

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

*На правах рукописи*

**КАЛИННИКОВА ЮЛИЯ ГЕННАДЬЕВНА**

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ НА  
АЭРОБНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ РАЗЛИЧНОЙ РИТМО-  
ТЕМПОВОЙ СТРУКТУРЫ**

03.03.01 – физиология

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:  
д-р мед.наук, профессор  
Капилевич Л.В.

ТОМСК 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ .....	2
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	5
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....	14
1.1 Психофизиология функциональных состояний.....	14
1.2 Влияние музыки на функциональное состояние организма человека .....	15
1.3 Физиологические эффекты физических нагрузок с различной ритмо-темповой структурой.....	21
ГЛАВА 2 МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	23
2.1. Объект исследования .....	23
2.2. Организация исследования .....	23
2.3. Методы исследования.....	26
2.3.1. Измерение концентрации молочной кислоты в крови .....	26
2.3.2. Психологическое тестирование.....	28
2.3.3. Психофизиологическое тестирование.....	29
2.3.4. Электронейромиография .....	30
2.3.5. Метод электроэнцефалографии.....	33
2.3.6. Метод кардиоинтервалографии.....	38
2.3.7. Методы математической статистики.....	43
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ .....	44
3.1. Концентрации молочной кислоты в крови после нагрузок различной ритмо-темповой структуры .....	44
3.2. Влияние ритмической нагрузки на психофизиологические показатели.....	46
3.2.1. Результаты психологического тестирования .....	46
3.2.2. Оценка свойств нервной системы по психомоторным показателям (методика «Теппинг-тест»).....	52
3.2.3. Методика «Оценка мышечной выносливости» .....	53
3.2.4. Методика «Контактная координациометрия по профилю» .....	55
3.3. Влияние ритмической нагрузки различного уровня на нервно-мышечный аппарат обследуемых.....	56
3.3.1. Влияние ритмической нагрузки различного уровня на показатели биоэлектрической активности мышц в покое и при максимальном произвольном напряжении.....	56
3.3.2. Влияние ритмической нагрузки различного уровня на показатели биоэлектрической активности головного мозга .....	62

3.3.3. Влияние музыкального сопровождения различной ритмо-темповой структуры на биоэлектрическую активность головного мозга .....	66
3.3.4. Влияние нагрузки различной ритмо-темповой структуры на уровень когерентности электрической активности коры .....	70
3.4. Влияние физической нагрузки различной ритмо-темповой структуры на характеристики вегето-сосудистой системы .....	74
3.4.1. Оценка исходного вегетативного тонуса, вегетативной реактивности, вегетативного обеспечения деятельности, типа реакции на ортостатическую нагрузку и восстановительного периода .....	74
3.4.2. Оценка количественных показателей variability сердечного ритма и показателей спектральных составляющих .....	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	86
ВЫВОДЫ .....	94
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	96

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АМо – амплитуда моды

$Dx, \Delta X$  – вариационный размах

HF – дыхательные волны

LF – медленные волны 1 порядка

Mo –мода

VLF – дыхательные волны 2 порядка

ВНС – вегетативная нервная система

ВОД – вегетативное обеспечение деятельности

ВР – вегетативная реактивность

ВСР – вариабельность сердечного ритма

ДЕ – двигательная единица

ИВСВ – индекс вагосимпатического взаимодействия

ИВТ – исходный вегетативный тонус

ИН – индекс напряжения

ИЦ – индекс централизации

КИГ – кардиоинтервалография

ПВ – период восстановления

ССС – сердечно-сосудистая система

ТР – суммарная мощность спектра

ЦНС – центральная нервная система

ЧСС – частота сердечных сокращений

ЭКГ – электрокардиограмма

ЭМГ – электромиография

ЭЭГ - электроэнцефалография

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность темы исследования.**

Использование музыкального сопровождения различной ритмо-темповой структуры на занятиях по аэробике является ее методической особенностью и существенно отличает этот вид физической активности от других средств физического воспитания. Подбор определенного музыкального ритма является важным условием правильной организации учебно-тренировочного процесса по аэробике [60, 118].

Организм человека обладает свойством заимствования ритмов, предлагаемых внешней средой. При этом он сонастраивается с предлагаемым ритмом, стимулируя или сдерживая темп своей работы в соответствии с конкретными обстоятельствами. А.А. Ухтомским (1962, 1966) был выдвинут определяющий понимание данного процесса принцип усвоения ритма, согласно которому в основе ритмообразования на внешний раздражитель лежит рефлекторное сонастраивание ритмов и темпов деятельности отдельных участков нервной системы [72]. При этом скорость и ритмы протекания вегетативных процессов так же синхронизируются с ритмо-темповой структурой двигательных действий. Особенности восприятия и усвоения ритма органически связаны с функциями слухомоторного аппарата человека, который обеспечивает настройку на различные частотно-темповые колебания ритма, вызывающие в восприятии человека целую гамму двигательных ощущений и представлений [73].

Ритмические звуковые колебания связаны с ощущением движения [63, 64]. Поэтому, если во время двигательной деятельности человек слышит ритмические звуковые колебания, то у него непроизвольно возникает слухомоторная координация, которая существенным образом влияет на характер и качество выполнения движений (Коджаспиров Ю.Г., 1987) [29]. При этом, например, за звучанием шестнадцатых долей в музыке могут следовать легкие пальцевые движения слушателя, а за основным темпом – более тяжелые движения всей руки, ноги или туловища. За пульсацией тактовых долей может следовать ритм сердечных сокращений, за пульсацией музыкальных фраз – ритм дыхания и т. д.

[34, 90]. В.В. Романенко провел исследование доказывающее взаимосвязь технической подготовленности спортсменов с уровнем развития специфических восприятий, чувства темпа и ритма [57, 58].

Разрабатываются подходы, предполагающие применение музыкальных или музыкоподобных сигналов обратной связи от собственных биоэлектрических характеристик, облегчающих пациенту их восприятие и способствующих увеличению эффективности лечебных воздействий [74, 89]. Таким образом, внешние ритмические стимулы, как аудиальные, так и двигательные, способны оказывать влияние на ритмическую структуру физиологических процессов [75, 86]. Это обуславливает интерес, проявляемый исследователями к возможностям целенаправленной ритмической стимуляции и регуляции в спортивной деятельности [76, 88].

Все изложенное подтверждает актуальность исследования влияния ритмо-темповой структуры занятия по аэробике на уровни регуляции сердечного ритма, нервно-мышечную систему и состояние функциональных резервов организма спортсменов.

### **Степень разработанности темы исследования.**

Современное состояние проблемы музыкально-ритмического воздействия на организм спортсменов включает несколько ведущих направлений, которые развиваются с различной степенью активности. В научной литературе представлен ряд школ по изучению музыкального воздействия на организм человека [67]: шведская (А. Понтвик), американская (К. Роббинс, Д. Кэмпбелл, С. Гроф), немецкая (Х. Швабе, Г. Декер-Фойгт), английская (Д. Альвин), итальянская (А. Менегетти), французская (А. Томатис), швейцарская (В. Кёллер), польская (Е. Галинска), чешская (З. Матейова, С. Машура), китайская (Кунг Тай, Ванг СуТонг) и др. [16, 42, 68, 95, 96, 102, 111, 112].

Доказано, что прослушивание музыки активизирует широкую двустороннюю сеть областей мозга, связанных со вниманием, семантической обработкой, памятью, двигательными функциями и эмоциональной обработкой [55, 56, 114, 124, 125].

Музыкальное воздействие также улучшает эмоциональное и когнитивное функционирование у здоровых людей и в различных клинических группах пациентов [31, 104, 130].

Согласно физиологическим исследованиям выявлено влияние музыкального ритма на различные системы организма человека [87, 92, 137, 138]. При этом физиологические ритмы человека резонируют и непроизвольно подстраиваются под частотные и динамические показатели музыкального сопровождения (Бойко А.В., Ковленко Е.В., 2013). Показано, что музыкальный темп, ритм, структурное строение произведения и другие музыкальные факторы могут подчинять себе ритм внутренних физиологических процессов [99, 101, 103].

На сегодняшний день исследователи пытаются выявить факторы, детерминирующие максимально эффективное воздействие музыки на состояние человека, понять суть механизмов музыкального воздействия [131, 132, 135, 136]. Существенный интерес уделяется изучению механизмов активации адаптивно-приспособительных структур, при этом наибольшую важность приобретают меры по совершенствованию имеющихся и созданию новых результативных подходов для оптимизации и корректировки функционального состояния организма человека [107, 108, 109, 113, 116].

При этом проблема значения характеристик музыкального сопровождения спортивных тренировок в различных видах спорта остается не полностью изученной. Традиционно большее внимание в аэробных тренировках отводится интенсивности выполняемой работы, ритмо-темповые характеристики при этом остаются вне внимания исследователей или им отводится вспомогательная роль.

**Цель исследования.** Исследовать физиологические реакции организма девушек, занимающихся аэробикой, на выполнение аэробных физических нагрузок различной ритмо-темповой структуры.

**Задачи исследования:**

1. Изучить влияние аэробных физических нагрузок различной ритмо-темповой структуры на психофизиологические показатели спортсменок.

2. Изучить особенности биоэлектрической активности скелетных мышц ног при выполнении аэробных физических нагрузок различной ритмо-темповой структуры.

3. Изучить биоэлектрическую активность головного мозга при выполнении аэробных физических нагрузок различной ритмо-темповой структуры.

4. Изучить влияние аэробных физических нагрузок различной ритмо-темповой структуры на вегетативный баланс организма спортсменов.

#### **Научная новизна исследования:**

Впервые выполнено комплексное исследование влияния аэробных нагрузок различной ритмо-темповой структуры на психофизиологические и электроэнцефалографические показатели, биоэлектрическую активность скелетных мышц нижних конечностей и уровень вегетативной регуляции.

Впервые показано, что психофизиологические адаптационные перестройки при изменении ритмо-темповой структуры аэробной нагрузки имеют фазный характер: при возрастании ритма занятий снижение силы и подвижности нервных процессов, нарушения координации движений сменяются увеличением силы нервных процессов, увеличением силы и выносливости мышц, возрастанием их точности движений, а также в изменении структуры моторных асимметрий.

Впервые показано, что после выполнения аэробных упражнений с различной ритмо-темповой структурой происходит снижение амплитуды биоэлектрической активности мышц при максимальном произвольном напряжении и, напротив, ее возрастание при расслаблении, что можно интерпретировать как снижение экономичности мышечной деятельности. Данный эффект усиливался при увеличении ритмо-темповой структуры аэробных тренировок.

Впервые показано, что аэробные нагрузки с различной ритмо-темповой структурой по-разному модулируют биоэлектрическую активность коры головного мозга: после занятий аэробикой с ритмо-темповым сопровождением 115-125 уд/мин наблюдается повышение максимальной мощности альфа и бета активности, увеличение ритмо-темповой структуры занятий до 125-140 уд/мин приводит к снижению мощности этих диапазонов, а при ритмо-темповой структуре занятия

140-160 уд/мин наблюдалось увеличение максимальной мощности дельта-активности.

Впервые показано, что прослушивание ритмической музыки способствует усилению когерентности электрической активности коры головного мозга, причем для активности альфа-диапазона этот эффект был в большей степени выражен в лобной области, тогда как для тета-диапазона – в затылочной. Наибольший эффект отмечался при прослушивании музыки с ритмо-темповой структурой максимальной частоты. Физическая нагрузка с различной ритмо-темповой структурой, напротив, приводила к снижению когерентности, при этом для альфа-активности эффект более выражен при выполнении упражнений с низкой частотой, тогда как для тета-активности – с высокой. Прослушивание музыки после физических нагрузок способствовало усилению когерентности (в некоторых случаях даже выше фоновых значений).

Впервые показано, что аэробные нагрузки различной ритмо-темповой структуры способны модулировать уровень централизации управления вегетативной системой: при выполнении упражнений с ритмо-темповым сопровождением 115-125 уд/мин наблюдалось преобладание центрального влияния на ритм сердца, увеличение частоты до 125-140 уд/мин способствовало усилению автономного влияния, нагрузка же с частотой 140-160 уд/мин усиливала активность подкоркового центра регуляции сердечного ритма.

#### **Теоретическая и практическая значимость исследования:**

Полученные результаты раскрывают ряд важных физиологических закономерностей (в частности, характер взаимосвязей биоэлектрической активности головного мозга, вегетососудистых перестроек, изменения паттернов мышечной активности и психофизиологических параметров), характеризующих реакцию организма спортсменов на аэробные нагрузки различной ритмо-темповой структуры. Результаты исследования могут послужить основой для разработки и внедрения в тренировочный процесс новых подходов и методических приемов, способствующих повышению эффективности тренировочного процесса в спортивной аэробике.

Результаты диссертационной работы внедрены в учебно-тренировочный процесс специализации «аэробика» на факультете физической культуры и в учебный процесс по дисциплинам «Возрастная морфология» и «Физиология спорта», для студентов, обучающихся на 3-4 курсах по направлениям подготовки «Физическая культура» и «Рекреация и спортивно-оздоровительный туризм», кафедры спортивно-оздоровительного туризма, спортивной физиологии и медицины факультета физической культуры федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

### **Методология и методы исследования**

Методология настоящего исследования основана на теории функциональных систем П.К. Анохина [4], на концепции уровневого построения организации движений Н.А. Бернштейна и концепции физиологического обеспечения спортивного мастерства. В работе использовался комплекс функциональных методов исследования: психофизиологическое тестирование, электромиография, электроэнцефалография, методы исследования вегетососудистого баланса.

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

1. Физиологические реакции организма девушек, занимающихся аэробикой, при изменении ритмо-темповой структуры аэробной нагрузки имеют фазный характер: в зависимости от частоты выполнения упражнений изменяются паттерны биоэлектрической активности головного мозга, степень ее синхронизации и когерентности, что сопровождается разнонаправленными изменениями психофизиологических функций – силы и подвижности нервных процессов, координации и точности движений, текущего субъективного самочувствия, уровня тревожности, а так же структуры моторных асимметрий.

2. После аэробных упражнений снижается экономичность мышечной деятельности, причем данный эффект усиливался при увеличении ритмо-темповой структуры тренировок. Одновременно изменяется уровень централизации управления вегетативной системой: при выполнении упражнений с ритмо-темповым сопровождением 115-125 уд/мин наблюдается преобладание

центрального влияния на ритм сердца, увеличение частоты до 125-140 уд/мин способствует усилению автономного влияния, нагрузка же с частотой 140-160 уд/мин усиливает активность подкоркового центра регуляции сердечного ритма.

### **Степень достоверности и апробации результатов**

Достоверность полученных результатов определяется высоким методическим уровнем исследования, использованием сертифицированного современного оборудования, корректным формированием исследуемых групп и использованием методов статистического анализа. Все оборудование, применяемое в работе, имело необходимые сертификаты и своевременно проходило поверку, подбор групп для исследования выполнялся методом рандомизации и в соответствии с критерием репрезентативности. Методы статистического анализа полностью соответствовали размерам выборок и характеру распределения экспериментальных данных.

Основные результаты проведенных исследований по теме диссертации обсуждены на всероссийских и международных конференциях: Всероссийская 71-я итоговая студенческая научная конференция им. Н.И. Пирогова (Томск, 2012 г.); VII Сибирский съезд физиологов (Красноярск, 2012 г.); Международная заочная научно-практическая конференция: Современное общество, образование и наука (Тамбов, 2012 г.); Международная научно-практическая конференция: Здоровый образ жизни человека – национальная проблема современного общества (Невинномысск: ГАОУ ВПО «НГГТИ», 2012 г.); 8-й Международный Междисциплинарный Конгресс: «Нейронаука для медицины и психологии» (Судак, Крым, Украина, 2012 г.); VI Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, посвященная памяти В. С. Пирусского: Физическая культура, здравоохранение и образование (Томск, Томский государственный университет, 2012 г.); 3 Всероссийский конгресс с международным участием «Медицина для спорта – 2013» в преддверии Олимпиады: Спортивная медицина: наука и практика (Москва, 2013г.); «Нейронаука для медицины и психологии»: 9-й Международный Междисциплинарный Конгресс (Судак, Крым, Украина, 2013 г.);

Межрегиональная научно-практическая конференция: Физическая культура и спорт на современном этапе: проблемы, поиски, решения (Томск: ТПУ, 2013г.); I Международная научно-практическая конференция: Актуальные проблемы экологии и здоровья человека (Череповец: ФГБОУ ВПО ЧГУ, 2013 г.); III Всероссийская научно-практическая конференция: Спорт, олимпизм, олимпийский край: навстречу XXII Олимпийским зимним играм и XXI Паралимпийским зимним играм 2014 года в городе Сочи (Москва-Краснодар-Сочи 2013 г.); IV съезд физиологов СНГ (Сочи-Дагомыс, 2014 г.); Межрегиональная научно-практическая конференция: Физическая культура и спорт на современном этапе: проблемы, поиски, решения (Томск, ТПУ, 2014 г.); 11-й Международный Междисциплинарный Конгресс «Нейронаука для медицины и психологии» (Судак, Крым, 2015 г.); 4-ая Международная междисциплинарная конференция «Современные проблемы системной регуляции физиологических функций» (Москва, 2015 г.); X Международная научно-практическая конференция «Физическая культура, здравоохранение и образование», посвященная памяти В.С. Пирусского (Томск, Томский государственный университет, 2016 г.); XI Международная научно-практическая конференция «Физическая культура, здравоохранение и образование», посвященная памяти В.С. Пирусского (Томск, Томский государственный университет, 2017 г.); XII Международная научно-практическая конференция «Физическая культура, здравоохранение и образование», посвященная памяти В.С. Пирусского (Томск, Томский государственный университет, 2018 г.).

По теме диссертации опубликовано 26 печатных работы, из них 9 – в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (в том числе 6 публикаций в журналах, индексируемых Scopus), 16 публикаций в сборниках материалов международных, всероссийских и региональных учебно-методических и научно-практических конференций, а также 1 монография.

## **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа изложена на 111 страницах машинописного текста и состоит из введения, глав: «Обзор литературы», «Материалы и методы исследования», «Результаты и обсуждение», заключения и выводов. Библиография включает 141 ссылку, в том числе 85 работ отечественных авторов и 56 – зарубежных. Работа иллюстрирована 29 рисунками и 24 таблицами.

## ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

### 1.1 Психофизиология функциональных состояний

Жизнь всех организмов на земле подчиняется ритму, и организм человека не исключение. Существует два основных периода функционального состояния человека: бодрствование и сон. В активную фазу бодрствования разворачивается любая психическая деятельность. Для оптимального функционирования всех органов и систем необходима четкая организация циклов их работы. Для этого в организме существует стабильное межцентральное взаимодействие структур головного мозга. Строгая ритмичность, стабильность доминирующей частоты в состоянии относительного покоя создают оптимальный фон для сканирования информации и её квантования. Причина возникновения тех или иных ритмов жизнедеятельности лежит вне организма и связана с изменениями, происходящими в окружающей его среде, управление этими биологическими ритмами и их коррекция являются функцией самого организма. Зная закономерности функционирования физиологических систем организма, можно различными средствами двигательной активности эффективно влиять на отдельные их звенья, ускоряя приспособление к физическим нагрузкам и повышая тренированность, то есть управлять адаптационным процессом и состоянием функциональных резервов [39].

Психофизиологические характеристики организма, как постоянные, так и текущие, отражают особенности функционирования нервной системы, поэтому на основании психофизиологических показателей можно сделать выводы о психологических и соматических параметрах, характерных для испытуемого перманентно либо на момент обследования [38, 39]. Так, например, если получен низкий показатель скорости протекания сенсомоторной реакции, то это свидетельствует о наличии низкого текущего функционального состояния либо о соответствующих особенностях свойств нервных процессов, что может быть обусловлено как характеристиками психического состояния либо темперамента,

как психологическими параметрами, так и наличием соответствующей степени острого либо хронического соматического расстройства [1, 3, 11, 18, 20, 23, 38, 39].

Динамика исследуемых параметров показывает, что механизм восприятия музыки – многосторонний процесс, влекущий ряд психофизиологических изменений. Влияние музыки связано, прежде всего, с формированием условного рефлекса, возникающего на базе одного из безусловных рефлексов – ориентировочного, связанного с приходом сенсорных импульсов в кору [7]. Правильно подобранная музыка действительно улучшает устойчивость внимания, что объясняется с позиции физиолога активизацией правого полушария и его участия в установке психических процессов к сложным формам умственной деятельности [17, 24, 29, 31, 44].

## **1.2 Влияние музыки на функциональное состояние организма человека**

Явлением ритма характеризуются многие стороны окружающей нас действительности [46, 126]. Ритмом отмечены как жизнедеятельность самого человека, так и существование окружающей его среды, а поэтому ритм изучается в самых разных науках: в физике, биологии, социологии, искусствоведении, музыковедении, эстетике, литературоведении и во многих других [36, 84].

Музыка окружает нас повсюду. Она стала неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, поскольку ни одно мероприятие не обходится без музыкального сопровождения [26, 127]. Согласно литературным данным, современные музыкальные направления оказывают разное влияние на психологическое и физиологическое состояния организма человека [51, 133].

Современное состояние проблемы музыкального воздействия характеризуется несколькими направлениями исследований, которые развиваются с различной степенью активности. В научной среде представлен ряд школ по изучению музыкального воздействия на организм человека [67]: шведская (А.Понтвик), американская (К.Роббинс, Д.Кэмпбелл, С.Гроф), немецкая (Х.Швабе, Г.Декер-Фойгт), английская (Д.Альвин), итальянская (А.Менегетти), французская (А.Томатис), швейцарская (В.Кёллер), польская (Е.Галинска), чешская

(З.Матейова, С.Машура), китайская (Кунг Тай, Ванг СуТонг) и др. [16, 42, 68, 95, 96, 102, 111, 112].

У людей прослушивание музыки активирует широкую двустороннюю сеть областей мозга, связанных со вниманием, семантической обработкой, памятью, двигательными функциями и эмоциональной обработкой [11, 93]. Музыкальное воздействие также улучшает эмоциональное и когнитивное функционирование у здоровых людей и в различных клинических группах пациентов [92, 98, 102, 104].

Физиологическое воздействие музыки на человека основано на том, что нервная система, мускулатура обладает способностью усвоения ритма [97, 118, 136]. Музыка как ритмический раздражитель стимулирует физиологические процессы организма, происходящие ритмично [59, 95]. В исследованиях В. Тесленко показаны возможности применения музыкальной гармонизирующей физиотерапии на пациентов с целью профилактики и лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата, нервной, иммунной, эндокринной и дыхательной систем. В 2001 году доктор Энн Блад и Роберт Заторре из Университета Макгилла в Монреале в своих исследованиях показали, что эмоциональные ответы на приятную и неприятную музыку коррелируют с активностью паралимбических отделов мозга [46, 66]. Э.А. Голубевой (1989) выявлена взаимосвязь между музыкальной ритмической пульсацией и биотоками мозга [71, 95].

Немалое значение имеет также соответствие ритма музыки сердечному ритму человека. Карагеоргис установил, что, когда человеческое сердце бьется в интервале между 30 и 70% от максимально допустимого пульса при тренировках (максимум рассчитывается индивидуально, самый простой прием: из 220 ударов в минуту вычесть возраст), то ему больше всего подходит музыка со скоростью от 90 до 120 уд/мин. Но когда мы достигаем анаэробного порога, и пульс переходит в интервал между 70 и 80% от максимума, нам нужен скачок музыки в частоту от 120 до 150 уд/мин. По достижении частоты пульса выше 80% от максимальных значений он перестает реагировать на увеличение музыкального темпа [95].

Исследования Н.Н. Захаровой и В.М. Авдеева свидетельствуют об изменении активности коры головного мозга под воздействием музыки [2, 45].

Дрофман исследовал влияние музыки различного темпа и лада на динамику восстановления работоспособности после физических нагрузок в зависимости от силы нервной системы и определил, что воздействие музыки видоизменяет течение восстановления [16].

Влияние музыкальных форм на организм человека происходит на физиологическом (низшем) и высшем (психическом) уровнях. Воздействие на первом уровне осуществляется через внешнюю физическую сторону музыкального произведения: высоту звука, его громкость, продолжительность действия, тембр, тональность и ритм [94, 103, 104, 115].

Музыка используется сейчас многими медиками и психологами для снятия стрессов, излечения различных заболеваний [19]. Выявлено, что мозг обладает своей мелодикой и в здоровом состоянии отличается от больного, в спокойном - от возбужденного [110].

Первые научные работы, посвященные механизму влияния музыки на человека, появились в конце XIX- нач. XX столетия. В работах В.М. Бехтерева, И.М. Сеченова, И.М. Догеля, И.Р. Тарханова находим данные о благоприятном влиянии музыки на ЦНС, дыхание, кровообращение и газообмен [67, 83].

А.С. Догель [83] при помощи различных приборов устанавливал учащение и замедление кровообращения, изменение пульсовой волны, изменения внутренней секреции, в поперечнополосатых мышцах, которые происходили в зависимости от восприятия различных компонентов музыки - звуков разной высоты, мажорного и минорного лада, консонансов и диссонансов, восходящего и нисходящего движения мелодии, темпа, ритма, динамики, простых и сложных гармоний [43]. И.П. Павлов и В.М. Бехтерев показали [67], что это происходит в силу ответных реакций организма, его центральной нервной системы. Бехтерев В.М., в частности, подчеркивал, что установление причин и механизмов влияния музыки на организм дает знание того, как вызвать или ослабить возбужденное состояние [67].

П.К. Анохин [4] считал, что звуковые колебания, воспринимаемые органами слуха, влияют на состояние человека, воздействуя на определенную область подкорки головного мозга.

Также в исследованиях раскрыты лечебные свойства звука на основе вибрационного воздействия [111]. В работах Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакиной, Т.С. Кузьменко [12] показано, что музыкальные произведения, построенные на основе «золотого сечения» (шедевры классической музыки), действуют по принципу малых (информационных) воздействий и оказывает на организменном уровне поддержание сверхустойчивости биологической системы клеточного уровня организации [13].

В 1998 году И. Розиным и В. Богдановичем [61] в соавторстве был найден метод исследования воздействия музыки, на организм человека методами инфракрасной спектроскопии. Метод позволяет считывать и учитывать качественные и количественные параметры воздействия произведения искусства на организм с объективной оценкой последнего. Они позволяют осуществлять контроль над процессом взаимодействия субъекта и объекта, дают возможность его фиксировать и сохранять продолжительное время.

Исследования также показали [103], что под воздействием классической музыки происходят важные изменения в составе крови, резко сокращается количество гормонов, вызывающих перенапряжение нервной системы. Одновременно с этим в крови увеличивается концентрация протеина интерлейкин-1, который является одним из важнейших элементов системы иммунной защиты организма от вирусов [37].

Отмечают функциональные изменения в ЦНС при восприятии музыки [81]. Были установлены изменения потока возбуждения в кортикоталамических и кортико-лимбических кругах в процессе восприятия музыкальных произведений [129]. В исследованиях Н.А. Фудина, О.П. Тараканова, С.Я. Классиной [78] доказано позитивное влияние музыки в состоянии стресса, повышение тонуса головного мозга, активизация целенаправленной деятельности. Исследования И.В. Темкина показывают изменения вегетативных реакций организма в зависимости от характера музыки. В.А. Бианки, П.А. Шарапова отмечают повышение эффективности физиологических процессов, усиление эмоционального

возбуждения, внимания, активизации центральной нервной системы, стимулирования мышечной деятельности, увеличение работоспособности [54].

Музыка способна активировать различные механизмы регуляции сердечного ритма, затрагивая как стволовые отделы мозга, так и высшие центры управления, в частности, лобные области коры головного мозга, что сказывается на волновой структуре сердечного ритма [5, 8, 10, 117].

Степень нервно-психического напряжения связана не только с характеристиками нагрузок, но и с функциональным состоянием самих физиологических систем организма, прежде всего тех, на которые они воздействуют [122]. В связи с этим одна и та же нагрузка будет вызывать разную степень напряжения в организме здорового и больного человека, утомленного и отдохнувшего [118, 121].

Нервно-психические нагрузки как составляющие полифункционального психофизиологического исследования требуют активного участия, деятельности человека (испытуемого) в процессе тестирования. Сдвиги в функционировании физиологических систем при этом являются отражением сложных системных процессов в организме человека во время его деятельности [123]. Как и продуктивность деятельности, они будут зависеть от мотивации испытуемого, его прошлого опыта по выполнению подобного рода деятельности, эмоционального состояния на момент тестирования [106]. Особое значение в обеспечении качества деятельности имеет состояние регуляторных систем головного мозга: модулирующей системы ствола, лимбических структур и лобных отделов коры больших полушарий [47, 48].

Разнообразие физических упражнений и современных спортивных методик позволяет успешно поддерживать тело в тонусе, тренировать мышцы и сбрасывать вес. Каждая техника имеет свои преимущества и недостатки. Подбирать комплекс спортивных упражнений стоит индивидуально, в зависимости от потребностей и нужного конечного результата. Кому-то важно сбросить вес, кому-то натренировать мышцы или укрепить определенную группу, например, мышцы пресса, кто-то мечтает о здоровом теле и красоте фигуры. Чтобы тренировки не

превратились в малоэффективную изнурительную трату времени, следует грамотно построить стратегию физических нагрузок и четко придерживаться правильной техники выполнения элементов. Ритмическая гимнастика, как и все виды физической активности, имеет свои достоинства, минусы и особенности. И их необходимо знать, чтобы извлечь из гимнастических упражнений максимум пользы [100, 112].

Ритмическая гимнастика базисно схожа со спортивной и тесно взаимодействует с анаэробными нагрузками. Упражнения ритмики носят общеукрепляющий характер и направлены, в основном, на поддержание здоровья, укрепление мышц всего тела, формирование и сохранение физической красоты фигуры человека [9]. Главным преимуществом этого вида гимнастики является возможность заниматься вне спортивного зала и при полном отсутствии дополнительного спортивного снаряжения и инвентаря. Вся суть упражнений ритмической гимнастики заключается в использовании веса собственного тела вместо утяжелителей для физической нагрузки. В результате тело получает свою уникальную индивидуальную активность, основанную на природных данных [120]. Упражнения ритмики тонизируют мышечные ткани, благоприятно влияют на сердце и сосуды, на метаболизм, развивают гибкость и улучшают выносливость организма. Весь комплекс ритмической гимнастики гармонично сбалансирован. Он активно задействует все тело, а каждое упражнение прорабатывает отдельную или несколько групп мышц [121]. Например, приседания тренируют ягодицы, бедра и мышцы пресса, а простые поднятия и удерживания нижних конечностей, на различном уровне лежа – мышцы ног и живота. Важные условия правильной техники выполнения ритмики – регулярность и чередующаяся последовательность упражнений, а также их количество, темп и правильность исполнения. Эти условия необходимо обязательно соблюдать для хорошего обмена веществ и положительного результата тренировок. Занятия ритмической гимнастикой рекомендуется проводить под энергичную музыку, которая задаст нужный темп и обеспечит хорошее настроение во время тренинга [23].

Методически грамотный выбор музыкального сопровождения является необходимым условием правильной организации тренировочного процесса и способен повысить эффективность и качество занятий физической культурой и спортом [22].

Музыка способствует развитию координации движений, воспитывает у занимающихся чувство и понимание ритма, музыкального вкуса. Её применение на занятиях способствует преодолению нарастающего утомления и помогает разнообразить тренировки, стимулировать и мотивировать тренирующихся к новым достижениям, а также ускоряет процессы освоения техники правильного выполнения движений [33].

Понятие ритмической гимнастики толкуется, как интенсивные физические занятия оздоровительного типа, проводимые под такт музыкального сопровождения [32].

### **1.3 Физиологические эффекты физических нагрузок с различной ритмо-темповой структурой**

Специалисты теории спорта В.Н. Платонов, К.П. Сахновский утверждают, что подготовка спортсменов должна характеризоваться разнообразностью применяемых средств и методов. Перспективные, нетрадиционные средства для повышения эффективности обучения техническим действиям человека должны стимулировать и регулировать различные качественные характеристики движений. Одним из таких средств является усвоение ритма движений [49, 58].

Физиологическое воздействие музыки на организм человека подтверждается экспериментальными данными о том, что ритмы различных функций организма тесно связаны с ритмами работы мозга. Под воздействием внешних раздражителей можно активизировать или тормозить не только работу мозга, но и изменять эмоциональное и физическое состояние человека [118].

Подбор музыкального сопровождения с соответствующим двигательному действию ритмом существенно облегчает выполнение аэробных упражнений и улучшает тренировочный эффект [40, 118, 141].

Использование музыкального сопровождения различной ритмо-темповой структуры на занятиях по аэробике является ее методической особенностью и существенно отличает этот вид физической активности от других средств физического воспитания. Подбор определенного музыкального ритма является важным условием педагогически грамотной организации учебно-тренировочного процесса по аэробике [121].

Специальные физиологические исследования выявили влияние музыкального ритма на различные системы организма человека. При этом физиологические ритмы человека резонируют и непроизвольно подстраиваются под частотные и динамические показатели музыкального сопровождения [105]. Показано, что музыкальный темп, ритм, структурное строение произведения и другие музыкальные факторы могут подчинять себе ритм внутренних физиологических процессов [118].

## ГЛАВА 2 МЕТОДЫ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Объект исследования

Исследование проводилось на специализации «Аэробика» кафедры физического воспитания Томского государственного университета. В обследовании приняли участие 315 спортсменов, в возрасте от 17 до 20 лет ( $18 \pm 1,5$ ). Были определены следующие критерии включения и исключения испытуемых в группу исследования (табл. 1).

Таблица 1 – Критерии включения и исключения испытуемых в группу исследования

Критерии включения	Критерии исключения
1) допуск к занятиям по медицинским показаниям (основная медицинская группа);	1) подготовительная и специальная медицинская группа;
2) регулярное посещение занятий по специализации «Аэробика» (не менее 2 раз в неделю) в течение всего семестра;	2) хронические заболевания, травмы, неврологические отклонения;
3) полное освоение методики проведения занятий, правильное выполнение всех видов упражнений;	3) курение, употребление алкоголя;
4) соответствие возрасту 18-20 лет;	4) отказ от участия в исследовании на любом этапе.
5) информированное согласие.	

### 2.2. Организация исследования

Исследование проводилось на базе лаборатории функциональной диагностики факультета физической культуры Национального исследовательского Томского государственного университета. Краткий дизайн представлен на рисунке 1.

В соответствии с целью и задачами исследования вся работа была выполнена в три этапа (рис. 1).

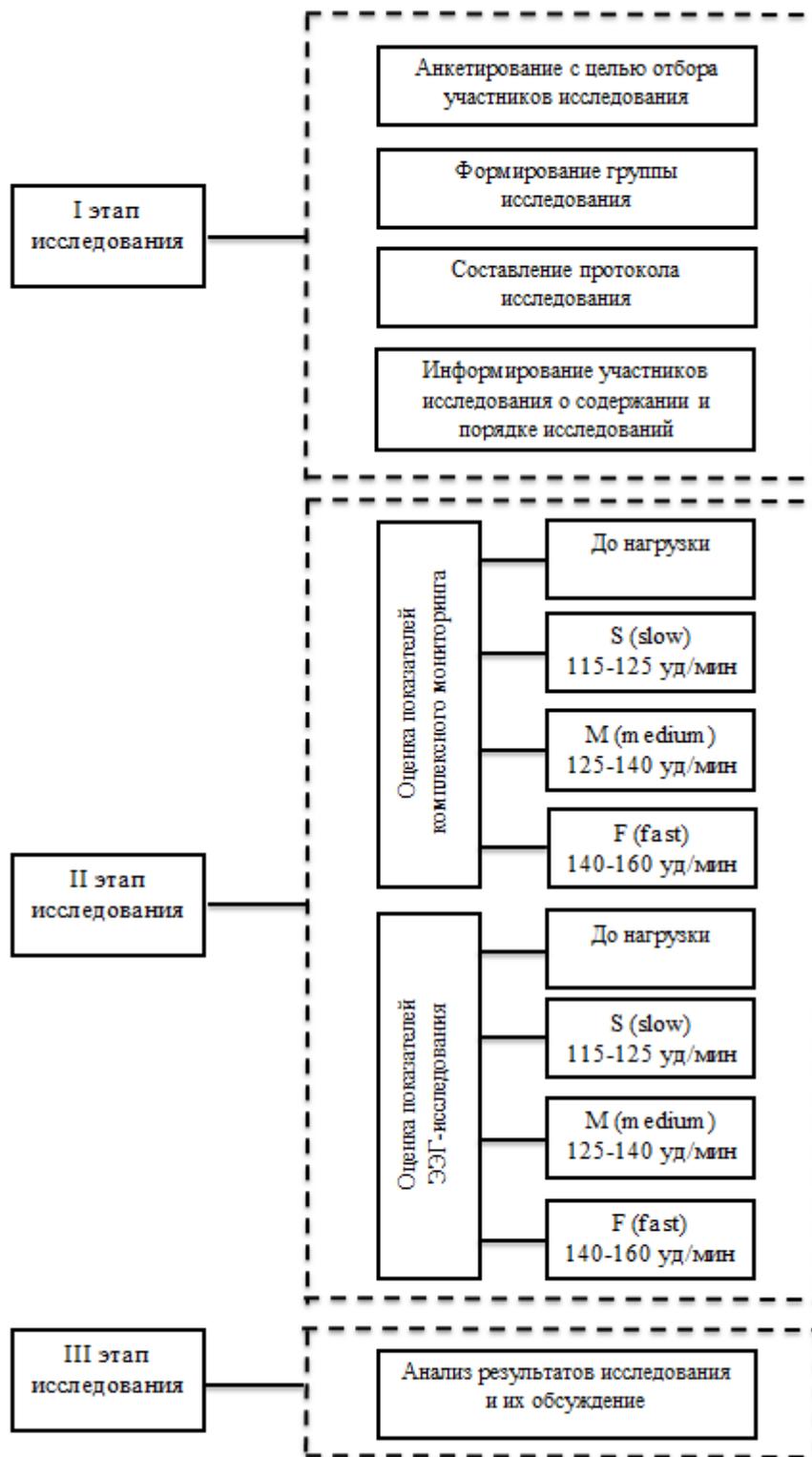


Рисунок 1 – Дизайн исследования

Обследование проводилось до выполнения физической нагрузки, затем после выполнения упражнений аэробной части занятия с различной ритмо-темповой структурой продолжительностью 20-25 минут.

Для исследования были выбраны три основных ритмо-темповых сопровождения занятий:

1. S (slow) – 115-125 уд/мин,
2. M (medium) – 125-140 уд/мин,
3. F (fast) – 140-160 уд/мин.

Протокол исследования включал в себя три этапа (рис.2).

1. исследование влияния физической нагрузки различной ритмо-темповой структуры (комплексный мониторинг и электроэнцефалографическое исследование (ЭЭГ));
2. исследование влияния прослушивания музыкального сопровождения (ЭЭГ);
3. исследование сочетанного влияния музыкального сопровождения и физической нагрузки различной ритмо-темповой структуры (ЭЭГ).

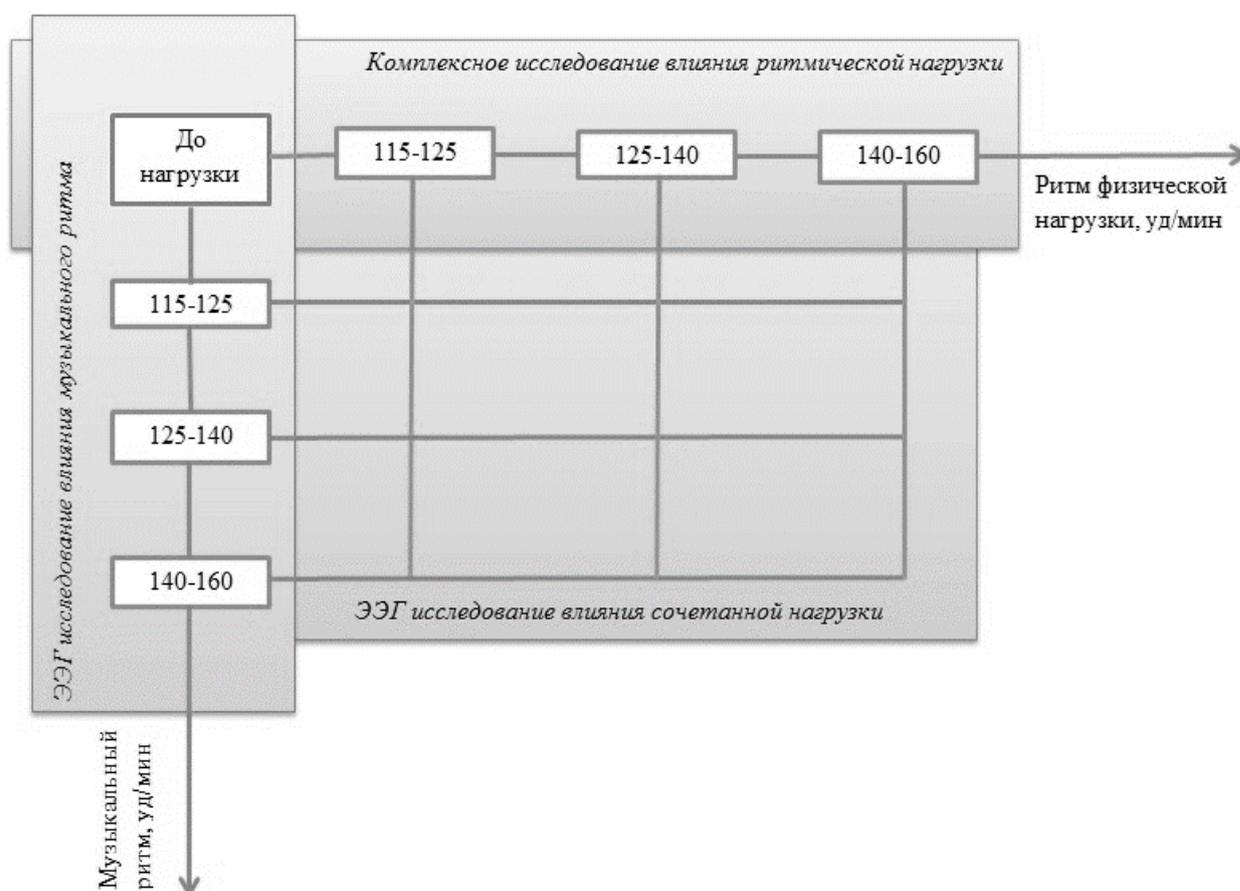


Рисунок 2 – Схема протокола исследования

В состав комплексного мониторинга вошли следующие методы исследования:

- 1) измерение концентрации молочной кислоты в крови,
- 2) психологическое тестирование
- 3) психофизиологическое тестирование,
- 4) электронейромиография,
- 5) электроэнцефалография,
- 6) кардиоинтервалография.

Музыкальное сопровождение занятий и исследований предоставлено профессиональной звукозаписывающей компанией (источник Международная Федерация Шейпинга).

## **2.3. Методы исследования**

### **2.3.1. Измерение концентрации молочной кислоты в крови**

Измерение лактата производилось при помощи портативного прибора Accutrend Plus (Roche Diagnostics, Германия). Для определения уровня молочной кислоты в капиллярной крови использовались тест-полоски Аккутренд-Лактат 25 (Roche, Германия). Для прокалывания пальца применялся набор Ассу-Чек Softclix (1 устройство и 25 ланцетов) (Roche Diagnostics, Германия). Антисептическая обработка места инъекции производилась при помощи медицинского спирта (70%).

Для определения уровня молочной кислоты использовали биохимический анализатор Accutrend Plus (Roche Diagnostics, Германия). Данный анализатор способен измерять концентрацию глюкозы, холестерина, триглицеридов и лактата в крови. Диапазон измерения уровня лактата в свежей капиллярной крови объемом 1-2 мкл составляет 0,8-21,7 ммоль/л и 0,7-26 ммоль/л в плазме. Метод измерения – фотометрический. Измерение длится 60 секунд. В набор для исследования входили: тест-полоски Аккутренд-Лактат 25 (Roche, Германия). Для прокалывания пальца применялся набор Ассу-Чек Softclix (1 устройство и 25 ланцетов) (Roche Diagnostics, Германия), ватные тампоны, стерильные перчатки. Антисептическая

обработка места инъекции производилась при помощи медицинского спирта (70%).

*Принцип измерения.*

С кодовой пластинки прибор считывает информацию о специфических характеристиках соответствующей партии тест-полосок. Считанная информация сохраняется в памяти прибора. Для каждого флакона с тест-полосками достаточно закодировать прибор один раз. После кодирования не использованная тест-полоска из флакона вставляется в прибор. Тестовая зона вставленной тест-полоски подсвечивается светодиодом снизу. Отраженный (тестовой зоной) свет позволяет установить соответствующие характеристики тест-полоски перед анализом образца.

После этого у обследуемого берем кровь для правой из безымянного пальца левой руки, и для левой из безымянного пальца правой руки. Руки должны быть сухими и чистыми. Место прокола обрабатывается спиртом. Прокол делается специальным устройством для прокалывания пальца, перед каждым прокалыванием пальца необходимо менять ланцет (иглу). Первую каплю крови необходимо удалить тампоном и только вторую нанести на тест-полоску. Каждый раз при выполнении теста следует убедиться в том, что тестовая зона полностью покрыта кровью. Все действия делаются быстро и аккуратно.

Полоску с нанесенным образцом крови вставляется в прибор, и крышка измерительного отсека закрывается. В результате ферментативной реакции измеряемого образца образуется краситель. Количество красителя пропорционально концентрации лактата.

Через 60 секунд тестовая зона полоски облучается еще раз светодиодом снизу. Сила отраженного света измеряется фотоэлементом (метод отражательной фотометрии). Длина волны составляет 657 нм. Результат измерения определяется в зависимости от силы сигнала отраженного света относительно ранее полученного контрольного результата (чистая тестовая зона) с учетом считанной информации о характеристиках соответствующей партии тест-полосок. В заключение результат выводится на дисплей и сохраняется в памяти.

Анализатор Аккутренд Плюс используется в спортивной медицине для оценки физической работоспособности и определения оптимального режима тренировки спортсменов. Лактат является основным показателем аэробных нагрузок для спортсменов и ключевым показателем для достижения высоких спортивных результатов, а также характеризует анаэробные гликолитические возможности организма, что важно при отборе спортсменов, развитии их двигательных качеств, контроле тренировочных нагрузок и хода процессов восстановления организма.

Измерение уровня лактата производилось до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры. На момент исследования испытуемые не должны употреблять лекарственные средства и прием пищи должен быть не позднее, чем за 2 часа до исследования.

### **2.3.2. Психологическое тестирование**

Компьютерный комплекс «НС-Психотест» предназначен для комплексной оценки психофизиологических и психологических свойств и функций организма здоровых, а также имеющих заболевания людей по результатам выполнения тестовых заданий и на основе анализа параметров записанных электрофизиологических сигналов [38, 79].

Комплекс может использоваться в учреждениях здравоохранения, в образовательных учреждениях, в центрах занятости населения, в автошколах, в психологических центрах для решения широкого спектра научных и практических задач в области здравоохранения, медико-социальной экспертизы, общего и профессионального образования, военной службы, физкультуры и спорта, социального обслуживания [26, 39, 82].

В исследовании использовались стандартные тесты, занесенные в программу прибора (табл. 2).

Таблица 2 – Методики определения психологических характеристик

№	Наименование	Применение
1.	<b>Шкала для самооценки тревоги (Цунга)</b>	методика предназначена для самооценки ситуативной реактивной тревожности.
2.	<b>Опросник Элерса (Уровень мотивации к успеху)</b>	опросник предназначен для измерения мотивации к достижению успеха в области профессиональной деятельности.
3.	<b>Опросник Элерса (Мотивация к избеганию неудач)</b>	методика предназначена для измерения уровня мотивации к избеганию неудач в рамках социального мотива достижения.
4.	<b>Опросник «Определение нервно-психического напряжения» Т. Немчин</b>	опросник предназначен для диагностики психической напряженности в условиях сложной (экстремальной) ситуации или ее ожидания.
5.	<b>Шкала субъективного благополучия</b>	шкала субъективного благополучия представляет собой скрининговый психодиагностический инструмент для измерения эмоционального компонента субъективного благополучия или эмоционального комфорта.
6.	<b>Психическая активация, интерес, эмоциональный тонус, напряжение и комфортность</b>	предназначена для самооценки текущего психического состояния.
7.	<b>Анкета самооценки состояния</b>	методика АСС направлена на оценку субъективного самочувствия и наличия соматических жалоб.

### 2.3.3. Психофизиологическое тестирование

Диагностику психофизиологического состояния проводили с помощью компьютеризированных тестов. При проведении психофизиологического тестирования соблюдались необходимые условия для диагностики. Были созданы стандартные внешние условия и оптимальный психологический климат, обследуемые были мотивированы на выполнение тестов, процедура исследования соблюдена, этические принципы и правила, такие как принцип не нанесения ущерба, принцип конфиденциальности, принцип беспристрастности, принцип компетентности, принцип взаимоуважения специалиста и респондента не нарушены (табл. 3).

Таблица 3 – Методики определения психофизиологических характеристик

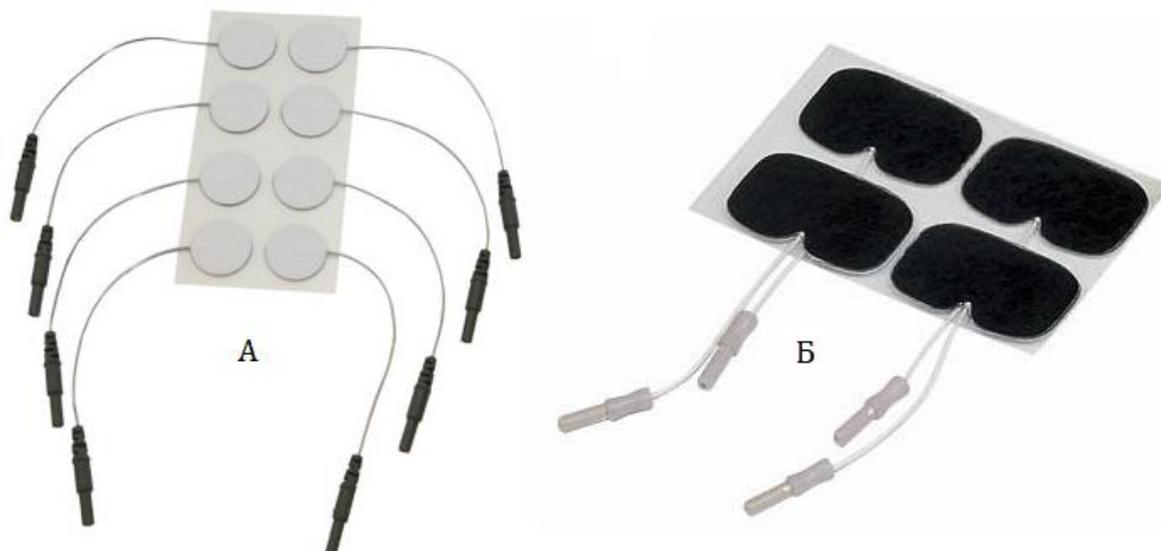
№	Наименование	Применение
1.	Методика «Теппинг-тест»	используется для диагностики силы нервных процессов путем измерения динамики темпа движений кисти.
2.	Методика «Оценка мышечной выносливости»	используется для измерения силы и выносливости мышц.
3.	Методика «Контактная координациометрия по профилю»	Измеряет точность управления движениями во время выполнения двигательных заданий.

### 2.3.4. Электронеуромиография

Электронеуромиография – это метод, который позволяет провести диагностику нервно-мышечной системы путем фиксации и анализа биоэлектрической активности периферических нервов и мышц [53, 77].

Исследование выполнялось на электронеуромиографе Нейро-МВП-Микро (производство НПО Нейрософт, г. Иваново, Россия), который представляет собой многофункциональный компьютерный нейрофизиологический комплекс. Он предназначен для проведения электронеуромиографических исследований, регистрации и анализа зрительных (на вспышку и обрабатываемый паттерн), слуховых, соматосенсорных и когнитивных (P300) вызванных потенциалов мозга.

Для проведения исследования использовались накожные электроды в виде пластин, либо дисков площадью 0,2–1 кв. см, с фиксированным расстоянием между датчиками в 20 мм (рис. 3). Их устанавливали на кожу над проекцией двигательной точки. Они оптимальны для регистрации суммарной активности мышц, приблизительной оценки частоты, амплитуды, периодичности сигнала, однако не дают точных данных о параметрах отдельно взятых мышечных потенциалов. Заземляющий электрод смачивался в физиологическом растворе и располагался на противоположной конечности [53].



Примечание: А – одноразовые электроды без фиксации межэлектродного расстояния

Б – электродная пара фиксированной ширины

Рисунок 3 – Электроды, использующиеся для проведения поверхностной электронейромиографии

Места наложения электродов предварительно обрабатываются спиртом, а на поверхность электродов, которая находится в контакте с кожей, наносится электродный гель с целью снижения межэлектродного сопротивления. После наложения электродов контролировалась величина подэлектродного сопротивления, которое определяется как противодействие потоку переменного тока через границу между электродом и кожей. Оно не должно превышать допустимого значения – до 10 кОм. При проведении интерференционной поверхностной ЭМГ после наложения электродов спортсменкам предлагалось встать в позицию, где центр тяжести смещен на правую ногу, а левая отставлена назад и находится расслабленном положении [23].

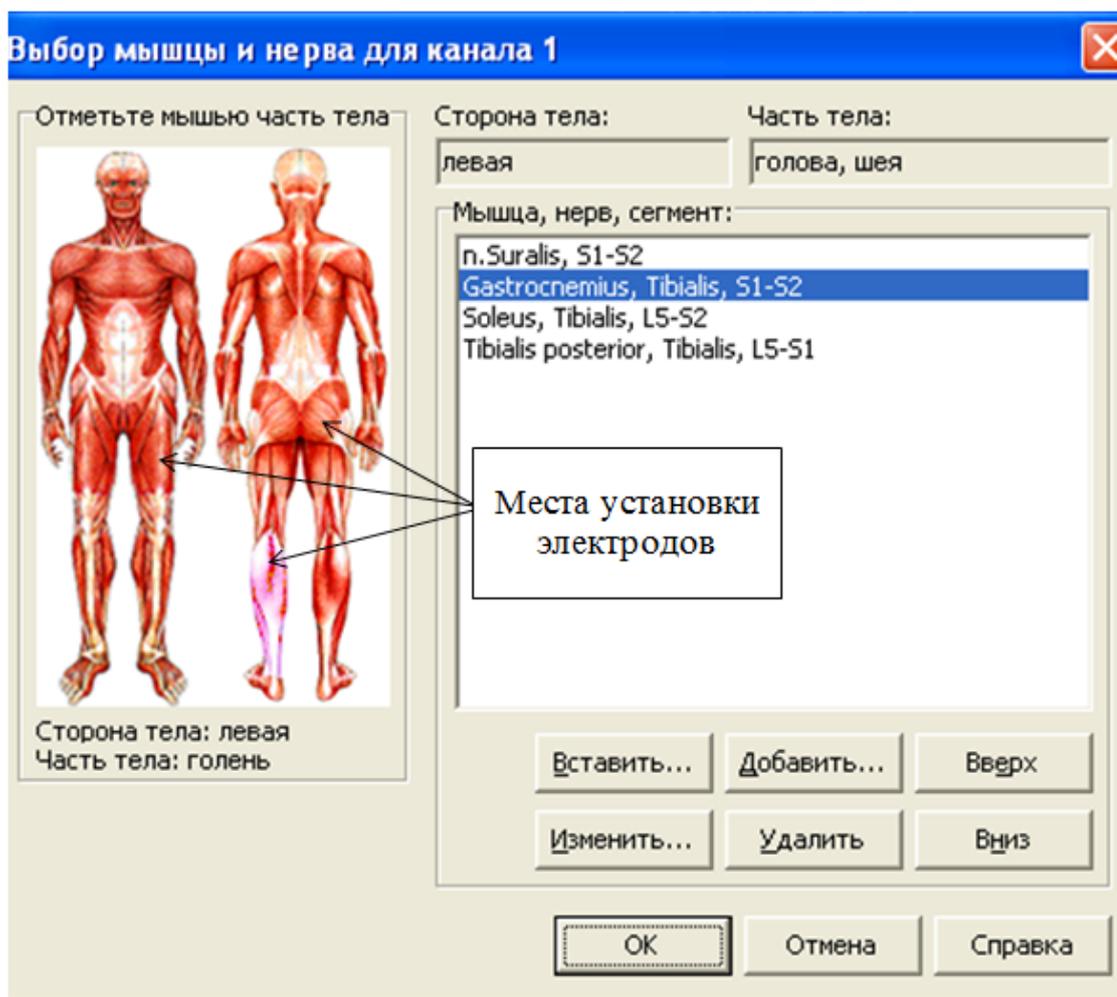


Рисунок 4 – Изображение схемы наложения электродов для регистрации электромиограммы

При регистрации интерференционной электромиографии электроды располагались на проекции следующих мышц (рис.4):

- 1 пара электродов: икроножная мышца (musculus Gastrocnemius)
- 2 пара электродов: латеральная мышца бедра (musculus Vastus lateralis)
- 3 пара электродов: большая ягодичная мышца (musculus Gluteus maximus)

Кривая записи электрической активности мышц носит название электромиограммы (рис.5). Если потенциалы действия отводятся с помощью накожных электродов, то регистрируется суммарная электромиограмма.

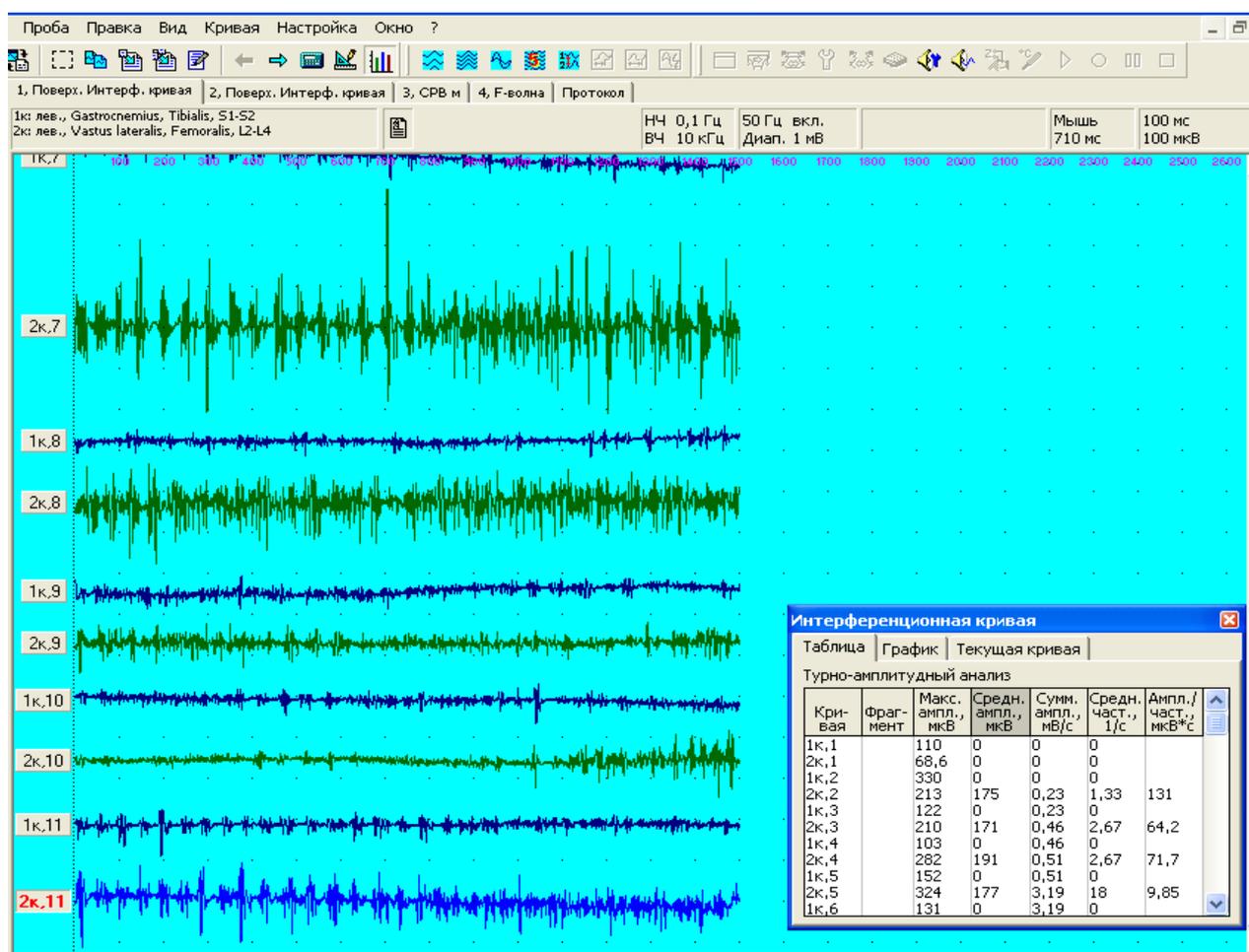


Рисунок 5 – Поверхностная интерференционная электромиограмма

После регистрации биоэлектрической активности мышц запускается автоматическая генерация описания исследования. Сгенерированное описание выводится на панели «Описание исследования», включающее в себя информацию об амплитуде и частоте ЭМГ [23].

### 2.3.5. Метод электроэнцефалографии

Электроэнцефалография – метод исследования головного мозга, основанный на регистрации его электрических потенциалов. ЭЭГ представляет собой сложный колебательный электрический процесс, который может быть зарегистрирован при расположении электродов на мозге или на поверхности скальпа, и является результатом электрической суммации и фильтрации элементарных процессов, протекающих в нейронах головного мозга [18, 77, 80].

Исследование выполнялось на компьютерном электроэнцефалографе серии «Нейрон-Спектр» (производство НПО Нейрософт, г. Иваново, Россия), который представляет собой современный высокотехнологичный электронный медицинский прибор. Он предназначен для проведения электроэнцефалографических исследований, выявления объемных, воспалительных и сосудистых процессов головного мозга, уточнения локализации патологических очагов.

Электроэнцефалография является методом изучения функционального состояния коры головного мозга:

- оценка центральных механизмов функциональных взаимодействий, которые складываются на системном уровне;
- оценка качественных и количественных параметров основных ритмов (активностей) ЭЭГ (альфа-, бета-, тета- и дельта- ритм).

Для получения полноценной картины биоэлектрической активности головного мозга требуется тщательная установка накожных электродов. Используем специальную шапочку, так, чтобы шапочка была по размеру и плотно прилегала. Места наложения электродов предварительно обрабатываются спиртом, а на поверхность электродов, которая находится в контакте с кожей, наносится электродный гель (контактный высокопроводящий гель «Унимакс», производства ООО «Гельтек-Медика») с целью снижения межэлектродного сопротивления. Располагаются электроды таким образом, чтобы соблюдалась строгая симметричность относительно сагиттальной линии; располагаем электроды на одинаковом расстоянии друг от друга, чтобы они находились над всеми основными отделами конвексимальной поверхности мозга: лобными (F1-A1, F2-A2), центральными (C3-A1, C4-A2), теменными (P3-A1, P4-A2), затылочными (O1-A1, O2-A2). Для этого используется международная система установки электродов «10-20%» (Jasper H., 1957) (Рис. 6). Ушные электроды (гнезда A1 и A2) выполняют роль референтных электродов для ЭЭГ сигналов соответствующего полушария и закрепляются на мочках ушей; заземляющий электрод крепится на запястье правой руки.

Для контроля качества наложения электродов ориентировались на значения подэлектродного импеданса (рис. 6), которые не должны превышать 15 кОм. Запись ЭЭГ велась при условии стационарности поступающего сигнала. Монопольные отведения позволяют лучше оценить общую картину биоэлектрической активности головного мозга, оценить межполушарную асимметрию.

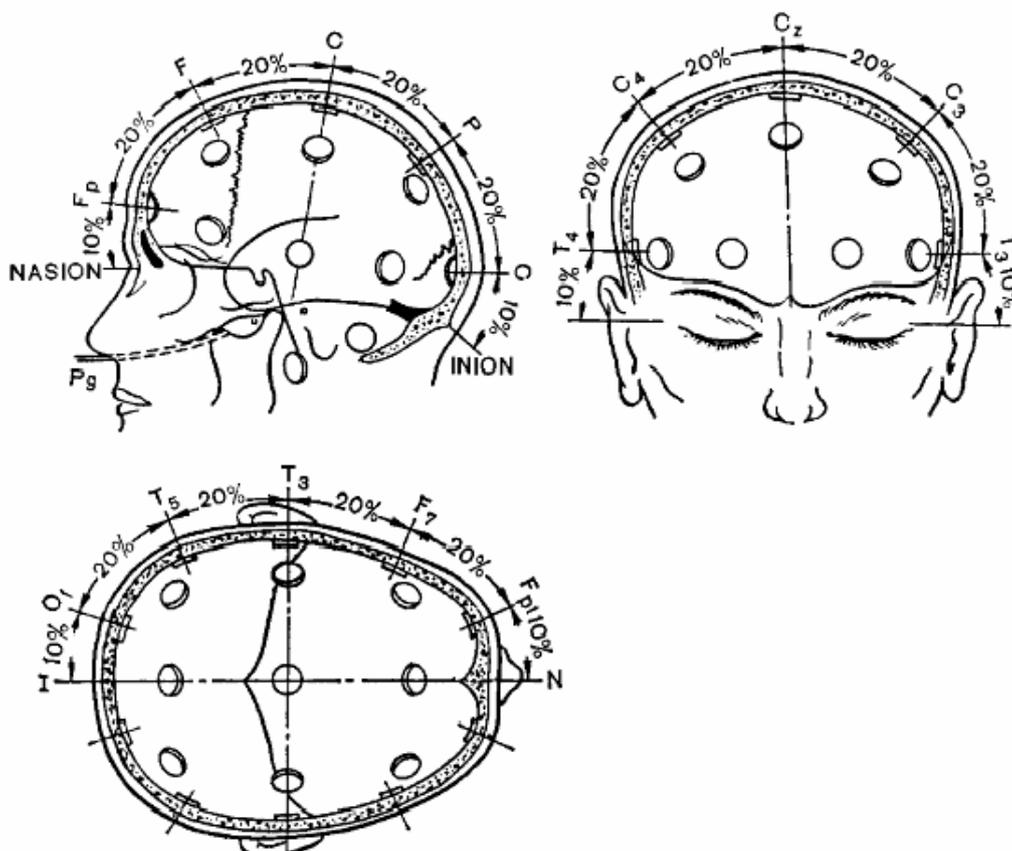


Рисунок 6 – Международная схема установки электродов «10-20%» [18]

Электроэнцефалографы фирмы «Нейрософт» позволяют проводить исследование в любых помещениях, даже в реанимационных палатах и операционных блоках. Испытуемого помещали в кресле в расслабленной позе с закрытыми глазами. При проведении аудиопроб испытуемым предлагалось прослушать музыкальное сопровождение различной ритмо-темповой структуры для определения реакции.

После достижения требуемого качества регистрации ЭЭГ приступали к записи функциональных проб (рис. 7):

- Фоновая запись – регистрация фоновой электроэнцефалограммы;
- Прослушивание музыкального сопровождения S (slow) - 115-125 уд/мин;
- Регистрация электроэнцефалограммы после прослушивания Slow-ритма;
- Перерыв 15 минут;
- Прослушивание музыкального сопровождения M (medium) – 125-140 уд/мин;
- Регистрация электроэнцефалограммы после прослушивания Medium-ритма;
- Перерыв 15 минут;
- Прослушивание музыкального сопровождения F (fast) - 140-160 уд/мин;
- Регистрация электроэнцефалограммы после прослушивания Fast-ритма.



Рисунок 7 – Электроэнцефалограмма

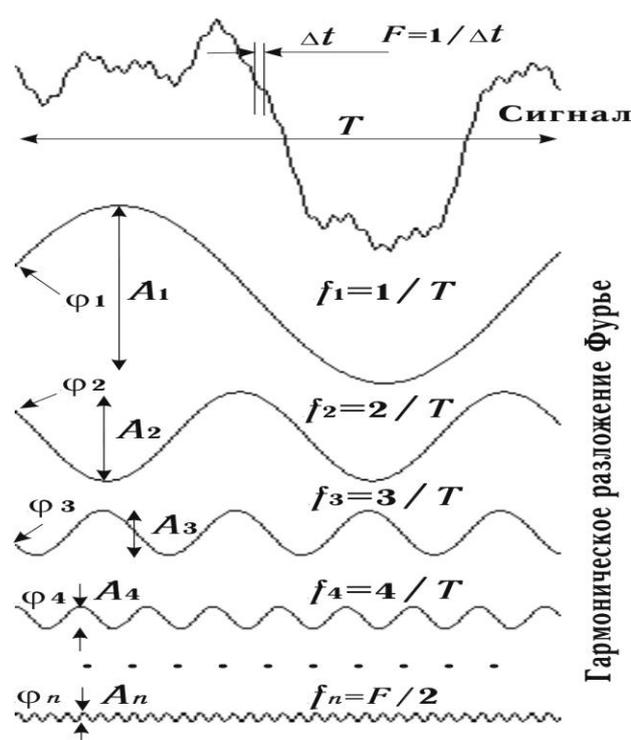
Регистрация ЭЭГ (рис.7) выполнялась в полосе пропускания 0,3-50 Гц и при частоте дискретизации 500 Гц. Каждая запись ЭЭГ автоматически сканировалась на наличие артефактов. Участки ЭЭГ с амплитудой более 200 мкВ в пределах окна в 640 мс отмечались, как плохой канал; участки с амплитудой более 140 мкВ рассматривались как двигательный артефакт [18, 20, 23].

Для спектрального анализа использовали 60-секундные отрезки безартефактной записи, подразделявшиеся на четырехсекундные эпохи,

подвергавшиеся быстрому преобразованию Фурье с использованием окна Ханна. Преобразование Фурье позволяет разложить сигнал на ряд гармонических составляющих без какой-либо потери информации. Каждая гармоника определяется тремя параметрами:

- амплитуда;
- начальная фаза;
- частота.

Зависимость амплитуды и фазы от частоты называется спектром (рис.8).



*Примечание* – T – время; f – частота; A – амплитуда; φ – начальная фаза.

Рисунок 8 – Разложение сигнала в гармонический ряд Фурье [18]

В ходе исследования была проведена оценка таких параметров ЭЭГ, как:

- средняя амплитуда спектра для альфа-, бета-, дельта-, тета-диапазонов;
- средняя мощность спектра для альфа-, бета-, дельта-, тета-диапазонов;
- уровень когерентности спектров альфа и тета-активности в лобных и затылочных отведениях.

### 2.3.6. Метод кардиоинтервалографии

Кардиоинтервалография (КИГ) – это метод регистрации синусового сердечного ритма с последующим математическим анализом его структуры [5, 6, 52].

Анализ функционального состояния организма проводили с помощью автоматизированного кардиоритмографического комплекса «ЭКГ-триггер-МКА-02» по показателям сердечного ритма в покое и при выполнении активной клино-ортостатической пробы. Принцип работы комплекса основан на выделении из электрокардиографического сигнала моментов времени, соответствующих систоле желудочков (примерно, начало QRS-комплекса электрокардиограммы) и измерении межсистолических временных интервалов (фактически это последовательность кардиоинтервалов), затем происходит обработка массива данных.

Для изучения статистических параметров ритма сердца обычно достаточно 100 кардиоциклов. Расчет ведется на основании длительности интервалов R-R записанных в статистический ряд. Вначале рассчитываются такие показатели как мода ( $M_o$ ), амплитуда моды ( $AM_o$ ), вариационный размах ( $\Delta X$ ).

Отношение  $AM_o/\Delta X$ , характеризует баланс симпатического и парасимпатического влияния на сердце; отношение  $AM_o/M_o$  – указывает на реализующий путь центрального стимулирования (нервный или гуморальный);

индекс напряжения (выражается в %,  $ИН = \frac{AM_o}{(2 \cdot M_o \cdot \Delta X)}$ ) наиболее полно информирует о степени напряжения компенсаторных механизмов организма, уровне функционирования центрального контура регуляции ритма сердца [5, 6].

Вычисление ИН регуляторных систем позволяет более рельефно отразить усиление тонуса симпатической нервной системы на фоне относительного снижения активности парасимпатического отдела. Другими словами, индекс напряжения характеризует степень централизации управления ритмом сердца и отражает активность адренергических механизмов, которая тесно связана с выраженностью стрессорной реакции организма [5, 6].

В комплексе «ЭКГ-ТРИГГЕР-МКА-02» реализуется такая схема применения клино-ортостатической пробы, которая позволяет оценить исходный вегетативный тонус (состояние вегетативной регуляции в условиях физиологического покоя), реакцию на нагрузку, способность организма к быстрому восстановлению [5, 6].

Методика проведения кардиоинтервалографического исследования. Ритмологические исследования проводили в условиях относительного покоя после 5-10 минутного отдыха пациента (период адаптации к окружающим условиям), не ранее чем через 1,5-2 часа после еды, в тихой комнате с постоянной температурой 20-22°C [5, 6].

Места наложения электродов предварительно очищались спиртом, а на поверхность электродов наносилась проводящая паста. Электроды крепились на внутренней и внешней стороне лучезапястного сустава правой и левой руки согласно методическому руководству. [5, 6, 23].

Исследование начиналось с записи фоновой кардиоинтервалограммы в положении лежа на спине. При этом обследуемый не совершал глубоких вдохов и глотательных движений во избежание помех. Затем по команде «встать» обследуемый менял положение тела, не делая резких движений и рывков. В течение последующих 10 минут с перерывом в 5 минут, т.е. на 6-й и 11-й минутах ортостаза, снимались две ортостатические пробы. После съема 2-й ортостатической пробы по команде «Лечь» обследуемая ложилась и по истечении 4 минут снималась клиноортостатическая проба.

Во время исследования проводился визуальный мониторинг текущих показателей сердечного ритма во избежание обрывов связи, либо критических ситуаций (плохое самочувствие обследуемых, головокружение, тахикардия, обморок). Для каждой кардиоинтервалограммы снимались следующие показатели:

- Мода;
- Вариационный размах;
- Амплитуда моды;
- Индекс напряжения;
- Средний кардиоинтервал.

Реакция на ортостатическую нагрузку и период восстановления оцениваются путем сравнения математических показателей вариационной пульсометрии для каждой КИГ с их значениями, измеренными в режиме фоновой КИГ. Данный комплекс позволил исследовать такие показатели как исходный вегетативный тонус (ИВТ), вегетативную реактивность (ВР), вегетативное обеспечение деятельности (ВОД) и период восстановления (ПВ), как в отдельности, так и в комплексе.

При анализе полученных рядов кардиоинтервалов использовали методы временной и частотной области (вариационная пульсометрия и спектральный анализ соответственно) [25].

*Вариационная пульсометрия.* В основе метода вариационной пульсометрии лежит изучение закона распределения кардиоинтервалов как случайных величин. При этом строится вариационная кривая (кривая распределения кардиоинтервалов или гистограмма) и определяются ее основные характеристики: мода ( $M_0$ ), амплитуда моды ( $AM_0$ ), вариационный размах ( $Dx$ ,  $\Delta X$ ) [5, 6].

$Dx$  – отражает степень вариативности значений кардиоинтервалов в исследуемом динамическом ряду, и является показателем вагусной активности, снижение или увеличение данного показателя свидетельствует о повышении или снижении тонуса вагуса.  $Dx$  считается показателем, преимущественно связанным с состоянием парасимпатического отдела ВНС. При значительной амплитуде медленных волн  $Dx$  зависит в большей мере от состояния подкорковых нервных центров, чем от тонуса парасимпатического отдела [5, 6, 23].

$M_0$  – это диапазон значений, наиболее часто встречающихся кардиоинтервалов. Физиологическим смыслом  $M_0$  является отражение активности функционирования гуморального канала регуляции [5, 6].

$AM_0$  – это число кардиоинтервалов, соответствующих значению  $M_0$  (в % от общего количества кардиоинтервалов). Этот показатель отражает стабилизирующий эффект централизации управления ритмом сердца. В основном эффект обусловлен влиянием симпатического отдела ВНС.  $AM_0$  характеризует нервный канал регуляции [5, 6].

Степень централизации управления синусовым ритмом оценивали по индексу напряжения (ИН) – интегральному показателю, рассчитываемому по формуле (1)

$$\text{ИН} = \frac{A \cdot M_0}{(2 \cdot M_0 \cdot \Delta X)} \cdot \quad (1)$$

Индекс напряжения характеризует степень централизации управления ритмом сердца и отражает активность адренергических механизмов, которая тесно связана с выраженностью стрессорной реакции организма [5, 6].

*Спектральный анализ.* Анализ спектральной плотности мощности колебаний дает информацию о распределении мощности в зависимости от частоты колебаний [5, 6, 23, 70].

Для проведения спектрального анализа использовали запись 256 кардиоинтервалов в состоянии относительного покоя. Для вычисления составляющих спектра был использован алгоритм быстрого преобразования Фурье, так как число точек дискретизации функции времени представляет степень двух ( $256=2^8$ ). Полученная периодограмма сглаживалась временным окном Хемминга (синусоидальное окно) с шириной пять точек [5, 6, 23, 77].

При коротких записях в спектре колебаний ЧСС выделяют три группы волн, которые характеризуются частотой и мощностью (дисперсия R-R-интервалов) (табл. 4).

Таблица 4 – Анализ волновой структуры ритма сердца [5]

Компоненты спектра		Диапазон частот, Гц	Период, с
<i>High Frequency (HF)</i>	Дыхательные волны	0,4-0,15	2-6,6
<i>Low Frequency (LF)</i>	Медленные волны 1-го порядка	0,15-0,04	6,6-20
<i>Very Low Frequency (VLF)</i>	Медленные волны 2-го порядка	0,04-0,015	20-66

Мощность медленных волн первого порядка характеризует состояние системы регуляции сосудистого тонуса, так как время, необходимое вазомоторному центру на операции приема, обработки и передачи информации колеблется от 7 до 20 секунд; в среднем оно равно 10 секундам. Вазомоторные волны еще определяют как маркер симпатической модуляции [5, 6, 23].

В своих исследованиях В. И. Мамий (2006) показал, что VLF-колебания ритма сердца связаны с модуляционными колебаниями силы симпатических и парасимпатических влияний на ритм сердца. Высокочастотная составляющая спектра КИГ (HF) формируется «дыхательными» волнами, модулирующими ритм сердца. По амплитуде моды HF, совпадающей с частотой циклической активности диафрагмального нерва, оценивают меру тонической активности вагуса [5, 6, 23].

Следует также заметить, что амплитуда высокочастотных (дыхательных) волн КИГ при переходе в положение стоя уменьшается (или эти волны полностью исчезают), а амплитуда низкочастотных LF волн увеличивается. Это указывает на существование реципрокных взаимоотношений между высокочастотными и низкочастотными компонентами КИГ. Подобные взаимодействия наблюдаются также между парасимпатическим и симпатическим отделами ВНС, определяющими наличие этих волновых колебаний в составе ВСР. Это обстоятельство послужило основанием для использования отношения мощностей низкочастотного и высокочастотного диапазонов спектра (коэффициент LF/HF) для оценки баланса между симпатической и парасимпатической системами [22].

При спектральном анализе для каждого из компонентов вычисляли абсолютную суммарную мощность в диапазоне (TP), среднюю мощность в диапазоне и относительное значение в процентах от суммарной мощности во всех диапазонах, а также мощности LF- и HF-компонент в нормализованных единицах (без учета VLF-компонент). При этом TP определяется как сумма мощностей в диапазонах HF, LF и VLF. По данным спектрального анализа сердечного ритма вычисляли индекс централизации (ИЦ) и индекс вагосимпатического взаимодействия (ИВСВ) [6]:

$$\text{ИЦ} = \frac{(HF + LF)}{VLF}, \quad (2)$$

$$\text{ИВСВ} = \frac{LF}{HF}. \quad (3)$$

### **2.3.7. Методы математической статистики**

Статистическая обработка данных была проведена с помощью программы STATISTICA 8.0 и включала расчет описательных выборочных параметров и сравнительный анализ выборок с использованием метода многомерного дисперсионного анализа (Analysis Of Variance, ANOVA). ANOVA применяется для оценки влияния одной или нескольких качественных переменных (факторов) на одну зависимую количественную переменную. Например, влияние физической нагрузки различной ритмо-темповой структуры на исследуемые количественные показатели ЭЭГ. За статистически значимое различие принимали  $p \leq 0.05$ .

## ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### 3.1. Концентрации молочной кислоты в крови после нагрузок различной ритмо-темповой структуры

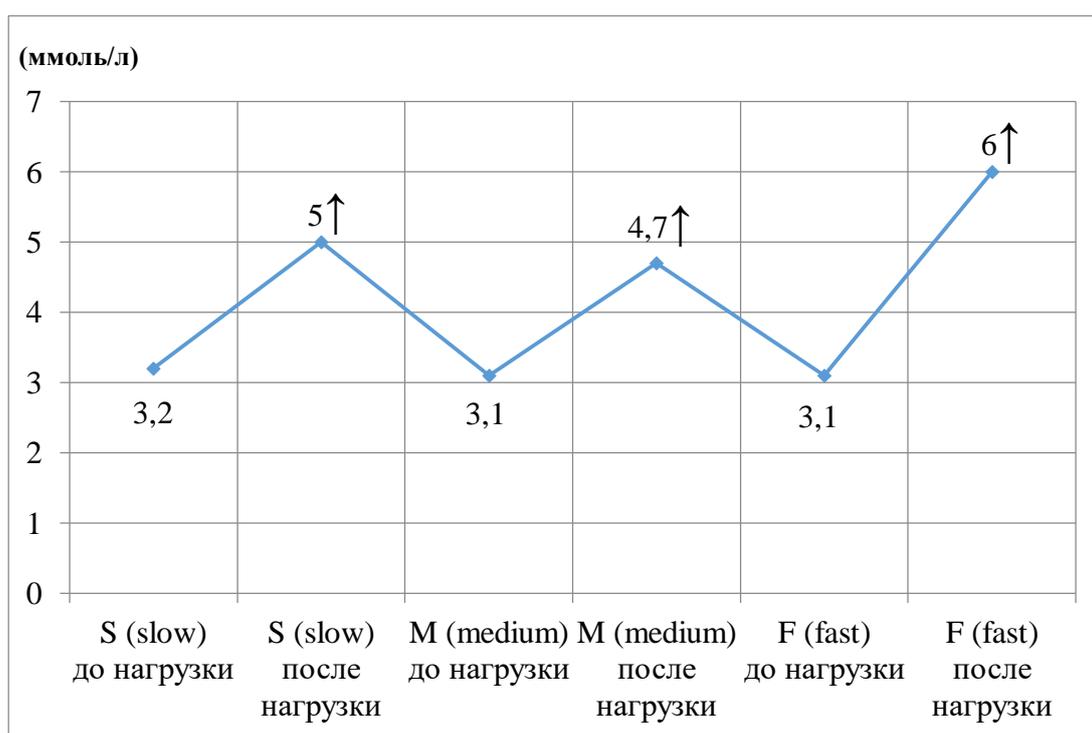
Выполнение физических упражнений влечет за собой увеличение потребности мышц в кислороде. Когда начинается выполнение упражнения, система транспорта кислорода (дыхание и кровообращение) не сразу поставляет необходимое количество его активным мышцам. После начала работы требуется некоторое время для увеличения интенсивности аэробных энергетических процессов в мышце. Лишь через несколько минут достигается стабильный уровень потребления кислорода, при котором полностью функционируют аэробные процессы, однако потребность организма в кислороде резко повышается именно в момент начала выполнения упражнения. Поглощение кислорода и, следовательно, образование АТФ увеличиваются до того момента, пока не будет достигнуто устойчивое состояние, при котором образование АТФ адекватно его потреблению при работе мышц. Постоянный уровень потребления кислорода (образование АТФ) поддерживается, пока не изменится интенсивность работы. В первые минуты восстановления после физической нагрузки, хотя мышцы уже не работают активно, потребность в кислороде уменьшается не сразу. Наоборот, потребление кислорода остается повышенным в течение некоторого времени. Это избыточное потребление кислорода, превышающее необходимую величину в покое, называется кислородным долгом. В последнее время более распространено определение «избыточное потребление кислорода после физической нагрузки». Это дополнительное количество к обычно потребляемому количеству кислорода. По окончании мышечной работы запасы богатых энергией соединений (креатинфосфата и гликогена) в мышце снижены. Для восстановления запасов обоих соединений нужна энергия, поэтому мышца, уже находясь в состоянии покоя, продолжает некоторое время усиленно потреблять кислород.

Содержание молочной кислоты в крови свидетельствует о уровне интенсивности физической нагрузки.

Таблица 5 – Концентрация молочной кислоты в крови спортсменов, занимающихся аэробикой до и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры, ммоль/л  
Me (Q25;Q75)

	до S (slow) нагрузки	после S (slow) нагрузки	до M (medium) нагрузки	после M (medium) нагрузки	до F (fast) нагрузки	после F (fast) нагрузки
Молочная кислота (ммоль/л)	3,2 (2,9;3,6)	5↑ (4,1;7,4)	3,1 (2,8;3,8)	4,7↑ (3,7;6,9)	3,1 (2,9;3,55)	6↑ (4,8;8,15)
Примечание: ↑ - достоверное увеличение показателя после ритмо-темповой нагрузки						

После выполнения упражнений во всех трех группах наблюдался одинаковый прирост концентрации молочной кислоты в крови. Увеличение ритма занятий на величину прироста показателя не влияло (рис.9).



Примечание: ↑ - достоверное увеличение показателя после ритмо-темповой нагрузки

Рисунок 9 – Концентрация молочной кислоты в капиллярной крови, ммоль/л

Результаты измерения уровня молочной кислоты в капиллярной крови занимающихся до и после выполнения аэробных нагрузок различной ритмо-темповой структуры показали, что уровень кислородного долга, т.е. количества кислорода, необходимого для окисления накопившихся в организме при интенсивной мышечной работе недоокисленных продуктов обмена, после всех

трёх ритмов нагрузки одинаковый (табл.5). Это позволяет утверждать, что выявленные эффекты обусловлены ритмо-темповой структурой аэробной нагрузки, а не уровнем её интенсивности.

### 3.2. Влияние ритмической нагрузки на психофизиологические показатели

#### 3.2.1. Результаты психологического тестирования

Использование музыкального сопровождения различной ритмо-темповой структуры на занятиях по аэробике является ее методической особенностью и существенно отличает этот вид физической активности от других средств физического воспитания. Подбор определенного музыкального ритма является важным условием педагогически грамотной организации учебно-тренировочного процесса по аэробике.

Для оценки динамики показателя реактивной тревожности спортсменок в исследуемых группах использовалась методика «Шкалы самооценки тревоги В. Цунга» (табл. 6).

Таблица 6 – Результаты самооценки реактивной тревожности при различных ритмо-темповых нагрузках

Me (Q25;Q75)

Нагрузка	Шкала самооценки тревоги В. Цунга							
	Аффективная шкала		Соматическая шкала		Итоговый балл		Индекс тревоги %	
	до	После	до	после	до	после	до	после
S (slow)	12 (8,5;15)	8 (5,5;14)	27 (21,5;33,5)	28 (24;34)	37 (31;48,5)	34 (30,5;48)	46 (39;60,5)	43 (38,5;60)
M (medium)	11 (7,5;12,5)	8,5 (6;12,75)	30,5 (23;36,25)	31 (22;34)	42 (30,5;48,5)	39,5 (28;46,75)	52,5 (38,25;60,8)	49,5 (34,8;58,5)
F (fast)	9,5 (7,5;10)	10,5↑ (10;13)	24,5 (23,3;28,5)	29,5↑ (23,5;38,8)	34 (39,5;48)	41,5↑ (33,5;51,8)	43 (31,5;48,25)	52↑ (41,8;64,8)
Примечание: ↑ - достоверное увеличение показателя в группе после ритмо-темповой нагрузки.								

Из данных, представленных в таблице 6 видно, что показатели уровня тревожности достоверно увеличиваются после ритмо-темповой нагрузки F (fast) 145-160 уд/мин.

Опросник Т.Элсера (Уровень мотивации к успеху) предназначен для диагностики социальных мотивов личности и измерения мотивации к достижению успеха в области профессиональной деятельности [39].

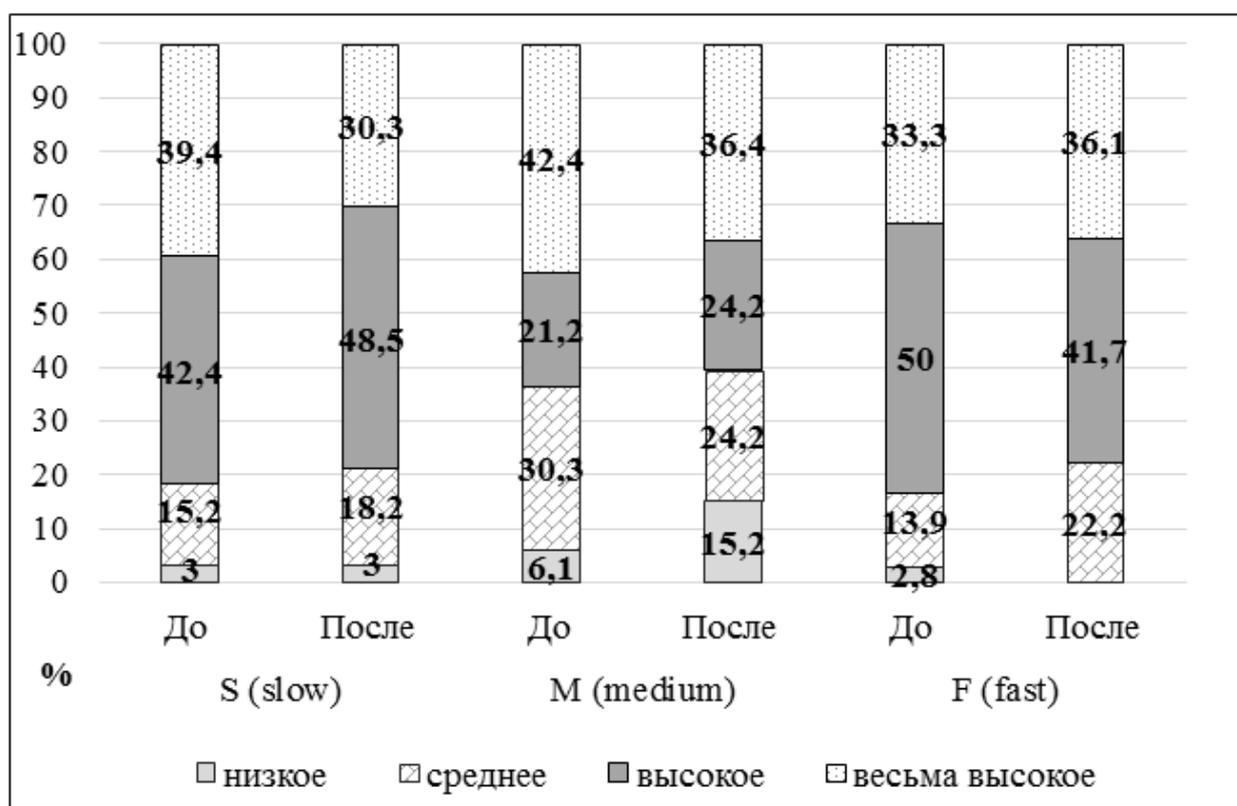


Рисунок 10 – Определение уровня мотивации к успеху при различных ритмических нагрузках методом опросника Элсера (%)

После S (slow) и M (medium) нагрузки наблюдалось незначительное увеличение количества спортсменов с высоким уровнем мотивации, тогда как при увеличении нагрузки до F (fast) уровня их количество уменьшилось, но увеличилось количество спортсменов с весьма высоким уровнем, что говорит о положительной тенденции (рис.10).

После S (slow) нагрузки наблюдалось увеличение процента спортсменов с низким уровнем мотивации к успеху после выполнения упражнений, а после F (fast) нагрузки и вовсе отсутствуют (рис.10).

Опросник Т.Элерса (Мотивация к избеганию неудач) предназначен для измерения уровня мотивации к избеганию неудач в рамках социального мотива достижения [38].

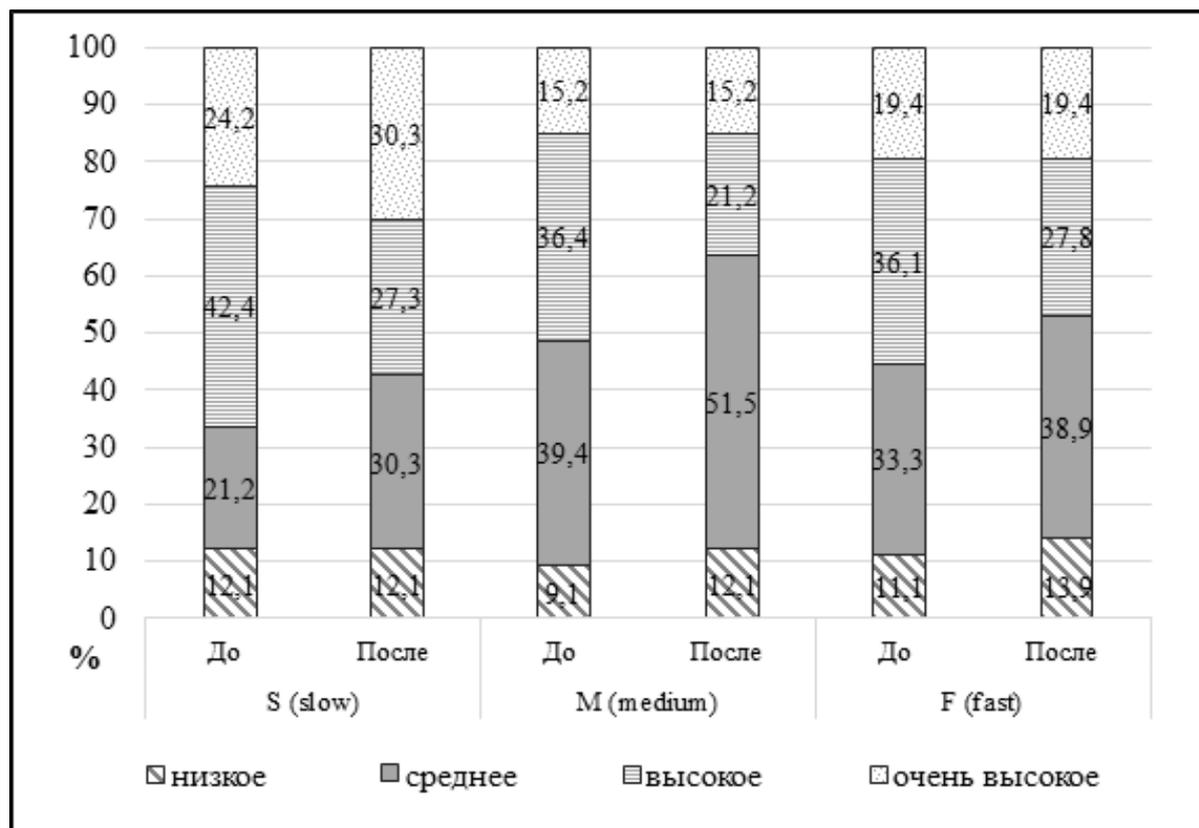


Рисунок 11 – Определение уровня мотивации к избеганию неудач при различных ритмических нагрузках методом опросника Элерса, (%)

После S (slow) нагрузки наблюдалась тенденция к снижению мотивации избегания неудач (рис.11). При M (medium) нагрузке 125-140 уд/мин наблюдалась аналогичная положительная динамика, но более выраженная, чем при S (slow) и F (fast) нагрузках (рис.11).

Опросник Т. Немчина предназначен для диагностики психической напряженности в условиях сложной (экстремальной) ситуации или ее ожидания [38].

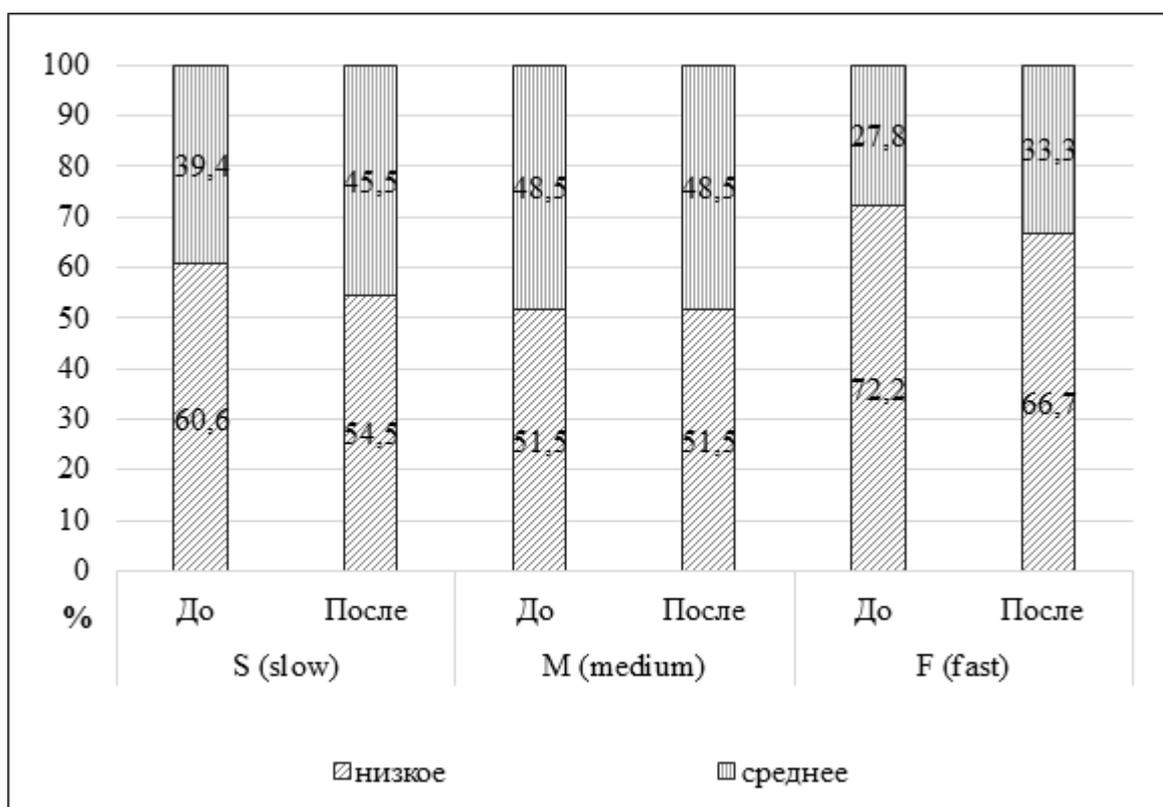


Рисунок 12 – Определение уровня нервно-психического напряжения при различных ритмических нагрузках методом опросника Т.Немчина, (%)

Нервно-психическое напряжение незначительно увеличивается при S(slow) и F(fast) нагрузках после выполнения упражнений. При увеличении ритмо-темповой структуры занятия наблюдается тенденция к снижению уровня нервно-психического напряжения (рис.12).

Методика «Шкала субъективного благополучия» в адаптации М.В. Соколовой была разработана в 1988 году французскими психологами и представляет собой небольшой скрининговый психодиагностический инструмент, предназначенный для самооценки эмоционального компонента субъективного благополучия [38].

При S (slow) нагрузке наблюдалось увеличение количества спортсменок с выраженным эмоциональным дискомфортом и уменьшение количества спортсменок с умеренным эмоциональным комфортом, в то время как после F (fast) нагрузки, наоборот, увеличилось количество девушек с умеренным

эмоциональным комфортом, а процент спортсменок с выраженным эмоциональным дискомфортом отсутствует (рис.13).

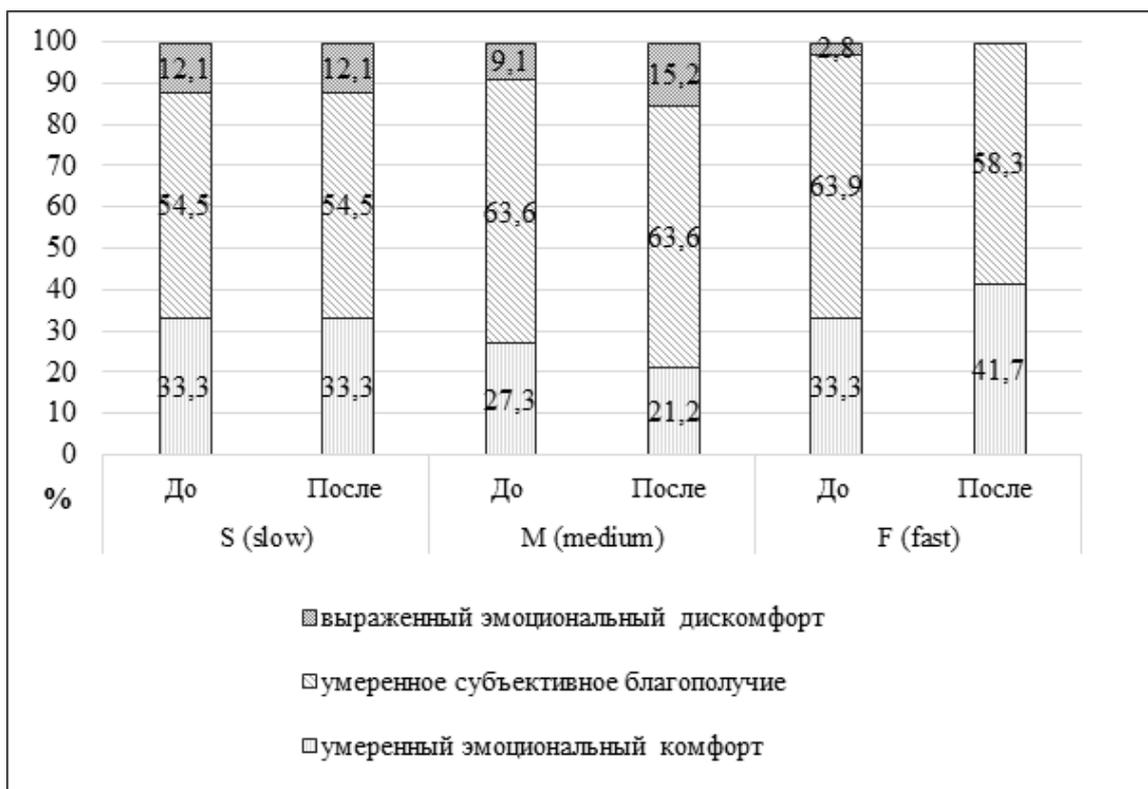


Рисунок 13 – Изменение уровня субъективного благополучия при различных ритмических нагрузках, измеренный методикой «Шкалы субъективного благополучия», (%)

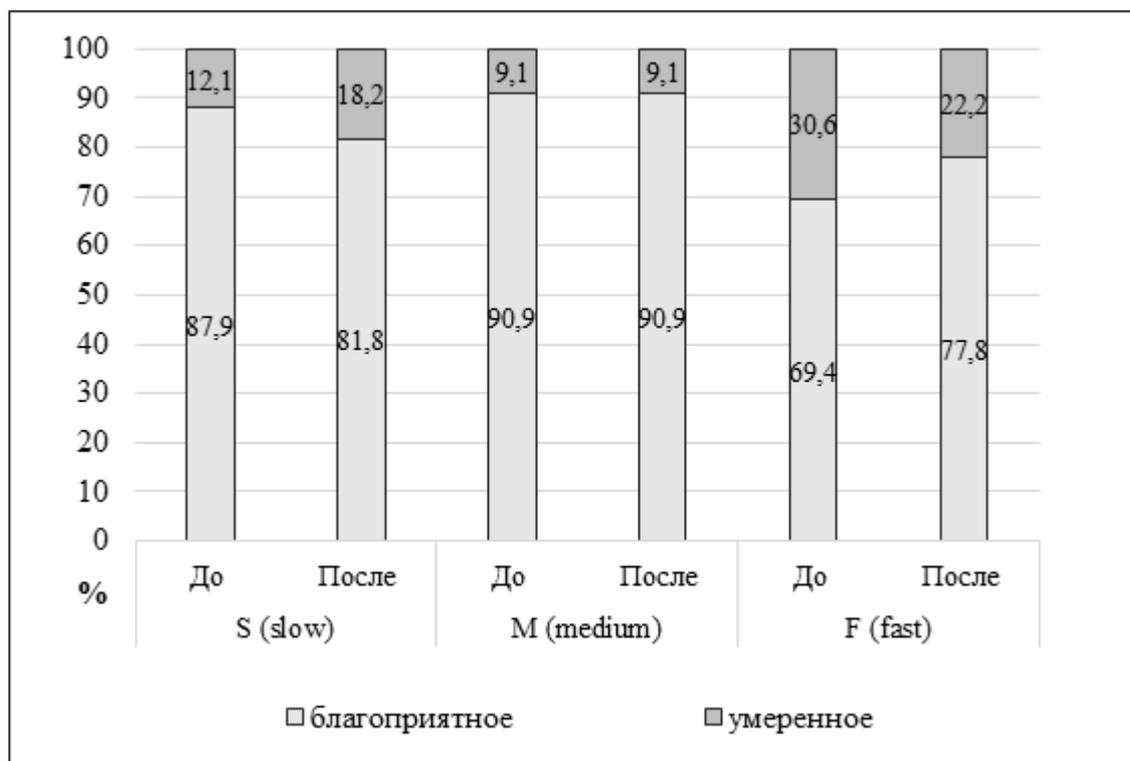


Рисунок 14 – Изменение психического состояния у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры

Методика «Оценка психической активации, интереса, эмоционального тонуса, напряжения и комфортности» разработана на факультете психологии ЛГУ группой ученых под руководством Н.А. Курганского и предназначена для самооценки текущего психического состояния [39].

При S (slow) нагрузке наблюдалась отрицательная динамика текущего психического состояния, в то время как, при F (fast) нагрузке она положительная (рис.14), что говорит о повышении уровня психического состояния и комфортности обследуемых.

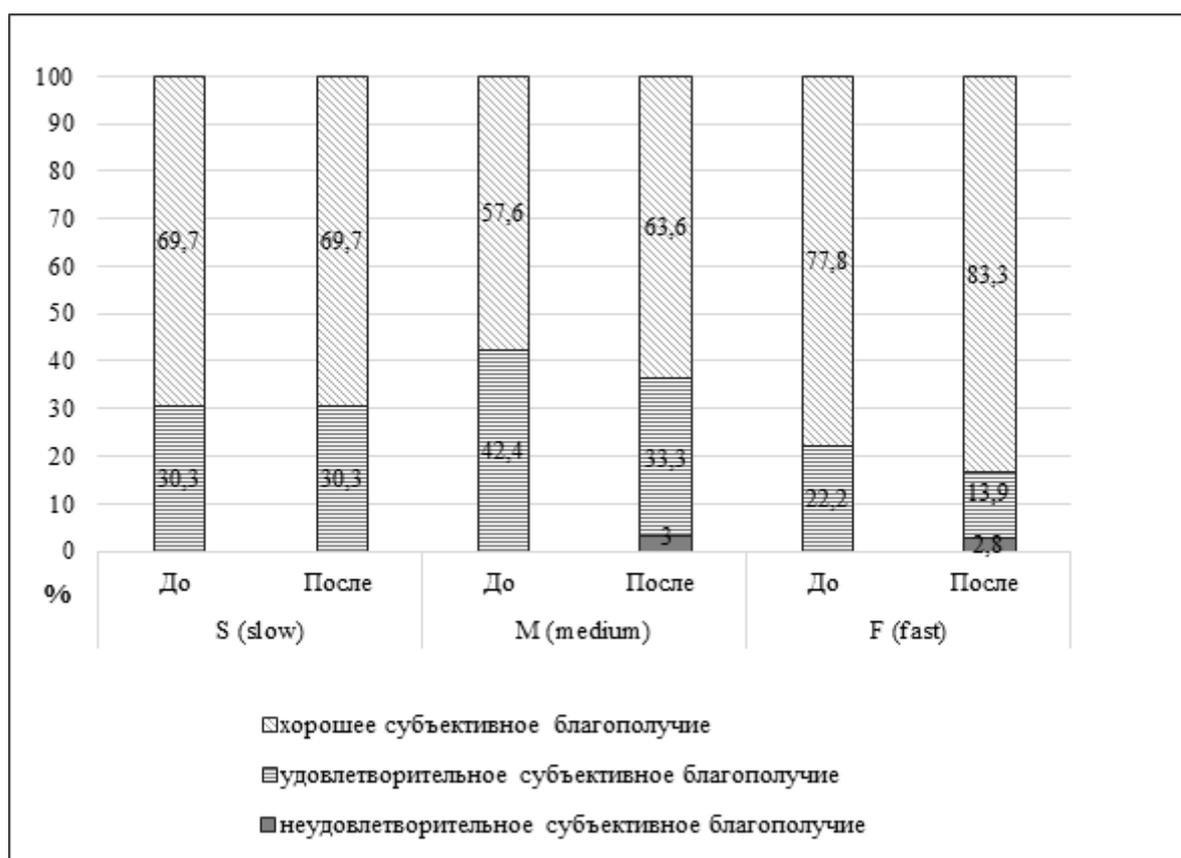


Рисунок 15 – Анкета самооценки состояния у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры

Методика «Анкета самооценки состояния» направлена на оценку субъективного самочувствия и наличия соматических жалоб.

При M (medium) и F (fast) нагрузках наблюдался незначительный процент неудовлетворительного субъективного самочувствия после выполнения упражнений, при этом наблюдалась положительная тенденция смены субъективных самочувствий с удовлетворительного на хорошее (рис.15).

При увеличении ритмо-темповой структуры занятия со 115-125 уд/мин до 125-140 уд/мин происходит ухудшение психического состояния спортсменок, снижение социальных мотивов личности, тогда как дальнейшее увеличение ритма до 140-160 уд/мин приводит к улучшению психического состояния и улучшению социальных мотивов личности, способствует оптимизации психофизиологических функций.

### **3.2.2. Оценка свойств нервной системы по психомоторным показателям (методика «Теппинг-тест»)**

Для диагностики силы нервных процессов применялась методика «Теппинг-тест». По силе нервных процессов можно косвенно судить о величине работоспособности организма. Применяется для оценки свойств лабильности нервной системы, т.е. способности нервных клеток быстро переходить от состояния торможения к возбуждению и наоборот, и для определения скоростных возможностей двигательного анализатора. Результаты тестирования могут использоваться при оценке силы нервной системы (по Е.П. Ильину).

Сила нервных процессов является показателем работоспособности нервных клеток и нервной системы в целом. Сильная нервная система выдерживает большую по величине и длительности нагрузку, чем слабая. Методика основана на определении динамики максимального темпа движения рук.

Из данных, представленных в таблице 7, следует, что до нагрузки у обследуемых наблюдалось преобладание лиц со средне-слабой и средней силой нервных процессов (46,1 и 38,5% соответственно).

Низкая сила нервных процессов выявлена у 15,4% обследуемых девушек, высокая сила зарегистрирована не была. М (medium) нагрузка с ритмом 125-140 уд/мин на характеристику силы нервных процессов не влияла.

Увеличение ритма нагрузки до 140-160 уд/мин кардинально изменило картину: количество девушек с низкой силой нервных процессов увеличилось до 53,8%, а доля лиц со средне-слабой силой составила 15,4%. Наблюдалось так же

уменьшение уровня начального темпа работы с увеличением ритмо-темпового сопровождения с M (medium) (125-140 уд/мин) на F (fast) (140-160 уд/мин).

Таблица 7 – Показатели силы нервных процессов при различных ритмических нагрузках

Me (Q25;Q75)

Исследуемые показатели		До нагрузки	S (slow) нагрузка	M (medium) нагрузка	F (fast) нагрузка
Типы нервной системы (%)	Сильный	0	0	0	15,4↑
	Средний	38,5	30,7	30,7	15,4↓
	Слабый	15,4	30,7↑	30,7↑	53,8*↑
	Средне-слабый	46,1	38,6	38,6	15,4↓
Уровень начального темпа работы (Гц)		6,55 (6,15;7,11)	7,17↑ (6,65;7,47)	6,68* (6,31;7,09)	6,09* (5,19;6,72)
Примечание: * – статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) по сравнению с показателем S (slow) нагрузки. ↑ - достоверное увеличение показателя по сравнению с показателем «до нагрузки». ↓ - достоверное снижение показателя по сравнению с показателем «до нагрузки».					

### 3.2.3. Методика «Оценка мышечной выносливости»

Для оценки силы и выносливости мышц рук, функционального состояния и моторной асимметрии применялась методика «Динамометрия». Из данных, представленных в таблице 8, следует, что при увеличении ритмо-темпового сопровождения со 125-140 уд/мин до 140-160 уд/мин происходит достоверное увеличение максимальной мышечной силы правой руки, что говорит об оптимизации механизмов двигательной координации. Так же отмечается увеличение точности регуляции усилий правой руки и максимального усиления в конце для левой руки.

При сравнении коэффициента выносливости левой руки до и после нагрузок с различным ритмо-темповым сопровождением отмечено достоверное увеличение показателя после выполнения упражнений с ритмо-темповым сопровождением 140-160 уд/мин, что может быть связано с оптимизацией регионарного кровотока.

Исходя из данных исследования видно, что коэффициент асимметрии по выносливости статистически значимо уменьшается после нагрузки с ритмо-темповым сопровождением 115-125 уд/мин, в то время как коэффициент

асимметрии по силе статистически значимо отличается после нагрузок с ритмо-тепловым сопровождением 115-125 уд/мин и 125-140 уд/мин, что говорит о снижении выраженности функциональных различий между правой и левой рукой обследуемых.

Таблица 8 – Показатели силы и выносливости мышц рук, функционального состояния и моторной асимметрии у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-тепловой структуры

Me (Q25;Q75)

Исследуемые показатели	До нагрузки	S (slow) нагрузка	M (medium) нагрузка	F (fast) нагрузка
Максимальная мышечная сила правой руки, кг	22 (17,5;29,75)	22 (19,5;29,75)	20,5 (18,25;29,75)	25,5** (20,5;27,75)
Коэффициент выносливости для левой руки	77 (69,00;86,5)	69,00 (66,00;88,00)	79,00 (71,50;81,50)	91,00↑ (70,00;99,50)
Коэффициент асимметрии по силе	6,54 (0,06;15,57)	7,89** (2,35;17,3)	6,67* (-3,66;11,62)	5,88 (2,1;13,95)
Величина максимального усиления в конце для левой руки	12 (8;15,5)	12 (7;15)	12 (9;13,5)	14** (9;16)
Коэффициент асимметрии по выносливости	2,10 (1,50;9,84)	0,62↓ (-0,74;2,54)	-0,04 (-2,52;2,66)	0,44 (-4,28;3,67)

Примечание:

↑ - статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) увеличение показателя по сравнению с показателем «до нагрузки».

↓ - статистически значимое ( $p < 0,05$ ) снижение показателя по сравнению с показателем «до нагрузки».

\* - статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) показателя по сравнению с показателем после S (slow) нагрузки.

\*\* - статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) показателя по сравнению с показателем после M (medium) нагрузки.

Исходя из данных исследования видно, что коэффициент асимметрии по выносливости статистически значимо уменьшается после нагрузки с ритмо-тепловым сопровождением 115-125 уд/мин, в то время как коэффициент асимметрии по силе статистически значимо отличается после нагрузок с ритмо-тепловым сопровождением 115-125 уд/мин и 125-140 уд/мин, что говорит о

снижении выраженности функциональных различий между правой и левой рукой обследуемых.

Наличие отрицательных значений коэффициента асимметрии по силе и выносливости после нагрузки с ритмо-темповым сопровождением со 125-140 уд/мин указывает на то, что у обследуемых доминирует левая рука, дальнейшее увеличение ритмо-темпового сопровождения до 140-160 уд/мин возвращает доминирование правой руки (табл.8).

#### **3.2.4. Методика «Контактная координаметрия по профилю»**

Для оценки влияния нагрузок с различным ритмо-темповым сопровождением на психомоторные свойства спортсменок использовалась методика «Контактная координаметрия по профилю». Она позволяет оценить точность и координацию целенаправленных движений.

Из данных, представленных в таблице 9, следует, что количество касаний и частота касаний в секунду после М (medium) нагрузки было наибольшим, что говорит о снижении способности обследуемых к координации движений. Дальнейшее увеличение ритмо-темпового сопровождения нагрузок до 140-160 уд/мин привело к улучшению показателей, вследствие оптимизации функциональных состояний обследуемых (см. табл. 9).

Изменение ритмо-темпового сопровождения занятий по аэробике на степень сенсорного контроля над движениями не повлияло.

Увеличение ритмо-темпового сопровождения занятий по аэробике до 140 уд/мин приводит к снижению силы и подвижности нервных процессов, что свидетельствует о снижении психофизиологической адаптивности, характеризующей эффективность деятельности и оптимальную работоспособность. В тоже время при ритмо-темповой структуре занятия 140-160 уд/мин наблюдается увеличение силы нервных процессов, увеличение силы и выносливости мышц.

Таблица 9 – Показатели диагностики точности движений рук у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры

Me (Q25;Q75)

Исследуемые показатели	До нагрузки	S (slow) нагрузка	M (medium) нагрузка	F (fast) нагрузка
Количество касаний	45,00 (25,50;53,50)	33,00** (27,50;43,50)	50,00* (36,50;59,00)	40,00 (33,00;52,00)
Количество касаний в сек.	1,90 (1,05;3,15)	1,90 (1,45;2,90)	2,50 (1,30;2,95)	1,90** (1,25;2,30)
Общее время касаний	2,18 (0,90;3,49)	1,63 (1,03;2,63)	2,58* (1,65;3,34)	2,28 (1,32;3,35)
Время касаний в секунду	0,10 (0,05;0,20)	0,10 (0,10;0,10)	0,10 (0,10;0,15)	0,10 (0,10;0,10)
Примечание: *- статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) по сравнению с показателем после S (slow) нагрузки **- статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) по сравнению с показателем после M (medium) нагрузки				

Увеличение ритмо-темпового сопровождения занятий по аэробике со 115-125 уд/мин до 125-140 уд/мин приводит к нарушению координации движений, дальнейшее же увеличение темпа до 140-160 уд/мин приводит к увеличению точности движений.

### **3.3. Влияние ритмической нагрузки различного уровня на нервно-мышечный аппарат обследуемых**

#### **3.3.1. Влияние ритмической нагрузки различного уровня на показатели биоэлектрической активности мышц в покое и при максимальном произвольном напряжении**

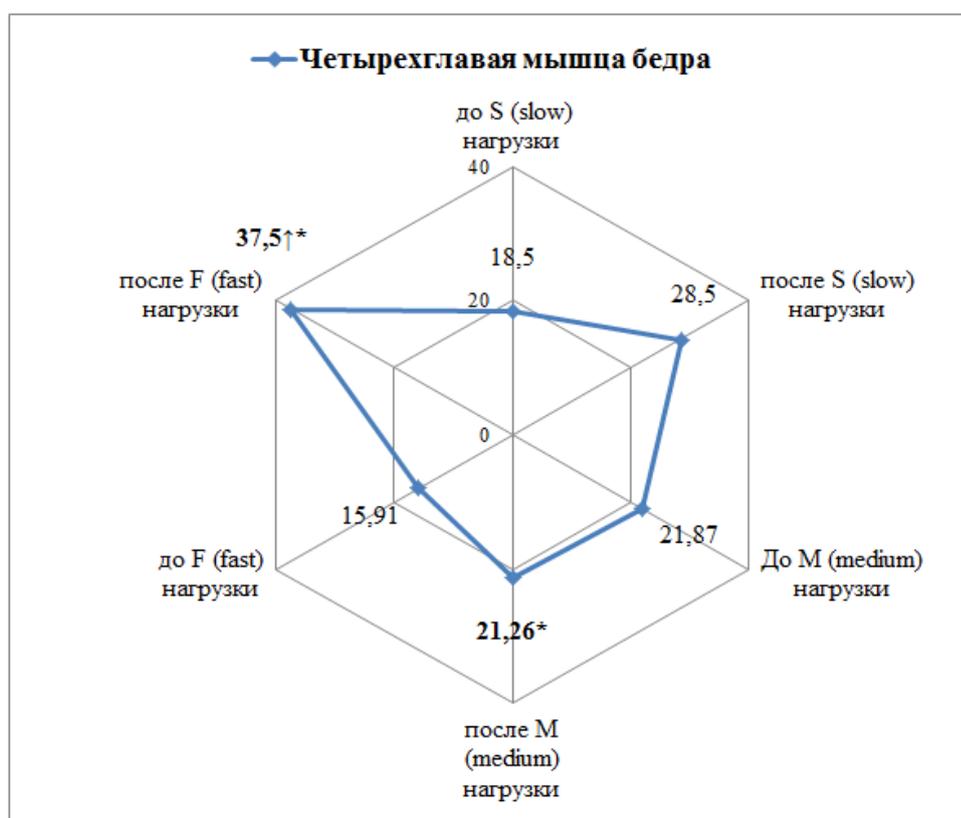
Исследование электрической активности мышц в покое и при максимальном произвольном напряжении, позволило выявить достоверные различия до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры (табл.10, 11).

Таблица 10 – Максимальная амплитуда биоэлектрической активности мышц в покое у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры, мкВ

Me (Q25; Q75)

	до S (slow) нагрузки	после S (slow) нагрузки	до M (medium) нагрузки	после M (medium) нагрузки	до F (fast) нагрузки	после F (fast) нагрузки
Икроножная мышца	14 (9,26;28)	19,06↑* (12,1;26,6)	17,96 (10,83;27,9)	23,7↑* (15,8;51,7)	16,62 (11,05;28,2)	39,7↑* (23,78;54,63)
Четырехглавая мышца бедра	18,5 (12,52;31,6)	28,5 (17,3;40,4)	21,87 (15,1;30,3)	21,26* (11,8;35,5)	15,91 (12,7;21,45)	37,5↑* (26,53;52,93)
Большая ягодичная мышца	20,9 (10,6;30,6)	28,73 (12,3;46,6)	30,2 (16,64;37,7)	19,4↓* (13,4;29,8)	15,05 (10,1;20,2)	38,7↑* (22,18;57,65)

Примечание:  
 \* – статистически значимое различие показателя ( $p < 0,05$ ) между ритмо-темповыми нагрузками  
 ↑ - достоверное увеличение показателя после ритмо-темповой нагрузки  
 ↓ - достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки

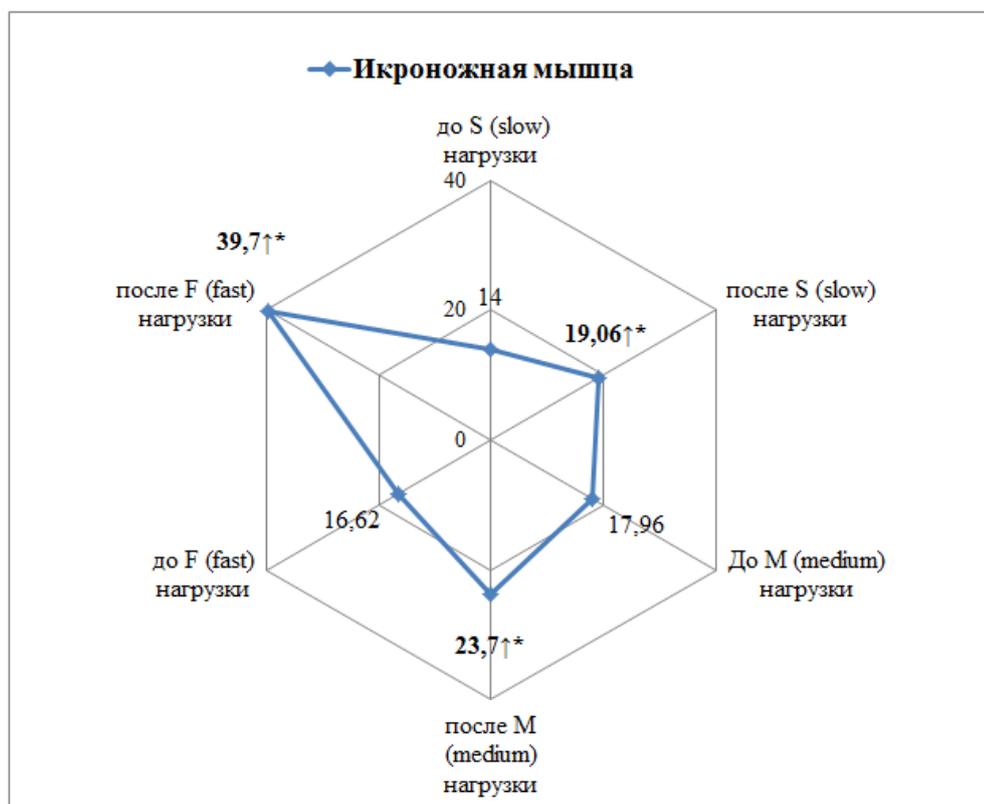


Примечание: ↑ - достоверное увеличение показателя после ритмо-темповой нагрузки;

\* – статистически значимое различие показателя ( $p < 0,05$ ) между ритмическими нагрузками

Рисунок 16 – Максимальная амплитуда биоэлектрической активности икроножной мышцы в покое у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры, мкВ

При S (slow) нагрузке после выполнения упражнений наблюдалось достоверное увеличение максимальной амплитуды электромиограммы икроножной мышцы, что говорит о её напряжении (рис.16). При M (medium) нагрузке максимальная амплитуда биоэлектрической активности икроножной мышцы так же увеличивалась. После F (fast) нагрузки увеличение показателя было максимальным.

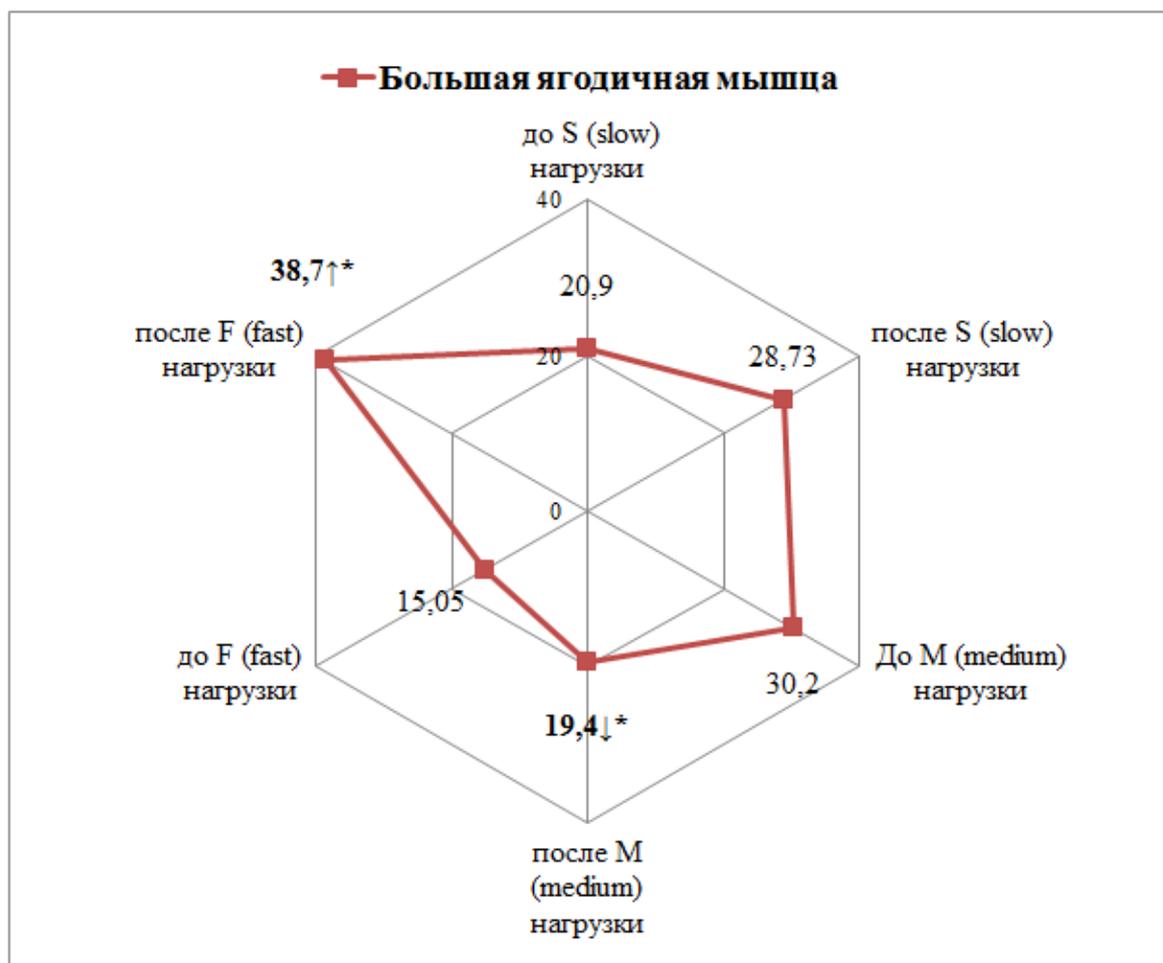


Примечание: ↑ - достоверное увеличение показателя после ритмо-темповой нагрузки;  
\* – статистически значимое различие показателя ( $p < 0,05$ ) между ритмическими нагрузками

Рисунок 17 – Максимальная амплитуда биоэлектрической активности четырехглавой мышцы бедра в покое у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры, мкВ

Максимальная амплитуда электромиограммы четырехглавой мышцы бедра увеличивалась при ритмической нагрузке 140-160 уд/мин после выполнения упражнений, причем она достоверно выше, чем при нагрузке 125-140 уд/мин (рис.17).

Максимальная амплитуда электромиограммы большой ягодичной мышцы достоверно увеличивалась в F (fast) группе после выполнения упражнений. В M (medium) группе данный показатель достоверно снижался, что говорит о наиболее эффективном расслаблении этой мышцы (рис. 18).



Примечание: ↑ – достоверное увеличение показателя после ритмо-темповой нагрузки;

↓ – достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки;

\* – статистически значимое различие показателя ( $p < 0,05$ ) между ритмическими нагрузками

Рисунок 18 – Максимальная амплитуда биоэлектрической активности большой ягодичной мышцы в покое у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры, мкВ

При сравнении показателя после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры наблюдалось достоверное различие между M (medium) и F(fast) нагрузками, причем после F (fast) показатель достоверно выше (рис.18).

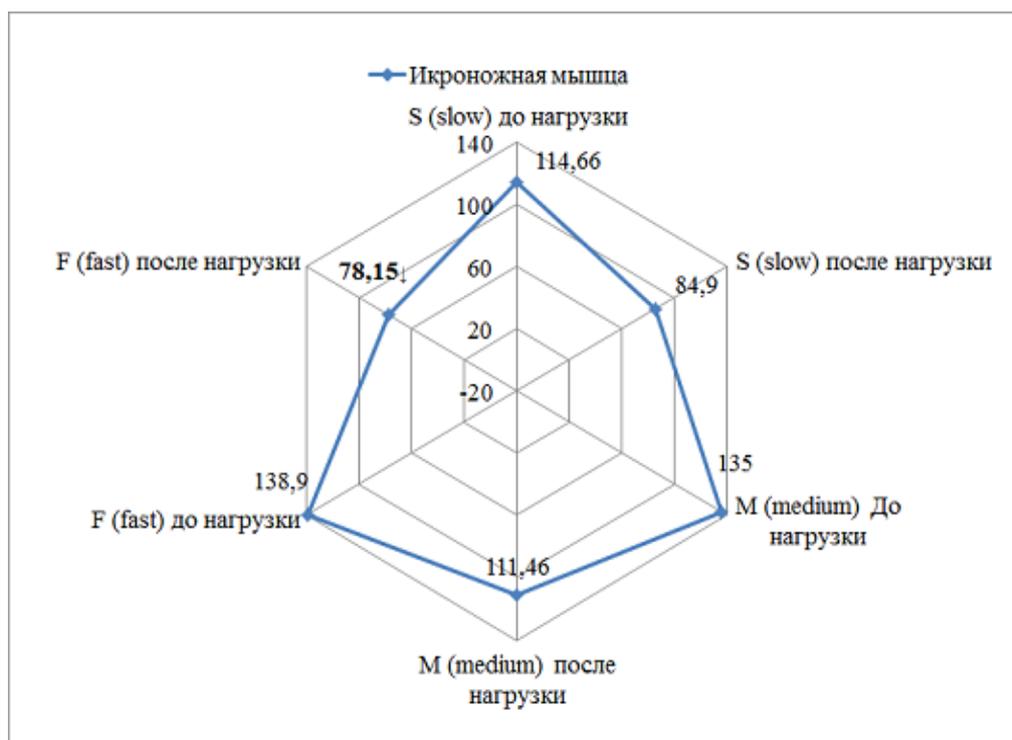
Таблица 11 – Максимальная амплитуда электромиограммы при максимальном произвольном напряжении мышцы у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры, мкВ

Me (Q25;Q75)

	до S (slow) нагрузки	после S (slow) нагрузки	до M (medium) нагрузки	после M (medium) нагрузки	до F (fast) нагрузки	после F (fast) нагрузки
Икроножная мышца	114,66 (50,33;191)	84,9 (51,4;137)	135 (47,13;313,6)	111,46 (77,1;204)	138,9 (85,4;255,3)	78,15↓ (44,7;170)
Четырехглавая мышца бедра	105,56 (47,03;180)	61↓ (45,4;90,7)	129 (71,7;270,7)	70,2↓ (40,9;121,9)	167 (94;284,25)	98,25↓ (58,98;149,3)
Большая ягодичная мышца	100 (46,7;154)	64,6↓* (31,26;97)	99,7 (61,6;175,36)	104,33* (59,5;150,8)	123 (70,66;239)	122,35* (67,9;197,3)

Примечание: \* – статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) показателя между группами после ритмо-темповой нагрузки  
↓ - достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки

При F (fast) нагрузке наблюдалось уменьшение максимальной амплитуды биоэлектрической активности икроножной мышцы при максимальном произвольном напряжении после ритмо-темповой нагрузки (рис.19).



Примечание: ↓ - достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки

Рисунок 19 – Максимальная амплитуда биоэлектрической активности икроножной мышцы при максимальном произвольном напряжении, мкВ

Полученные результаты позволили выявить специфические особенности функционального состояния нервно-мышечной системы, отражающие физиологические механизмы повышения эффективности тренировочного процесса в аэробике.



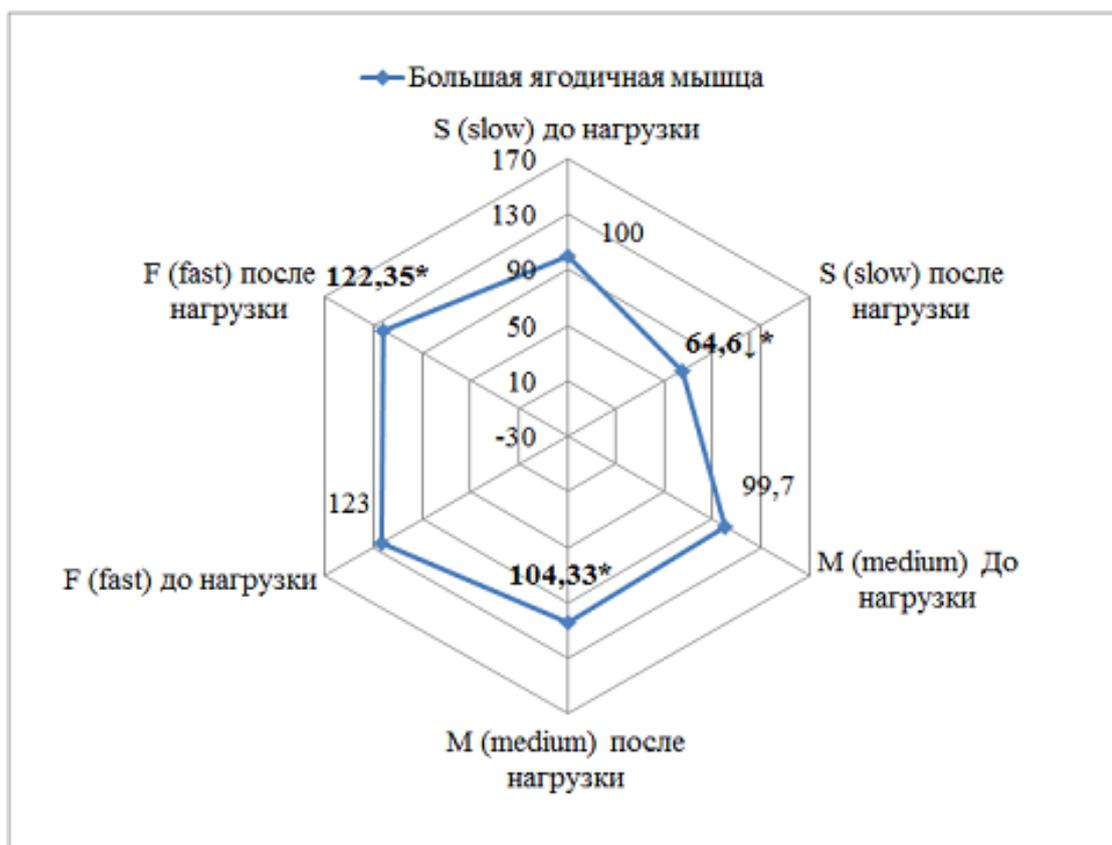
Примечание: ↓ - достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки

Рисунок 20 – Максимальная амплитуда биоэлектрической активности четырехглавой мышцы бедра при максимальном произвольном напряжении у обследуемых, занимающихся аэробикой до и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры, мкВ

Максимальная амплитуда биоэлектрической активности четырехглавой мышцы бедра при максимальном произвольном напряжении достоверно уменьшается при всех трех видах ритмической нагрузки (рис.20).

При нагрузке 115-125 уд/мин наблюдается достоверное снижение показателя максимальной амплитуды биоэлектрической активности большой ягодичной мышцы после выполнения упражнений при максимальном произвольном напряжении. При сравнении показателя между типами ритмической нагрузки, наблюдается достоверное увеличение амплитуды биоэлектрической активности

большой ягодичной мышцы, причем при F (fast) нагрузке она наиболее высокая (рис.21).



Примечание: ↓ – достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки;

\* – статистически значимое различие показателя ( $p < 0,05$ ) между ритмическими нагрузками.

Рисунок 21 – Максимальная амплитуда биоэлектрической активности большой ягодичной мышцы при максимальном произвольном напряжении у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры, мкВ

Увеличение ритмической нагрузки снижало экономичность и эффективность выполняемых двигательных действий в процессе адаптации к сложно координированной мышечной деятельности, причем с увеличением ритмо-темповой структуры занятий тенденция к снижению наиболее выражена.

### 3.3.2. Влияние ритмической нагрузки различного уровня на показатели биоэлектрической активности головного мозга

Изучение связи между характером воздействия ритмической нагрузки и значимыми характеристиками биоэлектрической активности мозга является

актуальным для использования такого воздействия в целях индивидуализации обучения и усиления тренировочного эффекта на занятиях по аэробике.

В ходе электроэнцефалографического исследования была проведена оценка следующих параметров:

- средняя амплитуда спектра (мкВ/с);
- средняя мощность спектра (мкВ<sup>2</sup>/с);
- максимальная мощность спектра (мкВ<sup>2</sup>/с);
- уровень когерентности спектров альфа и тета-активности в лобных и затылочных отведениях (мкВ/Гц).

Запись ЭЭГ проводилась до выполнения физической нагрузки, затем после выполнения упражнений аэробной части занятия с различной ритмо-темповой структурой (S (slow) – 115-125 уд/мин, M (medium) – 125-140 уд/мин, F (fast) – 140-160 уд/мин) продолжительностью 20-25 минут.

Таблица 12 – Средняя амплитуда спектра активности головного мозга у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры (мкВ/с) Me (Q25; Q75)

Отведение	Активность	До нагрузки	S (slow) нагрузка	M (medium) нагрузка	F (fast) нагрузка
Центральные отведения	Альфа прав.	2,00 (2,00;5,00)	3,00 (2,00;5,00)	2,00 (2,00;3,00)	2,00* (2,00;2,00)
	Бета прав.	2,00 (1,00;2,00)	2,50↑ (2,00;4,00)	2,00 (1,00;2,50)	1,50* (1,00;2,00)
	Бета лев.	1,00 (1,00;2,00)	2,00↑ (1,50;2,00)	2,00 (1,00;2,00)	2,00 (1,00;2,00)
Теменные отведения	Альфа прав.	11,00 (7,00;13,50)	11,00 (7,50;12,00)	11,00 (8,50;18,50)	9,00↓ (7,50;12,50)
	Дельта прав.	11,00 (7,00;13,50)	11,00 (7,50;12,00)	11,00 (8,50;18,50)	9,00↓ (7,50;12,50)
	Альфа лев.	10,00 (6,00;13,00)	10,00 (7,00;14,00)	11,00↑ (8,00;16,50)	10,00* (7,50;11,50)
	Бета лев.	5,00 (4,00;6,50)	5,00 (4,00;5,00)	4,00↓ (3,50;5,00)	5,00 (4,00;5,50)
Затылочные отведения	Бета лев.	6,00 (4,00;6,50)	7,00 (5,50;8,00)	5,00* (4,50;6,00)	7,00 (5,50;8,50)
	Бета прав.	6,00 (4,00;8,50)	7,00 (5,50;8,00)	5,00* (4,00;7,00)	6,00 (4,50;8,50)
	Альфа прав.	16,00 (6,00;18,00)	14,00 (8,50;24,50)	15,00 (6,00;21,00)	18,00↑ (8,00;26,00)

Примечание:

↑ – достоверное увеличение показателя после ритмо-темповой нагрузки

↓ – достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки

\* – статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) по сравнению с показателем после S (slow) нагрузки

Изучение особенностей амплитудных характеристик основных ритмов ЭЭГ в отведениях правого и левого полушарий позволило выявить достоверные различия. Было отмечено, что увеличение ритмо-темпового сопровождения занятий по аэробике до 125 уд/мин приводит к уменьшению средней амплитуды спектра бета-активности. При ритмо-темповой структуре занятия 125-140 уд/мин наблюдается достоверное увеличение средней амплитуды спектра альфа-активности (более выражено в затылочных отведениях), что говорит об уменьшении личностной и ситуативной тревожности, улучшении состояния корково-подкорковых взаимоотношений, обеспечивающих фон для нормальной жизнедеятельности человека (табл.12) [15, 50].

При ритмо-темповой структуре занятия 140-160 уд/мин наблюдалось снижение средней амплитуды спектра дельта-активности, что свидетельствует об увеличении коркового тонуса и снижении процессов торможения [91].

Таблица 13 – Максимальная мощность спектра активности головного мозга у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры (мкВ<sup>2</sup>/с) Me (Q25; Q75)

Отведение	Активность	До нагрузки	S (slow) нагрузка	M (medium) нагрузка	F (fast) нагрузка
Центральные отведения	Альфа	0,39 (0,22;1,10)	0,47↑ (0,26;2,62)	0,42 (0,19;1,57)	0,25 (0,18;0,34)
	Бета	0,11 (0,08;0,24)	0,23↑ (0,13;0,80)	0,13 (0,08;0,60)	0,12 (0,09;0,19)
Теменные отведения	Дельта	14,33 (8,26;21,43)	39,28↑ (19,12;73,99)	23,53 (14,57;69,66)	17,92 (12,68;45,10)
Затылочные отведения	Альфа	5,79 (1,86;14,26)	5,98 (1,85;14,54)	7,01↑ (4,11;15,485)	6,17 (3,25;13,05)
	Тета	4,03 (2,45;4,90)	3,91 (2,32;4,96)	3,60 (2,55;6,36)	4,23↑ (3,63;6,97)

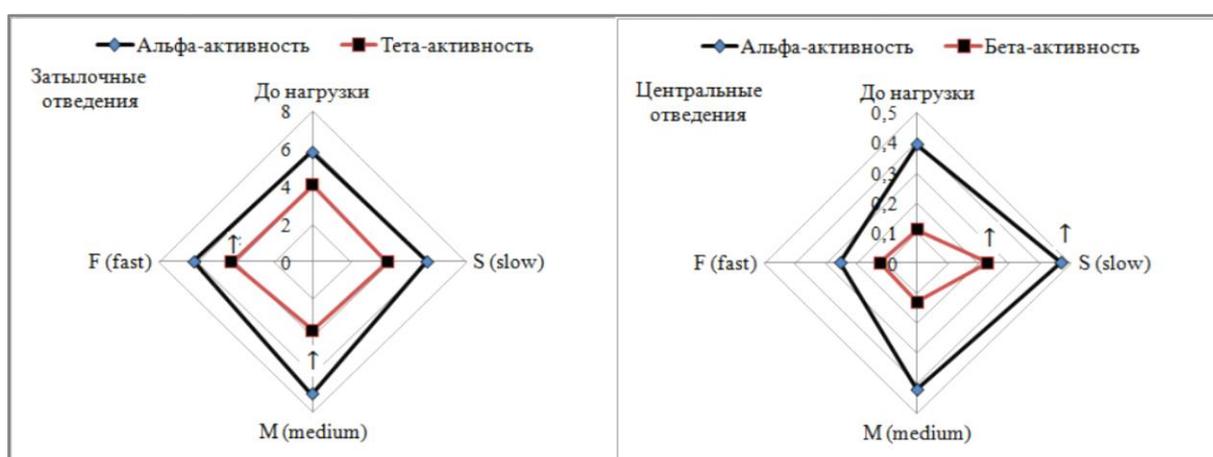
Примечание: ↑ – достоверное увеличение показателя после ритмо-темповой нагрузки

Исходя из данных представленных в таблице 13, после нагрузки с ритмо-тепловым сопровождением 115-125 уд/мин наблюдается повышение максимальной мощности альфа и бета активности, что указывает на увеличение уровня функционального состояния организма и готовности организма к физическим нагрузкам (рис.22).

Дальнейшее увеличение ритмо-тепловой структуры занятий до 125-140 уд/мин приводит к снижению мощности этих ритмов, что свидетельствует о выраженной психоэмоциональной усталости, снижении концентрации внимания и нарастании утомления организма (рис.22).

При ритмо-тепловой структуре занятия 115-125 уд/мин наблюдалось увеличение максимальной мощности дельта-ритма (табл.13), что рассматривается, как отражение усиления в структурах ЦНС тормозных процессов, в том числе, носящих охранительный характер, а также свидетельствует о наибольшем нервно-эмоциональном напряжении организма в ответ на физическую нагрузку.

Увеличение ритмической нагрузки до 140-160 уд/мин отрицательно сказалось на мощности спектра тета-активности в затылочном отведении. Тета-активность является показателем состояния психофизиологической направленности человека, индикатор эмоционального возбуждения, «ритм напряжения» [70].



Примечание: ↑ – достоверное увеличение показателя после ритмо-тепловой нагрузки

Рисунок 22 – Максимальная мощность спектра активности головного мозга у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-тепловой структуры ( $\text{мкВ}^2/\text{с}$ )

Несмотря на недостаточность сведений о функциональном значении тета-активности, есть основания связывать рост этого показателя с процессами снижения торможения (или роста возбуждения). Тета-ритм особым образом связан с процессом запоминания, так как одной из структур, генерирующих тета-ритм, является гиппокамп, участвующий в процессе формирования следов долговременной памяти. В гиппокампе тета-ритм имеет максимальную амплитуду и выраженность. Фактически, в экспериментах по «обусловливанию страха» тета-активность (4-7 Гц) охватывает амигдаларно-гиппокампальные пути. Тем не менее, эта активность совпадает во времени исключительно с образованием условного рефлекса, а не при актуализации аффективной памяти или поведенческом проявлении страха.

### **3.3.3. Влияние музыкального сопровождения различной ритмо-темповой структуры на биоэлектрическую активность головного мозга**

Регистрация влияния музыкального сопровождения различной ритмо-темповой структуры на биоэлектрическую активность головного мозга включала в себя следующие этапы:

1. Фоновая запись (ФЗ) – регистрация фоновой электроэнцефалограммы;
2. Прослушивание музыкального сопровождения S (slow) – 115-125 уд/мин;
3. Регистрация электроэнцефалограммы после прослушивания Slow-ритма;
4. Перерыв 15 минут;
5. Прослушивание музыкального сопровождения M (medium) – 125-140 уд/мин;
6. Регистрация электроэнцефалограммы после прослушивания Medium-ритма;
7. Перерыв 15 минут;
8. Прослушивание музыкального сопровождения F (fast) - 140-160 уд/мин;
9. Регистрация электроэнцефалограммы после прослушивания Fast-ритма.

В настоящее время получены сведения о конкретных механизмах влияния музыкального ритма в целом на мозг человека, на психомоторику, на вегетативные и соматические функции. Физиологическое воздействие музыки на организм человека подтверждается экспериментальными данными о том, что ритмы

различных функций организма тесно связаны с ритмами работы мозга. Под воздействием внешних раздражителей можно активизировать или тормозить не только работу мозга, но и изменять эмоциональное и физическое состояние человека. Музыкальная деятельность отличается комплексной многокомпонентной структурой, включает как сложные двигательные навыки, так и слухомоторные координации, восприятие и переработку музыкальной информации. Важнейшим инструментом психофизиологического механизма воздействия музыки на организм человека является динамический стереотип – слаженная система связей в коре головного мозга, образуемая от многократного восприятия нескольких раздражителей в одном порядке [123].

Большую роль в формировании динамического стереотипа играет ритмичность нервных процессов, а, следовательно, и характеристики музыкального сопровождения, обладающие ритмическими свойствами – ритм, метр, темп. Однако и сам музыкальный звук представляет собой ритмически организованное явление. Следовательно, средства ритмо-темповой организации музыкального сопровождения вносят существенный вклад в психофизиологический эффект тренировочного процесса по аэробике.

Таблица 14 – Средняя амплитуда спектра активности головного мозга при прослушивании ритмо-темпового сопровождения у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры, (мкВ/с)

Me (Q25; Q75)

Отведение	Проба с прослушиванием музыкального сопровождения	Ритм ЭЭГ	До нагрузки	S (slow) нагрузка	M (medium) нагрузка	F (fast) нагрузка
Центральные отведения	После S (slow) ритма	Бета	1,00 (1,00;2,00)	2,00↑ (1,00;2,00)	2,00 (1,00;2,00)	2,00 (1,00;2,00)
	После M (medium) ритма	Бета	1,00 (1,00;2,00)	2,00↑ (1,00;2,00)	2,00 (1,00;2,00)	2,00 (1,00;2,00)
Теменные отведения	После прослушивания S (slow) ритма	Альфа	10,00 (7,00;12,5)	9,00 (7,50;10,5)	11,00↑ (7,50;15)	10,00 (7,50;12)
		Дельта	10,00 (7,00;12,5)	9,00 (7,50;10,5)	11,00↑ (7,50;15)	10,00 (7,50;12)

	После M (medium) ритма	Альфа	10,00 (7,50;14,5)	10,00 (8,50;13)	11,00↑ (9,00;16,5)	10,00 (7,50;13,5)
	После F (fast) ритма	Дельта	10,00 (7,00;11)	9,00 (7,00;13)	10,00 (8,00;16)	8,00* (7,50;11,5)
Лобные отведения	После S (slow) ритма	Бета	5,00 (4,00;6,50)	5,00 (4,00;7,00)	4,00* (3,50;6,50)	5,00 (4,00;5,00)
	После M (medium) ритма	Дельта	7,00 (5,50;8,50)	8,00↑ (5,50;9,00)	7,00 (6,00;9,50)	8,00 (6,00;9,50)
Затылочные отведения	После S (slow) ритма	Альфа	16,00 (7,50;19,5)	13,00 (8,00;21)	13,00 (10;21,5)	19,00↑ (9,50;30,5)
		Дельта	16,00 (7,50;19,5)	13,00 (8,00;21)	13,00 (10;21,5)	19,00↑ (9,50;30,5)
		Бета	5,00 (6,00;8,00)	7,00↑ (6,00;8,00)	5,00* (4,00;7,00)	6,00 (5,00;9,50)
	После M (medium) ритма	Дельта	15,00 (6,50;19)	18,00↑ (9,50;23,5)	15,00 (9,00;23)	19,00↑ (9,50;31)
		Альфа	18,00 (7;20)	18,00 (12,5;23,5)	16,00 (9;23,5)	20,00↑ (9,5;30)
	После F (fast) ритма	Бета	6,00 (4,00;7,50)	7,00 (6,00;7,00)	5,00* (5,00;7,00)	6,00 (5,00;8,50)
Примечание: ↑ – достоверное увеличение показателя после ритмо-темповой нагрузки ↓ – достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки * – статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) по сравнению с показателем после S (slow) нагрузки						

При нагрузке с ритмо-темповой структурой 115-125 уд/мин наблюдается увеличение степени внимания, сопряженного с эмоциональным возбуждением, и функциональной активности мозга. Увеличение ритмо-темповой структуры занятий по аэробике свыше 125 уд/мин приводит к психоэмоциональному утомлению, снижению работоспособности. Дальнейшее увеличение ритма способствовало усилению процессов торможения и одновременно активации регуляторных систем головного мозга.

По результатам электроэнцефалографического исследования показано, что прослушивание ритмо-темпового сопровождения способствует усилению когерентности электрической активности коры. Для активности альфа-диапазона этот эффект был в большей степени выражен в лобной области, тогда как для тета-диапазона – в затылочной (табл.14, 15).

Таблица 15 – Максимальная мощность спектра активности головного мозга при прослушивании ритмо-темпового сопровождения у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры (мкВ<sup>2</sup>/с)

Me (Q25; Q75)

Отведение	Проба с прослушиванием музыкального сопровождения	Активность	До нагрузки	S (slow) нагрузка	M (medium) нагрузка	F (fast) нагрузка
Центральные справа	Фоновая запись	Альфа	0,39 (0,22;1,10)	0,47↑ (0,26;2,62)	0,42 (0,19;1,57)	0,25 (0,18;0,34)
		Бета	0,11 (0,08;0,24)	0,23↑ (0,13;0,80)	0,13 (0,08;0,60)	0,12 (0,09;0,19)
	После прослушивания F (fast) ритма	Бета	0,17 (0,14;0,25)	0,21↑ (0,18;0,43)	0,18 (0,14;0,23)	0,20 (0,16;0,25)
		Дельта	1,95 (0,63;2,34)	2,61 (1,02;5,30)	2,21 (0,76;14,40)	3,66↑ (1,92;12,59)
Теменные справа	После прослушивания S (slow) ритма	Бета	0,93 (0,45;1,94)	1,25 (0,76;2,56)	1,49↑ (0,77;2,63)	1,15 (0,64;1,98)
	После прослушивания M (medium) ритма	Альфа	8,65 (2,68;10,52)	6,66 (3,22;12,00)	4,43↓ (10,09;23,84)	5,54 (3,16;15,84)
		Тета	4,04 (2,48;5,00)	4,72 (2,6;11,17)	3,83↓ (2,64;4,73)	4,81 (2,56;9,34)
	После прослушивания F (fast) ритма	Альфа	5,65 (2,36;10,2)	4,25 (2,95;22,5)	9,08↑ (4,29;22,5)	6,29 (2,91;8,54)
		Дельта	13,24 (7,7;28,56)	17,42 (10,8;128)	21,31 (12,9;108)	25,52↑ (13,2;50,6)
Теменные слева	Фоновая запись	Дельта	14,33 (8,26;21,4)	39,28↑ (19,1;74)	23,53 (14,6;69,7)	17,92 (12,68;45,1)
	После прослушивания M (medium) ритма	Альфа	4,83 (2,33;9,95)	6,21 (3,57;12,66)	9,45↑ (3,28;28,97)	5,42 (2,86;14,27)
		Дельта	13,39 (11,53;28,68)	25,48 (9,82;51,02)	16,49 (11,77;25,73)	26,39*↑ (13,67;52,38)
Лобные справа	После прослушивания S (slow) ритма	Тета	3,46 (2,11;4,16)	5,75↑ (3,28;29,14)	3,28 (2,58;4,64)	5,01 (2,69;9,22)
Лобные слева	После прослушивания S (slow) ритма	Бета	0,80 (0,44;1,10)	1,10↑ (0,74;1,74)	1,02 (0,56;1,27)	0,84 (0,60;1,02)
		Тета	3,86 (2,51;4,75)	5,48↑ (3,04;25,64)	2,58* (2,05;5,63)	3,51* (3,00;3,97)
Затылочные справа	Фоновая запись	Альфа	5,79 (1,86;14,26)	5,98 (1,85;14,54)	7,01↑ (4,11;15,485)	6,17 (3,25;13,05)
		Тета	4,03 (2,45;4,90)	3,91 (2,32;4,96)	3,60 (2,55;6,36)	4,23↑ (3,63;6,97)
Примечание: ↑ – достоверное увеличение показателя после ритмо-темповой нагрузки ↓ – достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки *- статистически значимое различие (p<0,05) по сравнению с показателем после S нагрузки						

Наибольший эффект отмечался при прослушивании музыки максимальной частоты. Прослушивание музыки после физических нагрузок способствует возрастанию показателя когерентности (в некоторых случаях даже выше фоновых

значений), в наибольшей степени этот эффект проявляется для ритмо-темповой структуры с низкой частотой [65, 119].

Физическая нагрузка с различной ритмо-темповой структурой подавляла когерентность, при этом для альфа-активности эффект более выражен в диапазоне низких частот, для тета-активности – напротив, в диапазоне высоких (таб. 15).

### 3.3.4. Влияние нагрузки различной ритмо-темповой структуры на уровень когерентности электрической активности коры

Когерентность электрических сигналов мозга – количественный показатель синхронности вовлечения различных корковых зон при их взаимодействии. Высокая когерентность означает, что в двух точках регистрации электрических потенциалов имеет место совпадающая по частоте и константная по соотношению фаз активность. Все ритмы мозга начинают, как бы подстраиваться друг под друга [119]. Происходит синхронизация между полушариями, как по амплитуде, так и по частоте (табл. 16).

Таблица 16 – Уровень когерентности спектров альфа и тета-активности в лобных и затылочных отведениях у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры (мкВ/Гц)

Me (Q25; Q75)

Отведения	Спектр активности	До нагрузки	S (slow) нагрузка	M (medium) нагрузка	F (fast) нагрузка
Лобные отведения	Альфа	0,74 (0,42;1)	0,62 (0,51;0,73)	0,47↓ (0,46;0,49)	0,63 (0,38;0,87)
Затылочные отведения		0,95 (0,93;0,98)	0,76↓ (0,69;0,84)	0,74↓ (0,70;0,84)	0,88 (0,77;0,90)
Лобные отведения	Тета	0,63 (0,63;0,99)	0,56 (0,49;0,73)	0,48↓ (0,46;0,51)	0,57 (0,45;0,90)
Затылочные отведения		0,57 (0,52;0,98)	0,64 (0,55;0,72)	0,40↓ (0,38;0,52)	0,42 (0,39;0,53)

Примечание: ↓ – достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки

Полученные результаты свидетельствуют, что ритмо-темповая нагрузка с низкой частотой приводит к рассинхронизации коротких внутрислоушарных

связей, в то время как более высокие частоты движений способствуют синхронизации электрической активности.

По-видимому, механизмы специфического влияния различных видов физической активности на корковые процессы имеют в своей основе формирование паттернов биоэлектрической активности коры с различной степенью когерентности, которые способны модулировать уровень централизации управления вегетативной системой.

Таблица 17 – Уровень когерентности альфа-активности в лобных и затылочных отведениях (мкВ/Гц) Me (Q25; Q75)

	Функциональная проба	До нагрузки	S (slow) нагрузка	M (medium) нагрузка	F (fast) нагрузка
Лобные отведения	Фоновая запись	0,74 (0,42;1)	0,62 (0,51;0,73)	0,47 (0,46;0,49)	0,63 (0,38;0,87)
	Прослушивание S (slow) ритма	0,80 (0,66;0,91)	0,80 (0,55;0,86)	0,75 (0,74;0,80)	0,65 (0,48;0,90)
	После прослушивания S (slow) ритма	0,80 (0,72;0,82)	0,80 (0,63;0,89)	0,81 (0,65;0,91)	0,66↓ (0,51;0,73)
	Прослушивание M (medium) ритма	0,87 (0,57;0,90)	0,86 (0,81;0,97)	0,74 (0,72;0,86)	0,59 (0,46;0,83)
	После прослушивания M (medium) ритма	0,79 (0,60;0,86)	0,81 (0,61;0,85)	0,67 (0,58;0,76)	0,56 (0,52;0,71)
	Прослушивание F (fast) ритма	0,82 (0,72;0,89)	0,60 (0,49;0,88)	0,74 (0,61;0,75)	0,71 (0,43;0,76)
	После прослушивания F (fast) ритма	0,74 (0,70;0,79)	0,77 (0,71;0,84)	0,75 (0,58;0,78)	0,50↓ (0,48;0,63)
Затылочные отведения	Фоновая запись	0,95 (0,93;0,98)	0,76 (0,69;0,84)	0,74↓ (0,70;0,84)	0,88↓ (0,77;0,90)
	Прослушивание S (slow) ритма	0,96 (0,93;0,98)	0,84 (0,69;0,96)	0,89 (0,87;0,94)	0,87 (0,80;0,90)
	После прослушивания S (slow) ритма	0,95 (0,83;0,96)	0,75 (0,69;0,90)	0,83 (0,79;0,89)	0,79 (0,76;0,89)
	Прослушивание M (medium) ритма	0,92 (0,90;0,96)	0,84 (0,82;0,95)	0,82 (0,66;0,95)	0,83↓ (0,67;0,90)
	После прослушивания M (medium) ритма	0,93 (0,81;0,95)	0,82 (0,78;0,92)	0,76 (0,72;0,87)	0,83 (0,81;0,86)
	Прослушивание F (fast) ритма	0,93 (0,80;0,98)	0,62 (0,52;0,84)	0,71 (0,68;0,88)	0,78 (0,68;0,92)

	После прослушивания F (fast) ритма	0,97 (0,84;0,99)	0,76↓ (0,71;0,79)	0,79↓ (0,71;0,83)	0,71 (0,61;0,90)
Примечание: ↓ – достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки					

В затылочных областях до нагрузки прослушивание ритмо-темповых сопровождений на когерентность альфа-диапазона не повлияло.

После ритмо-темповой нагрузки 115-125 уд/мин и 125-140 уд/мин уровень когерентности альфа-ритма снижался. Прослушивание музыкального сопровождения S (slow) и M (medium) после нагрузки способствовало возрастанию показателя когерентности, но фоновых значений он при этом не достигал (табл.17). Характер тета-активности при прослушивании ритмической музыки изменялся сходным образом (табл. 18).

Как в лобных, так и в затылочных отведениях наблюдалось увеличение величины показателя когерентности при всех трех типах нагрузки, в затылочной области изменений не происходило. Физическая нагрузка снижала показатель когерентности, особенно нагрузки с M (medium) и F (fast). Прослушивание музыки с S (slow) после нагрузок приводило к возрастанию показателя когерентности в наибольшей степени, аналогичный эффект прослушивания музыки с M (medium) и F (fast) был выражен гораздо слабее.

Полученные результаты свидетельствуют, что пассивное прослушивание музыкального сопровождения различной структуры и физические нагрузки с аналогичной ритмичностью оказывают противоположное действие на степень синхронизации биоэлектрической активности коры. Пассивное прослушивание, способствуя рассинхронизации, снижает функциональные возможности коры. Активная ритмическая физическая нагрузка с той же ритмо-темповой структуры, напротив, способствует синхронизации электрической активности, что отражает повышение функциональной активности.

Таблица 18 – Уровень когерентности тета-ритма в лобных и затылочных отведениях (мкВ/Гц)

Me (Q25; Q75)

	Функциональные пробы	До нагрузки	S (slow) нагрузка	M (medium) нагрузка	F (fast) нагрузка
Лобные отведения	Фоновая запись	0,63 (0,63;0,99)	0,56 (0,49;0,73)	0,48↓ (0,46;0,51)	0,57 (0,45;0,90)
	Прослушивание S (slow) ритма	0,75 (0,72;0,91)	0,74 (0,50;0,79)	0,68 (0,61;0,85)	0,73 (0,55;0,81)
	После прослушивания S (slow) ритма	0,67 (0,56;0,79)	0,69 (0,60;0,78)	0,66 (0,57;0,71)	0,67 (0,61;0,72)
	Прослушивание M (medium) ритма	0,58 (0,53;0,94)	0,78 (0,60;0,88)	0,73 (0,60;0,78)	0,74 (0,56;0,99)
	После прослушивания M (medium) ритма	0,67 (0,57;0,69)	0,70 (0,48;0,80)	0,58 (0,53;0,70)	0,63 (0,52;0,78)
	Прослушивание F (fast) ритма	0,75 (0,54;0,82)	0,74 (0,67;0,82)	0,57 (0,54;0,65)	0,58 (0,48;0,71)
	После прослушивания F (fast) ритма	0,82 (0,76;0,90)	0,85 (0,70;0,91)	0,57↓ (0,55;0,65)	0,50↓ (0,40;0,62)
Затылочные отведения	Фоновая запись	0,57 (0,52;0,98)	0,64 (0,55;0,72)	0,40 (0,38;0,52)	0,42 (0,39;0,53)
	Прослушивание S (slow) ритма	0,79 (0,61;0,89)	0,67 (0,47;0,75)	0,80 (0,75;0,81)	0,76 (0,60;0,83)
	После прослушивания S (slow) ритма	0,72 (0,68;0,77)	0,59 (0,56;0,71)	0,65 (0,63;0,74)	0,59↓ (0,50;0,64)
	Прослушивание M (medium) ритма	0,78 (0,35;0,76)	0,78 (0,72;0,88)	0,72 (0,68;0,85)	0,67 (0,41;0,86)
	После прослушивания M (medium) ритма	0,85 (0,81;0,87)	0,85 (0,77;0,95)	0,57↓ (0,53;0,63)	0,61↓ (0,51;0,75)
	Прослушивание F (fast) ритма	0,82 (0,76;0,87)	0,75 (0,54;0,80)	0,60↓ (0,41;0,71)	0,58↓ (0,47;0,60)
	После прослушивания F (fast) ритма	0,69 (0,63;0,72)	0,69 (0,76;0,87)	0,61 (0,59;0,82)	0,52↓ (0,50;0,58)
Примечание: ↓ – достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки					

По мнению S. Obayashi и T. Subara [129], усиление связи в моторных и заднетеменных областях наблюдается и при длительном выполнении ранее заученного двигательного ритмического действия, что рассматривается как этап активации памятного следа консолидации и свидетельствует об определенной роли

моторной коры и в реализации автоматизированных двигательных актов. При мысленном выполнении движений аналогичные изменения проявляются преимущественно в переднелобных, премоторных областях, особенно левого полушария и корреляция между этими областями устанавливается по разным ритмам [128].

### **3.4. Влияние физической нагрузки различной ритмо-темповой структуры на характеристики вегето-сосудистой системы**

Для изучения особенностей адаптации сердечно-сосудистой системы девушек к занятиям аэробикой различной ритмо-темповой структуры использовался метод кардиоинтервалографии (КИГ). Оценивалась динамика показателей у обследуемых до нагрузки и после выполнения упражнений. При анализе полученных результатов использовались три вида анализа данных, которые позволили подойти к решению данной задачи с разных сторон: количественный, качественный и спектральный.

#### **3.4.1. Оценка исходного вегетативного тонуса, вегетативной реактивности, вегетативного обеспечения деятельности, типа реакции на ортостатическую нагрузку и восстановительного периода**

Был проведен анализ всех показателей КИГ с использованием методов математической статистики (расчет среднего, ошибки среднего, квартили). Эти показатели позволяют дать количественную и качественную оценку состояния вегетативного гомеостаза, уровня активности автономного и центрального контуров регуляции сердечного ритма.

Установлено процентное соотношение состояний после различных ритмических нагрузок по следующим параметрам: исходный вегетативный тонус, вегетативная реактивность, вегетативное обеспечение деятельности, тип реакции на ортостатическую нагрузку, восстановительный период.

Исходный вегетативный тонус (ИВТ) при различных нагрузках (см. рис.23) представлен различными состояниями. До выполнения упражнений S (slow) нагрузки ИВТ представлен эйтонией (73%) и ваготонией (27%), резких отклонений (гиперсимпатикотония, симпатикотония) не наблюдается. В отличие от показаний после нагрузки: ваготония – 4%, эйтония – 50%, гиперсимпатикотония – 23%, симпатикотония – 23%.

Таблица 19 – Распределение обследуемых по качественным показателям кардиоинтервалографии, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры (%)

		S (slow)		M (medium)		F (fast)	
		До нагрузк и	После нагрузк и	До нагрузк и	После нагрузк и	До нагрузк и	После нагрузк и
Исходный вегетативный тонус	Эйтония	73	50	72	18	48	17
	Ваготония	27	4	14	0	42	17
	Гиперсимпатикотония	0	23	0	46	5	36
	Симпатикотония	0	23	14	36	5	30
Вегетативная реактивность	Нормотоническая	45	55	50	18	48	22
	Асимпатикотоническая	50	36	32	41	36	36
	Гиперсимпатикотоническая	5	0	18	23	12	25
	Симпатикотоническая	0	9	0	18	4	17
Вегетативное обеспечение деятельности	Достаточное	41	32	32	27	40	17
	Недостаточное	36	32	41	41	8	35
	Избыточное	23	36	27	32	52	48
Тип реакции на ортостатическую нагрузку	Умеренно-симпатикотонический	41	32	32	27	40	19
	Астеносимпатический	14	5	27	14	8	8
	Симпато-астенический	14	9	9	23	4	25
	Симпатикотонический	23	36	27	27	48	44
	Астенический	8	18	5	9	0	4
Восстановительный период	Нормальный	50	18	41	14	44	14
	Удлинен (симпатикотоническая реакция)	36	14	27	14	31	25
	Удлинен (реакция утомления)	14	68	32	72	25	61

При M (medium) нагрузке наблюдается резкое снижение количества эйтоний с 72% до 18%, ваготонии, представленные в 14% случаев до нагрузки, после

таковой снижаются до 0, но появляется большое количество гиперсимпатикотоний (46%) и увеличивается количество симпатикотоний с 14% до 36%.

При F (fast) нагрузке показатели распределились следующим образом: эйтония – 48% до и 0% после нагрузки, ваготония – 42% до и 17% после, гиперсимпатикотония – 5% до и 36% после, и, наконец, симпатикотония – 5% до и 30% после нагрузки (табл. 19).

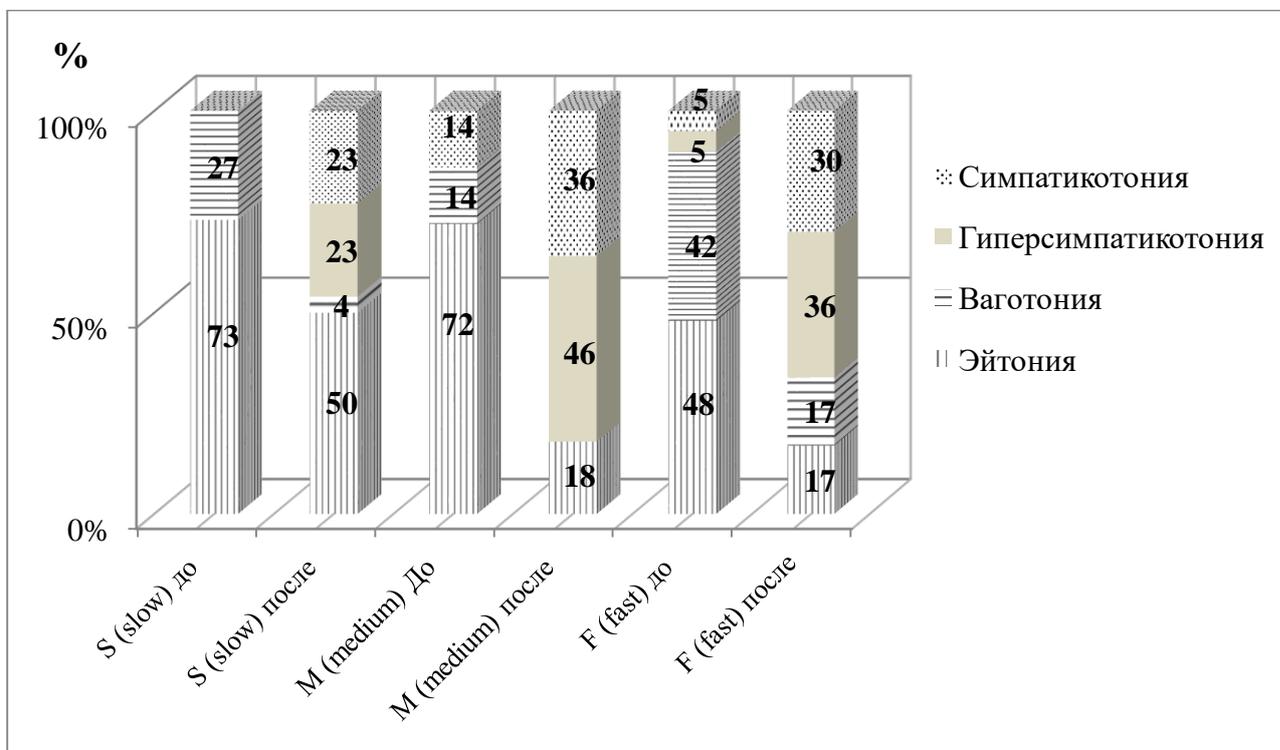


Рисунок 23 – Исходный вегетативный тонус у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры по данным фоновой пробы, %

Исходя из диаграммы (рис.23), видно появление после S (slow) нагрузки резких отклонений в сторону симпатикотонии и гиперсимпатикотонии, что является признаком нарушения вегетативного гомеостаза и связано с увеличением вегетативного реагирования. Подобная тенденция наблюдается и при двух других нагрузках, но здесь она более выражена.

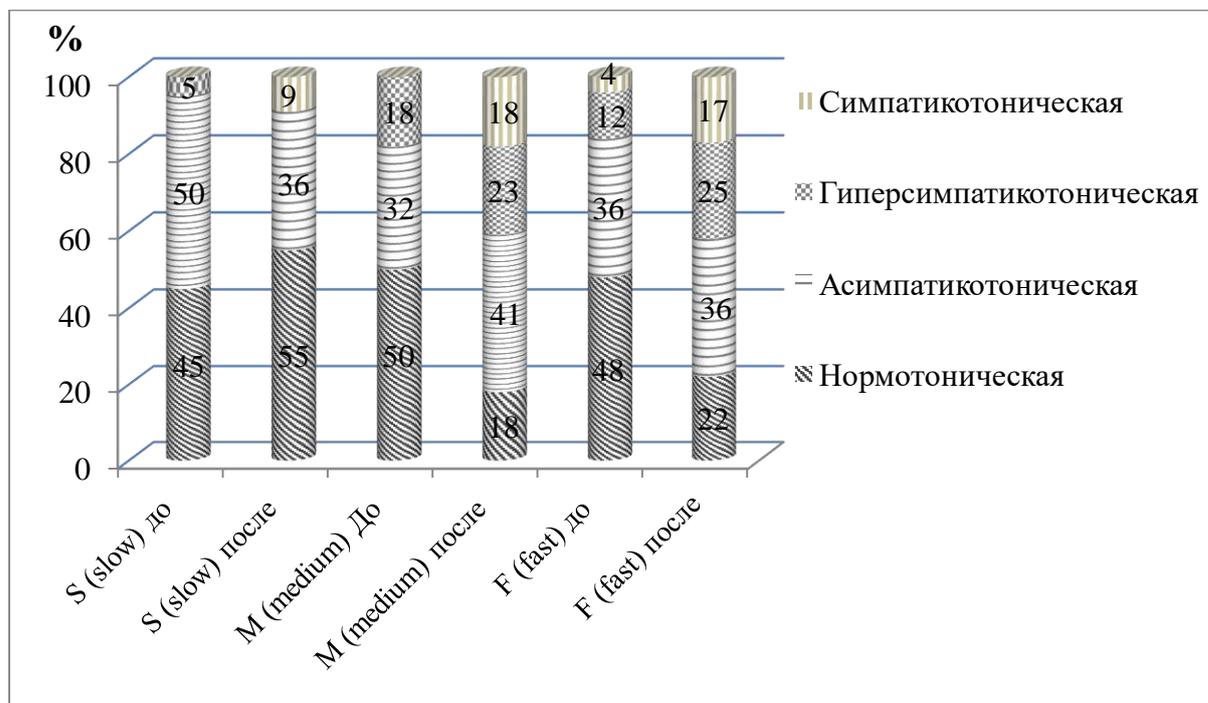


Рисунок 24 – Вегетативная реактивность у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры, %

Вегетативную реактивность оценивают по отношению  $IN_2/IN_1$ , то есть сравнивают интегральные показатели сердечного ритма при переходе из горизонтального положения в вертикальное. При S (slow) нагрузке показатель вегетативной реактивности после выполнения упражнений улучшается. При M (medium) и F (fast) нагрузках усиливается симпатическое влияние, что приводит к увеличению вегетативного реагирования (рис.24).

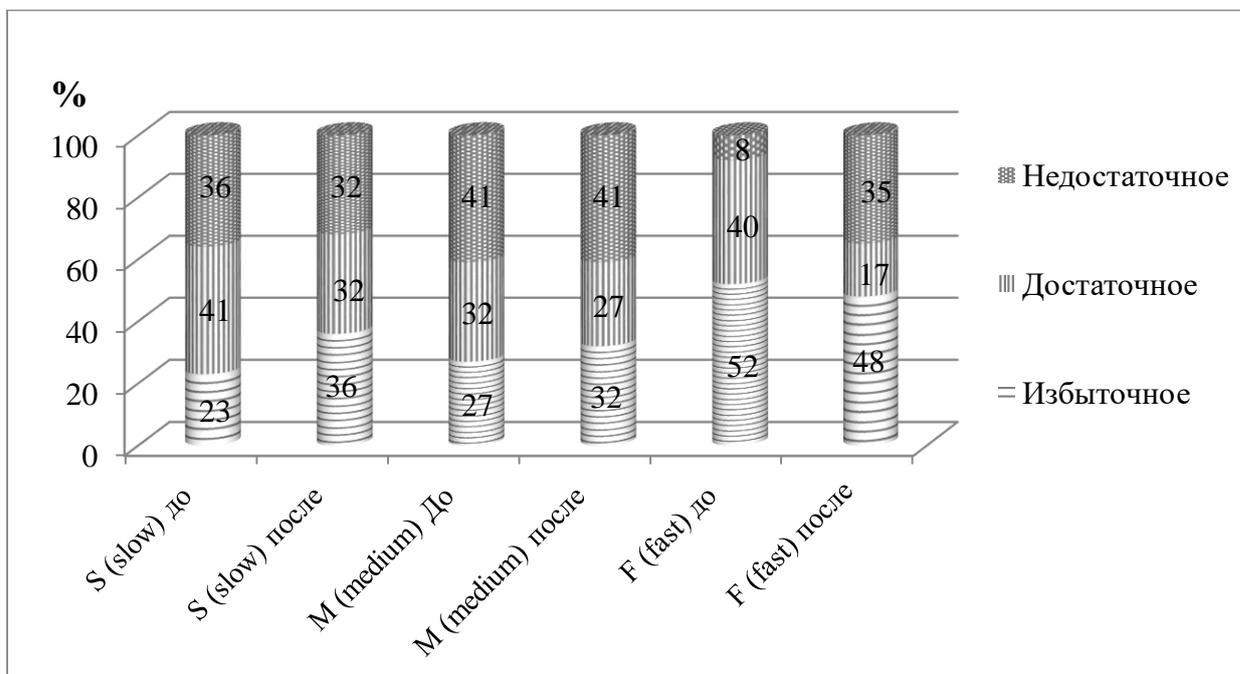


Рисунок 25 – Вегетативное обеспечение деятельности до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры, %

Исходя из диаграммы, видно, что при S (slow) и M (medium) нагрузках увеличился процент избыточного обеспечения, в F (fast) нагрузке увеличивается процент недостаточного вегетативного обеспечения (рис.25).

При S (slow) нагрузке преобладает симпатикотоническая и умеренно-симпатикотоническая реакция. При M (medium) нагрузке наблюдаются признаки утомления в связи с увеличением количества симпато-астенический типов реакций. При F (fast) нагрузке также наблюдаются признаки утомления организма за счет снижения симпатического влияния (рис.26).

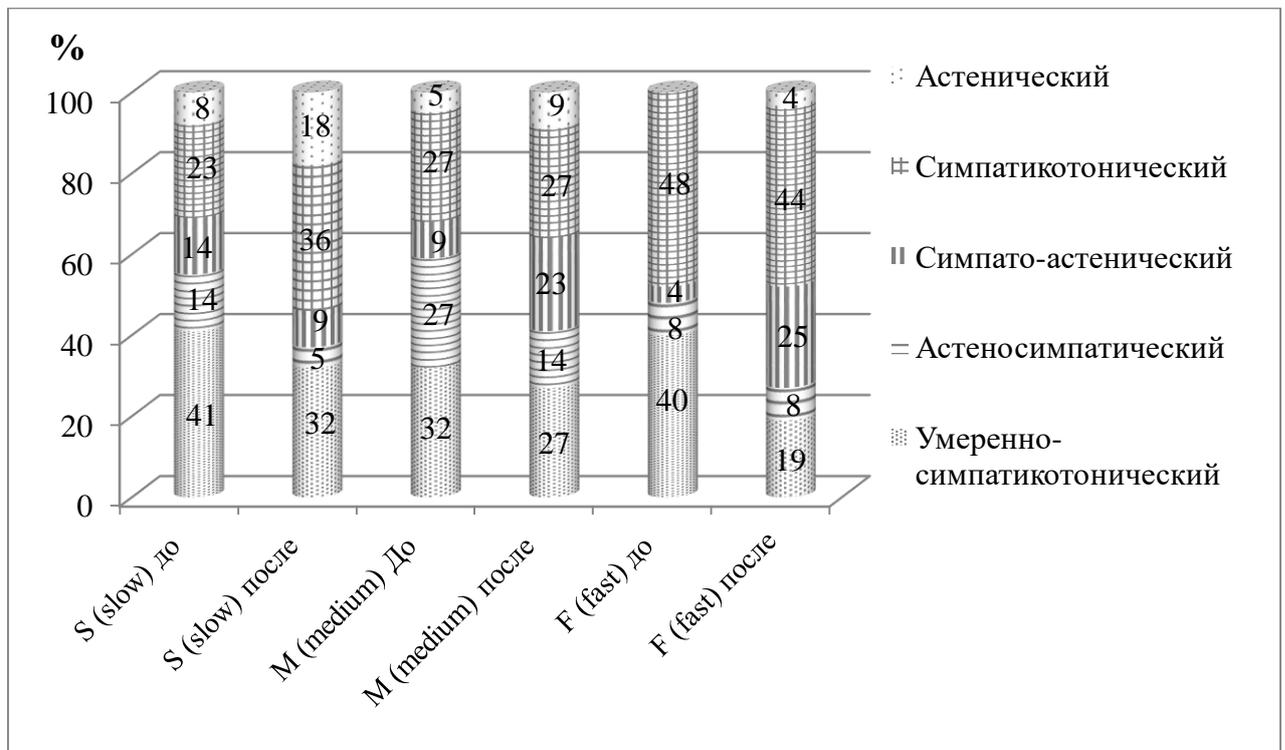


Рисунок 26 – Тип реакции на ортостатическую нагрузку до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры, %

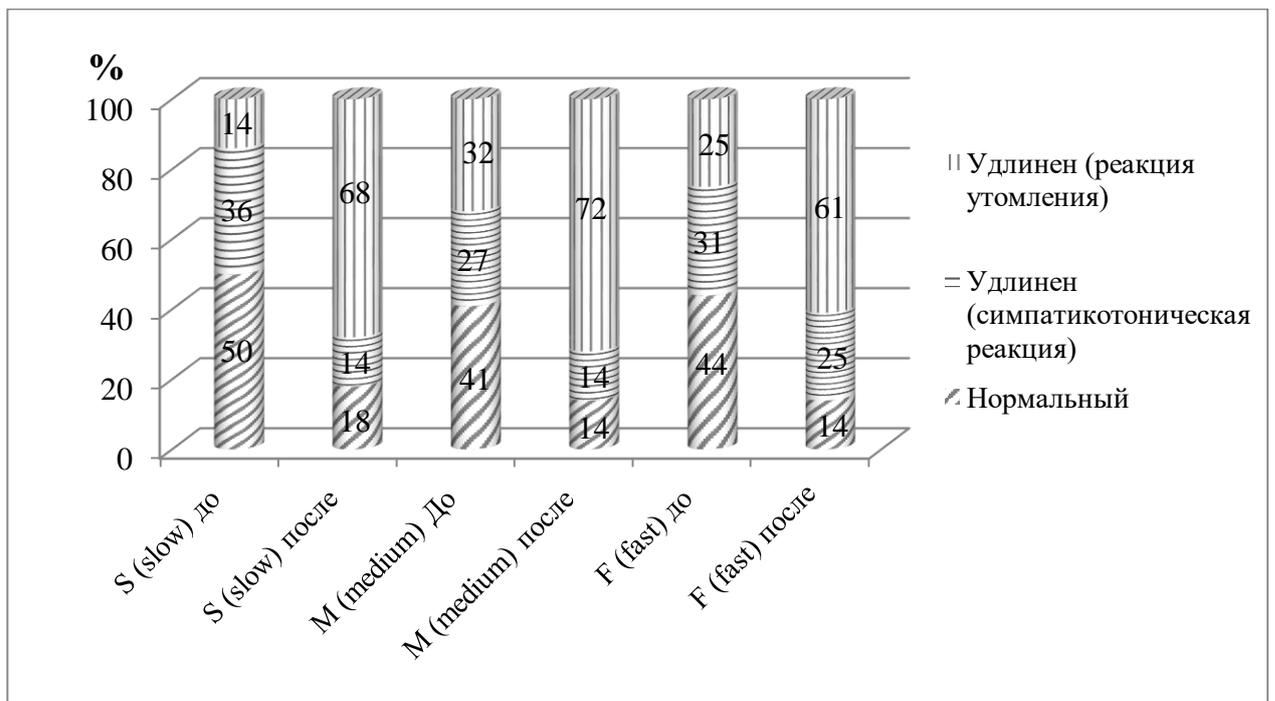


Рисунок 27 – Восстановительный период до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры, %

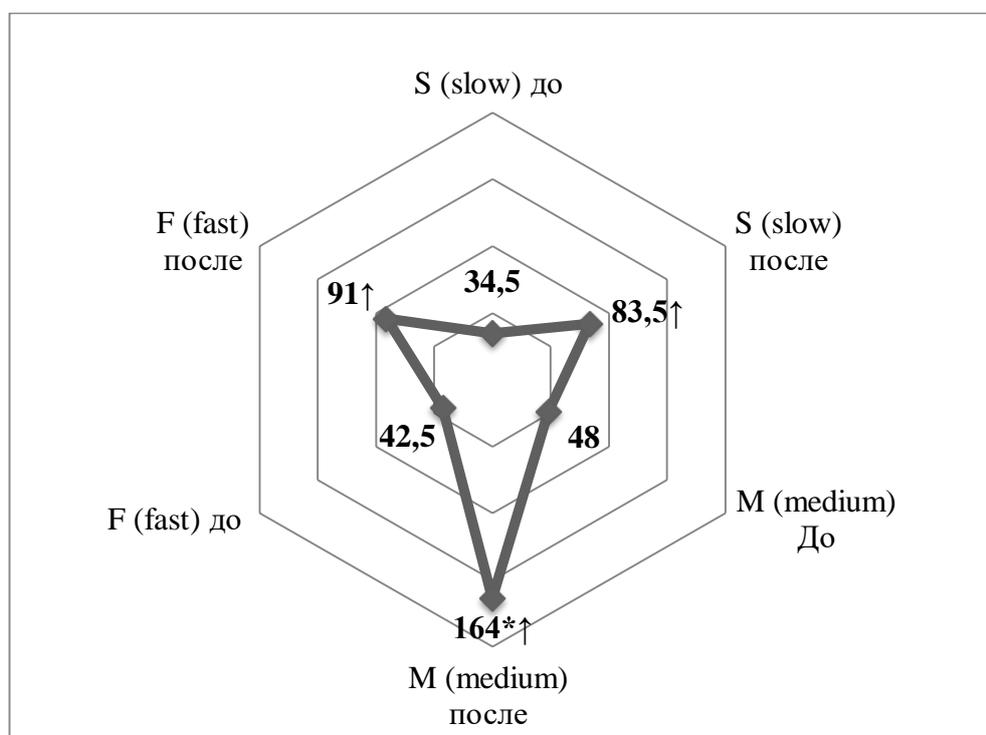
При сравнении показателей восстановительного периода после нагрузки отмечаются незначительные различия в процентных соотношениях по типу реакции на ортостатическую нагрузку, что говорит о равных способностях организма спортсменок к восстановлению. При всех трех ритмах нагрузки преобладает реакция утомления, наиболее она выражена при М (medium) нагрузке (рис.27).

### **3.4.2. Оценка количественных показателей variability сердечного ритма и показателей спектральных составляющих**

Анализировались показатели спектральной плотности мощности колебаний. Это позволяет судить об активности регуляторных систем, принимающих участие в контроле сердечно-сосудистого баланса, в том числе вазомоторного и подкоркового центра (табл. 20).

При сравнении показателя индекса напряжения фоновой пробы наблюдалось статистически значимое повышение напряжения при М (medium) нагрузке – 125-140 уд/мин, в сравнении с S (slow) – 115-125 уд/мин, как до, так и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры. После выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры показатель достоверно повышается (рис.28).

При S-нагрузке увеличение ИН (рис.28), АМо (табл.20) говорит об усилении симпатического влияния и снижении парасимпатического (достоверное снижение Dх (табл.20, 21)), а также смещении гомеостаза в сторону снижения функциональных резервов организма.



Примечание: ↑ - достоверное увеличение показателя после ритмо-темповой нагрузки

\* – статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) по сравнению с показателем после S (slow) нагрузки;

Рисунок 28 – Характеристика индекса напряжения (у.е.) фоновой пробы до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры

Таблица 20 – Характеристика сердечного ритма фоновой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры

$M \pm m$ ;  $Me$  (Q25; Q75)

Показатели	S (slow)		M (medium)		F (fast)	
	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
Mo, с	0,83 (0,77;0,9)	0,75↓* (0,67;0,83)	0,83 (0,77;0,88)	0,69↓** (0,63;0,73)	0,82 (0,79;0,88)	0,67↓ (0,65;0,73)
Dx, с	0,28 (0,26;0,33)	0,22↓ (0,17;0,28)	0,24 (0,2;0,29)	0,16↓ (0,12;0,25)	0,26 (0,22;0,32)	0,20 (0,14;0,30)
AMo, %	16,87 (14,7;19,1)	24,6↑* (21,83;29,76)	19,44 (17,06;21,43)	35,5**↑ (30,95;38,49)	18,72 (15,48;21,83)	28,38↑* (21,43;32,54)
ИН, у.е.	34,5 (27;46)	83,5↑* (47;108)	48 (36;68)	164↑** (102;233)	42,5 (28;64)	91↑ (41;171)
RRcp, с	0,757±0,083	0,65±0,095↓	0,725±0,087	0,576±0,055↓**	0,727±0,093	0,58±0,07↓**

Примечание:

\* – статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) по сравнению с показателем после M (medium) нагрузки

\*\* – статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) по сравнению с показателем после S (slow) нагрузки

↑ – достоверное увеличение показателя после ритмо-темповой нагрузки

↓ – достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки

Снижение показателя моды говорит о снижении функционирования гуморального канала регуляции, что подтверждает предположение об усилении центрального влияния на ритм сердца за счет снижения активности автономного центра.

Таблица 21 – Спектральный анализ характеристик сердечного ритма до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры

M±m; Me (Q25; Q75)

Показатель	S (slow)		M (medium)		F (fast)	
	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
VLF мс <sup>2</sup> /Гц	436,3 (257,9;600,3)	219,06*↓ (148,5;302)	279,9 (138,5;528,6)	61,6** ↓ (37,3;102,3)	353,3 (158,4;640,9)	153,2 (93,75;342,4)
VLF, %	15,3 (8,7;21,2)	11,7 (8,2;23,4)	10,7 (7,9;16,5)	12,12 (5,5;15,8)	12,7 (8,1;16,7)	11,6 (6,6;15,8)
LF мс <sup>2</sup> /Гц	1248,3 (922,6;1684,4)	653,5*↓ (240,6;999,4)	1061,9 (840,4;1633,6)	204,5**↓ (124,6;387,8)	1074,09 (607,7;2075,3)	484,5 (241,1; 976,8)
LF, %	40,5±11,5	37,4±13,9	43,05±12,28	36,07±13,19	41,9±15,4	36,3±14,1
HF мс <sup>2</sup> /Гц	1512,6 (910,2;1907,2)	608,5*↓ (305,9;1037,2)	1047,4 (737,8;1385,4)	324,9**↓ (130,3;650,6)	1182 (749,6; 1596,7)	561,91 (310,7;1689,05)
HF, %	44,53±12,7	45,3±16,5	43,8±14,8	52,5±15,7	45,8±17,5	51,7±17,7

Примечание:

\* – статистически значимое различие (p<0,05) по сравнению с показателем после M (medium) нагрузки.

\*\* - статистически значимое различие (p<0,05) по сравнению с показателем после F (fast) нагрузки.

↑-достоверное увеличение показателя после ритмо-темповой нагрузки.

↓-достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки.

При M (medium) нагрузке наблюдается наиболее выраженное вегетативное напряжение, которое проявляется увеличением тонуса симпатического отдела и снижением тонуса парасимпатического отдела, а также самым высоким индексом напряжения. При этом снижение показателя VLF (рис.29) после нагрузки говорит о снижении активности сердечно-сосудистого подкоркового нервного центра. В свою очередь снижение показателя HF характеризующего тонус вазомоторного центра, подтверждает предположение об усилении автономного влияния на ритм сердца.

Таблица 22 – Спектральный анализ характеристик сердечного ритма во время выполнения клиноортостатической пробы до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры

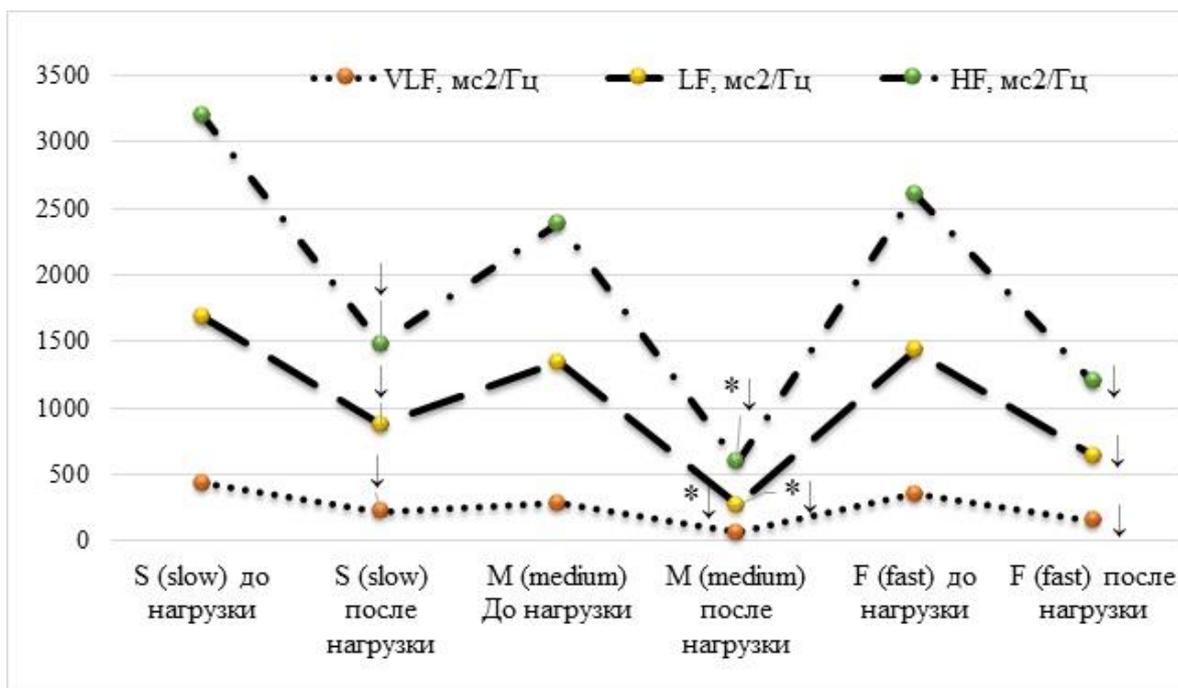
M±m; Me (Q25; Q75)

Показатель	S (slow)		M (medium)		F (fast)	
	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
VLF <sub>кс</sub> мс <sup>2</sup> /Гц	444,9 (271,2;598,2)	240,6↓ (133;351,7)	316,8 (175,6;878,3)	165,7↓ (102,1;360,7)	390,9 (197,4;574,1)	189,6 (110,1;413,9)
VLF <sub>кс</sub> %	13,3 (7,9;17,6)	11,7 (5,9;18,7)	10,8 (8,6;18,1)	9,1 (3,7;20,3)	10,7 (7,3;16,3)	12,4 (8,7;18,7)
LF <sub>кс</sub> мс <sup>2</sup> /Гц	1598,8 (994,8;2245,1)	955,6 (613,5; 1712,8)	897,9 (513,3; 1643,6)	749,9 (344,1;1279,7)	1238,9 (819,6; 2062,3)	847,3 (327,1;1614,5)
LF <sub>кс</sub> %	40,3±17,1	48,8±13,9	40,8±15,5	45,1±13,8	44,3±11,6	47,8±15,4
HF <sub>кс</sub> мс <sup>2</sup> /Гц	1618,5 (1076,9;1933,9)	742,8 (551,73;1094,8)	994,6 (808,5;1516,6)	694,5 (410,4;1191,1)	1322,5 (823,4; 1903,2)	580,2↓ (343,3;1044,2)
HF <sub>кс</sub> %	42,3±15,1	38,2±12,9	43,8±14,9	42,5±16,9	43,9±13,2	38,7±17,8
Примечание: * – статистически значимое различие (p<0,05) по сравнению с показателем после M (medium) нагрузки. **- статистически значимое различие (p<0,05) по сравнению с показателем после F (fast) нагрузки. ↑-достоверное увеличение показателя после ритмо-темповой нагрузки. ↓-достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки.						

При F (fast) нагрузке показатель VLF начинает увеличиваться, что говорит об усилении активности подкоркового центра регуляции сердечным ритмом. Показатель LF в сравнении с M (medium) нагрузкой увеличился, что говорит о большей активности при данной нагрузке вазомоторного центра, баро- и хеморецепторов. Судя по показателю HF при увеличении ритма нагрузки до 160 уд/мин. активность вагуса усиливается вместе с эрготропными и вагоинсулярными влияниями. То есть в F (fast) нагрузке наблюдаем включение дополнительных звеньев регуляции сердечным ритмом (рис.29).

Из рисунка 29, мы видим, что во всех группах после нагрузки показатели достоверно снижаются, а при сравнении групп между собой после нагрузки наблюдаются достоверные различия, причем при M-нагрузке показатели наиболее

низкие, что говорит об увеличении активности автономного центра регуляции сердечным ритмом.



Примечание: ↓-достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки;  
\* – статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) показателя по сравнению с показателем после F (fast) нагрузки.

Рисунок 29 – Динамика частотных составляющих колебаний ритма сердца

При всех ритмах нагрузки наблюдается снижение уровня показателя общей мощности спектра, а также статистически значимые различия между показателями фоновой пробы между S-M и M-F нагрузками (табл.23). Он характеризует суммарную активность регуляторных систем.

Таблица 23 – Показателей суммарной мощности спектра во время фоновой пробы до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры ( $ms^2$ )

Me (Q25; Q75)

	S (slow)	M (medium)	F (fast)
До нагрузки	3440,58 (2588,94;4399,07)	2689,02 (1871,55;3518,75)	2515,66 (1905,13;4567,9)
После нагрузки	1684,7*↓ (707,02;2435,62)	592,26**↓ (424,84;1110,27)	1238,54↓ (810,5;3812,62)

Примечание: ↓- достоверное снижение показателя после ритмо-темповой нагрузки.

\* – статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) показателя по сравнению с M (medium) нагрузкой.

\*\*-. статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) показателя по сравнению с F (fast) нагрузкой.

При сравнении показателя между нагрузками выявлено, что при увеличении ритмо-темповой структуры занятия до 125-140 уд/мин. происходит снижение суммарной активности регуляторных систем, при дальнейшем увеличении ритма до 160 уд/мин. активность регуляторных систем снова усиливается.

Эти изменения оказывают влияние на систему управления ритмом сердца – при S (slow) нагрузке наблюдается преобладание центрального влияния на ритм сердца, увеличение уровня нагрузки до M (medium) способствует усилению автономного влияния, уровень F (fast) усиливает активность подкоркового центра регуляции сердечного ритма.

Таблица 24 – Сравнительная характеристика показателя индекса (ИЦ) централизации во время фоновой пробы кардиоинтервалографии, у.е.

Me (Q25; Q75)

	S (slow)	M (medium)	F (fast)
До нагрузки	5,53 (3,72;10,44)	8,34 (5,06;11,69)	6,94 (4,99;11,46)
После нагрузки	7,66 (3,28;11,14)	7,26 (5,31;17,14)	7,66 (5,33;14,13)

Показатель централизации отображает соотношение между автономным и центральным контурами регуляции сердечного ритма. Данный индекс дает информацию об активности сердечно-сосудистого подкоркового центра, сопряженного с деятельностью высших уровней управления. Статистически значимых различий между ритмо-темповыми нагрузками не выявлено (табл. 24).

По результатам исследования наблюдалась тенденция к увлечению данного показателя, что свидетельствует о преобладании центрального влияния на ритм сердца за счёт снижения активности автономного центра регуляции, что подтверждается достоверным снижением показателя HF, оценивающего меру тонической активности вагуса (таблица 24).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты измерения уровня молочной кислоты в капиллярной крови занимающихся до и после ритмо-темповой нагрузки показали, что уровень кислородного долга, т.е. количества кислорода, необходимого для окисления накопившихся в организме при интенсивной мышечной работе недоокисленных продуктов обмена, во всех трех группах одинаков. Это позволяет утверждать, что выявленные эффекты обусловлены ритмо-темповой структурой аэробной нагрузки, а не уровнем её интенсивности.

Увеличение ритмо-темпового сопровождения занятий по аэробике до 140 уд/мин приводит к снижению силы и подвижности нервных процессов, что свидетельствует о снижении психофизиологической адаптивности, характеризующей эффективность деятельности и оптимальную работоспособность. В тоже время при ритмо-темповой структуре занятия 140-160 уд/мин наблюдается увеличение силы нервных процессов, увеличение силы и выносливости мышц. Увеличение ритмо-темпового сопровождения занятий по аэробике со 115-125 уд/мин до 125-140 уд/мин приводит к нарушению координации движений, дальнейшее же увеличение темпа до 140-160 уд/мин приводит к увеличению точности движений.

Все изложенное свидетельствует, что адаптационные перестройки при изменении ритмо-темповой структуры нагрузки имеют фазный характер. Наряду с развивающимся при увлечении темпа занятия утомлением, при возрастании темпа свыше 140 уд/мин вовлекаются центральные механизмы регуляции, обеспечивающие адаптацию к нагрузкам, что проявляется в увеличении силы и улучшении координации движений, а также в изменении структуры моторных асимметрий.

Занятия с ритмической нагрузкой S (slow) повышают максимальную мощность альфа и бета активностей, что указывает на увеличение уровня готовности организма к физическим нагрузкам. Дальнейшее увеличение нагрузки до уровня M (medium) приводит к снижению мощности этих активностей, что свидетельствует о выраженной психоэмоциональной усталости, снижении

концентрации внимания и нарастании утомления организма. При ритмической нагрузке F (fast) наблюдалось увеличение максимальной мощности дельта-активности, что рассматривается, как отражение усиления в структурах ЦНС тормозных процессов, в том числе, носящих охранительный характер.

После ритмо-темповой нагрузки S (slow) и M (medium) уровень когерентности альфа-ритма снижался в затылочных областях. Ритмо-темповая нагрузка 125–140 уд/мин и 140–160 уд/мин. также снижала показатель когерентности тета-активности во всех отведениях. Увеличение уровня ритма со 115-125 уд/мин до 140–160 уд/мин. приводило к снижению уровня когерентности дельта-активности и доминирующей частоты в лобной области. В центрально-теменной области S (slow) нагрузка снижала уровень когерентности дельта-активности, в то время как F (fast) нагрузка восстанавливала ее до исходного уровня.

Прослушивание ритмической музыки в состоянии покоя приводит к возрастанию когерентности альфа-активности в лобных отведениях, причем в левом полушарии – заметно сильнее. При этом доминирующая частота когерентных ритмов возрастает. Физическая нагрузка способствует снижению показателя когерентности во всех частотных диапазонах, в наибольшей степени – при частоте 125-140 уд/мин. Прослушивание ритмической музыки после физической нагрузки 115-125 уд/мин способствует возрастанию показателя когерентности выше исходных значений, после S (slow) и F (fast) нагрузок когерентность так же усиливается, но в меньшей степени.

В затылочных областях до нагрузки прослушивание ритмо-темповых сопровождений на когерентность альфа-диапазона не повлияло. После ритмо-темповой нагрузки 115-125 уд/мин и 125-140 уд/мин уровень когерентности альфа-ритма снижался. Прослушивание музыкального сопровождения S (slow) и M (medium) после нагрузки способствовало возрастанию показателя когерентности, но фоновых значений он при этом не достигал.

Характер тета-активности при прослушивании ритмической музыки изменялся сходным образом. Как в лобных, так и в затылочных отведениях

наблюдалось увеличение величины показателя когерентности при всех трех типах ритмо-темповых структур занятий, в затылочной области изменений не происходило. Физическая нагрузка снижала показатель когерентности, особенно нагрузки M (medium) и F (fast). Прослушивание музыки S (slow) после нагрузок приводило к возрастанию показателя когерентности в наибольшей степени, аналогичный эффект прослушивания музыки M (medium) и F (fast) был выражен гораздо слабее.

Полученные результаты свидетельствуют, что пассивное прослушивание музыкального сопровождения различной ритмо-темповой структурой и физические нагрузки с аналогичной ритмикой оказывают противоположное действие на степень синхронизации биоэлектрической активности коры. Пассивное прослушивание, способствуя рассинхронизации, снижает функциональные возможности коры. Активная ритмическая физическая нагрузка с той же ритмо-темповой структуры, напротив, способствует синхронизации электрической активности, что отражает повышение функциональной активности.

По мнению исследователей, усиление связи в моторных и заднетеменных областях наблюдается и при длительном выполнении раннее заученного двигательного ритмического действия, что рассматривается как этап активации памятного следа консолидации и свидетельствует об определенной роли моторной коры и в реализации автоматизированных двигательных актов. При мысленном выполнении движений аналогичные изменения проявляются преимущественно в переднелобных, премоторных областях, особенно левого полушария и корреляция между этими областями устанавливается по разным ритмам.

Полученные результаты позволяют предположить, что возможные механизмы специфического влияния различных видов физической активности на когнитивные функции имеют в своей основе формирование паттернов биоэлектрической активности коры с различной степенью когерентности. Когерентный анализ, таким образом, может послужить основой для оценки взаимосвязи физической и когнитивной активности.

При нагрузке уровня S (slow) достоверно снижаются показатели LF, HF и VLF, что свидетельствует о преобладании центрального влияния на ритм сердца за счет снижения активности автономного центра регуляции. Увеличение уровня нагрузки до M (medium) уровня снизило показатель VLF, что говорит о снижении активности сердечно-сосудистого подкоркового нервного центра, а снижение показателя HF характеризующего тонус вазомоторного центра, подтверждает предположение об усилении автономного влияния на ритм сердца. F (fast) уровень нагрузки увеличивает показатель VLF, что говорит об усилении активности подкоркового центра регуляции сердечным ритмом. Изменение ритма нагрузки со 125–140 уд/мин до 140–160 уд/мин. привело к увеличению LF, что подтверждает бóльшую активность в данной группе вазомоторного центра, баро и хеморецепторов. Судя по показателю HF, при увеличении ритма нагрузки до 160 уд/мин. активность вагуса усиливается вместе с эрготропными и вагоинсулярными влияниями.

Полученные результаты свидетельствуют, что ритмо-темповая нагрузка с низкой частотой приводит к рассинхронизации коротких внутрислоушарных связей, в то время как более высокие частоты движений способствуют синхронизации электрической активности. Эти изменения оказывают влияние на систему управления ритмом сердца – при нагрузке уровня S (slow) наблюдается преобладание центрального влияния на ритм сердца, увеличение уровня нагрузки до уровня M (medium) способствует усилению автономного влияния, уровень F (fast) усиливает активность подкоркового центра регуляции сердечного ритма.

По-видимому, механизмы специфического влияния различных видов физической активности на корковые процессы имеют в своей основе формирование паттернов биоэлектрической активности коры с различной степенью когерентности, которые способны модулировать уровень централизации управления вегетативной системой.

Различная ритмо-темповая структура занятий по-разному влияет на одни и те же системы организма. Слишком высокий ритм нагрузки может привести к истощению резервных запасов, утомлению организма и даже к потере сознания.

Чтобы не допустить этого, необходимо знать исходный уровень и учитывать динамику изменения психофизиологических показателей.

Разработка комплекса оценки и контроля функционального состояния организма на разных этапах тренировочного процесса позволит выбрать систему начальных тренировок, отслеживать прогресс занимающегося в течение времени, корректировать тренировочный процесс для достижения наилучших результатов, а также создать комплекс тренировок для подготовки людей к решению задач различной сложности при постоянно меняющихся условиях.

Комплексный физиологический подход к оценке и контролю функционального состояния организма позволяет осуществить индивидуальный подбор нагрузочности тренировок на начальном этапе, а также отслеживать изменения, корректировать тренировочный процесс для достижения наилучших результатов, а также формировать индивидуализированные комплексы для подготовки людей к решению задач различной сложности при постоянно меняющихся условиях.

На основании полученных данных были разработаны практические рекомендации к выбору ритма аэробной нагрузки для занимающихся аэробикой в зависимости от показателей биоэлектрической активности мозга и результатов психологического и психофизиологического исследования.

Выбор ритма S (slow) - 115-125 уд/мин рекомендован при следующих психологических показателях: индекс тревоги выше 43%, средний и высокий уровень мотивации к успеху, средний и низкий уровень мотивации к избеганию неудач, низкий уровень нервно-психического напряжения, умеренное субъективное благополучие, умеренное текущее психическое состояние, хорошее субъективное благополучие. По итогам психофизиологического тестирования занимающимся рекомендован S (slow) ритм при слабом типе нервной системы, уровне начального темпа работы выше 6,7 Гц, коэффициенте асимметрии по силе выше 6,7 и количестве касаний при проверке координациометрии по профилю ниже 40.

Ритм М (medium) (125-140 уд/мин) рекомендуется при индексе тревоги от 43 до 60 %, низком и высоком уровне мотивации к успеху, среднем и высоком уровне мотивации к избеганию неудач, низком уровне нервно-психического напряжения, выраженном эмоциональном дискомфорте, умеренном и удовлетворительном субъективном благополучии. Средне-слабый тип нервной системы, уровень начального темпа работы ниже 6,7 Гц, коэффициент асимметрии по силе выше 6,5, количество касаний при проверке координациометрии по профилю от 40 до 50 также позволяет рекомендовать М (medium) ритм нагрузки занимающихся.

Ритм F (fast) 140-160 уд/мин рекомендуется при следующих показателях: индекс тревоги ниже 43%, низкий уровень мотивации к успеху, высокий уровень мотивации к избеганию неудач, средний уровень нервно-психического напряжения, умеренный эмоциональный комфорт, умеренное субъективное благополучие, благоприятное текущее психическое состояние, хорошее субъективное благополучие, сильный и средний тип нервной системы, уровень начального темпа работы выше 6,0 Гц, коэффициент асимметрии по силе выше 5,8, количество касаний при проверке координациометрии по профилю выше 50.

Снижение максимальной мощности альфа и бета активности непосредственно после выполнения упражнений аэробной части занятия является основанием для уменьшения ритма нагрузки до 115-125 уд/мин, так как это говорит о низком уровне готовности организма к физическим нагрузкам. Увеличение уровня когерентности дельта-активности говорит об оптимально подобранном ритме нагрузки, в то время как его снижение позволяет рекомендовать увеличить ритм нагрузки до 140-160 уд/мин.

По итогам исследования при выборе аэробной нагрузки различной ритмо-темповой структуры необходимо учитывать психофизиологические данные и показатели биоэлектрической активности мозга. На основании этих показателей можно дать следующие рекомендации (таблица 25).

Таблица 25 – Рекомендации к выбору ритмо-темповой структуры занятия по аэробике

	Ритм нагрузки	Показатели предварительного обследования
S (slow)	115–125 уд/мин	<p>По итогам психологического тестирования:                      Индекс тревоги выше 43%, средний и высокий уровень мотивации к успеху, средний и низкий уровень мотивации к избеганию неудач, низкий уровень нервно-психического напряжения, умеренное субъективное благополучие, умеренное текущее психическое состояние, хорошее субъективное благополучие.</p> <p>Психофизиологическое тестирование:                      Слабый тип нервной системы, уровень начального темпа работы выше 6,7 Гц, коэффициент асимметрии по силе выше 6,7, количество касаний при проверке координациометрии по профилю ниже 40.</p> <p>Электроэнцефалографическое исследование:                      Использовать как средство коррекции выбранного ритма нагрузки.</p>
M (medium)	125–140 уд/мин	<p>По итогам психологического тестирования:                      Индекс тревоги от 43 до 60 %, низкий и высокий уровень мотивации к успеху, средний и высокий уровень мотивации к избеганию неудач, низкий уровень нервно-психического напряжения, выраженный эмоциональный дискомфорт, умеренное субъективное благополучие, удовлетворительное субъективное благополучие.</p> <p>Психофизиологическое тестирование:                      Средне-слабый тип нервной системы, уровень начального темпа работы ниже 6,7 Гц, коэффициент асимметрии по силе выше 6,5, количество касаний при проверке координациометрии по профилю от 40 до 50.</p> <p>Электроэнцефалографическое исследование:                      Использовать как средство коррекции выбранного ритма нагрузки.</p>
F (fast)	140–160 уд/мин	<p>По итогам психологического тестирования:                      Индекс тревоги ниже 43%, низкий уровень мотивации к успеху, высокий уровень мотивации к избеганию неудач, средний уровень нервно-психического напряжения, умеренный эмоциональный комфорт, умеренное субъективное благополучие, благоприятное текущее психическое состояние, хорошее субъективное благополучие.</p> <p>Психофизиологическое тестирование:                      Сильный и средний тип нервной системы, уровень начального темпа работы выше 6,0 Гц, коэффициент асимметрии по силе выше 5,8, количество касаний при проверке координациометрии по профилю выше 50.</p> <p>Электроэнцефалографическое исследование:                      Использовать как средство коррекции выбранного ритма нагрузки.</p>

Комплексный физиологический подход к оценке и контролю функционального состояния организма позволяет осуществить индивидуальный подбор нагрузочности тренировок на начальном этапе, а также отслеживать изменения, корректировать тренировочный процесс для достижения наилучших результатов, а также формировать индивидуализированные комплексы для подготовки людей к решению задач различной сложности при постоянно меняющихся условиях.

## ВЫВОДЫ

1. Увеличение частоты ритмо-темпового сопровождения занятий по аэробике со 115-125 уд/мин до 125-140 уд/мин приводит к нарушению координации, дальнейшее же увеличение до 140-160 уд/мин, напротив, сопровождается возрастанием точности движений. Аэробные нагрузки с частотой ритмо-темпового сопровождения до 140 уд/мин способствуют снижению силы и подвижности нервных процессов, тогда как при ритмо-темповой структуре занятия 140-160 уд/мин наблюдается увеличение силы нервных процессов, увеличение силы и выносливости мышц, а также изменение структуры моторных асимметрий. Нагрузка с частотой 125-140 уд/мин способствует улучшению текущего субъективного самочувствия спортсменок, дальнейшее увеличение ритма аэробной нагрузки приводит к повышению уровня тревожности.

2. После выполнения аэробных упражнений с различной ритмо-темповой структурой регистрировалось снижение амплитуды биоэлектрической активности мышц при максимальном произвольном напряжении и, напротив, ее возрастание при расслаблении. Данный эффект усиливался при увеличении частоты ритмо-темповой структуры аэробных тренировок.

3. После занятий аэробикой с ритмо-темповым сопровождением 115–125 уд/мин наблюдается повышение максимальной мощности альфа и бета активности. Увеличение частоты ритмо-темповой структуры занятий до 125-140 уд/мин приводит к снижению мощности этих диапазонов, а при 140-160 уд/мин наблюдалось увеличение максимальной мощности дельта-активности. Ритмическая нагрузка с ритмо-темповым сопровождением 115-125 уд/мин приводит к рассинхронизации коротких внутрислоушарных связей, в то время как более высокие частоты способствуют синхронизации электрической активности.

4. Прослушивание ритмической музыки способствует усилению когерентности электрической активности коры головного мозга, причем для активности альфа-диапазона этот эффект был в большей степени выражен в лобной области, тогда как для тета-диапазона – в затылочной. Наибольший эффект отмечался при прослушивании музыки с ритмо-темповой структурой

максимальной частоты. Физическая нагрузка с различной ритмо-темповой структурой, напротив, приводила к снижению когерентности, при этом для альфа-активности эффект более выражен при выполнении упражнений с низкой частотой, тогда как для тета-активности – с высокой. Прослушивание музыки после физических нагрузок способствовало усилению когерентности (в некоторых случаях даже выше фоновых значений).

5. Аэробные нагрузки различной ритмо-темповой структуры способны модулировать уровень централизации управления вегетативной системой: при выполнении упражнений с ритмо-темповым сопровождением 115-125 уд/мин наблюдалось преобладание центрального влияния на ритм сердца, увеличение частоты до 125-140 уд/мин способствовало усилению автономного влияния, нагрузка же с частотой 140-160 уд/мин усиливала активность подкоркового центра регуляции сердечного ритма.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеева М. В. Тренинг для добровольного увеличения индивидуальной верхней  $\alpha$ -силы как метод когнитивного улучшения / М.В. Алексеева, Н.В. Балиоз, К.Б. Муравлева, Е.В. Сапина, О.М. Базанова // Физиология человека. – 2012. – Т. 38. – №. 1. – С. 40-48.
2. Альтман Я. А. Особенности оценки коротких музыкальных фрагментов в норме и при стойких нарушениях эмоционального состояния депрессивного характера / Я.А. Альтман, Ю.О. Алянчикова, Б.М. Гузиков, Л.Е. Захарова // Физиология человека. – 2000. – Т. 26. – №. 5. – С. 53-58.
3. Андрианов В. В. Физиологические показатели студентов при выполнении учебных тестовых компьютерных задач / В.В. Андрианов, Н.А. Василюк, Е.В. Бирюкова, В.В. Казакова // Сеченовский вестник. – 2013. – №. 4. – С. 25-30.
4. Анохин П. К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // Принципы системной организации функций. – М.: Наука. – 1973. – С. 5-61.
5. Баевский Р. М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – № 3. – С. 108-126.
6. Баевский Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева, Н.Р. Палеев – М., 1997. – 270 с.
7. Билиотти Ф. Терапевтическая сила музыки: влияние музыки на терапевтическую силу человека и ее связь с вселенскими принципами с точки зрения аналитической трилогии // Психотерапия: ежемес. рецензируемый науч.-практ. журн. – 2007. – №. 5. – С. 48-51.
8. Блум Ф. Мозг, разум и поведение / Ф. Блум, А. Лезерсон, Л. Иофстедтер. – М.: Мир, 2006. – С. 189.
9. Болтёнкова Е. А. Влияние музыки на психоэмоциональное состояние студенток, занимающихся аэробикой / Е.А. Болтёнкова, Е.Г. Зуйкова, Т.В. Бушма

//Стратегические направления реформирования вузовской системы физической культуры. – 2018. – С. 10-12.

10. Быков А. Т., Маляренко Т. Н. Оптимизация ритма сердца при психоэмоциональном напряжении с помощью пролонгированного воздействия музыки //Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2003. – №. 3. – С. 25-25.

11. Быков А. Т. Роль пролонгированных воздействий специально подобранной музыки в оптимизации регуляции хронотропной функции сердца / А.Т. Быков, Т.Н. Маляренко, Ю.Е. Маляренко //Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2003. – №. 2. – С. 10.

12. Гаркави Л. Х. Антистрессорные реакции и активационная терапия //М.: Имедис. – 1998. – Т. 28.

13. Гаркави Л. Х. Сигнальные показатели антистрессорных адаптационных реакций и стресса у детей / Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакина, Т.С. Кузьменко //Педиатрия. – 1996. – Т. 5. – С. 107-109.

14. Гузиков Б. М. Восприятие коротких музыкальных отрывков человеком / Б.М. Гузиков, Я.А. Альтман, Ю.О. Алянчикова, Д.И. Громыко, А.А. Голубев //Сенсорные системы. – 2004. – Т. 18. – №. 3. – С. 239-250.

15. Данько С. Г. Электроэнцефалографические характеристики когнитивно-специфического внимания готовности при вербальном обучении. Сообщение I. Характеристики локальной синхронизации ЭЭГ / С.Г. Данько, Н.П. Бехтерева, Л.М. Качалова, М.Л. Соловьева //Физиология человека. – 2008. – Т. 34. – №. 2. – С. 5-12.

16. Декер-Фойгт Г. Г. Необходимость и вред музыки //Музыкальная психология и психотерапия. – 2011. – №. 1. – С. 83-100.

17. Земляная А. А. Управляемые биопотенциалами мозга пациента музыкально-терапевтические воздействия в коррекции функциональных расстройств / А.А. Земляная, Г.С. Радченко, А.И. Федотчев //Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2018. – Том 118(3). – С. 103-106.

18. Зенков Л. Р. Функциональная диагностика нервных болезней: Руководство для врачей. – 3-е изд. – перераб. и доп. М.: МЕДпресс-информ., 2004. – 488 с.
19. Иванова Е. Акустика и шум в школах //Международная научно-практическая конференция Мировая наука. – РОСТ, 2016. – Т. 1. – №. 3. – С. 86-91.
20. Кабачкова А. В. Исследование индивидуальной адаптации студентов к учебной и физкультурной деятельности: авто-реф. дис.. канд. биол. наук / А.В. Кабачкова. – Томск: Томский гос. университет. – 2009. – 25 с.
21. Кабачкова А. В. Влияние уровня двигательной активности на пространственное распределение бета-ритма электроэнцефалограммы / А.В. Кабачкова, Г.С. Лалаева, А.Н. Захарова //Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. – 2016. – №. 1.– С. 50-59.
22. Калининкова Ю. Г., Иноземцева Е. С., Капилевич Л. В. Влияние ритмо - темповой структуры занятий по аэробике на организм (монография). Palmarium Academic Publishing is a trademark of: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KGHeinrich – Böcking–Str. 6–8, 66121 Saarbrücken, Germany, 2013. – 85 p. ISBN: 978-3-8443-0477-0.
23. Капилевич Л. В. Методы функционально-диагностических исследований / Л.В. Капилевич. – Томск, 2005. – Гл. 1, § 1.3: Кардиоинтервалография. – С. 36-45.
24. Капилевич Л. В., Шилько В. Г., Кабачкова А. В. Физиологический мониторинг и мониторинг здоровьесберегающей деятельности в процессе физического воспитания студентов //Бюллетень сибирской медицины. – 2011. – Т. 10. – № 4.
25. Кириллова И. А. Зависимость циркадной организации регуляции сердечного ритма от пролонгированного музыкального сенсорного воздействия / И.А. Кириллова, Т.Н. Маляренко, И.М. Воронин, Ю.А. Говша //Рос. физиол. журн. – 2007. – Т. 93. – № 2. – С. 180-188.

26. Кирой В. Н. Физиологические методы в психологии (учебное пособие) //Ростов-на-Дону: Изд-во ООО «ЦВВР. – 2003. – Т. 224.
27. Кирой В. Н. Электрографические корреляты реальных и мысленных движений: спектральный анализ / В.Н. Кирой, Б.М. Владимирский, Е.В. Асланян, О.М. Бахтин, Н.Р. Миняева //Журнал высшей нервной деятельности им. ИП Павлова. – 2010. – Т. 60. – №. 5. – С. 525-533.
28. Кирой В. Н., Белова Е. И. Механизмы формирования и роль осцилляторной активности нейронных популяций в системной деятельности мозга //Журнал высшей нервной деятельности им. ИП Павлова. – 2000. – Т. 50. – №. 2. – С. 179-191.
29. Коджаспиров Ю. Г. Функциональная музыка в подготовке спортсменов //М.: Физкультура и спорт. – 1987. – С. 25-56.
30. Константинов К. В. Модуляция функциональной активности слухового и зрительного анализаторов в условиях прослушивания акустического образа ЭЭГ височного и затылочного отведения / К.В. Константинов, В.Н. Трушина, Н.М. Яковлев, В.М. Клименко //Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2009. – Т. 95. – № 1. – С. 87-95.
31. Костюченко А. А., Николаев Е. А. Влияние музыки на динамику умственной работоспособности человека //Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2018. – Т. 3. – №. 4. – С. 849-851.
32. Кронников Н. Д., Кудрин Е. П. Физическая нагрузка студентов 3 курса медицинского института занимающихся оздоровительной атлетической гимнастикой в специальной медицинской группе Северо-Восточного федерального университета им «М.К. Аммосова» //О некоторых вопросах и проблемах психологии и педагогики. – 2015. – С. 80-82.
33. Крыжановская О. А. Использование музыкального сопровождения в занятиях физической культурой и спортом //Молодой ученый. – 2015. – №24. – С. 672-675.
34. Курьсь В. Н., Гзирьян Р. В. Ритм в музыке и ритмической гимнастике //Ученые записки университета им. ПФ Лесгафта. – 2014. – №. 5 (111). – С. 82-87.

35. Лалаева Г. С., Захарова А. Н., Кабачкова А. В. Влияние уровня двигательной активности на пространственное распределение тета-ритма электроэнцефалограммы //Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2016. – № 1 (29). – С. 141-148.
36. Лисицын Ю. П. Общественное здоровье и здравоохранение //М.: Гэотар-Медиа. – 2007. – С. 300-303.
37. Лунина Н. В. Внутригрупповые корреляционные связи у студентов с различным исходным вегетативным тонусом, обучающихся в режиме повышенной двигательной активности / Н.В. Лунина, И.Н. Калинина, Л.Г. Харитоновна //Журнал Российской ассоциации по спортивной медицине и реабилитации больных и инвалидов. – 2007. – Т. 2. – №. 22. – С. 34-38.
38. Мантрова И. Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике / И.Н. Мантрова. – Иваново: ООО «Нейрософт», 2008. – 216 с.
39. Мантрова И. Н. Психофизиологический и психологический инструментарий в прикладных исследованиях //Нейрософт». Иваново. –2004. – 261 с.
40. Марушкин В. Д., Коваленко Т. Г. Современные аспекты в физкультурно-оздоровительной работе со студентами вуза. Специальные учебные отделения вузов. Стратегия реабилитации //Спортивная медицина, здоровье и физическая культура. Сочи-2012. – 2012. – С. 685-689.
41. Мельникова Т. С. Обзор использования когерентного анализа ЭЭГ в психиатрии / Т.С. Мельникова, И.А. Лапин, В.В. Саркисян //Социальная и клиническая психиатрия. – 2009. – № 1. – С. 90-94.
42. Менегетти А. Музыка души. Введение в музыкотерапию //СПб.: Паллада. – 1992. – С. 71.
43. Миронов И. С., Правдов М. А., Правдов Д. М. Динамические и пространственные характеристики точности движений //Ученые записки университета им. ПФ Лесгафта. – 2015. – №. 3.– с. 121.

44. Музыкально-ритмическое воспитание: [учеб.-метод. пособие] / Е.С. Иноземцева, Л.М. Беженцева. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 2011. – 47 с.
45. Мялук С. Обоснование необходимости исследований сочетанного применения арома- и музыкотерапии для восстановления работоспособности спортсменов //Физическое воспитание студентов. – 2005. – №. 3. – С. 45-52.
46. Нефедовская Л. В. Состояние и проблемы здоровья студенческой молодежи. / Л.В. Нефедовская. – М.: Литтерра, 2007. – 192 с.
47. Павленкович С. С., Токаева Л. К., Беспалова Т. А. Психофизиологические особенности учебной адаптации студентов-первокурсников физкультурного вуза в гендерном аспекте //Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №. 5. – С. 717-717.
48. Павлыгина Р. А., Сахаров Д. С., Давыдов В. И. Спектральный анализ ЭЭГ человека при прослушивании музыкальных произведений //Физиология человека. – 2004. – Т. 30. – № 1. – С. 62-69.
49. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения //К.: Олимпийская литература. – 2004. – Т. 808. – С. 10.
50. Поликанова И. С., Сергеев А. В. Влияние длительной когнитивной нагрузки на параметры ЭЭГ //Национальный психологический журнал. – 2014. – №. 1. – С. 13.
51. Потанина Л. Т., Гусев А. Н. Связь образно-символического мышления с развитием ценностно-смысловых представлений личности //Вопросы психологии. – 2008. – Т. 2. – С. 30-40.
52. Потовская Е. С., Кабачкова А. В., Шилько В. Г. Применение анализа variability сердечного ритма для оценки функционального состояния организма студенток //Вестник Томского государственного университета. 2011. – № 346. – С. 140-143.
53. Практикум по клинической электромиографии: издание второе, перераб. и доп. / Под редакцией С. Г. Николаева. Иваново: Иван. гос. мед. Академия, 2003.-264 с.

54. Пуляевская О. В. Проблема влияния музыкального воздействия на здоровье человека //Современные наукоемкие технологии. – 2004. – № 6. – С. 99.
55. Радченко Г. С. Влияние исходного типа вегетативной регуляции на изменение variability сердечного ритма и субъективной оценки самочувствия в процессе прослушивания музыкального произведения //Сборник материалов 3-го Евразийского конгресса по медицинской физике и инженерии «Медицинская физика-2010». – М., 21-25 июня 2010 г. – Т. 1. – С. 165-166.
56. Радченко Г. С. Исследование влияния тональной модуляции в музыкальных фразах на спектральные показатели ЭЭГ человека //Физиология человека. – 2018. – Т. 44. – №. 3. – С. 43-52.
57. Романенко В. В. Корреляционная зависимость технической подготовленности новичков, занимающихся таэквон-до от уровня развития чувства темпа и ритма //Слобожанський науково-спортивний вісник. Збірник наукових статей ХДАФК. – 2004. – №. 7. – С. 75-77.
58. Романенко В. В. Совершенствование методики обучения техническим действиям таэквондистов-новичков с использованием звуковых ритмических структур //Физическое воспитание студентов творческих специальностей. – 2007. – №. 1. – С. 75-82.
59. Саидюсупова И. С. Медико-социальная оценка состояния здоровья студентов медицинского вуза и пути совершенствования организации медицинской помощи //Автореф. диссер... к. м. н. Москва. – 2008. – 17 с.
60. Сайкина Е. Г., Смирнова Ю. В. Требования к подбору музыкального сопровождения занятий фитнесом //Учёные записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2008. – №. 4 (38). – С. 68-71.
61. Саранин В. П. Музыка как смыслообразующая константа жизнедеятельности человека: автореф. дис.. канд. филос. наук Текст. / Саранин Владимир Петрович. – Тамбов, 2003. – 21 с.
62. Седов А. С., Раева С. Н. Применение вейвлет-анализа для исследования импульсной активности нейронов головного мозга человека //Нейроинформатика. – 2007. – Т. 2. – №. 1. – С. 77.

63. Смирнова Ю. В., Сайкина Е. Г. Эффективность влияния применения технологии регулирования процесса занятий физическими упражнениями посредством музыкального сопровождения на снижение уровня школьной тревожности учащихся первых классов //Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. – 2014. – №. 1.
64. Смирнова Ю. В., Сайкина Е. Г., Кадыров Р. М. Музыкальное сопровождение в физической культуре: учеб.-метод. пособ //СПб.: Изд-во РГПУ им. АИ Герцена. – 2010. – 107 с.
65. Соколова Л. В., Роева М. В. Анализ когерентности бета-ритма ЭЭГ в процессе выполнения вербальных задач //Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2016. – №. 6. – С. 24-26.
66. Соколова Л. В., Черкасова А. С. Пространственно-временная организация биоэлектрической активности мозга при чтении синтагматических и парадигматических словосочетаний у студентов с разным уровнем владения иностранным языком //Физиология человека. – 2015. – Т. 41. – №. 6. – С. 17.
67. Сорокина С. Е. Об использовании идей В. М. Бехтерева в качестве основы аудиовизуального воздействия. //Сборник статей V Международной научно-практической конференции: Бехтерев и современная психология человечности. 10-12 сентября 2015 г. – Казань: Отечество, 2015. – 652с.
68. Сорокина С. Е. Применение аудиовизуальных технологий в коррекции личностной самооценки. Научное искусство: Тезисы I Международной науч.-практ. конф. МГУ им. М. В. Ломоносова, 04-05.04.2012. Под ред. В. В. Миронова. / Science Art: Abstracts of Papers of the I International Conference. Lomonosov Moscow State University, 04-05.04.2012. Ed. V. V. Mironov. – М.: МИЭЭ, 2012. – 308 с.
69. Спиридонова М. Д. Особенности спектров мощности ЭЭГ при переживании чувства страха //Молодой ученый. – 2013. – №8. – С. 130-132.
70. Сулимов А. В. Спектральный анализ ЭЭГ человека при прослушивании музыки / А.В. Сулимов, Ю.В. Любимова, Р.А. Павлыгина, В.И. Давыдов //Журнал высшей нервной деятельности им. ИП Павлова. – 2000. – Т. 50. – № 1. – С. 62-67.

71. Торопова А. В. Музыкальная психология и психология музыкального образования: учебник для бакалавриата и магистратуры / А.В. Торопова. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2017. – 245 с.
72. Ухтомский А. А. Доминанта / Ухтомский Алексей Алексеевич. – М.; Л.: Наука. Ленинград. отд-ние, 1966. – 273 с.
73. Ухтомский А. А. О резонансной теории нервного проведения //Алексей Алексеевич Ухтомский // Собр. соч. – 1962. – Т. 6. – С. 50-55.
74. Федотчев А. И. Комплексная обратная связь от биопотенциалов мозга и сердца в коррекции стресс-индуцированных состояний / А.И. Федотчев, С.Б. Парин, К.Н. Громов, Л.В. Савчук, С.А. Полевая //Журнал высшей нервной деятельности им. ИП Павлова. – 2019. – Т. 69. – №. 2. – С. 187-193.
75. Федотчев А. И. Оценка эффективности музыкального ЭЭГ нейроинтерфейса с дополнительным контуром управления от сердечного ритма / А.И. Федотчев, Г.И. Журавлев, К.И. Ексина, О.М. Силантьева, С.А. Полевая //Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2018. – Т. 104 (1). – С. 122-128.
76. Федотчев А. И., Радченко Г. С. Музыкальная терапия и «музыка мозга»: состояние, проблемы и перспективы исследований //Успехи физиологических наук. – 2013. – Т. 44. – №. 4. – С. 35-50.
77. Физиологические методы контроля в спорте: [учебное пособие для студентов вузов по специальности 032101 «Физическая культура и спорт»] / Л.В. Капилевич, К.В. Давлетьярова, Е.В. Кошельская, Ю.П. Бредихина, В.И. Андреев; Том. политехн. ун-т. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2009. –172 с.
78. Фудин Н. А. Музыка как средство реабилитации функционального состояния студентов перед экзаменом / Н.А. Фудин, О.П. Тараканов, С.Я. Классина //Физиология человека. – 1996. – Т. 22. – №. 3. – С. 99-107.
79. Черепанова Л. А., Иноземцева Е. С. Влияние аэробики на мотивацию к занятиям физической культурой и специальную физическую подготовленность студенток вуза //Проблемы, перспективы и направления инновационного развития

науки: сборник статей Международной научно-практической конференции: в 3-х частях. – Курган, 2016. – С. 220.

80. Чувилев Н. В. Современное развитие электроэнцефалографии в экспериментальной физиологии //Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 7: Философия. Социология и социальные технологии. – 2006. – №. 5. – С. 81-83.

81. Шабанов Г. А. Модель активирующей системы пространственной организации биопотенциалов головного мозга: теоретическое и экспериментальное обоснование / Г.А. Шабанов, А.А. Рыбченко, А.Л. Максимов //Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2005. – №. 1. – С. 49-56.

82. Шагина И. Р. Влияние учебного процесса на здоровье студентов //Астраханский медицинский журнал. – 2010. – Т. 5. – №. 2. – С. 126-131.

83. Шушарджан С. В. Обоснование рефлекторно-резонансной теории акустических воздействий и перспективы использования технологий музыкальной терапии в восстановительной медицине / С.В. Шушарджан, Р.С. Шушарджан, Н.И. Еремина //Вестник восстановительной медицины. – 2009. – №. 3. – С. 34-37.

84. Якуб И. Ю., Крыжановская О. А. Роль музыкального сопровождения во время физической активности //Молодой ученый. – 2016. – №13. – С. 895-900.

85. Яценко М. В. ЭЭГ-корреляция влияния эндогенных и экзогенных факторов на умственную работоспособность у студентов / М.В. Яценко, Н.З. Кайгородова, Э.М. Казин, А.И. Федоров //Физиология человека. – 2018. – Т. 44. – №. 6. – С. 36-48.

86. Altenmüller E. Neurology of musical performance. Journal of Clinical Medicine, 2008, V. 8, №. 4, pp. 410-413.

87. Alves-Pereira M., Castelo Branco N. Vibroacoustic disease: biological effects of infrasound and low-frequency noise explained by mechanotransduction cellular signaling. Progress in Biophysics and Molecular Biology, 2007, V. 93, №. 1-3, pp. 256-279.

88. Angel L. A., Polzella D. J., Elvers G. C. Background music and cognitive performance. Perceptual and Motor Skills, 2010, V. 110, №. 3, Pt. 2, pp. 1059-1064.

89. Antonietti A. Why is music effective in rehabilitation? *Studies in Health Technology and Informatics*, 2009, V. 145, pp. 179-194.
90. Babisch W., Beule B., Schust M., Kersten N., Ising H. Traffic noise and risk of myocardial infarction. *Epidemiology*, V. 16, №. 1 (Jan., 2005), pp. 33-40.
91. Bahar Güntekin, Erol Başar Review of evoked and event-related delta responses in the human brain. *International Journal of Psychophysiology*, 2015 Feb 7, pii: S0167-8760(15)00031-8, DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2015.02.001.
92. Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, Stansfeld S. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The lancet*, 2014, Apr 12, V. 383, №. 9925, pp. 1325-32. DOI: 10.1016/S0140-6736(13)61613-X.
93. Beach E. F., Gilliver M., Williams W. The noise non-occupational incidents, situations and events database: A new research tool. *Annals of Leisure Research*, 2013, V. 16, №. 2, pp. 149-159.
94. Beach, E., Williams, W., & Gilliver, M. Estimating young Australian adults' risk of hearing damage from selected leisure activities. *Ear and hearing*, 2013, V. 34(1), pp. 75-82.
95. Bernardi L., Porta C., Casucci G. Dynamic interactions between musical, cardiovascular, and cerebral rhythms in humans. *Circulation*, 2009, V. 119, №. 25, pp. 3171–3180.
96. Bernardi L., Porta C., Sleight P. Cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory changes induced by different types of music in musicians and non-musicians: the importance of silence. *Heart*, 2006, V. 92, №. 4, pp. 445-452.
97. Blumenthal, T. D., Cuthbert, B. N., Filion, D. L., Hackley, S., Lipp, O. V., & Van Boxtel, A. Committee report: Guidelines for human startle eyeblink electromyographic studies. *Psychophysiology*, 2005, V. 42, №. 1, pp. 1-15.
98. Brattico P., Brattico E., Vuust P. Global sensory qualities and aesthetic experience in music. *Frontiers in neuroscience*, 2017, №. 11, P. 159. DOI: 10.3389 / fnins.2017.00159.

99. Bulla W. Daily noise-exposure of audio engineers: assessment of daily noise-exposures of professional music-recording audio engineers employing OSHA PEL criteria. *MEIEA Journal*, 2003, V. 3, pp. 55-83.
100. Chen J. Factor analysis-based chinese universities aerobics sustainable development research. *BioTechnology: An Indian Journal*, 2014, V. 10, №. 8, pp. 2714-2721.
101. Da Fonseca J, Martins-dos-Santos J, Oliveira P, Laranjeira N, Aguas A, Castelo-Branco N. Noise-induced gastric lesions: a light and scanning electron microscopy study of the alterations of the rat gastric mucosa induced by low frequency noise. *Central European journal of public health.*, 2006, V. 14, №. 1, P. 35.
102. Decker-Voigt, H. H., Oberegelsbacher, D., & Timmermann, T. (2012). *Lehrbuch Musiktherapie*. München: Reinhardt, UTB M (Medium-Format), 2012, Vol. 3068., 336 p., ISBN 978-3-8252-3695-3.
103. Egloff D. et al. A vibrotactile music system based on sensory substitution. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2011, V. 129, №. 4, pp. 2582-2582.
104. Ellis R.J., Thayer J.F. Music and Autonomic Nervous System (Dys)function. *Music Percept*, 2010; V. 27(4), pp. 317–326. doi:10.1525/mp.2010.27.4.317.
105. Fan J., Byrne J., Worden M.S. et al. The relation of brain oscillations to attentional networks. *Journal of Neuroscience*, 6 June 2007, V. 27, №. 23, pp. 6197-6206, DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1833-07.2007.
106. Fedotchev A.I., San Chzhun O, Semikin G.I. Combination of EEG-bio-management technology with music therapy for effective correction of stressinduced disorders. *Modern Technologies in Medicine*, 2014, V. 6, №. 3, pp. 60-63.
107. Fettiplace R., Kim K. X. The physiology of mechanoelectrical transduction channels in hearing. *Physiological reviews*, 2014, V. 94, №. 3, pp. 951-986.
108. Fink R., Latour M., Wallmark Z. *The Relentless Pursuit of Tone: Timbre in Popular Music*. Oxford University Press, 2018, 387 p., ISBN 0199985227, 9780199985227.

109. Fukushima A, Yagi R, Kawai N, Honda M, Nishina E, Oohashi T. Frequencies of inaudible high-frequency sounds differentially affect brain activity: positive and negative hypersonic effects. *PloS one*, 2014, V. 9, №. 4, pp. e95464, DOI: 10.1371/journal.pone.0095464.
110. Gilles A., Thuy I., De Rycke E., Van de Heyning P. A little bit less would be great: Adolescents' opinion towards music levels. *Noise and Health*, 2014, V. 16, №. 72, P. 285.
111. Huang J. Gamble D., Sarnlertsophon K., Wang X., Hsiao S. Feeling music: integration of auditory and tactile inputs in musical meter perception. *PloS one*, 2012, V. 7, №. 10, p. e48496., DOI: 10.1371/journal.pone.0048496.
112. Huang Z. Experimental study on stratified teaching method in the teaching of the elective course of aerobics. *Journal of Advanced Oxidation Technologies*, 2018, V. 21, № 2, DOI:10.26802/jaots.2017.071
113. Ising H. et al. Health effects caused by noise: evidence in the literature from the past 25 years. *Noise and Health*, 2004, V. 6, №. 22, P. 5.
114. Ito S., Harada T., Miyaguchi M., Ishizaki F., Chikamura C., Kodama Y., Imaizum, SEffect of high-resolution audio music box sound on EEG. *Int. Med*, 2016, № 23, pp. 1-3.
115. Johnson O. et al. British university students' attitudes towards noise-induced hearing loss caused by nightclub attendance. *The Journal of Laryngology & Otology*, 2014, V. 128, №. 1, pp. 29-34.
116. Juslin P. N., Västfjäll D. Emotional responses to music: The need to consider underlying mechanisms. *Behavioral and brain sciences*, 2008, V. 31, №. 5, pp. 559-575.
117. Kalinnikova J.G., Inozemtseva E.S., Galazhinskiy E.V., Kapilevich L.V. Effects of rhythmic workloads on coherent communication being formed in cerebral structures and on heart rate variability. *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury*, 2016, № 10, pp. 83-85.
118. Kalinnikova Yu.G., E.S. Inozemtseva, L.V. Kapilevich. The effect of different rhythm and tempo of aerobics classes on psychophysiological and electroneuro-

myographic characteristics. *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury*, 2013, № 5, pp. 45-47.

119. Kalinnikova Yu.G., Inozemtseva E.S., Galazhinskiy E.V. Analysis of EEG coherence effects of physical loads and rhythmic auditory stimulation. *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury*, 2015, №. 11, pp. 36-38.

120. Kalinnikova Yu.G., Inozemtseva E.S., Galazhinskiy E.V. Effect of exercise and sound accompaniment with different rhythm and tempo on brain bioelectrical activity. *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury*, 2015, №. 7, pp. 5-7.

121. Kalinnikova, Yu.G., Inozemtseva, E.S., Kapilevich, L.V. Physiological responses of athletes to rhythmic loads. *Teoriya i Praktika Fizicheskoy Kultury*, 2017. №. 10, pp. 91-92.

122. Kiroi V. N., Aslanyan E. V. General laws for the formation of the state of monotony. *Neuroscience and behavioral physiology*, 2006, V. 36, №. 9, pp. 921-928.

123. Kiroy V.N., Belova E.I. Mechanisms of formation and role of oscillatory activity of neural populations in brain systemic activity. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatel'nosti*, 2000, vol. 50, no. 2. pp. 179-191.

124. Kraus K. S., Canlon B. Neuronal connectivity and interactions between the auditory and limbic systems. Effects of noise and tinnitus. *Hearing research*, 2012, V. 288, №. 1-2, pp. 34-46.

125. Kuribayashi R., Nittono H. High-Resolution Audio with Inaudible High-Frequency Components Induces a Relaxed Attentional State without Conscious Awareness. *Frontiers in psychology*, 2017, V. 8, pp. 93.

126. Liberman M. C. et al. Toward a differential diagnosis of hidden hearing loss in humans. *PloS one*, 2016, V. 11, №. 9, p. e0162726.

127. Mercier V. et al. Is electronically amplified music too loud? What do young people think? *Noise and Health*, 2002, V. 4, №. 16, p. 47.

128. Mindlin G, Rozelle G, Price J, Peter O, Kershaw C, Wade B. Brain Music Therapy as a complementary modality for insomnia, anxiety, depression and attention training. Abstracts of the International Society for Neuronal Regulation 15 Annual conference, San Diego, California. September 6-9, 2007, V. 7.

129. Obayashi S., Subara T., Kwabe K., Okauchi T., Maeda J., Akine Y., Onoe H., Iriki A. Functional Brain Mapping of Monkey Tool Use. *Neuroimage*, 2001, V. 14.4. pp.853-861.
130. Phillips-Silver J., Trainor L. J. Hearing what the body feels: Auditory encoding of rhythmic movement. *Cognition*, 2007, V. 105, №. 3, pp. 533-546.
131. Reybrouck M. Perceptual immediacy in music listening. Multimodality and the "in time/outside of time" dichotomy. *Versus*, 2017, V. 46, №. 1, pp. 89-104.
132. Reybrouck M., Eerola T. Music and its inductive power: a psychobiological and evolutionary approach to musical emotions. *Frontiers in psychology*, 2017, V. 8, pp. 494.
133. Särkämö T. et al. Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain*, 2008, V. 131, №. 3, pp. 866-876.
134. Teppo Särkämö, Mari Tervaniemi, Sari Laitinen, Anita Forsblom, Seppo Soinila, Mikko Mikkonen, Taina Autti, Heli M. Silvennoinen, Jaakko Erkkilä, Matti Laine, Isabelle Peretz, Marja Hietanen, Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain*, Volume 131, Issue 3, March 2008, pp. 866–876, <https://doi.org/10.1093/brain/awn013>
135. Todd N. P., Lee C. S. The sensory-motor theory of rhythm and beat induction 20 years on: a new synthesis and future perspectives. *Frontiers in human neuroscience*, 2015, V. 9, pp. 444.
136. Trainor L. J. et al. The primal role of the vestibular system in determining musical rhythm. *Cortex*, 2009, V. 45, №. 1, pp. 35-43.
137. Wang Q. J., Spence C. Sonic packaging: how packaging sounds influence multisensory product evaluation. *Multisensory Packaging*. Palgrave Macmillan, Cham, 2019, pp. 103-125.
138. Wang L., Li J., Bai S. et al. The effect of different exercise on anxiety and depression of college students. Paper presented at the AIP Conference Proceedings, 2019, p. 2079 DOI:10.1063/1.5092411
139. Williams W., Beach E. F., Gilliver M. Development of a subjective loudness rating scale. *International journal of audiology*, 2013, V. 52, №. 9, pp. 650-653.

140. Winterer G., Egan M., Radler T. et al. An association between reduced interhemispheric EEG coherence in the temporal lobe and genetic risk for schizophrenia. *Schizophr. Res*, 2001, Vol. 49, pp. 129–143.

141. Yu J. Training standard scheme of aerobics based on singular value decomposition algorithm. *Journal of Advanced Oxidation Technologies*, 2018, V. 21, №. 2, DOI:10.26802/jaots.2018.08131.