic Medicine and Surgery. - 1996. - Vol. 17. - №. 1. - P.11.
195. Dempsey E. The interaction of certain spontaneous and induced cortical potentials / E. Dempsey, R. Morison // Am. J. Physiol. - 1941. - № 135. - P. 301-308.
196. Dieter J. The effects of variable frequency photostimulation goggles on EEG and subjective conscious state / J. Dieter, J. Weinstein // J. Ment. Imag. 1995. - № 19. - P. 77 - 90.
197. Fagard R.H. Exercise characteristics and the blood pressure response to dynamic physical training / R.H. Fagard // Med. Sci. Sports Exerc. - 2001. - № 33. - P. 484-492.
198. Fox P.T. Stimulus rate dependence of regional cerebral blood flow in human striate cortex, demonstrated by positron emission tomography / P.T. Fox, M.E. Raichle // Journal of Neurophysiology. - 1984. - № 51. - P. 1109-1120.
199. Filaire E. Psychophysiological stress in tennis players during the first single match of a tournament / E. Filaire, D. Alix, C. Ferrand, et.al. // Psychoneuroendocrinology. - 2009. - Vol. 34. - P. 150-157.
200. Frederick J.A. Effects of 18.5 Hz auditory and visual stimulation on EEG amplitude at the vertex / J.A. Frederick, J.F. Lubar, H.W. Rasey, et.al., // Journal of Neurotherapy. - № 3. - 1999. - P. 23-27.
201. Geraciotti T.D. Effects of trauma-related audiovisual stimulation on cerebrospinal fluid norepinephrine and corticotropin-releasing hormone concentrations in post-traumatic stress disorder / T.D. Geraciotti, D.G. Baker, J.W. Kasckow, et.al. // Psychoneuroendocrinology. - 2008. - № 4. - P. 416-424.

202. Glicksohn J. Photic driving and altered states of consciousness: An exploratory study / J. Glicksohn // *Imagination, cognition and personality*. - Vol. 6(2). - 1986. - P. 87.
203. Hagberg J.M. Effect of weight training on blood pressure and hemodynamics in hypertensive adolescents / J.M. Hagberg, A.A. Ehsani, D. Goldring et.al. // *J. Pediatr.* - 1984. - № 104. - P. 147-151.
204. Hiew C.C. Hemi-Sync into creativity / C.C. Hiew // *Hemy-sync J.* - 1995. - Vol. 13. - № 1. - P. 3-5.
205. Huang T.A comprehensive review of the psychological effects of brainwave entrainment / T. Huang, Ch. Charyton // *Altern. Ther.* - 2008. - № 14. - P. 38-49.
206. Janet P. Psychological healing: A historical and clinical study // P. Janet, E. Paul, C Paul. - New York: The Macmillan company, 1925.
207. John S. The effect of mindfulness meditation on HPA-Axis in precompetition stress in sports performance of elite shooters / S. John, S.K. Verma, G.L. Khanna // *NJIRM.* - 2011. - V. 2. - № 3. - P. 15-21.
208. Kamiya J. The first communications about operant conditioning of the EEG // *J. Neurotherapy.* - 2011. - V. 15(1). - P.65.
209. Kaplan A.Y. Unconscious operant conditioning in the paradigm of brain-computer interface based on color perception / A.Y. Kaplan, J.G. Byeon, J.J. Lim, et al. // *Int. J. Neuroscience.* - 2005. - V. 115. - P. 781.
210. Kasikciogly E. Endothelial flow-mediated dilation and exercise capacity in highly trained endurance athletes / E. Kasikciogly, H. Oflaz, H.A. Kasikciogly, et.al. // *The Tohoku journal of experimental medicine.* - 2005. - V. 205(1). - P. 45–51.
211. Kawaguchi T. The dynamics of phase relationships of alpha waves during photic driving / T. Kawaguchi, H. Jijiwa, S. Watanabe, et al. // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* - 1993. - № 87. - P. 88-96.
212. Kim D.K. Reorganization of the brain and heart rhythm during autogenic meditation / D.K. Kim, J.H. Rhee, S.W. Kang // *Front. Integr. Neurosci.* - 2014. - V.7. - P.109.

213. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis / W. Klimesch // Brain research review. - 1999. - № 29. - P. 169-195.
214. Klimesch W. EEG alpha oscillations: The inhibition-timing hypothesis / W. Klimesch, P. Sauseng, S. Hanslmayr // Brain res. rev. - 2007. - V. 53. - P. 63-88.
215. Kroger W.S. An electronic aid for hypnotic induction: A preliminary report / W.S. Kroger, S.A. Schneider // International journal of clinical and experimental hypnosis. - 1959. - № 7. - P. 93-98.
216. Kumano H. EEG-driven photic stimulation effect on plasma cortisol and beta-endorphin / H. Kumano, H. Horie, T. Kuboki, et.al. // Appl. psychophysiol. biofeedback. - 1997. - №3. - P.193-208
217. Lane J.D. Binaural auditory beats affect vigilance performance and mood / J.D. Lane, S.J. Kasian, J.E. Owens, et.al. // Physiol. behav. - 1998. - № 2. - P. 249-252.
218. Lazarev V.V. Photic driving in the EEG of children and adolescents: harmonic structure and relation to the resting state / V.V. Lazarev, D.M. Simpson, B.M. Schubsky, et.al. // Brazilian journal of medical and biological research. - 2001. - № 34. - P. 1573-1584.
219. Manns A. The application of audiostimulation and electromyographic biofeedback to bruxism and myofascial pain-dysfunction syndrome / A. Manns, R. Miralles, H. Adrián // Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. - 1981. - № 3. - P. 247-252.
220. Margolis B.S. A technique for rapidly inducing hypnosis / B.S. Margolis // Certified akers laboratories. - 1966. - № 12. - P. 21-24.
221. Martinez-Montes E. Concurrent EEG/fMRI analysis by multiway Partial Least Squares / E. Martinez-Montes, P.A. Valdés-Sosa, T. Miwakeichi et.al. // NeuroImage. - 2004. - V. 22. - № 3. - P. 1023-1034.
222. Masterova E.I. Immunological reaction to audiovisual stimulation in healthy subjects / E.I. Masterova, V.N. Vasil'ev, T.I. Nevidimova, et.al. // Bulletin of experimental biology and medicine. - 1999. - № 8. - Vol. 128. - P. 836-838.
223. Mellerowitz H. Ergometric. Grundrib der Medizinischen Leistungsmessung / H. Mellerowitz. - Munchen-Wien-Baltimore: Urban - Schwarzenberg, 1979.

224. Moretti D.V. Individual analysis of EEG frequency and band power in mild Alzheimer's disease // D.V. Moretti, C. Babiloni, G. Binetti, et.al. // *Clin. neurophysiol.* - 2004. - Vol. 115. - № 2. - P. 299-308.
225. Morse D.R. Brain wave synchronizers: a review of their stress reduction effects and clinical studies assessed by questionnaire, galvanic skin resistance, pulse rate, saliva, and EEG / D.R. Morse // *Stress Medicine.* - 1993. - № 9. - P. 111-126.
226. Michel M.M. Parameter learning but not structure learning: a Bayesian network model of constraints on early perceptual learning / M.M. Michel, R.A. Jacobs // *J. Vis.* - 2007. - № 1. - V. 7. - P. 4.
227. Mikicin M. Audio-visual and autogenic relaxation alter amplitude of alpha EEG band, causing improvements in mental work performance in athletes / M. Mikicin, M. Kowalczyk // *Appl. Psychophysiol. Biofeedback.* - 2015. - №40(3). - P. 219-227.
228. Murata T. Individual trait anxiety levels characterizing the properties of zen meditation / T. Murata, T. Takahashi, T. Hamada et.al. // *Neuropsychobiology.* - 2004. - V50(2). - P. 189.
229. Nomura T. Slow-wave photic stimulation relieves patient discomfort during esophagogastroduodenoscopy / T. Nomura, K. Higuchi, H. Yu, et al. // *J. Gastroenterol. Hepatol.* - 2006. - № 21. - P. 54-58.
230. Nottin S. Central and peripheral cardiovascular adaptations to exercise in endurance-trained children / S. Nottin, A. Vinet, F. Stecken, et.al. // *Acta Physiol. Scand.* - 2002. - № 175. - P. 85-92.
231. Nunez P. Spatial-temporal structures of human alpha rhythms: theory, microcurrent sources, multiscale measurements, and global binding of networks / P. Nunez, B. Wingeier, R. Silberstein // *Hum. Brain Mapp.* - 2001. - №13(3). - P. 125-164.
232. Olmstead R. Use of auditory and visual stimulation to improve cognitive abilities in learning-disabled children / R. Olmstead // *J. Neurother.* - 2005. №9(2) - P. 49-61.
233. Ossebaard H.C. Stress reduction by technology? An experimental study into the effects of brain machines on burnout and state anxiety / H.C. Ossebaard // *Appl. Psychophysiol. Biofeedback.* - 2000. - №25(2). - P.93-101.

234. Ostrander M.M. Hypoactivity of the hypothalamo-pituitary adrenocortical axis during recovery from chronic variable stress / M.M. Ostrander, Y.M. Ulrich-Lai, D.C. Choi // *Ibid.* - 2006. - V. 147. - № 4. - P. 2008-2017.
235. Palva J. Phase synchrony among neuronal oscillations in the human cortex / J. Palva, S. Palva, K. Kaila // *J. Neurosci.* - 2005. - V. 25(15). - P. 3962-3972.
236. Park Y.J. Clinical utility of paced breathing as a concentration meditation practice / Y.J. Park, Y.B. Park // *Complement Ter. Med.* - 2012. - V 20(6). - P. 393.
237. Patrick G.J. Improved neuronal regulation in ADHD: An application of 15 sessions of photic-driven EEG neurotherapy / G.J. Patrick // *J Neurother.* - 1996. - №1(4). - P. 27-36.
238. Peniston E.G. Alpha-theta brainwave training and beta-endorphin levels in alcoholics / E.G. Peniston, P.J. Kulkosky // *Alcohol. Clin. Exp. Pes.* - 1989. - Vol. 13. - № 2. - P. 271-279.
239. Pietrini P. Low glucose metabolism during brain stimulation in older Down's syndrome subjects at risk for Alzheimer's disease prior to dementia / P. Pietrini, A. Dani, M.L. Furey, et.al. // *Am. J. Psychiatry.* - 1997. - № 8. - P.1063-1069.
240. Pigeau R. Steady state visual evoked responses in high and low alpha subjects / R. Pigeau, A. Frame // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* - 1992. - № 84. - P. 101-109.
241. Prinsloo G.E. The effect of a single session of short duration heart rate variability biofeedback on EEG: a pilot study / G.E. Prinsloo, H.G.L. Rauch, D. Karpul, et.al. // *Appl. Psychophys. Biofeedback.* - 2013. - V.38. - P.45.
242. Ramírez N. Electroconvulsive therapy and serotonergic system / N. Ramírez, B. Arranz, R.M. Dueñas, et.al. / *Actas Esp. Psiquiatr.* - 2000. - №5. - P. 330-6.
243. Rosenfeld J.P. The Effects of Alpha (10 Hz) and Beta (22 Hz) "Entrainment" Stimulation On the Alpha and Beta EEG Bands: Individual Differences are Critical to Prediction of Effects / J.P. Rosenfeld, A. Reinhart, S. Srivastava // *Applied Psychophysiology and Biofeedback.* - 1997. - V. 22. - № 1. - P. 3 - 20.
244. Sahni S.P. Biofeedback mediated relaxation therapy for performance enhancement / S.P. Sahni / *International Scientific Sports Congress, Patiala, 1996.*



245. Scouarnec R.P. Use of binaural beat tapes for treatment of anxiety: a pilot study of tape preference and outcomes / R.P. Scouarnec, R.M. Poirier, J.E. Owens, et.al. // *Altern. Ther. Health Med.* - 2001. - № 7(1). - P. 58-63.
246. Sheferd R. EEG correlates of hemispheric differences during a rapid calculation task / R. Sheferd, A. Gale // *Brit. J. Psychol.* - 1982. - V.73. - P. 73.
247. Shmelkina R. Some EEG findings caused by real and imaginary stimuli in patients and healthy subjects / R. Shmelkina // *Applied Psychophysiol. Biofeedback.* - 1999. - V. 24. - № 2. - P. 143.
248. Siever D. Audio-visual entrainment: A novel way of boosting grades and socialization while reducing stress in the typical college student / D. Siever // *Biofeedback.* - 2012. - Vol. 40. - № 3. - P. 115-124.
249. Stebliuk V. Hemodynamic effects of audio-visual stimulation in the treatment for patients with arterial hypertension on the background of the syndrome of psycho-emotional stress / V. Stebliuk, A. Podolsky // *Journal of Health Sciences.* - 2012. - V.2. - № 4(8). - C. 265-270.
250. Sterman M.B. Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: implications for self-regulation / M.B. Sterman // *Biofeedback Self-Regul.* - 1996. - № 21. - P. 3-33.
251. Stipacek A. Sensitivity of human EEG alpha band desynchronization to different working memory components and increasing levels of memory load / A. Stipacek, R.H. Grabner, C. Neuper, et.al. // *Neurosci. Lett.* - 2003. - V. 353. - № 3. - P. 193-196.
252. Task Force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology. Heart Rate Variability / Standards of measurements, physiological interpretation, and clinical use. // *Circulation.* - 1996. - V. 93. - P. 1043-1065.
253. Teplan M. Direct effects of audio-visual stimulation on EEG / M. Teplan, A. Krakovská, S. Stolc // *Comput. Methods Programs Biomed.* - 2011. - V. 102. - № 1. - P. 17-24.

254. Thatcher R.W. Intelligence and EEG phase reset: a two compartmental model of phase shift and lock / R.W. Thatcher, D.M. North, C.J. Biver // *Neuroimage*. - 2008. - V. 42. - № 4. - P. 1639-1653.
255. Timmermann D.A.L. Effects of 20-min audio-visual stimulation AVS at dominant alpha frequency and twice dominant alpha frequency on the cortical EEG / D.A.L. Timmermann, J.F. Lubar, H.W. Rasey, et.al. // *International Journal of Psychophysiology*. - 1999. - № 32. - P. 55-61.
256. Townsend R.E. Stabilization of alpha-frequency by sinusoidally modulated light / R.E. Townsend, A. Lubin, P. Naitoh // *Electroenceph. Clin. Neurophysiol.* - 1975. - № 39. - P. 515-518.
257. Travis F. Autonomic and EEG patterns distinguish transcending from other experiences during transcendental meditation / F. Travis // *Int. J. Psychophysiol.* - 2001. № 42. - P. 1-9.
258. Trojan S. *Fyziológia II* / S. Trojan, V. Hrachovina, O. Kittnar, et.al. // Bratslava: Osveta, 1992. - P. 716-721.
259. Tsai S.L. Audio-visual relaxation training for anxiety, sleep, and relaxation among Chinese adults with cardiac disease / S.L. Tsai // *Res. Nurs. Health*. - 2004. - № 27(6). - P. 458-468.
260. Vernon D. The effect of distinct neurofeedback training protocols on working memory, mental rotation and attention performance / D. Vernon, T. Egner, N. Cooper // *J. Neurotherapy*. - 2004. - V.8 (1). - P. 100.
261. Wahbeh H. Binaural beat technology in humans: a pilot study to assess neuropsychologic, physiologic, and electroencephalographic effects / H. Wahbeh, C. Calabrese, H. Zwickey, et.al. // *J. Altern. Complement Med.* - 2007. - №13(2). - P. 199-206.
262. Walter G. An analyses of the electrical response of the human cortex to photic stimulation / G. Walter, V.J. Dovey, H.W. Shipton // *Nature*. -1946. - № 158. - P. 540-541.

263. Walter V.J. The central effects of rhythmic sensory stimulation / V.J. Walter, W.G. Walter // *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* - 1949. - № 1. - P. 57-86.
264. Walton K.G. Stress reduction and preventing hypertension: preliminary support for a psychoneuroendocrine mechanism / K.G. Walton, N. Pugh // *The Journal of Alternative and Complimentary Medicine.* - 1995. - Vol. 1. - P. 263-283.
265. Zaichkowsky L.D. Biofeedback applications in exercise and athletic performance / L.D. Zaichkowsky, C.Z. Fuchs // *Exerc. Sport Sci.* - 1988. - № 16. - P. 381-421.