

На правах рукописи

**КАЛИННИКОВА ЮЛИЯ ГЕННАДЬЕВНА**

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

03.03.01 – физиология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

**ТОМСК 2019**

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

**Научный руководитель:**

доктор медицинских наук, профессор **Капилевич Леонид Владимирович**

**Официальные оппоненты:**

**Быков Евгений Витальевич** - доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой спортивной медицины и физической реабилитации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет физической культуры»

**Рубанович Виктор Борисович** - доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры спортивных дисциплин федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный педагогический университет»

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

Защита состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г. в \_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д 208.096.01 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России) по адресу 634050, г Томск, Московский тракт, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-медицинской библиотеке и на сайте федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации [www.ssmu.ru](http://www.ssmu.ru)

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Петрова Ирина Викторовна

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность 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 [Иноземцева Е.С., 2017; Капилевич Л.В., 2018].

Организм человека обладает свойством заимствования ритмов, предлагаемых внешней средой. При этом он как бы настраивается на предлагаемый ритм, ускоряя или замедляя темп своей работы в соответствии с конкретными обстоятельствами. Ключевое понимание данного процесса определяет выдвинутый еще А.А. Ухтомским (1962, 1966) принцип усвоения ритма, согласно которому в основе ритмообразования на внешний раздражитель лежит рефлекторное сонастраивание ритмов и темпов деятельности отдельных участков нервной системы. 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 не какое-нибудь одно, а целую гамму двигательных ощущений и представлений.

Ритмические звуковые колебания связаны с ощущением движения. Поэтому, если во время двигательной деятельности человек слышит ритмические звуковые колебания, то у него произвольно возникает слухомоторная координация, которая существенным образом влияет на характер и качество выполнения движений [Коджаспиров Ю.Г., 1987]. 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. [Курьсь В.Н., Гзирьян Р.В., 2014]. В исследованиях, проведенных В.В. Романенко (2004, 2007), была доказана взаимосвязь технической подготовленности спортсменов с уровнем развития специфических восприятий, чувства темпа и ритма.

Разрабатываются подходы, предполагающие применение музыкальных или музыкалоподобных сигналов обратной связи от собственных биоэлектрических характеристик, облегчающих пациенту их восприятие и способствующих увеличению эффективности лечебных воздействий [Федотчев А.И., 2019]. Таким образом, внешние ритмические стимулы, как аудиальные, так и двигательные, способны оказывать влияние на ритмическую структуру физиологических процессов [Журавлев Г.И., Ексина К.И., Силантьева О.М., Полевая С.А., 2018]. Это обуславливает интерес, проявляемый исследователями к возможностям целенаправленной ритмической стимуляции и регуляции в спортивной деятельности [Радченко Г.С., 2013]. 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 развива-

ются с различной степенью активности [Сорокина С.Е., 2012]. В научной литературе представлен ряд школ по изучению музыкального воздействия на организм человека: 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.

Доказано, что прослушивание музыки активизирует широкую двустороннюю сеть областей мозга, связанных со вниманием, семантической обработкой, памятью, двигательными функциями и эмоциональной обработкой [Радченко Г.С., 2010, 2018; Ito, S., Harada, T., Miyaguchi, M., Ishizaki, F., 2016; Kraus K.S., Canlon B., 2012; Kuribayashi R., Nittono H., 2017].

Музыкальное воздействие также улучшает эмоциональное и когнитивное функционирование у здоровых людей и в различных клинических группах пациентов [Костюченко А. А., Николаев Е. А., 2018; Ellis R.J., Thayer J.F., 2010; Phillips-Silver J., Trainor L. J., 2007].

Специальные физиологические исследования выявили влияние музыкального ритма на различные системы организма человека [Alves-Pereira M., Castelo Branco N., 2007; Basner M. et al., 2014; Wang Q. J., Spence C., 2019; Wang L., Li J., Bai S. et al., 2019]. При этом физиологические ритмы человека резонируют и непроизвольно подстраиваются под частотные и динамические показатели музыкального сопровождения. Показано, что музыкальный темп, ритм, структурное строение произведения и другие музыкальные факторы могут подчинять себе ритм внутренних физиологических процессов [Bulla W., 2003; Da Fonseca J., 2006; Egloff D., 2011].

На сегодняшний день исследователи пытаются выявить факторы, детерминирующие максимально эффективное воздействие музыки на состояние человека, понять суть механизмов музыкального воздействия [Reybrouck M., Eerola T., 2017; Todd N.P., Lee C.S., 2015; Trainor L.J., 2009]. Значительное внимание уделяется изучению механизмов активации адаптивно-приспособительных структур, при этом особую актуальность приобретают меры по совершенствованию существующих и созданию новых эффективных подходов для оптимизации и коррекции функционального состояния организма человека [Fettiplace R., Kim K.X., 2014; Fink R., Latour M., 2018; Fukushima A., 2014; Ising H., 2004; Juslin P.N., Västfjäll D., 2008].

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 возрастании 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, 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 Параолимпийским 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 работ, 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 5 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 ссылок, в том числе 85 работы отечественных авторов и 56 – зарубежных. Работа иллюстрирована 29 рисунками и 24 таблицами.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Для изучения физиологических реакций организма спортсменов на аэробные физические нагрузки различной ритмо-темповой структуры было обследовано 315 спортсменов специализации «Аэробика» кафедры физического воспитания Томского государственного университета в возрасте от 17 до 20 лет ( $18 \pm 1,5$ ). 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 ритма нагрузки: S (slow) – 115-125 уд/мин, M (medium) – 125-140 уд/мин, F (fast) – 140-160 уд/мин. Исследование проводилось по двум основным направлениям. Во-первых, влияние музыкального сопровождения на электроэнцефалографические показатели биоэлектрической активности мозга. Во-вторых, исследование влияния ритмической нагрузки на показатели комплексного мониторинга.

Протокол исследования включал в себя три этапа:

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).

### **Методы исследования**

В составе комплексного мониторинга использовались следующие методики:

*Измерение концентрации молочной кислоты в крови* 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).

*Психологическое тестирование* проводилось на компьютерном комплексе «НС-Психотест» (производство НПО Нейрософт, г. Иваново, Россия), предназначенном 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.

*Психофизиологическое обследование* включало в себя теппинг-тестирование, позволяющее оценить силу нервных процессов путем измерения динамики темпа движений кисти, оценку мышечной выносливости и контактную координатометрию для измерения точности управления движениями при решении двигательных задач.

*Электронейромиография.* Исследование выполнялось на электронейромиографе Нейро-МВП-Микро (производство НПО Нейрософт, г. Иваново, Россия), который представляет собой многофункциональный компьютерный нейрофизиологический комплекс. Выполнялось исследование биоэлектрической активности икроножной мышцы, латеральной мышцы бедра и большой ягодичной мышцы. Электроды накладывались согласно анатомическому расположению мышц, на кожу над областью двигательной точки мышцы.



*Электроэнцефалография.* Исследование выполнялось на компьютерном электроэнцефалографе серии «Нейрон-Спектр» (производство НПО Нейрософт, г. Иваново, Россия). Испытуемых 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:

- 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.

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

В ходе исследования была проведена оценка таких параметров ЭЭГ, как средняя амплитуда и средняя мощность спектра для альфа-, бета-, дельта-, тета-диапазонов, а также уровня когерентности спектров альфа и тета-активности в лобных и затылочных отведениях. Запись ЭЭГ проводилась до выполнения физической нагрузки, затем после выполнения упражнений аэробной части занятия с различной ритмо-темповой структурой.

*Кардиоинтервалография.* 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. При анализе полученных рядов кардиоинтервалов использовали методы временной и частотной области (вариационная пульсометрия и спектральный анализ соответственно).

*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  $p \leq 0.05$ .

## ***РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ***

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

Содержание молочной кислоты в крови свидетельствует о уровне интенсивности физической нагрузки. После выполнения упражнений во всех трех группах наблюдался одинаковый прирост концентрации молочной кислоты в крови (с 3.1

(2,8;3,8) до 5,5 (4,8;8,15)). Увеличение ритма занятий на величину прироста показателя не влияло. Это позволяет утверждать, что выявленные эффекты обусловлены ритмо-темповой структурой аэробной нагрузки, а не уровнем её интенсивности.

### **Влияние ритмической нагрузки на психофизиологические показатели**

#### *Результаты психологического тестирования*

Для оценки динамики показателя реактивной тревожности спортсменок в исследуемых группах использовалась методика «Шкалы самооценки тревоги В. Цунга», по показателям которой уровень тревожности достоверно увеличивается после нагрузки с ритмо-темповым сопровождением F (fast) 145-160 уд/мин.

Опросник Т.Элерса (Уровень мотивации к успеху), предназначенный для диагностики социальных мотивов личности и измерения мотивации к достижению успеха в области профессиональной деятельности показал, что после S (slow) и M (medium) нагрузки количество спортсменок с высоким уровнем мотивации увеличивается незначительно, тогда как при увеличении нагрузки до F (fast) уровня их количество уменьшилось, но увеличилось количество спортсменок с весьма высоким уровнем, что говорит о положительной тенденции. После S (slow) нагрузки наблюдалось увеличение процента спортсменок с низким уровнем мотивации к успеху после выполнения упражнений, а после F (fast) нагрузки и вовсе отсутствуют.

Опросник Т.Элерса (Мотивация к избеганию неудач) предназначен для измерения уровня мотивации к избеганию неудач в рамках социального мотива достижения. После S (slow) нагрузки наблюдалась тенденция к снижению мотивации избегания неудач. При M (medium) нагрузке 125-140 уд/мин наблюдалась аналогичная положительная динамика, но более выраженная, чем при S (slow) и F (fast) нагрузках.

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

По итогам методики «Шкала субъективного благополучия» 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.

Методика «Оценка психической активации, интереса, эмоционального тонуса, напряжения и комфортности» предназначена для самооценки текущего психического состояния. При S (slow) нагрузке наблюдалась отрицательная динамика текущего психического состояния, в то время как, при F (fast) нагрузке динамика положительная, что говорит о повышении уровня психического состояния и комфортности обследуемых.

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. 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 приво-

дит к улучшению психического состояния и улучшению социальных мотивов личности, способствует оптимизации психофизиологических функций.

#### *Результаты психофизиологического тестирования.*

Для диагностики силы нервных процессов применялась методика «Теппинг-тест». Исходя из полученных данных, 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 повлияла. 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 М (medium) (125-140 уд/мин) на F (fast) (140-160 уд/мин).

Для оценки силы и выносливости мышц рук, функционального состояния и моторной асимметрии применялась методика «Динамометрия». Исходя из полученных данных, 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 отмечалось 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 отмечалось достоверное увеличение показателя после выполнения упражнений с ритмо-темповым сопровождением 140-160 уд/мин, что может быть связано с оптимизацией регионарного кровотока. Коэффициент асимметрии по выносливости статистически значимо уменьшился 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-темповым 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 указывало на доминирование левой руки, дальнейшее же увеличение ритмо-темпового сопровождения до 140-160 уд/мин возвращало доминирование правой руки.

Для оценки влияния нагрузок с различным ритмо-темповым сопровождением на психомоторные свойства спортсменок использовалась методика «Контактная координациометрия по профилю». Она позволяет оценить точность и координацию целенаправленных движений. По итогам исследования количество касаний и частота касаний в секунду после М (medium) нагрузки были наибольшими, 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. Изменение ритмо-темпового сопровождения занятий по аэробике на степень сенсорного контроля над движениями не повлияло. Увеличение ритмо-темпового сопровождения занятий по аэробике со 115-125 уд/мин до 125-140 уд/мин приводило к нарушению координации движений, дальнейшее же увеличение темпа до 140-160 уд/мин увеличило точности движений.

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

*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 (рис.1). Полученные результаты показали специфические особенности функционального состояния нервно-мышечной системы, отражающие физиологические механизмы повышения эффективности тренировочного процесса в аэробике.

При S (slow) нагрузке после выполнения упражнений наблюдалось достоверное увеличение максимальной амплитуды электромиограммы икроножной мышцы, что говорит о её напряжении (рис.1). При M (medium) нагрузке максимальная амплитуда биоэлектрической активности икроножной мышцы так же увеличивалась. После F (fast) нагрузки увеличение показателя было максимальным. 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. 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. При сравнении показателя после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры наблюдалось достоверное различие между M и F нагрузками, причем после F (fast) показатель достоверно выше (рис.1).

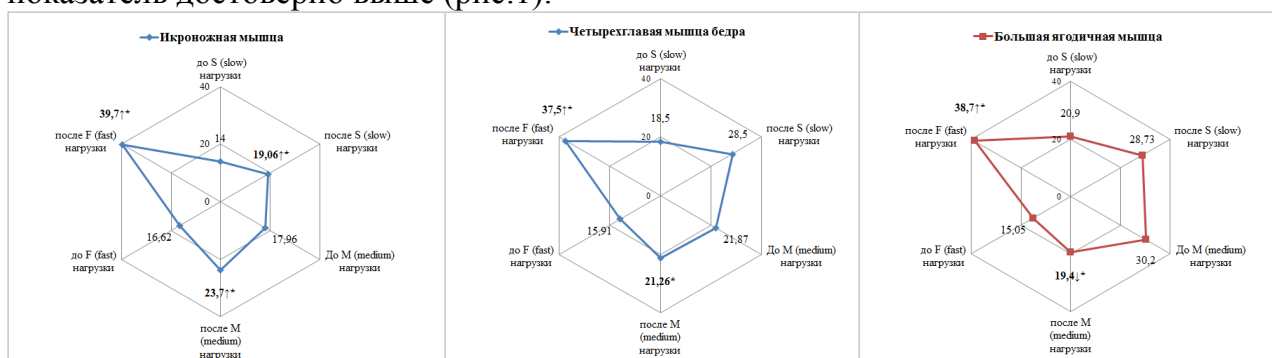


Рисунок 1 – Максимальная амплитуда биоэлектрической активности икроножной мышцы, четырехглавой мышцы бедра и большой ягодичной мышцы в покое у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры, мкВ

Примечание:

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

↑ – достоверное увеличение показателя после ритмической нагрузки

↓ – достоверное снижение показателя после ритмической нагрузки

При F (fast) нагрузке наблюдалось уменьшение максимальной амплитуды биоэлектрической активности икроножной мышцы при максимальном произвольном напряжении после ритмической нагрузки. Максимальная амплитуда биоэлектрической активности четырехглавой мышцы бедра при максимальном произвольном напряжении достоверно уменьшалась при всех трех видах ритмической нагрузки (рис.2).

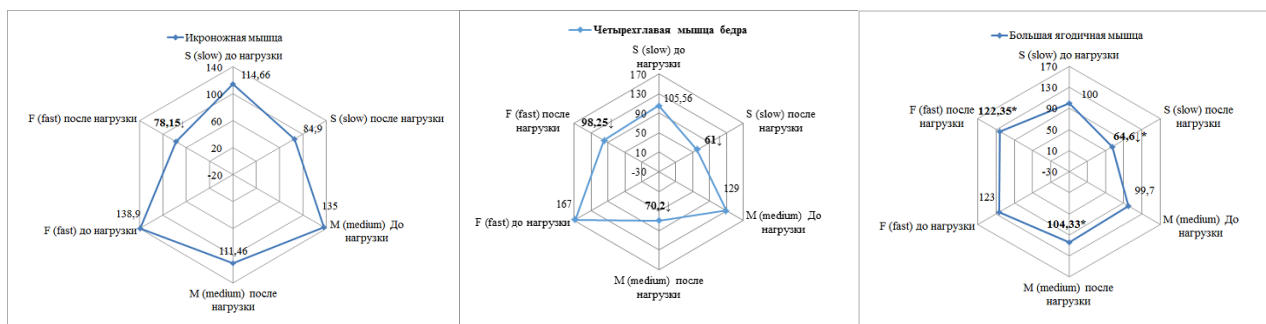


Рисунок 2 – Максимальная амплитуда биоэлектрической активности икроножной мышцы, четырехглавой мышцы бедра и большой ягодичной мышцы при максимальном произвольном напряжении, мкВ

Примечание:

↓ - достоверное снижение показателя после ритмической нагрузки

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

При нагрузке 110-125 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.2).

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.

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

В ходе электроэнцефалографического исследования была проведена оценка следующих параметров: средняя амплитуда спектра (мкВ/с); средняя мощность спектра (мкВ<sup>2</sup>/с); уровень когерентности спектров альфа и тета-активности в лобных и затылочных отведениях (мкВ/Гц).

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.

При ритмо-темповой структуре занятия 140-160 уд/мин наблюдалось повышение средней амплитуды спектра дельта-активности, что свидетельствует о снижении коркового тонуса и усилении процессов торможения. После нагрузки с ритмо-темповым сопровождением 115-125 уд/мин наблюдалось повышение максимальной мощности альфа и бета активности, что указывает на увеличение уровня функционального состояния организма и готовности организма к физическим нагрузкам.

Дальнейшее увеличение ритмо-темповой 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.3).

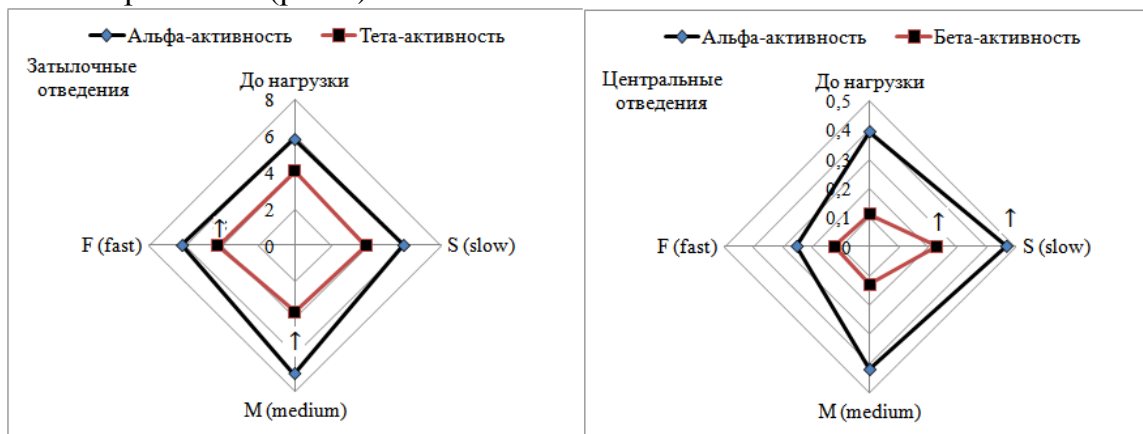


Рисунок 3 – Максимальная мощность спектра активности головного мозга у обследуемых, занимающихся аэробикой до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры (мкВ<sup>2</sup>/с)

Примечание:

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

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».

При ритмо-темповой структуре занятия 115-125 уд/мин наблюдалось увеличение максимальной мощности дельта-ритма (рис.3), 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.

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

По результатам электроэнцефалографического исследования показано, что прослушивание ритмической музыки 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. Наибольший эффект отмечался при прослушивании музыки максимальной частоты. 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. 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.

Выявлено, что прослушивание ритмической музыки 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. Наибольший эффект отмечался при прослушивании музыки с ритмо-темповой структурой максимальной частоты. 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. Прослушивание музыки после физических нагрузок способствует возрастанию показателя когерентности (в некоторых случаях даже выше фоновых значений).

*Влияние нагрузки различной ритмо-темповой структуры на уровень когерентности электрической активности коры*

Полученные результаты свидетельствуют, что ритмическая 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. В затылочных областях до нагрузки прослушивание ритмо-темповых сопровождений на когерентность альфа-диапазона не повлияло. После ритмической 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 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.

**Влияние физической нагрузки различной ритмо-темповой структуры на характеристики вегетососудистой системы**

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

Исходный вегетативный тонус (ИВТ) при различных нагрузках представлен различными состояниями. До выполнения упражнений S-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%. При M-нагрузке наблюдается резкое снижение количества эйтоний с 72% до 18%, ваготонии представленные в 14% случаев до нагрузки, после таковой снижаются до 0, но появ-

ляется большое количество гиперсимпатикотоний (46%) и увеличивается количество симпатикотоний с 14% до 36%. При F-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.

По результатам исследования наблюдалось появление после S- 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.

При S-нагрузке показатель вегетативной реактивности после выполнения упражнений улучшается. При M- и F-нагрузках усиливается симпатическое влияние, что приводит к увеличению вегетативного реагирования. При S- и M-нагрузках увеличился процент избыточного обеспечения, в F-нагрузке увеличивается процент недостаточного вегетативного обеспечения. При S-нагрузке преобладает симпатикотоническая и умеренно-симпатикотоническая реакция. При M-нагрузке наблюдаются признаки утомления в связи с увеличением количества симпато-астенический типов реакций. При F-нагрузке также наблюдаются признаки утомления организма за счет снижения симпатического влияния.

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 спортсменов к восстановлению. При всех трех ритмах нагрузки преобладает реакция утомления, наиболее она выражена при M-нагрузке.

### **Оценка количественных показателей вариабельности сердечного ритма и показателей спектральных составляющих**

При сравнении показателя индекса напряжения фоновой пробы наблюдалось статистически значимое повышение напряжения при M (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.4), АМо говорит об усилении симпатического влияния и снижении парасимпатического (достоверное снижение Dx), а также смещении гомеостаза в сторону снижения функциональных резервов организма.

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.

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.5) 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.



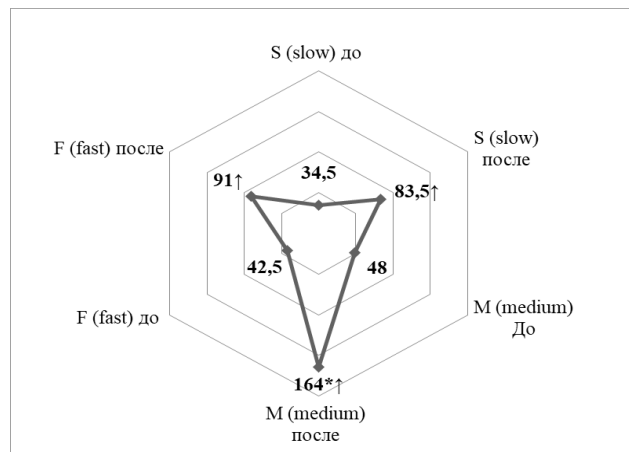


Рисунок 4 – Характеристика индекса напряжения (у.е.) фоновой пробы до нагрузки и после выполнения упражнений различной ритмо-темповой структуры  
 Примечание: ↑ - достоверное увеличение показателя после нагрузки  
 \* – статистически значимое различие ( $p < 0,05$ ) по сравнению с показателем после S (slow) 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.

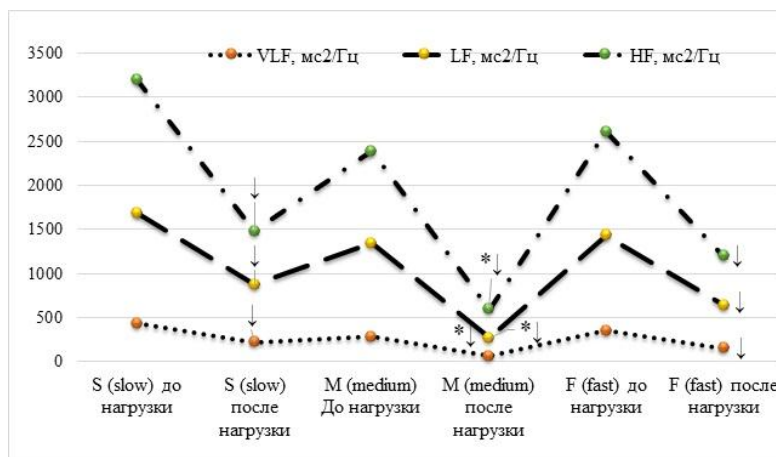


Рисунок 5 – Динамика частотных составляющих колебаний ритма сердца  
 Примечание: ↓ - достоверное снижение показателя после нагрузки

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

Из рисунка 5, видно, 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.

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. Он характеризует суммарную активность регуляторных систем.

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.

Индекс централизации отражает соотношение между автономным и центральным контурами регуляции сердечного ритма. Этот показатель позволяет судить об активности сердечно-сосудистого подкоркового центра, связанного с деятельностью высших уровней управления. Статистически значимых различий между ритмами нагрузки не выявлено. ИЦ при этом увеличивается, что свидетельствует о преобладании центрального влияния на ритм сердца за счет снижения активности автономного центра регуляции, что подтверждается достоверным снижением показателя HF, оценивающего меру тонической активности вагуса.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Результаты измерения уровня молочной кислоты в капиллярной крови занимающихся до и после ритмической 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 говорить о влиянии на показатели именно ритма аэробной нагрузки, а не её уровня.

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 ритмов, что указывает на увеличение уровня готовности организма к физическим нагрузкам. Дальнейшее увеличение нагрузки до уровня M (medium) приводит к снижению мощности этих ритмов, что свидетельствует о выраженной психоэмоциональной усталости, снижении концентрации внимания и нарастании утомления организма. При ритмической нагрузке F (fast) наблюдалось увеличение максимальной мощности дельта-ритма, что рассматривается, как отражение усиления в структурах ЦНС тормозных процессов, в том числе, носящих охранительный характер.

После ритмической нагрузки S (slow) и M (medium) уровень когерентности альфа-ритма снижался в затылочных областях. Ритмическая 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 ритмической 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 нагрузки, 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 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.

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 ритмическая 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 M (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 M (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.

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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Перечень публикаций, входящих в базу РИНЦ и ВАК (выделенное в Scopus)

1. Калининкова Ю. Г. Влияние ритмо-темповой структуры занятия по аэробике на показатели variability сердечного ритма и электрофизиологические характеристики нервно-мышечной системы студенток / Ю.Г. Калининкова, Е.С. Иноземцева, Л.В. Капилевич Т.С. Матросова // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – № 362. – С. 153-155.
2. Калининкова Ю. Г. Влияние различной ритмо-темповой структуры занятий аэробикой на психофизиологические и электронейромиографические показатели / Ю.Г. Калининкова, Е.С. Иноземцева, Л.В. Капилевич // Теория и практика физической культуры. – 2013. – № 5. – С. 45-47.
3. Калининкова Ю. Г. Оценка функциональных резервов девушек, занимающихся аэробикой различной ритмо-темповой структуры, по данным кардиоинтервалографии и электронейромиографии / Ю.Г. Калининкова, Е.С. Иноземцева, Л.В. Капилевич // Вестник Томского государственного университета. – 2013. – № 368. – С. 123-125.
4. Калининкова Ю. Г. Влияние ритмо-темповой структуры на психофизиологические характеристики при занятиях аэробикой / Ю.Г. Калининкова, Е.С. Иноземцева, Л.В. Капилевич // Теория и практика физической культуры. – 2014. – № 9. – С. 98-100.
5. Калининкова Ю. Г. Влияние физических нагрузок и звукового сопровождения различной ритмо-темповой структуры на биоэлектрическую активность головного мозга / Ю.Г. Калининкова, Е.С. Иноземцева, Э.В. Галажинский, Д.Ю. Баланев, Л.В. Капилевич // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 7. – С. 5-7.
6. Калининкова Ю. Г. Когерентный анализ ЭЭГ при физических нагрузках и звуковом сопровождении различной ритмо-темповой структуры / Ю.Г. Калининкова, Е.С. Иноземцева, Э.В. Галажинский, Д.Ю. Баланев, Л.В. Капилевич // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 11. – С. 36-38.
7. Калининкова Ю. Г. Влияние ритмических нагрузок на формирование когерентных связей в структурах мозга и variability сердечного ритма / Ю.Г. Калининкова, Е.С. Иноземцева, Э.В. Галажинский, Л.В. Капилевич // Теория и практика физической культуры. – 2016. – № 10. – С. 83-85.
8. Калининкова Ю. Г. Физиологические реакции организма спортсменов на ритмическую нагрузку / Ю.Г. Калининкова, Е.С. Иноземцева, Л.В. Капилевич // Теория и практика физической культуры. – 2017. – № 10. – С. 91-92.
9. Калининкова Ю. Г. Физиологические критерии индивидуального подбора ритмо-темповой структуры занятий аэробикой / Ю.Г. Калининкова, Е.С. Иноземцева, Л.В. Капилевич // Теория и практика физической культуры. – 2019. – № 10. – С. 38-40.

### Монографии

1. 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. KG Heinrich –Böcking–Str. 6–8, 66121 Saarbrücken, Germany, 2013. – 85 p. ISBN: 978-3-8443-0477-0.

### СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ИВТ – исходный вегетативный тонус  
ИН – индекс напряжения  
ИЦ – индекс централизации  
КИГ – кардиоинтервалография  
ЦНС – центральная нервная система  
ЭМГ – электромиография  
ЭЭГ – электроэнцефалография

АМо – амплитуда моды  
Мо - мода  
Dx – вариационный размах  
HF – дыхательные волны  
LF – медленные волны 1 порядка  
VLF – дыхательные волны 2 порядка

Подписано в печать \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Усл.печ.листов 1,0. Печать на ризографе.  
Отпечатано в \_\_\_\_\_  
634050, г. Томск, \_\_\_\_\_ тел.  
Заказ № \_\_\_\_\_ Тираж 100 экземпляров