ФЕДЕРАЛЬНОЕ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ АГЕНТСТВО

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ – ФЕДЕРАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
БИОФИЗИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ИМЕНИ А.И. БУРНАЗЯНА»

На правах рукописи

Ерофеев Геннадий Григорьевич

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

3.1.33 – восстановительная медицина, спортивная медицина,
лечебная физкультура, курортология и физиотерапия

Диссертация на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Научные консультанты:
доктор медицинских наук, профессор
Сергей Михайлович Разинкин;
доктор технических наук
Сергей Павлович Драган

Москва – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
Глава 1. ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМИ ЗВУКАМИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ 19
1.1. Современные немедикаментозные технологии повышения функциональных резервов дыхательной системы организма человека в спортивной медицине и клинической практике (обзор литературы) 19
1.2. Теоретико-экспериментальное обоснование биоакустической стимуляции дыхательной системы звуками низкой частоты 32
1.3. Теоретические основы биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты 36
1.4. Клинико-экспериментальное обоснование режимов биоакустической стимуляции дыхательной системы 43
Глава 2. РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМИ ЗВУКАМИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ И ПРОВЕДЕНИЕ ЕГО ТЕХНИЧЕСКИХ И КЛИНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ 54
2.1. Этапы разработки, структура, состав и методика использования аппаратно-программного комплекса биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты 54
2.2. Результаты технических испытаний аппаратно-программного комплекса биоакустической стимуляции дыхательной системы 62
2.3. Результаты клинических испытаний аппаратно-программного комплекса биоакустической стимуляции дыхательной системы 69
Глава 3. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМИ ЗВУКАМИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ 83
3.1. Этапы, задачи, материал и методы исследования 83
3.2. Оценка возможности использования биоакустической стимуляции дыхательной системы для повышения ее функциональных резервов 90
3.3. Определение индивидуальных особенностей дыхательной системы спортсменов в зависимости от физического состояния 103
3.4. Оценка влияния различных режимов биоакустической стимуляции дыхательной системы на показатели функционального состояния спортсменов лыжных видов спорта 108
3.4.1. Оценка влияния различных режимов биоакустической стимуляции дыхательной системы на субъективное состояние спортсменов 110
3.4.2. Оценка влияния различных режимов биоакустической стимуляции на функциональное состояние дыхательной системы спортсменов 114

3.4.3. Оценка влияния различных режимов биоакустической стимуляции дыхательной системы на физическую работоспособность спортсменов 118
3.5. Обоснование методики биоакустической стимуляции дыхательной системы организма человека высокоинтенсивными звуками низкой частоты 121
Глава 4. ОБОСНОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ВЫНОСЛИВОСТИ СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА 130
4.1. Этапы, задачи, материал и методы исследования 130
4.2. Оценка влияния биоакустической стимуляции на функциональное состояние дыхательной системы спортсменов циклических видов спорта 135
4.3. Оценка влияния биоакустической стимуляции дыхательной системы на физическую работоспособность и выносливость спортсменов циклических видов спорта при аэробных и анаэробных нагрузках 140
4.3.1. Оценка влияния трех и шести сеансов биоакустической стимуляции дыхательной системы на физическую работоспособность и выносливость спортсменов циклических видов спорта 140
4.3.2. Оценка влияния двух и четырех сеансов биоакустической стимуляции дыхательной системы на физическую работоспособность и выносливость спортсменов циклических видов спорта 154
4.3.3. Оценка влияния одного сеанса биоакустической стимуляции дыхательной системы на физическую работоспособность и выносливость спортсменов циклических видов спорта 168
Глава 5. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СПОРТА ПРИ ПРАКТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 175
5.1. Оценка эффективности биоакустической стимуляции для повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсменов-пловцов при практическом применении в условиях учебно-тренировочных сборов 175
5.2. Оценка эффективности биоакустической стимуляции для повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсменов циклических, сложнокоординационных и игровых видов спорта в тренировочный период .. 185
5.3. Случаи практического применения биоакустической стимуляции для повышения функциональных резервов дыхательной системы у спортсмена-единоборца и спортсменов-фигуристов 188
Глава 6. ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМИ ЗВУКАМИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ ПРИ БРОНХОЛЕГОЧНОЙ ПАТОЛОГИИ..... 193

6.1. Обоснование применения биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты в клинической практике при бронхолегочной патологии 193
6.2. Результаты применения биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты в клинической практике при бронхолегочной патологии 201
6.2.1. Этапы, материал и методы клинического исследования по оценке эффективности и безопасности применения биоакустической стимуляции дыхательной системы у пациентов, перенесших COVID-пневмонию 201
6.2.2. Результаты клинического исследования по оценке эффективности и безопасности применения биоакустической стимуляции дыхательной системы у пациентов, перенесших COVID-пневмонию 210
Глава 7. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В КОМПЛЕКСЕ МЕТОДОВ НАПРАВЛЕННОЙ КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СПОРТА И МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ С БРОНХОЛЕГОЧНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ 223
7.1. Разработка рекомендаций по практическому применению биоакустической стимуляции дыхательной системы в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния спортсменов 223
7.2. Разработка рекомендаций по практическому применению биоакустической стимуляции дыхательной системы в комплексе методов медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией 237
Глава 8. ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ЗВУКОВ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА 243
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 267
ВЫВОДЫ 288
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ 292
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ 295
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ 296
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 297

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Повышение функциональных резервов организма спортсмена, в частности, функциональных резервов кардио-респираторной системы, играющей важнейшую роль в обеспечении должного уровня физической работоспособности, является одним из актуальных направлений спортивной медицины (Медведев Д.В., 2005; Хадарцев А.А., 2009; Калинкин Л.А. и др., 2010; Дышко Б.А. и др., 2011; Котенко К.В. и др., 2014; Самойлов А.С., 2016; Разинкин С.М. и др., 2022; Clinton A., Jefferson M., 2020). При реализации данного направления одной из основных задач является повышение функциональных резервов дыхательной системы организма за счет улучшения легочной вентиляции и газообмена в легких (Солопов И.Н., 2005; Дышко Б.А. и др., 2012; Драган С.П. и др., 2015; Фудин Н.А. и др., 2016; Разинкин С.М. и др., 2018; Кочергин А.Б. и др., 2021). В восстановительной медицине при проведении реабилитации пациентов с бронхолегочной патологией восстановление и улучшение функции внешнего дыхания, т.е., в первую очередь, устранение нарушений легочной вентиляции и газообмена в легких, также является одной из основных задач (Агаджанян Н.А. и др., 1987; Пономаренко Г.Н., 2006; Рассулова М.А., 2008; Жернов В.А., 2009; Малявин А.Г. и др., 2010; Шакула А.В., 2013; Оленская Т.Л. и др., 2016; Чучалин А.Г., 2021).

При решении указанной задачи приоритетным в настоящее время является использование немедикаментозных технологий (Корчажкина Н.Б. и др., 2014; Самойлов А.С. и др., 2015; Разумов А.Н. и др., 2020; Patterson M., 2019), особое место в числе которых занимают физические методы и средства, обладающие доказанной эффективностью (Пономаренко Г. Н. и др., 2009; Чучалин А.Г., 2017; Мартынов А.И. и др., 2019; Малявин А.Г. и др., 2021; Donadio M.V.F. et al., 2019).

В практике спортивной и восстановительной медицины в настоящее время активно применяется широкий спектр эффективных физических методов и средств повышения функциональных возможностей организма, в частности, кардио-респираторной системы, спортсмена/пациента (Рассулова М.А., 2008; Хадарцев А.А., 2009; Пономаренко Г. Н. и др., 2009; Малявин А.Г. и др., 2010;

Разинкин С.М. и др., 2018; Дышко Б.А и др., 2020).

В тоже время, несмотря на то, что указанные технологии хорошо изучены и обладают доказанной эффективностью, потребность в новых эффективных немедикаментозных методах повышения функциональных возможностей дыхательной системы и в целом организма спортсмена/пациента, основанных на использовании различных физических факторов, остается актуальной в области спортивной и восстановительной медицины (Поляев Б.А., 2008; Самойлов А.С., 2016; Драган С.П. и др., 2018; Разумов А.Н. и др., 2020; Малявин А.Г. и др., 2021).

Это связано, во-первых, с недостаточной эффективностью и ограниченностью применения фармакологических средств у спортсменов в связи со строгим допинг-контролем или необходимостью оптимизации медикаментозной терапии у пациентов, а, во-вторых, с достижениями медицинской науки и техники в изучении и использовании в спортивной и восстановительной медицине преформированных факторов для оптимизации функциональных резервов организма человека, в частности, функциональных резервов кардио-респираторной системы (Хадарцев А.А. и др., 2011; Мирошникова Ю.В. и др., 2014; Драган С.П. и др., 2017; Разуванов В.М., 2020).

При этом современные тенденции в развитии немедикаментозных технологий, использующих физические факторы, базируются также и на широком использовании достижений физики, информационной техники и микроэлектроники, а в развитии рынка различных методов и средств для спортивной и восстановительной медицины одним из активно развиваемых направлений является медицинское использование звуковых волн (Потапова А.А., 2019; Драган С.П. и др., 2020), среди которых особое место занимают низкочастотные акустические колебания, оказывающие не только отрицательное, но и, в определенных условиях, положительное воздействие на организм экспериментальных животных и человека (Пономаренко Г.Н., 1993; Самойлов В.О. и др., 1994; Свидовый В.И., 1994; Куралесин Н.А. 1997; Измеров Н.Ф. и др., 1998; Ахметзянов И.М. и др., 2002; Зинкин В.Н. и др., 2016; Уйба В.В. и др., 2012; Драган С.П. и др., 2015; Иванов Н.И. и др., 2020).

Таким образом, научное обоснование и разработка новой немедикаментозной технологии повышения функциональных резервов организма человека на основе биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты для использования в спортивной и восстановительной медицине являются актуальными.

Степень разработанности темы исследования

Низкочастотные акустические колебания инфразвукового диапазона, давно и эффективно используются в офтальмологии для проведения массажа глаз, реализуемого при помощи инфразвукового аппарата «Очки Сидоренко», и проведения инфразвукового фонофореза при различной офтальмопатологии (Филатов В.В., 2005; Тумасян А.Р., 2006; Сидоренко Е.И. и др., 2008; Гаунова А.Х., 2008; Николаева Г.В., 2012).

Вторым примером активного использования в медицине низкочастотных акустических колебаний является ударно-волновая терапия - метод экстракорпорального кратковременного воздействия на костную и соединительную ткани акустическими импульсами значительной амплитуды низкой частоты (16-25 Гц), активно применяемый в клинической практике при различных заболеваниях с использованием различных аппаратов (Пинчук А.Н., 2005; Покинь-Череда Г.Д., 2013; Пономаренко Г.Н., 2015; Шишкин А.А. и др., 2019; Юрку, К.А. и др., 2021; Chung B., Wiley J.P., 2002; Wang C.-J., 2012).

Кроме этого, широко реализуемым в медицинской практике направлением биоакустики является также виброакустическая терапия – вид звуковой терапии, при котором используются низкочастотные синусоидальные колебания в диапазоне 30-120 Гц, основным воздействием которой на организм является вазодилатация, усиление процессов возбуждения и оказание трофо-стимулирующего эффекта (Пономаренко Г.Н., Турковский И.И., 2006; Сабиров Д.М. и др., 2021; Hooper J., 2001).

Исследования последних десятилетий показали, что низкочастотные акустические колебания в определенных условиях оказывают положительное влияние на дыхательную систему экспериментальных животных и человека,

обуславливая обратимые изменения воздушности легких в зависимости от параметров акустического воздействия (частоты и уровня звукового давления) (Пономаренко Г.Н., 1993; Самойлов В.О. и др., 1994; Измеров Н.Ф. и др., 1998; Ахметзянов И.М. и др., 2003; Зинкин В.Н. и др., 2011; Драган С.П. и др., 2013).

При этом установлено, что наиболее выраженный эффект увеличения жизненной емкости легких животных и человека при воздействии высокоинтенсивных звуков низкой частоты на дыхательную систему связан с открытием резервных альвеол легочной ткани за счет воздействия на них звуковыми волнами на резонансных частотах бронхолегочного тракта (Богомолов А.В., Драган С.П., 2015), а теоретическое обоснование возникновения этого эффекта может быть основано на модельных представлениях о дыхательной системе как резонансном звукопоглотителе типа резонатора Гельмгольца (Драган С.П., Лебедева И.В., 1994, 1998).

Исходя из этих представлений, для определения резонансных частот бронхолегочного тракта, в настоящее время проведено математическое обоснование и разработан метод акустической импедансометрии дыхательного тракта (Богомолов А.В., Драган С.П., 2015; Драган С.П. и др., 2017), основанный на модифицированным методе двух микрофонов, позволяющий определять резонансные частоты и индивидуальные коэффициенты поглощения звука в широком диапазоне частот (Драган С.П., Лебедева И.В., 1988).

На основании этих научно-методических предпосылок была сформулирована **гипотеза исследования** – повышение функциональных резервов организма человека в ходе выполнения профилактических и лечебно-реабилитационных мероприятий в области спортивной и восстановительной медицины может быть достигнуто за счет повышения функциональных возможностей дыхательной системы в результате методологически определенного воздействия на респираторный тракт высокоинтенсивными звуками низкой частоты - биоакустической стимуляции дыхательной системы.

Все вышеперечисленное определило цель и задачи настоящей работы.

Цель исследования

Разработка и научное обоснование концепции повышения функциональных резервов организма человека при помощи биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты для направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией.

Задачи исследования

1. Провести наукометрический анализ современных немедикаментозных технологий повышения функциональных резервов дыхательной системы организма человека в спортивной медицине и клинической практике по отечественным и зарубежным базам данных.

2. Обосновать в теоретико-экспериментальных исследованиях возможность повышения функциональных резервов организма человека при помощи биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты.

3. Разработать аппаратно-программный комплекс биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты и провести его технические и клинические испытания как медицинского изделия.

4. Изучить механизмы повышения функциональных резервов дыхательной системы при биоакустической стимуляции высокоинтенсивными звуками низкой частоты на основе системного анализа основных показателей функционального состояния организма.

5. Обосновать и разработать методологию и методики биоакустической стимуляции дыхательной системы организма человека высокоинтенсивными звуками низкой частоты в зависимости от целевого назначения.

6. Обосновать и оценить эффективность применения биоакустической стимуляции дыхательной системы для повышения функциональных резервов организма спортсменов различных видов спорта в модельных и реальных условиях спортивной деятельности.

7. Обосновать возможность, профиль безопасности и оценить эффективность применения биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты в клинической практике при бронхолегочной патологии.

8. Разработать рекомендации по применению биоакустической стимуляции дыхательной системы в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией.

9. Обосновать концепцию повышения функциональных резервов организма человека при помощи биоакустической стимуляции дыхательной системы и перспективность и возможность использования звуков индивидуально подобранной низкой частоты при разработке новых профилактических и лечебно-восстановительных технологий.

Научная новизна

Впервые как ведущий замысел, конструктивный принцип, система взглядов научно обоснована, разработана и реализована концепция повышения функциональных резервов организма человека при помощи биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты для направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией, включающая системно связанные между собой и вытекающие один из другого теоретические, технологические, клинико-экспериментальные и практические представления и данные о механизмах, эффектах и методиках непосредственного воздействия низкочастотных акустических колебаний индивидуально подобранной (персонализированной) частоты на дыхательную систему для целенаправленного повышения функциональных резервов организма человека.

Впервые научно обоснован, разработан и технологически реализован аппаратно-программный комплекс биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками персонализированной низкой частоты – аппарат акустической стимуляции легких.

В работе впервые получены клинико-экспериментальные данные о влиянии физической нагрузки на частотные характеристики дыхательной системы человека, механизмах повышения функциональных резервов дыхательной системы при воздействии высокоинтенсивных звуков персонализированной низкой частоты, изменениях показателей функционального состояния человека при различных режимах биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты.

Проведены научное обоснование и разработка методологии и целевых методик применения биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками персонализированной низкой частоты для направленной коррекции функционального состояния организма спортсменов различных видов спорта и в клинической практике в комплексе методов медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией.

Впервые научно обоснована и разработана технология повышения функциональных резервов организма человека при помощи биоакустической стимуляции мышечной ткани высокоинтенсивными звуками персонализированной низкой частоты, и показана перспективность ее использования в спортивной и восстановительной медицине.

Научная новизна работы подтверждается также получением патентов на изобретения и полезные модели «Способ диагностики состояния дыхательного тракта», «Устройство для импедансных исследований функции внешнего дыхания», «Устройство для звуковой стимуляции дыхательной системы», «Способ повышения функциональных резервов организма», «Способ повышения интенсивности кровотока в сосудах мышечной ткани», «Средство для акустической стимуляции мышц конечности», «Акустический стимулятор кровотока в мышцах рук», «Биомеханическое устройство для акустической стимуляции мышц ног», «Акустическое устройство для стимуляции мышечной ткани конечностей» и «Биомеханическое средство для акустической стимуляции мышечной ткани конечности».

Теоретическая значимость работы

Теоретическая значимость исследования заключается в получении научных данных, существенно дополняющих имеющиеся представления об эффектах и механизмах воздействия низкочастотных акустических колебаний на организм человека, научно-теоретическом обосновании применения биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты для повышения функциональных резервов организма человека в комплексе методов повышения физической работоспособности и выносливости человека при аэробных и анаэробных физических нагрузках и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией, а также в научном обосновании перспективности и возможности использования высокоинтенсивных звуков персонализированной низкой частоты в качестве преформированного фактора при разработке новых немедикаментозных технологий коррекции и реабилитации в спортивной и восстановительной медицине.

Практическая значимость

Практически реализована немедикаментозная технология повышения функциональных резервов организма человека при помощи биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты и показаны возможность и эффективность ее применения в комплексе методов и средств направленной персонализированной коррекции функционального состояния организма спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией.

Создан, испытан и предложен для государственной регистрации как медицинское изделие аппаратно-программный комплекс биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты, технически реализующий разработанную немедикаментозную технологию повышения функциональных резервов организма человека.

Разработаны целевые методики практического применения биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты

для повышения физической работоспособности и выносливости спортсменов различных видов спорта и в клинической практике при бронхолегочной патологии.

Создан и испытан как медицинское изделие аппаратно-программный комплекс биоакустической стимуляции мышечной ткани высокоинтенсивными звуками низкой частоты и разработана методика его применения, показана перспективность использования указанных акустических колебаний в качестве основы при разработке новых методов немедикаментозной коррекции функционального состояния и медицинской реабилитации человека (спортсмена, пациента) в спортивной и восстановительной медицине.

Методология и методы исследования

Работа представляет собой системное исследование, выполненное с учётом этических норм в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта» (2013) и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», введенных приказом Минздрава России от 19.06.2003 г. № 266, в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России в 2012-2021 годах по государственному заданию в рамках прикладных НИР «Доставка-ФМБЦ-1», «Доставка-ФМБЦ-2», «Эксплуатация-2-ФМБЦ», «Эксплуатация-2-ФМБЦ-2» и «Портал-ФМБЦ».

В исследовании приняли участие высококвалифицированные спортсмены с уровнем спортивного мастерства не ниже первого взрослого разряда, пациенты с клинически установленным диагнозом заболеваний легких и эксперты, обладавшие соответствующей квалификацией.

На основе результатов исследований по изучению механизмов и оценке эффектов воздействия низкочастотных акустических колебаний на дыхательную систему подопытных животных и человека, выполненных Г.Н. Пономаренко (1993, 2006), В.И. Свидовым (1994), И.М. Ахметзяновым (2002), В.Н. Зинкиным (2011, 2016), С.П. Драганом (1988, 1998, 2015), А.В. Богомоловым (2015, 2018) и др., изучалась возможность повышения функциональных резервов организма человека (спортсмена, пациента) при помощи воздействия на респираторный тракт

высокоинтенсивными звуками низкой частоты и проводилось обоснование концепции использования биоакустической стимуляции дыхательной системы в качестве немедикаментозной технологии в комплексе методов и средств направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией. Проводился анализ данных, полученных при проведении рандомизированных контролируемых открытых параллельных проспективных технических и клинических испытаний, экспериментальных и клинических исследований. Использовались информативные методы измерений, диагностики и тестирования, разрешенные к применению и рекомендованные к использованию в спортивной медицине и клинической практике. Для подтверждения достоверности результатов использованы математические и статистические методы обработки данных.

Положения, выносимые на защиту

1. Стимуляция дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты с уровнем звукового давления до 130 дБ (63,2 Па) на индивидуально подобранных резонансных частотах (22-36 Гц), исходя из теоретически обоснованных и экспериментально подтвержденных концептуальных представлений о дыхательной системе как резонансном звукопоглотителе, приводит к открытию резервных альвеол и увеличению площади поперечного сечения альвеолярных ходов и дыхательных бронхиол, т.е. к увеличению жизненной емкости легких, улучшению газообмена и, соответственно, к повышению функциональных резервов дыхательной системы организма человека.

2. Биоакустическая стимуляция дыхательной системы высокоинтенсивными звуками персонализированной низкой частоты, проводимая в соответствии с положениями обоснованной концепции повышения функциональных резервов организма человека, может быть технологически и безопасно реализована с использованием биоакустической системы, представленной в виде разработанного аппаратно-программного комплекса – аппарата акустической стимуляции легких.

3. Биоакустическая стимуляция дыхательной системы высокоинтенсивными звуками персонализированной низкой частоты, проводимая в соответствии с

положениями обоснованной концепции повышения функциональных резервов организма человека по разработанным целевым методикам, позволяет за счет увеличения функциональных резервов дыхательной системы повысить функциональные резервы его организма, что приводит к повышению физической работоспособности и выносливости спортсменов при аэробных и анаэробных физических нагрузках и улучшению функции внешнего дыхания и самочувствия, повышению толерантности к физической нагрузке у больных с бронхолегочной патологией.

4. Биоакустическая стимуляция дыхательной системы высокоинтенсивными звуками персонализированной низкой частоты расширяет возможности применения и повышает эффективность комплекса методов и средств направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией и может быть концептуально рекомендована в качестве немедикаментозной профилактической и лечебно-восстановительной технологии для использования в указанных целях в системе медико-биологического обеспечения спортсменов и клинической практике при бронхолегочной патологии.

Степень достоверности результатов

Степень достоверности результатов исследования обеспечивается корректным планированием работы, использованием по назначению разрешенных технологий, применением метрологически аттестованного оборудования, обоснованным использованием адекватных и апробированных методов анализа значительного числа расчетных, клинико-экспериментальных и медицинских данных, полученных при обследовании 328 добровольцев-испытуемых (274 спортсменов, 38 пациентов, 16 экспертов) при помощи более 30 обоснованно выбранных информативных диагностических методов, а также применением современных методов статистической обработки с использованием принятых компьютерных программ обработки данных. Это позволило получить достоверные результаты, разработать и научно обосновать концепцию повышения функциональных резервов организма человека при помощи биоакустической

стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты.

Апробация работы

Результаты проведённых исследований доложены и получили одобрение на заседании Ученого совета ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (Москва, 21 июня 2018 г.), Международном научном конгрессе XVIII Всероссийского форума «Здравница-2018» (Кисловодск, 27-29 мая 2018 г.), XII Международной научной конференции (заочной) «Системный анализ в медицине» (САМ 2018) (Благовещенск, 18-19 октября 2018 г.), Первой Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы физического воспитания и инноваций в спорте» (PES 2020) (Набережные Челны, 24 сентября 2020 г.), XVII научно-практической межрегиональной заочной конференции «Биомедицина и биомоделирование» (Московская область, Санкт-Петербург, Ростов-на-Дону, 26-27 мая 2021 г.), Международном научном конгрессе XX юбилейного Всероссийского форума «Здравница-2021» (Москва, 15-17 июня 2021 г.), Всероссийской межведомственной научно-практической конференции «Прикладные вопросы военной медицины» (Санкт-Петербург, 22-23 сентября 2021 г.), Юбилейной международной научно-практической конференции «ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России: 75 лет на страже здоровья людей» (Москва, 16-17 ноября 2021 г.), Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «СпортМед-2021» (Москва, 9-10 декабря 2021 г.), Международной научно-практической конференции «Безопасный спорт-2022» (Санкт-Петербург, 12-13 мая 2022 г.).

Внедрение результатов в практику

Основные результаты работы были использованы при разработке утвержденных на федеральном уровне методических рекомендаций:

Методические рекомендации по применению биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты для повышения функциональных резервов органов дыхания и профилактики бронхоспазма: методические рекомендации, МР ФМБА России / А.С. Самойлов,

Г.Г. Ерофеев, И.А. Берзин, С.П. Драган, С.М. Разинкин [и др.]. - М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2017. - 20 с.;

Методические рекомендации по применению акустической стимуляции легких в комплексе мероприятий медицинской реабилитации пациентов при диагнозе «Другая хроническая обструктивная легочная болезнь»: методические рекомендации, МР ФМБА России / А.С. Самойлов, А.С. Радилов, С.М. Разинкин, С.П. Драган, Г.Г. Ерофеев [и др.]. - М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, 2022. - 29 с.

Разработанная технология в настоящее время практически используется при проведении профилактических и лечебно-восстановительных мероприятий у спортсменов и пациентов в Центре спортивной медицины и реабилитации ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (г. Москва), Центре прикладных проблем токсикологии и фармакологии ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России (г. Санкт-Петербург), Филиале «Клинический санаторий «Волга» ФГБУ «СКК «Приволжский» Минобороны России (г. Самара).

Личный вклад автора

Автором самостоятельно обоснованы и определены основные направления исследований, сформулированы цель и задачи работы, выполнен контент-анализ и аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы, разработаны основные требования к разрабатываемой технологии, обоснованы подходы к методическому обеспечению исследования, выбору методов его проведения и анализа полученных данных. Получены, обобщены, проанализированы и интерпретированы результаты исследования. Сформулированы основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практические рекомендации по использованию разработанной немедикаментозной технологии в спортивной и восстановительной медицине. Вклад автора является определяющим в непосредственном выполнении всех этапов данного научного исследования.

Соответствие диссертации паспорту специальности

Диссертационное исследование включает исследование механизмов действия, критериев эффективности и безопасности применения

высокоинтенсивных звуков низкой частоты в качестве немедикаментозного лечебного фактора с целью повышения функциональных резервов организма человека (спортсмена, пациента) в процессе спортивной деятельности и медицинской реабилитации и разработку новых профилактических и лечебно-восстановительных технологий для медико-биологического обеспечения спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации пациентов с бронхолегочной патологией, что соответствует пунктам 2 и 6 паспорта специальности 3.1.33 «Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия».

Публикации

Результаты и положения данного диссертационного исследования освещены в 37 печатных работах, в том числе в 1 монографии, 10 патентах на изобретения и полезные модели, 2 методических рекомендациях, 16 печатных работах в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени доктора наук.

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, перспектив дальнейшей разработки темы, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы. Основное содержание работы изложено на 337 страницах машинописного текста, диссертация иллюстрирована 68 таблицами и 83 рисунками. Библиографический указатель содержит 342 источника литературы, в том числе 272 отечественных и 70 зарубежных.

Глава 1. ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМИ ЗВУКАМИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

1.1. Современные немедикаментозные технологии повышения функциональных резервов дыхательной системы организма человека в спортивной медицине и клинической практике (обзор литературы)

Повышение функциональных и адаптивных резервов спортсмена при помощи немедикаментозных технологий в настоящее время, исходя из результатов проведенного наукометрического анализа отечественных и зарубежных баз научных данных, является одним из актуальных направлений спортивной медицины [24, 70, 101, 108, 116, 119, 157, 216, 228, 256, 259, 260, 287]. Активное использование в спортивной медицине немедикаментозных технологий вызвано, во-первых, недостаточной эффективностью и ограниченностью применения фармакологических средств у спортсменов в связи со строгим допинг-контролем [101, 120, 188, 211, 259], а, во-вторых, достижениями медицинской науки в изучении использования естественных и преформированных природных и искусственных факторов для оптимизации функциональных резервов организма человека, в частности, функциональных резервов кардио-респираторной системы, играющей важнейшую роль в обеспечении должного уровня физической работоспособности спортсменов [8, 10, 12, 17, 35, 56, 63, 67, 70, 119, 121, 141, 142, 257].

Особое внимание специалистов к разработке и применению на практике немедикаментозных технологий, позволяющих повысить функциональные резервы кардио-респираторной системы организма спортсмена в подготовительном периоде и в период выступления на соревнованиях, обусловлено тем, что профессиональная деятельность спортсменов большинства видов спорта, особенно циклических видов спорта, сопряжена с выполнением двигательных действий, требующих активного потребления кислорода организмом, часто в

условиях его недостатка в организме [20, 21, 47, 52, 101, 104, 105, 117, 168, 211, 228, 230, 308, 320, 330].

В связи с этим в спортивной медицине среди немедикаментозных технологий повышения адаптации организма спортсменов к интенсивной, в том числе и предельной мышечной работе, адекватной соревновательному режиму в условиях гипоксии, т.е. направленных на повышение функциональных резервов дыхательной системы организма спортсмена, широкое применение получили методы дыхания гипоксически и/или гиперкапническими смесями [3, 10, 37, 106, 142], использования так называемых «горных домиков» с разным парциальным давлением кислорода [118, 251, 315] и тренировки непосредственно в условиях среднегорья и высокогорья [232, 233], а также различные техники сознательного управления актом дыхания [43, 69, 131, 138, 148, 256, 257, 258, 266]. Так, активно используются следующие дыхательные техники - дыхательная гимнастика А.Н. Стрельниковой; волевая ликвидация глубокого дыхания – метод К.П. Бутейко; эндогенное дыхание – метод В.Ф. Фролова; рыдающее дыхание Ю.Г. Вилунаса; концепция восстановления естественного типа дыхания К.В. Динейка; методика условно-рефлекторного дыхания В.К. Дурыманова; дыхательные упражнения по Г.С. Шаталовой; система дыхания цигун, пранаяма – диафрагмальное дыхание классической йоги [43, 69, 131, 148].

Для повышения адаптации спортсменов к высокоинтенсивной мышечной работе в условиях гипоксии и гиперкапнии, а также реализации комплексного воздействия на их дыхательную систему с целью повышения ее функциональных возможностей в последние десятилетия разработаны и активно используются при подготовке высококвалифицированных спортсменов различных видов спорта - например, в плавании, легкой атлетике, велосипедном спорте, лыжных гонках и биатлоне, различные виды технических устройств – дыхательных тренажеров [45, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 99, 148, 179, 180, 181, 182, 183, 300].

В настоящее время в спортивной медицине для модификации функции внешнего дыхания спортсменов в целях повышения функциональных возможностей дыхательной системы и при проведении реабилитационных

мероприятий после заболеваний органов дыхания активно используются устройства для коррекции содержания углекислого газа и кислорода (гиперкапния и гипоксия), а также для обучения техникам дыхания (тренажеры В.Ф. Фролова «ТДИ-01», «Самоздрав», «Cosmic Healt» и др.) и устройства для тренировки дыхательных мышц (тренажеры «Power Breath», «Power Lng», «Threshold», «Expand-A-Lung», «Новое дыхание» и др.) [2, 50, 100, 122, 148, 207, 264].

Технологически эти устройства используются в виде портативных индивидуальных дыхательных тренажеров или сложных компьютеризированных приборов открытого и закрытого типа, которые затрудняют дыхание атмосферным воздухом с помощью специальных рото-носовых масок или построены по принципу возвратного дыхания в малые емкости без или с использованием различных газовых смесей [2, 100, 118, 192]. Следует отметить, что в ряде случаев данные тренажеры технически реализуют общеизвестные дыхательные техники [43, 131, 148]. Например, комплекс «Самоздрав» основан на методе К.П. Бутейко [69].

Показано, что использование указанных средств воздействия на организм через дыхательную систему - тренировки дыхательных мышц и воздействия на организм путем изменения газового состава альвеолярного воздуха - повышает влияние тренировочных нагрузок на организм, способствует формированию более совершенных адаптационных механизмов и повышению работоспособности спортсменов [49, 50, 70, 76, 91, 99, 122, 148, 207, 228, 229, 260, 264] за счет экономизации функций дыхания и повышения мощности кислород-транспортной функции и кислородной емкости красной крови организма [42, 125, 220, 241, 264].

Кроме вышеуказанных дыхательных техник и специализированных устройств тренировки дыхательной системы в спортивной медицине для повышения функциональных резервов организма спортсмена и, опосредованно, его дыхательной системы также активно используется широкий спектр немедикаментозных методов, реализующих воздействие на организм различных преформированных факторов: физиотерапевтические методы (электростатический массаж, электростимуляция венозной и лимфатической систем, светотерапия,

электротерапия, лазеротерапия, вакуум-терапия, ультрафиолетовое облучение, ингаляции, магнитотерапия, локальная криотерапия, электромиостимуляция, транскраниальная электроанальгезия); термопроцедуры (сауна, контрастный душ, душ Шарко, криосауна, закаливание); климатотерапия (гипоксическая гипоксия, баротерапия, высокие температуры, синглетный кислород); физическая активность (общая физическая подготовка, кинезиотерапия, суставная гимнастика, акупрессура) [101, 102, 110, 150, 193, 204, 211, 217, 259].

Указанные преформированные физические факторы (физиотерапия и термопроцедуры) в последнее время стали широко использоваться при медико-биологическом сопровождении сборных команд России и положительно зарекомендовали себя на таких крупных международных соревнованиях, как: XXI Олимпийские Игры 2010 г. в г. Ванкувер, I Летние Юношеские Олимпийские Игры 2010 г. в г. Сингапур, XXVI Всемирная Летняя Универсиада 2011 г. в г. Шень-Жень, XXX Летние Олимпийские Игры 2012 г. в г. Лондон, XXVII Всемирная Летняя Универсиада 2013 г. в г. Казань, XXII Олимпийские и Паралимпийские Игры 2014 г. в г. Сочи, Чемпионаты Мира по боевым искусствам и водным видам спорта и др. [101, 150, 211, 216].

Таким образом, исходя из вышеизложенного, представляется возможным заключить, что все в настоящее время используемые в спортивной медицине немедикаментозные технологии повышения функциональных возможностей дыхательной системы спортсменов в основном направлены на подготовку (тренировку) дыхательной системы и организма в целом к условиям повышенного потребления кислорода при выполнении интенсивных физических нагрузок без непосредственного воздействия используемых физических факторов на структурные элементы дыхательной системы, т.е. этими технологиями лишь функционально обеспечивается на сравнительно непродолжительный период времени адекватность процесса внешнего дыхания выполняемой физической нагрузке.

В восстановительной медицине при проведении лечебных и реабилитационных мероприятий у пациентов с бронхолегочными заболеваниями

применение немедикаментозных технологий воздействия на дыхательную систему (методы легочной реабилитации) являются стандартным дополнением к медикаментозной терапии [90, 147, 210, 238, 263], направлены на устранение нарушения дыхательной функции, чаще всего связанного с изменением механизма дыхательного акта (нарушение правильного соотношения фазы вдоха, фазы выдоха и паузы, появление поверхностного и учащенного дыхания, дискоординация дыхательных движений), что приводит к нарушению легочной вентиляции, нарушению газообмена в легких [158], и имеют важное значение для восстановления пациентов при заболеваниях органов дыхания и оптимизации результатов проводимого им комплекса мероприятий неотложной и специализированной медицинской помощи [88, 147, 209, 39, 250, 136].

В настоящее время для проведения легочной реабилитации, исходя из индивидуального синдромно-патогенетический подхода, реализующего максимальную эффективность каждой реабилитационной методики в зависимости от имеющегося у пациента набора патологических изменений [135, 197, 209, 262, 306, 333], применяется большой спектр немедикаментозных методов [31, 90, 114, 133, 158, 197, 210, 213, 246]. Особое место в числе этих методов занимают немедикаментозные методы физической реабилитации как достаточно полно изученные и имеющие доказанный эффект [88, 114, 135, 197, 209, 213, 246], в первую очередь, исходя из решения основной задачи реабилитации (устранение нарушения функции дыхания), различные физические упражнения (лёгочные/ дренажные реабилитационные комплексы) и дыхательные/вентиляционные реабилитационные комплексы (дренажные реабилитационные комплексы с тренажерами и дыхательные аппаратные реабилитационные комплексы) [68, 77, 91, 99, 124, 133, 135, 148, 273].

Физические упражнения (лёгочные/дренажные реабилитационные комплексы) выполняются с различной целью и основаны на внелёгочном вибрационном воздействии и постуральном дренаже, внутрилёгочной (интрапульмональной) перкуссии, оптимизации кашля (хаффинг) и дыхательных практиках, вакуумном массаже и бронхоальвеолярном лаваже [124, 135, 136, 137,

140, 248, 294, 295, 303, 331]. Эти упражнения за счет реализации компенсаторного, трофологического и тонизирующего (рефлекторного) механизмов улучшают приспособительные реакции и мобилизуют дополнительные механизмы дыхания, активизируют крово- и лимфообращение, обменные и регенераторные процессы в легочной ткани и организме в целом, улучшают нервные процессы в коре головного мозга, усиливают взаимодействие коры и подкорковых структур, восстанавливают корректную регуляцию акта дыхания, в результате чего осуществляется нормализация нарушенных функций внешнего дыхания, газообмена в легких и тканях организма [124, 135].

Лёгочные/дренажные реабилитационные комплексы, применяемые при проведении легочной реабилитации у пациентов с бронхолегочной патологией включают физические тренировки (стимуляция крово/лимфо обращения в мышцах); массаж грудной клетки (стимуляция крово/лимфо обращения в мышцах); упражнения с положительным давлением в конце выдоха (увеличение равномерности вентиляции лёгких); респираторную гимнастику и постуральный дренаж (стимуляция мукоцилиарного и кашлевого клиренса при обильной трудно отделяемой мокроте); звуковую респираторную гимнастику (тренировка дыхательных мышц, увеличение равномерности вентиляции лёгких); респираторную гимнастику (пранаяма) (увеличение равномерности вентиляции лёгких, формирование правильного стереотипа дыхания); форсированный экспираторный манёвр с хаффингом (увеличение равномерности вентиляции лёгких, стимуляция кашлевого клиренса при трудноотделяемой мокроте, расправление ателектазов); метод «активного циклического дыхания» (увеличение равномерности вентиляции лёгких, стимуляция кашлевого клиренса при трудноотделяемой мокроте, расправление ателектазов) [124, 135, 136, 137, 140, 248, 294, 295, 303, 331].

Дыхательные/вентиляционные реабилитационные комплексы, используемые в настоящее время при проведении легочной реабилитации, предназначены для усиления дыхательных мышц и нормализации газообмена и основаны на тренировке дыхательных мышц, оптимизации фаз дыхательного цикла, улучшении

механических свойств лёгких, нормализации основных лёгочных объёмов [68, 77, 91, 133, 135, 148, 273].

Среди дыхательных тренажеров, наиболее часто применяемых при реализации дренажных реабилитационных комплексов, выделяют мотивирующие вдох (побуждающие ко вдоху) спирометры (МВС или InS) (от англ. «incentive spirometer», InS); устройства контроля положительного давления и воздушных осцилляций на выдохе (oPEP) (от англ. «oscillating positive expiratory pressure device», oPEP); устройства контроля положительного давления конца выдоха (PEEP/PEP) (от англ. «positive end expiratory pressure device», PEEP) [135, 313].

При помощи указанных дыхательных тренажеров при проведении легочной реабилитации при различных бронхолегочных заболеваниях осуществляются:

- гиперинфляционная (объём расширяющая) терапия с МВС (вариант физиотерапевтического воздействия на лёгочный аппарат на вдохе избыточного объёма/давления, расправляющего ателектазы и тренирующего инспираторные дыхательные мышцы пациента), проводимая с целью тренировки дыхательной мускулатуры, увеличения равномерности вентиляции лёгких, рекрутирования плохо вентилируемых участков [135, 301, 317];

- терапия положительным давлением с тренажёрами PEEP/PEP (респираторная поддержка с положительным давлением в дыхательных путях), которая проводится с целью мобилизации и эвакуации трахеобронхиального секрета методом повышения внутригрудного давления дистальных отделов лёгких, усиления коллатеральной вентиляции и тренировки дыхательной мускулатуры) [135, 140, 318, 322];

- терапия положительным давлением с тренажёрами oPEP (респираторная поддержка с положительным давлением в дыхательных путях), проводимая с целью мобилизации и эвакуация трахеобронхиального секрета путем повышения внутригрудного давления дистальных отделов лёгких, усиления коллатеральной вентиляции, а также тренировки дыхательной мускулатуры и стимуляции кашля [135, 140, 328, 338].

При помощи дыхательных аппаратных реабилитационных комплексов при проведении легочной реабилитации осуществляются:

- итрапульмональная перкуссионная вентиляция лёгких (гибридная форма высокочастотной вентиляционной поддержки: пневматические диффузионные конвективные «воздушные толчки» - «перкуссии», подаются в дыхательные пути пациента с определённой частотой, в результате чего у него формируется необходимый дыхательный объём для поддержания газообмена), проводимая, например, при помощи аппаратного комплекса «Перкуссионер» (Percussionaire Corporation, США) с целью стимуляции мукоцилиарного и кашлевого клиренса, усиления коллатеральной вентиляции, стимуляции лёгочной микроциркуляции, нормализации вентиляционно-перфузионного соотношения, предотвращения «воздушной ловушки» и коллапсов мелких дыхательных путей [135, 328, 329];

- аппаратная инсуффляция/эксуффляция с осцилляциями (механическая поддержка кашлевого рефлекса пациента, например, при помощи аппаратных комплексов «инсуффляции/эксуффляции» MI-E (от англ. «mechanical insuffl ation-exsuffl ation», MI-E)), проводимая с целью стимуляции мукоцилиарного и кашлевого клиренса, тренировки дыхательной мускулатуры пациента [140, 288, 293];

- длительная малопоточная оксигенотерапия (кислородотерапия) (метод восстановления газообменной функции при значительной гипоксемии покоя), проводимая с целью ликвидации/минимизации дыхательной недостаточности, стимуляции мукоцилиарного клиренса [135, 140, 316].

Следует отметить, что наиболее изученными из применяемых в пульмонологической практике физических методов, имеющих доказанный эффект, являются также комплексное действие факторов курортной терапии, гидротерапии, которые оказывают влияние на клинические проявления основного заболевания, астено-невротический синдром и повышают иммунитет [209].

Исходя из вышеизложенного представляется возможным заключить, что в настоящее время в спортивной и восстановительной медицине используется широкий спектр немедикаментозных технологий, основанных на использовании

различных физических факторов и позволяющих прямо или косвенно воздействовать на дыхательную систему организма спортсмена/пациента с целью повышения ее функциональных резервов и/или устранения нарушений дыхательной функции, возникающих при различных бронхолегочных заболеваниях.

В тоже время, несмотря на то, что указанные технологии хорошо изучены и обладают доказанной эффективностью, потребность в новых эффективных физических методах повышения функциональных возможностей дыхательной системы и в целом организма спортсмена/пациента остается актуальной в области спортивной и восстановительной медицины, физиотерапии и курортологии [101, 121, 209, 211, 216, 247, 259].

При этом значимой причиной и научной основой появления указанных новых немедикаментозных (физических) технологий повышения функциональных резервов кардио-респираторной системы организма спортсмена/пациента являются современные достижения медицинской науки в изучении использования естественных и преформированных природных и искусственных физических факторов для оптимизации функциональных резервов организма человека [10, 25, 35, 44, 56, 63, 67, 70, 119, 121, 142, 185, 195, 257].

При этом современные тенденции в развитии медицинских аппаратов лечебного воздействия, использующих физические факторы, базируются как на достижениях медицинской науки, так и на широком использовании достижений физики, информационной техники и микроэлектроники, а в развитии рынка различных устройств для восстановительной медицины одним из приоритетных направлений является медицинское использование звуковых волн, влияние которых на организм носит комплексный характер и связано с акустическими свойствами его клеток и тканей [194].

Среди всех звуковых волн, используемых и рассматриваемых в качестве перспективных к применению в медицине, особое место занимают низкочастотные акустические колебания (НЧАК), которые, исходя из результатов проведенных в последние десятилетия физических и клинико-экспериментальных исследований,

оказывают не только отрицательное, но и, в определенных условиях, положительное воздействие на организм экспериментальных животных и человека [13, 14, 103, 92, 93, 94, 98, 130, 189, 219, 221, 222, 245].

Так, например, НЧАК инфразвукового диапазона, давно и эффективно используются в офтальмологии [40, 167, 223, 243, 253, 254]: еще в 1978 г. Е.И. Сидоренко предложил использовать для проведения массажа глаз инфразвук и создал для этой цели инфразвуковой аппарат «Очки Сидоренко», позволяющий создавать стоячую или бегущую воздушную инфразвуковую волну и изменять ее отдельные параметры: давление, колебательную скорость, частоту колебаний от 0 до 12 Гц, уровень интенсивности от 0 до 173 дБ. Исследования, выполненные Е.И. Сидоренко в 1978-1990 гг., убедительно показали многофакторное положительное влияние предложенного им инфразвукового пневмомассажа в диапазоне частот 2-6 Гц на активацию обменных процессов в глазу, улучшение гидродинамики (циркуляции внутриглазной жидкости) глаза, повышение утилизации кислорода [167, 223, 243]. Кроме того, было показано, что инфразвук способствует большему накоплению фармпрепаратов в тканях и средах глаза, по сравнению с внутривенным, ретробульбарным (за глазное яблоко) и подконъюнктивальным методами введения, что позволило говорить об инфразвуковом фонофорезе [40, 156, 184, 253, 254].

Вторым примером активного использования НЧАК в медицине является ударно-волновая терапия (УВТ) или экстракорпоральная ударно-волновая терапия (англ. Extracorporeal shockwave therapy, ESWT) - метод экстракорпорального кратковременного воздействия на костную и соединительную ткани акустическими импульсами или ударными волнами значительной амплитуды и низкой частоты (16-25 Гц), получаемые различные способами (при использовании различных принципов) - электрогидравлический, пьезоэлектрический, электромагнитный и пневматический, активно применяемый в настоящее время в клинической практике, в частности, в спортивной медицине, при различных заболеваниях периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата, травматических повреждениях костно-мышечной системы и др. [1, 87, 186, 187,

191, 267, 269, 271, 291, 339]. При реализации этого метода акустические импульсы (ударные волны) вырабатываются используемым аппаратом экстракорпорально и передаются телу пациента без повреждения кожных покровов. Для этого в настоящее время используются аппараты ударно-волновой терапии Piezowave-1 (компания «Richard Wolf»), Duolith SD-1 (компания «Storz Medical»), Dermagold 180 (компания «MTS»), Dolorclast (компания «Swiss»), Dualith SD-1 MP-50 R-SW (компания «Storz Medical») и др. [144].

В медицинской практике при проведении УВТ в настоящее время используют акустические импульсы (ударные волны) различной интенсивности. Высокоинтенсивное ударно-волновое воздействие, сопровождающееся возникновением кавитационных явлений, ведёт к разрушению камней, кальцификатов (оссификатов) костей, разрастаний соединительной ткани в фасциях и сухожилиях, разрыхлению болезненных костных выростов и другим дезинтеграционным эффектам. Физиотерапевтическое применение УВТ, как правило, основано на использовании средних и даже малых интенсивностей, приводящих к более разнообразным физиологическим и терапевтическим эффектам, которые прежде всего зависят от частоты импульсов, их длительности и интенсивности [186, 191].

Кроме этого, следует отметить, что широко реализуемым в медицинской практике направлением биоакустики является также виброакустическая терапия (вид звуковой терапии, при котором используются низкочастотные синусоидальные колебания в диапазоне 30-120 Гц), как разновидность вибрационной терапии, при которой осуществляется контактное влияние на организм микровибрациями звуковой частоты (20-20000 Гц). Основным воздействием виброакустической терапии на организм является вазодилатация, усиление процессов возбуждения и оказание трофо-стимулирующего эффекта [36, 38, 153, 190, 215, 242, 310].

Относительно недавно появился принципиально новый метод виброакустического массажа легких с помощью прибора BARK VibroLUNG (производство ТОО «БАРК Технолоджи», Казахстан), основанный на

опосредованном воздействии на легочную ткань звукового сигнала различной частоты – воздействие на легкие осуществляется через излучатели, передвигаемые по поверхности спины, боковой поверхности туловища и передней поверхности грудной клетки. По данным производителя, частота воздействующего сигнала постоянно изменяется и имеет сложную модуляцию, что обеспечивает максимальную эффективность процедуры. Лечебный эффект аппарата обусловлен тремя основными механизмами: улучшением дренажа бронхов, рекрутированием альвеол и улучшением вентиляционно-перфузионных соотношений в легких [78].

В связи с выше изложенным об актуальности разработки новых физических технологий в области спортивной и восстановительной медицины и, исходя из того, что НЧАК оказывают в определенных условиях положительное влияние на дыхательную систему организма животных и человека, обуславливая повышение ее функциональных резервов [54, 96, 152, 162, 189], нами была предпринята попытка научного обоснования концепции повышения функциональных резервов организма человека при помощи биоакустической стимуляции дыхательной системы (БСДС) высокоинтенсивными звуками низкой частоты для направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией.

Для достижения указанной цели были определены основные направления и планируемые к последовательному и/или параллельному поэтапному решению задачи исследования, представленные в виде блок-схемы на рисунке 1.1 и обуславливающие системное выполнение исследования от теоретического обоснования предлагаемой концепции повышения функциональных резервов организма человека при помощи БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты до ее практической реализации в комплексе мероприятий спортивной и восстановительной медицины, а также, дополнительно, обоснование перспективного направления использования биоакустической стимуляции указанными звуками других органов и тканей для повышения функциональных резервов организма спортсмена/пациента – биоакустической стимуляции мышечной ткани.

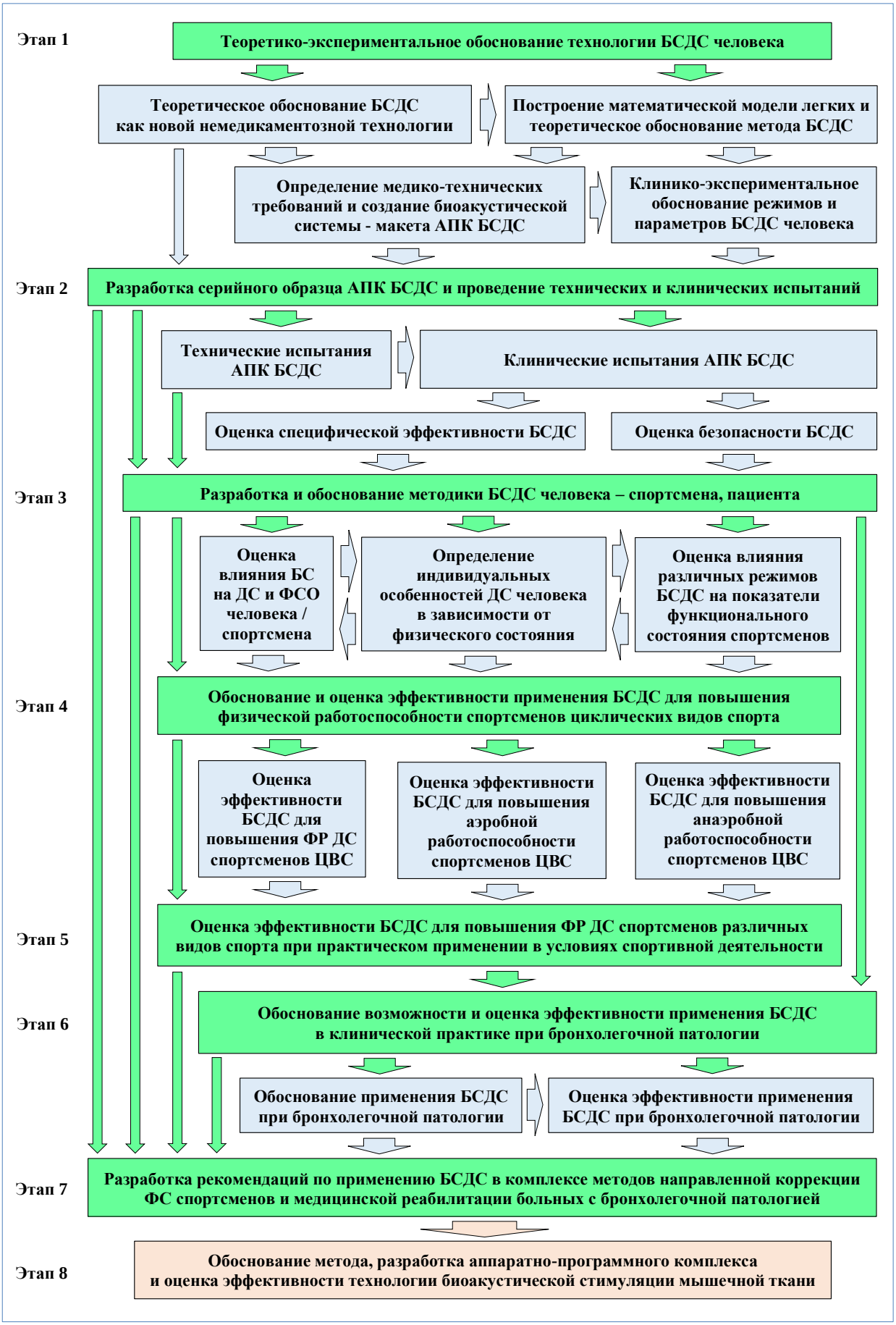


Рисунок 1.1 – Основные направления, задачи и этапы исследования (блок-схема)

1.2. Теоретико-экспериментальное обоснование биоакустической стимуляции дыхательной системы звуками низкой частоты

В целом ряде отечественных и зарубежных исследований показано, что при воздействии высокоинтенсивных НЧАК, в частности, инфразвука, во многих органах и системах организма экспериментальных животных и человека возникают различные по выраженности структурно-функциональные изменения [5, 13, 14, 92, 93, 94, 95, 103, 115, 130, 152, 189, 194, 221, 224, 240, 274, 279, 281, 282, 285, 294, 305, 314], как правило, при сильных и длительных воздействиях, приводящие к острым и хроническим патологическим процессам. При этом для объяснения возникающих изменений широкое распространение в свое время получила резонансная теория воздействия НЧАК, основанная на учете совпадения частот НЧАК с собственной частотой резонансных колебаний того или иного органа, что вызывает сильное раздражение рецепторного аппарата - интеро- и проприорецепторов [13, 94, 96, 189, 219, 240].

В ряде указанных работ опубликованы научные сведения о неблагоприятном действии НЧАК на органы дыхания и показано, что именно дыхательная система организма человека и животных является основной мишенью НЧАК [93, 95, 96, 115, 221, 274, 279, 281, 282, 284, 285, 305]. Исходя из этого, при описании последствий воздействия НЧАК на организм предложено использовать термин «виброакустическая болезнь», при характеристике которой органы дыхания необходимо рассматривать как «орган-мишень» [93, 94, 221, 281, 282, 305].

По данным экспериментальных и клинических исследований [5, 93, 94, 95, 96, 221, 284, 285], наиболее характерными эффектами воздействия НЧАК на дыхательную систему являются увеличение воздухонаполненности и растяжимости легких, изменение эластических свойств альвеол, снижение тонуса гладкой мускулатуры бронхов, изменение капиллярного кровотока в респираторной зоне легких. Установлено, что высокоинтенсивное длительное действие НЧАК, в частности, инфразвука, вследствие выраженности при этом вышеуказанных эффектов, приводит к структурным повреждениям паренхимы и нарушению воздушности легких, ухудшению проходимости бронхов и

метаболической функции легких [93, 94, 115, 221], что может служить структурной основой для развития хронического неспецифического заболевания легких по типу обструктивного бронхита и/или очаговой эмфиземы легких [93, 94].

В тоже время в ряде исследований установлено положительное влияние НЧАК, в частности, инфразвуковых колебаний, на дыхательную систему организма человека и экспериментальных животных при воздействии НЧАК в определенных условиях [5, 54, 96, 152, 162, 189, 219].

Так, например, в исследовании [189, 219] экспериментально показано, что НЧАК вызывают значимые изменения внешнего дыхания, которые возникают уже на следующем за воздействием дыхательном цикле и характеризуются урежением дыхания (брадипноэ), нарастанием продолжительности фазы вдоха, изменением формы дыхательного паттерна равновероятно на всех частотах акустической стимуляции. Исходя из этих результатов, а также полученных в этом исследовании данных о сенсорном восприятии НЧАК малой интенсивности слуховыми рецепторами, механорецепторами кожи, мышечными веретенами и висцерорецепторами сердца, автор обоснованно утверждает, что эти результаты, в совокупности с разработанным комплексом методов адекватного моделирования и оценки воздействия НЧАК, могут найти применение при создании новых методов лечебного акустического воздействия па организм для коррекции его функционального состояния.

Проведенные Институтом биофизики (правопреемник – ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России), начиная с 1980-х годов, многолетние экспериментальные исследования показали, что НЧАК при определенных условиях оказывают существенное влияние на систему дыхания экспериментальных животных и человека. При этом реакции дыхательной системы на акустическое воздействие меняются в зависимости от его частоты и интенсивности и, кроме того, зависят от размеров экспериментальных животных, от конституции и размеров человека, а к указанным респираторным реакциям можно отнести вибрацию грудной клетки и диафрагмы с основной частотой воздействия, изменение глубины и ритма дыхания, прекращение экскурсии

грудной клетки без нарушения газообмена в легких [162, 54, 245].

Исследования респираторных реакций у людей и экспериментальных животных при воздействии НЧАК (в камерах динамического давления и камере бегущей волны, а также при воздействии на дыхательную систему через мундштук, свободно лежащий в ротовой полости) [162], показали, что навязанные колебания грудной клетки у кролика наблюдаются в диапазоне частот 2-30 Гц с максимумом на частоте 10-14 Гц при уровне звукового давления (УЗД) 120-140 дБ.

При этом визуальная оценка пульсации изолированных легких, присоединенных через канюлю к источнику акустических колебаний, выявила четкую зависимость объема и локализации вентилируемых участков легкого от частоты. Так, при частотах ~ 2÷8 Гц пульсация наблюдалась преимущественно в верхних отделах легкого, при частоте 10÷14 Гц легкое пульсировало как единое целое, а при более высоких частотах пульсация заметно затихала в верхних и нижних отделах легкого.

Сравнительная оценка 10 минутного воздействия акустических колебаний частотами от 2 до 30 Гц при УЗД 140 дБ (по таким показателям как разница объема воздушного и спавшегося легкого и удельной плотности воздушного и спавшегося легкого), показала увеличение первого и снижение двух других по сравнению с показателями животных контрольной группы, что свидетельствует об увеличении степени воздушности легких, по-видимому, за счет открытия резервных альвеол. Зарегистрированные через 1 час после воздействия изменения сохранялись на 1 и 2 сутки. Наиболее выраженные и стойкие изменения регистрируемых показателей наблюдали у животных, подвергавшихся воздействию НЧАК с частотами от 10 до 14 Гц.

При исследовании гигиенических аспектов воздействия НЧАК на организм человека [54, 162, 245], проводимых с привлечением испытателей-добровольцев, был зарегистрирован факт увеличения (в 1,2-1,5 раза) объема выдыхаемого воздуха сразу после воздействия НЧАК с УЗД до 140 дБ в течение 1-4 минуты. Диапазон частот, вызывающих данный эффект, изменялся в зависимости от индивидуальных параметров роста и конституции испытателя. Спирометрические измерения на 5 и

15 минутах после воздействия НЧАК отметили тенденцию возврата показателей к исходным значениям. При детальном исследовании этого факта было установлено, что повышение жизненной емкости легких было основано на открытии резервных альвеол легочной ткани за счет воздействия на них высокоинтенсивными звуковыми волнами на резонансных частотах бронхолегочного тракта.

Для определения указанных резонансных частот бронхолегочного тракта в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России было проведено математическое обоснование [29, 30, 239, 277] и разработан метод акустической импедансометрии дыхательного тракта [56, 63, 64], основанный на модифицированном методе двух микрофонов и позволяющий с высокой степенью точности определить резонансные частоты и индивидуальные коэффициенты поглощения звука в широком диапазоне частот [26, 56, 59, 61].

Результаты исследований дыхательной системы человека указанным методом [55, 62] явились основой для обоснования и создания устройства для импедансных исследований функции внешнего дыхания [170] и, в качестве исходных данных, для теоретического обоснования биоакустической стимуляции дыхательной системы (БСДС) высокоинтенсивными звуками низкой частоты [57, 297]. При этом, теоретическое обоснование БСДС человека высокоинтенсивными звуками низкой частоты базировалось также на модельных представлениях о дыхательной системе как резонансном звукопоглотителе типа резонатора Гельмгольца [59, 60, 61].

1.3. Теоретические основы биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты

В целях теоретического обоснования возможности развития положительных изменений в дыхательной системе человека при воздействии высокоинтенсивных звуков низкой частоты, исходя из модельных представлений о дыхательной системе как резонансном звукопоглотителе типа резонатора Гельмгольца [28, 29, 59, 60, 61], была построена и рассмотрена математическая модель легкого в виде резонатора Гельмгольца сложной формы, учитывающей дихотомическую организацию лёгочных структур, объединяющую 21 бифуркацию дыхательных путей [27, 83, 278].

В рамках этой математической модели представляется возможным предположить, что общий объём лёгких (глубина воздухоносных путей вплоть до альвеол) определяет реактивную компоненту импеданса дыхательной системы, а геометрические характеристики устройства сочленения волновода с ротовой полостью (загубник) и воздухоносных путей определяют его активную компоненту. Измеряя компоненты импеданса дыхательной системы, можно оценить характеристики лёгких в процессе дыхания и биофизические характеристики лёгочных тканей [56, 170].

Простейший резонансный поглотитель (резонатор Гельмгольца) состоит из жёсткой перфорированной панели, расположенной на некотором расстоянии от жёсткой стенки. Аналогом такого резонатора может служить дыхательная система, когда к ротовой полости через загубник подключён волновод. Импеданс этого резонатора равен сумме импедансов перфорированной панели (загубника) и воздушного промежутка, образованного всеми воздухоносными путями дыхательного тракта.

Импеданс $Z_п$ загубника определяется потерями в его пограничном слое и прилегающих воздухоносных путях (трахеи и бронхи), а также инерционностью колеблющейся массы M (соколеблющаяся масса воздуха в воздухоносных путях и колебания прилегающих тканей). В нормированном к величине импеданса воздушной среды виде можно записать

$$Z_n = R_1 + i\omega \cdot M_1,\ R_1 = \frac{R}{\rho \cdot c},\ M_1 = \frac{M}{\rho \cdot c}, \quad (1)$$

где: ρ - плотность воздуха, с - скорость звука в воздухе.

Импеданс $Z_в$ воздушного слоя «суммарная ёмкость лёгких - длина воздухоносных путей L» представляет собой реактивность упругого типа

$$Z_в = -j \cdot ctg(kL), \quad (2)$$

где: k = ω/c - волновое число, ω - циклическая частота звука (ω = 2πf), f - частота звуковых колебаний.

Необходимо отметить, что скорость звуковой волны по мере распространения от трахеи до бронхиол высоких порядков уменьшается в несколько раз. Таким образом, нормированный импеданс дыхательной системы равен

$$Z_1 = R_1 + i \cdot \left(\omega \cdot M_1 - ctg(kL)\right). \quad (3)$$

Обозначив реактивную компоненту импеданса

$$Y_1 = \omega \cdot M_1 - ctg\left(kL\right), \quad (4)$$

получим

$$Z_1 = R_1 + iY_1. \quad (5)$$

В этих обозначениях коэффициент поглощения звука дыхательной системой α в соответствии с [214] имеет вид

$$\alpha = \frac{4R}{(R_1 + 1)^2 + Y_1^2}. \quad (6)$$

Максимальное поглощение акустических колебаний в резонансных системах, в том числе и биологическими объектами, как известно, регистрируется на резонансной частоте при $Y_1 = 0$, когда $R_1 \approx 1$. Условие $R_1 \approx 1$ выполняется при оптимальном значении коэффициента перфорации (соотношение площади поперечного сечения загубника и волновода).

Для импеданса дыхательной системы условие $Y_1 = 0$ выполняется, когда положительный реактанс воздухоносных путей скомпенсирован отрицательным реактансом воздушного промежутка, т.е.

$$\omega M_1 = ctg(kL). \quad (7)$$

Таким образом, на частоте резонанса достигается максимальное согласование между соколеблющейся массой воздуха в воздухоносных путях и импедансом воздушной среды, образованным упругостью объёма воздухоносных путей лёгких. Воздействие на дыхательную систему высокоинтенсивными звуками на резонансных частотах, когда сопротивление минимально ($R_1 \approx 1$ и $Y_1 = 0$), обеспечивает прохождение звукового давления во все воздухоносные пути, что способствует увеличению жизненной ёмкости лёгких (ЖЕЛ) за счёт открытия резервных альвеол и увеличения диаметра бронхиол.

Физиологическое обоснование этого эффекта может быть дано, исходя из того, что на протяжении всего вдоха в плевральной полости поддерживается отрицательное давление, что позволяет альвеолам расправляться и заполнять дополнительное пространство в лёгочной ткани, возникающее при расширении грудной клетки. Давление в плевральной полости приблизительно на 3-4 мм рт. ст. (400-533 Па) ниже, чем в лёгких. При увеличении давления в альвеолах возрастает градиент давления между плевральной полостью и лёгкими, что, в свою очередь, приводит к раскрытию резервных альвеол, которые ранее не участвовали в дыхательном процессе. Так, при воздействии падающей волны на входе респираторного тракта 130 дБ (63,2 Па) изменение градиента давления между лёгкими и плевральной полостью составит 4-16 %, следовательно, можно ожидать пропорционального увеличения ЖЕЛ. Активные потери энергии звуковой волны R обусловлены трением воздуха в отверстиях воздухоносных путей (потери на образование вязких волн). В общем случае удельное активное сопротивление на единицу длины трубки $R'_{тр}$, моделирующей воздухоносный путь (загубник, трахея и бронхи), выражается через функции Бесселя [123, 214]:

$$R'_{тр} = \frac{\mu \cdot k_в^2}{1 - \frac{2}{k_в \cdot r_0} \cdot \frac{J_1(k_в r_0)}{J_0(k_в r_0)}}, \quad (8)$$

где $J_0(k_в r_0)$ и $J_1(k_в r_0)$ - функции Бесселя нулевого и первого порядка, $k_в$ - постоянная распространения вязких волн, r_0 - радиус трубки, μ - коэффициент

вязкости.

Постоянная распространения вязких волн (волн Стокса) рассчитывается как

$$k_в = \pm\beta(1+i) = \pm\frac{2\pi}{\lambda}(1+i), \quad (9)$$

а волновое число и коэффициент затухания у таких волн совпадают по величине:

$$\beta = \sqrt{\frac{\rho\omega}{2\mu}} = \sqrt{\frac{\omega}{2\nu}} \ . \quad (10)$$

Длина вязкой волны определяется как

$$\lambda_в = \frac{2\cdot\pi}{\beta} = 2\sqrt{\frac{\pi\cdot\nu}{f}}, \quad (11)$$

где μ - вязкость воздуха, ν - кинематическая вязкость воздуха. При температуре 36,6 °С кинематическая вязкость воздуха $\nu = 1{,}63 \cdot 10^{-5}$ м^2/с; тогда длину вязкой волны можно записать как функцию от частоты в виде

$$\lambda_в = \frac{0{,}0143}{\sqrt{f}} \ . \quad (12)$$

Известно, что вязкие волны практически затухают на расстоянии длины волны (это очень маленькие расстояния: на частотах резонанса лёгких 20-25 Гц $\lambda_в$ = 0,0029-0,0032 м).

В двух предельных случаях [27, 123, 214] очень узких или широких (по сравнению с длиной вязкой волны) трубок радиуса r_0, когда аргумент функций Бесселя $|k_в r_0| < 2$, удельное сопротивление на единицу длины трубки определяется по формуле Пуазейля

$$R'_{тр} = \frac{8\mu}{r_0^{\,2}} = \frac{8\mu\pi}{\sigma}. \quad (13)$$

В этом случае удельное сопротивление зависит только от размера радиуса трубки (воздухоносных путей) и не зависит от частоты, а записанная формула справедлива для бронхов, радиус которых меньше 1-3 мм.

С увеличением аргумента функций Бесселя $|k_в r_0|$, которое происходит с ростом радиуса или частоты, при прочих равных условиях активные потери энергии звуковой волны на единицу длины трубки, обусловленные трением

воздуха в отверстиях воздухоносных путей (потери на образование вязких волн), определяются по формуле Гельмгольца

$$R'_{mp} = \frac{1}{r_0}\sqrt{2\rho\mu\omega}, \qquad (14)$$

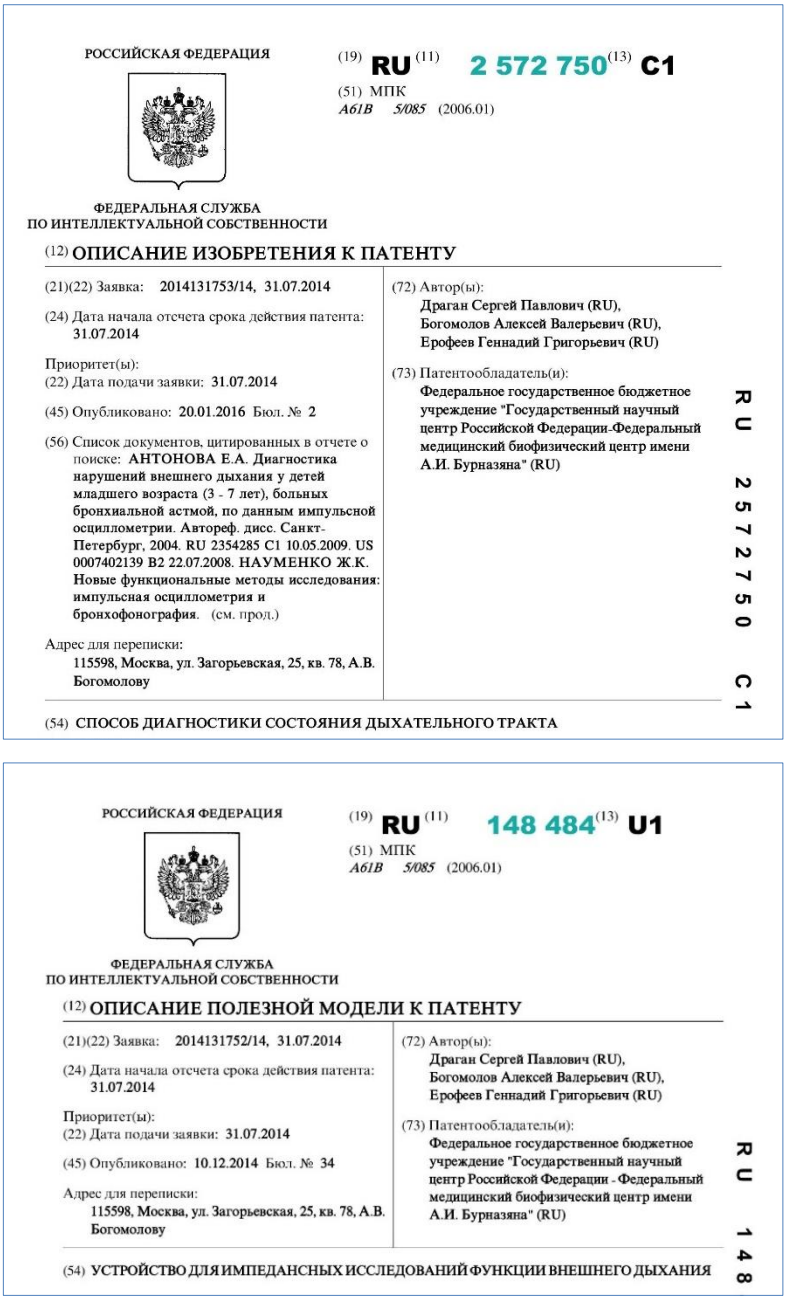
Здесь удельное сопротивление зависит и от размера радиуса трубки, и от частоты. С ростом частоты удельное сопротивление возрастает. Формула Гельмгольца справедлива для бронхов, радиус которых больше 1-3 мм.

Таким образом, во-первых, при распространении звуковой волны в бронхах, радиус которых больше 1-3 мм (на частотах когда $\lambda_в$ < 1-3 мм), активная компонента импеданса - резистанс R_1 имеет частотно зависимый вид, т.е. с увеличением частоты звуковой волны её величина увеличивается; во-вторых, в бронхах, радиус которых меньше 1-3 мм (на частотах когда $\lambda_в$ > 1-3 мм), формируется так называемое течение Пуазейля, а резистанс от частоты не зависит.

Исходя из этого, вид частотной зависимости резистанса, вероятно, может быть использован в качестве диагностического критерия. Для здоровых лёгких, у которых все воздухоносные пути свободны и открыты, резистанс с увеличением частоты увеличивается. Если воздухоносные пути сужены или заполнены мокротами, то происходит вязкостное поглощение звуковой волны и резистанс от частоты не зависит. Поведение резистанса на самых низких частотах (когда длина волны вязкости сопоставима с радиусом бронхов) может служить индикатором состояния бронхов.

Измерение резистанса лёгких на высоких частотах можно использовать для диагностики состояния лёгочной ткани. Если резистанс дыхательной системы в каком-либо диапазоне частот не увеличивается, это свидетельствует о том, что диаметр бронхов сопоставим с длиной волны вязкости для этой частоты. Такое сопоставление позволит оценить состояние бронхов высоких порядков и локализовать патологические изменения. Для доскональной проверки этого предположения, безусловно, необходимы полномасштабные клинические испытания. В тоже время, результаты проведенных для его доказательства ограниченных исследований позволили обосновать и предложить способ

диагностики состояния дыхательного тракта [169] и устройство для импедансных исследований функции внешнего дыхания [170] (рисунок 1.2).



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 572 750** (13) **C1**

(51) МПК
A61B 5/085 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: **2014131753/14, 31.07.2014**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
31.07.2014

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **31.07.2014**

(45) Опубликовано: **20.01.2016** Бюл. № **2**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **АНТОНОВА Е.А. Диагностика нарушений внешнего дыхания у детей младшего возраста (3 - 7 лет), больных бронхиальной астмой, по данным импульсной осциллометрии. Автореф. дисс. Санкт-Петербург, 2004. RU 2354285 C1 10.05.2009. US 0007402139 B2 22.07.2008. НАУМЕНКО Ж.К. Новые функциональные методы исследования: импульсная осциллометрия и бронхофонография.** (см. прод.)

Адрес для переписки:
115598, Москва, ул. Загорьевская, 25, кв. 78, А.В. Богомолову

(72) Автор(ы):
Драган Сергей Павлович (RU),
Богомолов Алексей Валерьевич (RU),
Ерофеев Геннадий Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации-Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна" (RU)

RU 2572750 C1

(54) **СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ДЫХАТЕЛЬНОГО ТРАКТА**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **148 484** (13) **U1**

(51) МПК
A61B 5/085 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: **2014131752/14, 31.07.2014**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
31.07.2014

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **31.07.2014**

(45) Опубликовано: **10.12.2014** Бюл. № **34**

Адрес для переписки:
115598, Москва, ул. Загорьевская, 25, кв. 78, А.В. Богомолову

(72) Автор(ы):
Драган Сергей Павлович (RU),
Богомолов Алексей Валерьевич (RU),
Ерофеев Геннадий Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна" (RU)

RU 148

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИМПЕДАНСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФУНКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ**

Рисунок 1.2 – Патенты на способ диагностики состояния дыхательного тракта и устройство для импедансных исследований функции внешнего дыхания

Для выявления связи измеренных значений резонансной частоты респираторного тракта по критерию равенства нулю реактанса ($Y_1 = 0$) с его геометрическими характеристиками был рассмотрен простейший резонатор Гельмгольца, резонансная частота которого $f_{рез}$ определяется так:

$$f_{рез} = \frac{c}{2\pi}\sqrt{\frac{S}{lV}}, \qquad (15)$$

где: c - скорость звука в воздухе, S - площадь сечения «горла» резонатора Гельмгольца диаметра d ($S = \pi d^2/4$), l - длина, м (длина «горла» резонатора Гельмгольца), V - объём резонатора (жизненная ёмкость лёгких), м^3. Учитывая, что длина воздухоносных путей является постоянной, изменение резонансной частоты может быть обусловлено изменением объёма V или площадью поперечного сечения воздухоносных путей S.

Таким образом, исходя из изложенных теоретических положений, чтобы увеличить ЖЕЛ за счет открытия резервных альвеол и/или увеличения диаметра бронхиол необходимо сначала определить резонансную частоту дыхательного тракта на разных фазах вдоха и выдоха, а затем воздействовать на дыхательный тракт этой частотой в диапазоне максимального поглощения звука, т.е. на уровне 3 дБ от максимального значения коэффициента поглощения. Из этого следует, что биоакустическая стимуляция дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты с уровнем звукового давления до 130 дБ (63,2 Па) на резонансных (индивидуально подобранных) частотах (22-36 Гц), когда сопротивление минимально, давление в падающей волне с небольшим затуханием переносится по воздушным каналам на всю глубину воздушной полости и градиент давления между легкими и плевральной полостью составляет ≈ 10 %, может приводить к открытию резервных альвеол и увеличению площади поперечного сечения альвеолярных ходов и дыхательных бронхиол, т.е. к увеличению ЖЕЛ, улучшению газообмена и, соответственно, к повышению функциональных резервов дыхательной системы организма человека.

Исходя из этого, были сформулированы медико-технические требования к биоакустической системе, обеспечивающей необходимое для увеличения ЖЕЛ воздействие звуков низкой частоты на дыхательную систему человека, и предложено и запатентовано устройство для звуковой стимуляции дыхательной системы, технически реализующее данную систему [172] (рисунок 1.3).



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) 154 260 (13) U1

(51) МПК
A61B 5/085 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015102477/14, 27.01.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.01.2015

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 27.01.2015

(45) Опубликовано: 20.08.2015 Бюл. № 23

Адрес для переписки:
115598, Москва, ул. Загорьевская, 25, кв. 78, А.В. Богомолову

(72) Автор(ы):
Драган Сергей Павлович (RU),
Богомолов Алексей Валерьевич (RU),
Разинкин Сергей Михайлович (RU),
Корчажкина Наталья Борисовна (RU),
Ерофеев Геннадий Григорьевич (RU),
Ивашин Владимир Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна" (RU)

RU 154260

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗВУКОВОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Рисунок 1.3 – Патент на устройство для звуковой стимуляции дыхательной системы

Проведенные клинико-экспериментальные исследования (раздел 1.4) подтвердили корректность вышеизложенных теоретических положений [81, 62, 82, 83, 84, 162, 163, 164, 165], а также явились основой для обоснования методики БСДС человека для повышения ее функциональных резервов.

1.4. Клинико-экспериментальное обоснование режимов биоакустической стимуляции дыхательной системы

Для проверки корректности вышеизложенных теоретических положений и обоснования методики БСДС человека высокоинтенсивными звуками низкой частоты для повышения ее функциональных резервов на основе медико-технических требований, определенных исходя из ранее изложенных теоретических положений (раздел 1.3), была обоснована и технически реализована биоакустическая система в виде макета (прообраза) аппаратно-программного комплекса биоакустической стимуляции дыхательной системы (АПК БСДС), включающего (рисунок 1.4):

1. Акустический интерферометр – включает волновод с загубником для подачи колебаний в ротовую полость, громкоговоритель и усилитель мощности. Интерферометр предназначен для формирования звукового поля с заданными параметрами для биоакустической стимуляции дыхательной системы и для определения резонансных частот на фазах вдоха-выдоха и свободного дыхания.

Параметры поля, которые будут использованы для биоакустической стимуляции, выбираются при сканировании тонального сигнала с уровнем звукового давления до 130 дБ в заданном диапазоне частот, определяемом индивидуально. Для каждого человека определяются резонансные частоты на фазе вдоха и выдоха, либо по максимальному значению коэффициента поглощения.

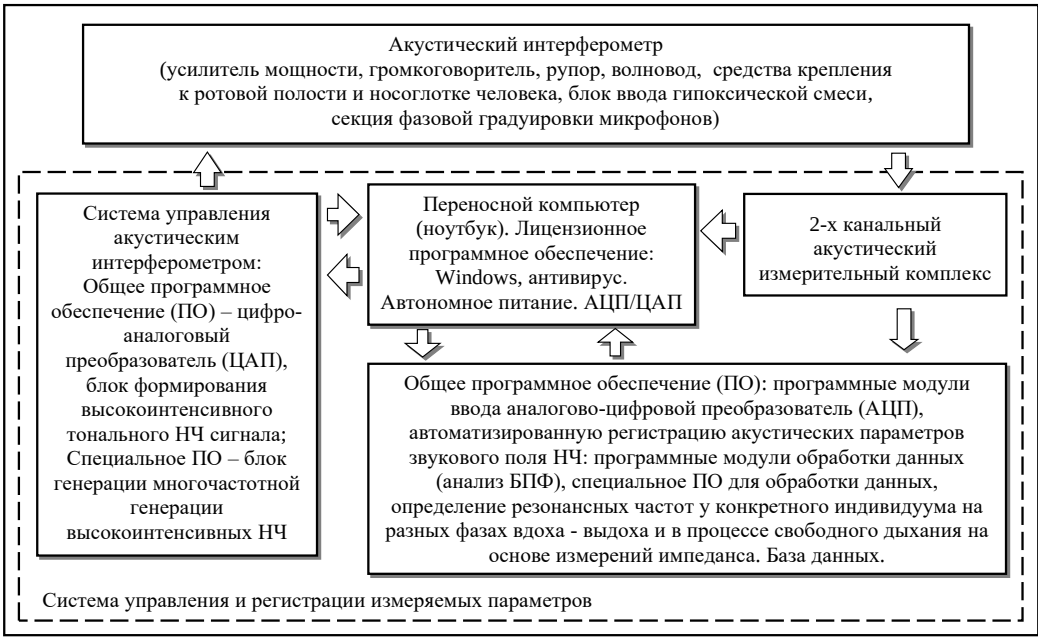


Рисунок 1.4 – Блок-схема макета АПК БСДС

2. Система управления акустическим интерферометром - включает ноутбук и плату цифро-аналогового преобразователя и аналого-цифрового преобразователя (ЦАП/АЦП) для управления режимами формирования звуковых колебаний в волноводе интерферометра и для регистрации и ввода сигналов с измерительных каналов в цифровом виде в компьютер.

3. Система регистрации измеряемых параметров - включает два измерительных микрофонных канала (с предусилителями напряжения и микрофонными блоками питания) (рисунок 1.5).

На рисунке 1.5 показано, что пациент посредством стандартного загубника (или лицевой кислородной маски) соединен с волноводом, другая часть волновода крепится через рупорное соединение непосредственно к громкоговорителю (Гр.); УМ – усилитель мощности звуковых частот; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь; М1 и М2 – два микрофонных тракта устанавливаемые заподлицо

в боковой стенке волновода; АЦП – аналого-цифровой преобразователь для подачи электрических сигналов с микрофонов в ноутбук (ПК).

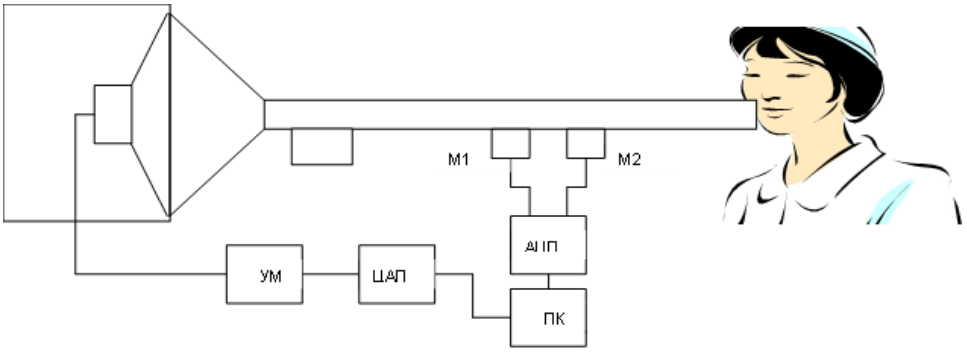


Рисунок 1.5 - Схема измерения акустического импеданса дыхательной системы

При этом соотношение амплитуд падающей и отраженных волн определяется жесткостью элементов, их массой и трением. Компоненты массы и жесткости находятся в зависимости от частоты звука, действующего на данную систему. Чем выше частота, тем больше сопротивление, оказываемое ему данной массой. Компонент жесткости обратно пропорционален частоте. Звуковые колебания, действующие на дыхательную систему, частично проходят в легкие и частично отражаются. При этом отраженные звуковые колебания меньше по амплитуде и сдвинуты по фазе относительно падающей волны. Сдвиг фазы зависит от жесткости колеблющейся системы. Таким образом, измеряя интенсивность (или амплитуду) и сдвиг фазы отраженного дыхательной системой звука, можно судить о величине акустического импеданса звукопроводящей системы [63, 59, 61].

Для проведения исследований была разработана экспериментальная установка (макет) вышеуказанного АПК БСДС (рисунок 1.6).

При помощи разработанного макета АПК БСДС в ходе клинико-экспериментального исследования у 40 добровольцев-испытуемых были проведены измерения акустического импеданса, позволяющие определять индивидуальные резонансные частоты и коэффициенты поглощения звука в широком диапазоне частот [54, 55, 94, 162, 169, 305].

Измерения осуществляли на полигармоническом сигнале в диапазоне частот от 3-х до 51-го Гц с шагом 3 Гц на всех трех фазах дыхания: полный вдох с

задержкой дыхания, глубокий выдох с задержкой дыхания и свободное носовое поверхностное дыхание без задержки.

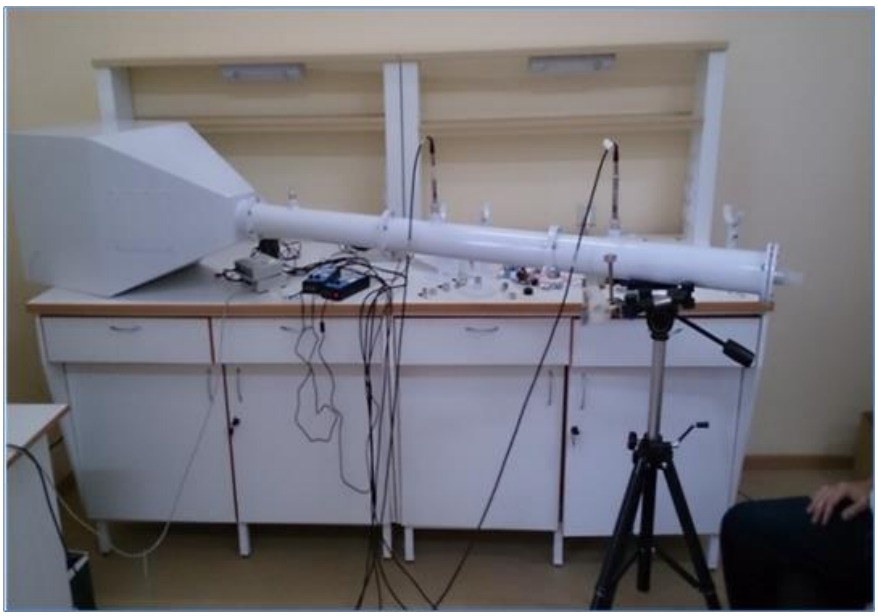


Рисунок 1.6 – Экспериментальная установка (макет) биоакустической системы (исходный прообраз АПК БСДС)

Методика измерения состояла в выполнении следующих процедур. При измерениях на полном вдохе испытатель брал загубник в рот и при этом контролировал положение уголков губ, чтобы плотно прилегали к загубнику и обеспечивали герметичность соединения, язык должен находиться под загубником так, чтобы не перекрывать выходное сечение загубника. Спортсмен делал плавный полный вдох, при этом контролировал состояние грудных и голосовых мышц с тем, чтобы был обеспечен доступ звукового сигнала в трахею. После полного вдоха задерживал дыхание на 15 с, в течение которых осуществлялось измерение. Затем процедура измерения с задержкой дыхания на 15-й секунде после глубокого плавного выдоха повторялась. При этом спортсмен также контролировал состояние грудных и голосовых мышц с тем, чтобы был обеспечен доступ звукового сигнала в трахею. Далее спортсмен дышал носом в спокойном режиме поверхностным дыханием. Длительность процедуры составляла также 15 с. По окончании процедуры вся информация записывалась и сохранялась в виде файла в базе данных.

Вся информация об акустических характеристиках дыхательного тракта содержала 6 параметров [54, 94, 162, 305]:

- частота резонанса - f0 (определяют по пересечению реактанса нулевой линии, Y1=0);

- коэффициент поглощения на этой частоте - α(f0);

- резистанс (сопротивление) на частоте f0 - R1(f0);

- частота резонанса на которой коэффициент поглощения имеет максимум - f(α max);

- максимальное поглощение - α max;

- резистанс на частоте максимума коэффициента поглощения R1(α max).

После определения указанных параметров, в частности, резонансных частот дыхательного тракта, были проведены в течение двух недель шесть сеансов биоакустической стимуляции на группе из 20 добровольцев-испытуемых (группа воздействия), контрольная группа (ложное воздействие) также включала 20 добровольцев-испытуемых.

В данном исследовании участвовали 20 спортсменов-мужчин (возраст 24,3±0,8 лет), занимающиеся лыжными видами спорта (лыжные гонки, биатлон, лыжероллеры) и отвечающие следующим критериям: спортивный разряд не ниже I взрослого; отсутствие медицинских противопоказаний к участию в клинических испытаниях; заключившие письменное информированное согласие на участие в клинических испытаниях, а также согласие на все ограничения, налагаемые в ходе их проведения. Мастеров спорта было 2 человека, кандидатов в мастера спорта - 4 человека, имевших I спортивный разряд - 14 человек. Средние значения роста и веса в группе воздействия и контроля составили, соответственно: 175,80±2,47 см; 185,6±1,79 см; 75,58±3,89 кг; 76,47±1,35 кг.

Каждый сеанс БСДС состоял из трех трехминутных воздействий (процедур). Между воздействиями (процедурами) был перерыв в течение 1 мин. Вся продолжительность сеанса составляла 11 мин. Сеансы биоакустической стимуляции проводились через день. В группе воздействия уровень звукового

давления (УЗД) составлял 130 дБ, а в контрольной группе (в группе с ложным воздействием) УЗД = 60 дБ, что ниже порога слышимости.

Результаты измерений акустических показателей дыхательного тракта у добровольцев-испытуемых контрольной группы и группы воздействия сопоставили между собой. С этой целью все 6 регистрируемых параметров проверили на нормальность распределения.

С помощью критерия χ-квадрат было показано, что законы распределения всех шести регистрируемых показателей соответствуют нормальному распределению. Поэтому проверка на статистическую значимость различий между зарегистрированными показателями для различных фаз дыхания в группах контроля и воздействия осуществлялась с помощью критерия Стьюдента.

На рисунке 1.7 в качестве примера приведены все результаты измерений резонансных частот на фазах вдоха, выдоха и при свободном дыхании обеих групп добровольцев-испытуемых.

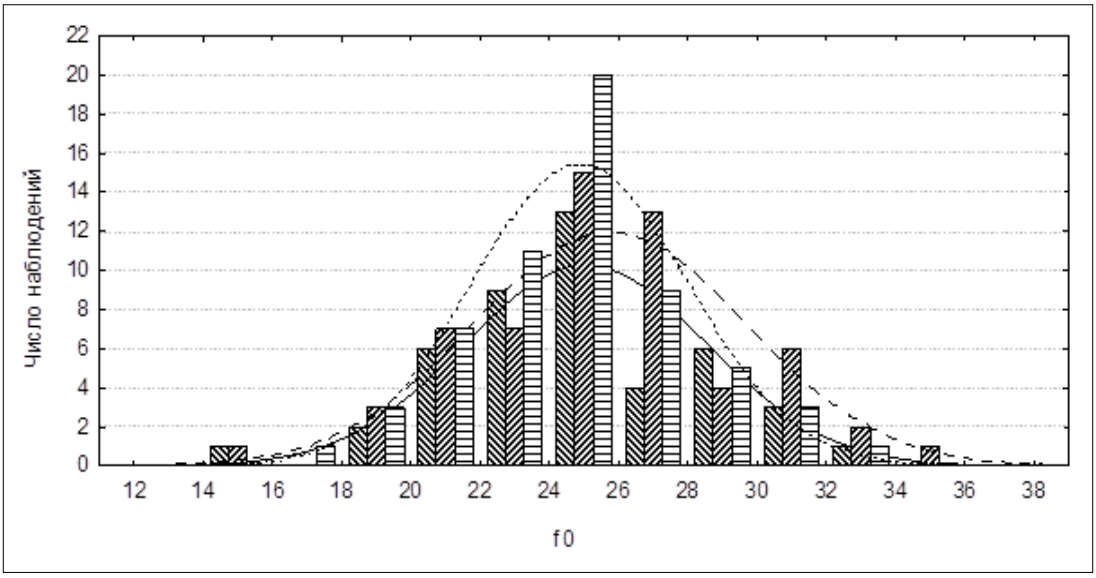


Рисунок 1.7 - Гистограмма распределения резонансной частоты в группе воздействия и контроля для разных фаз дыхания
(по оси абсцисс - резонансная частота f0, по оси ординат - число наблюдений; косая штриховка слева направо, снизу вверх - режим вдоха, косая штриховка справа налево, снизу вверх - режим выдоха, горизонтальная штриховка - режим свободного дыхания; сплошная линия плотности вероятности соответствует вдоху, пунктирная - выдоху, точечная - свободному дыханию)

В результате проведенного статистического сравнения было установлено отсутствие в группах воздействия и контроля статистически достоверной разницы между средними значениями соответствующих показателей в разных фазах режима дыхания (при уровне значимости p = 0,05).

В тоже время результаты статистического сопоставления значений акустических показателей дыхательного тракта у добровольцев-испытуемых свидетельствовали о том, что в группе воздействия биоакустической стимуляции они достоверно изменились по сравнению с контрольной группой. Все параметры контрольной группы статистически отличались от соответствующих параметров группы воздействия при значениях статистик Стьюдента от 3,7 до 5,1, что свидетельствовало о высоком уровне достоверности.

На рисунке 1.8 приведены диаграммы размаха для всех оцененных акустических параметров дыхательного тракта добровольцев-испытуемых контрольной группы и группы воздействия. Нижняя и верхняя граница размаха определена как ошибка среднего (т.е. M±m). Маленький квадрат на диаграмме - среднее значение, большой прямоугольник - среднее ± стандартная ошибка среднего, отрезки - среднее ± 1,96*стандартная ошибка.

Из выше представленных данных следует, что шестикратное воздействие сканирующим тональным сигналом с уровнем звукового давления 130 дБ в диапазоне частот 22-36 Гц привело к следующим изменениям акустических показателей дыхательного тракта у добровольцев-испытуемых: резонансная частота увеличилась; коэффициент поглощения снизился; сопротивление звуковой волне увеличилось.

Исходя из того, что в качестве акустических показателей дыхательного тракта были использованы частотно-зависимые компоненты импеданса, т.е. комплексное акустическое сопротивление, характеризующееся тем, что импеданс равен соотношению звукового давления к колебательной скорости частиц среды (воздуха) с учетом фазовых соотношений между ними, а увеличение активной компоненты импеданса, т. е. сопротивления звуковой волне в дыхательном тракте происходит при снижении величины колебательной скорости частиц среды и

сохранении амплитуды звукового давления, и колебательная скорость в дыхательном тракте уменьшается при увеличении площади поперечного сечения всех воздухоносных путей, представляется возможным предположить, что в результате воздействия звуков низкой частоты у добровольцев-испытуемых произошло открытие резервных альвеол и увеличение площади поперечного сечения альвеолярных ходов и дыхательных бронхиол (17-22-й порядок ветвления).

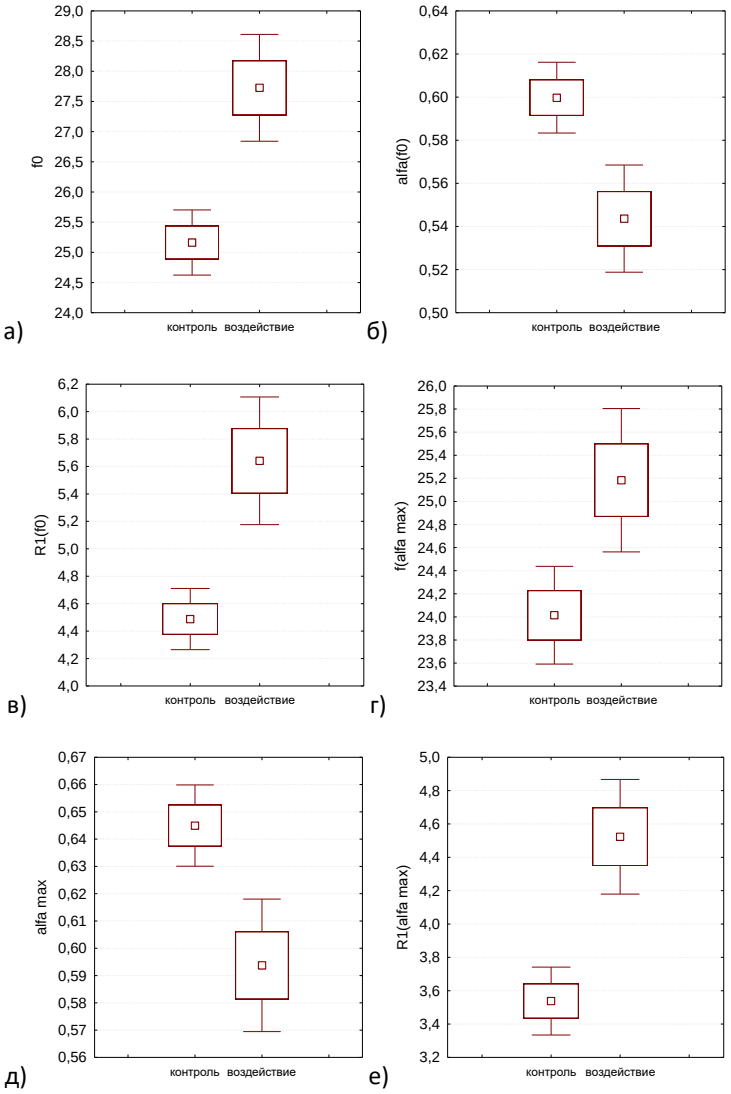


Рисунок 1.8 – Акустические параметры дыхательного тракта у добровольцев-испытуемых контрольной группы и группы воздействия
(а – частота резонанса; б – коэффициент поглощения на частоте резонанса; в – сопротивление на частоте резонанса; г – частота резонанса, на которой коэффициент поглощения имеет максимум; д – максимальное поглощение; е – сопротивление на частоте максимума коэффициента поглощения)

В целях обоснования методики БСДС человека для повышения ее функциональных резервов был поведен анализ изменений акустических параметров дыхательного тракта у добровольцев-испытуемых обеих групп (контрольной группы и группы воздействия) в динамике шестикратного истинного и ложного воздействий (рисунок 1.9).

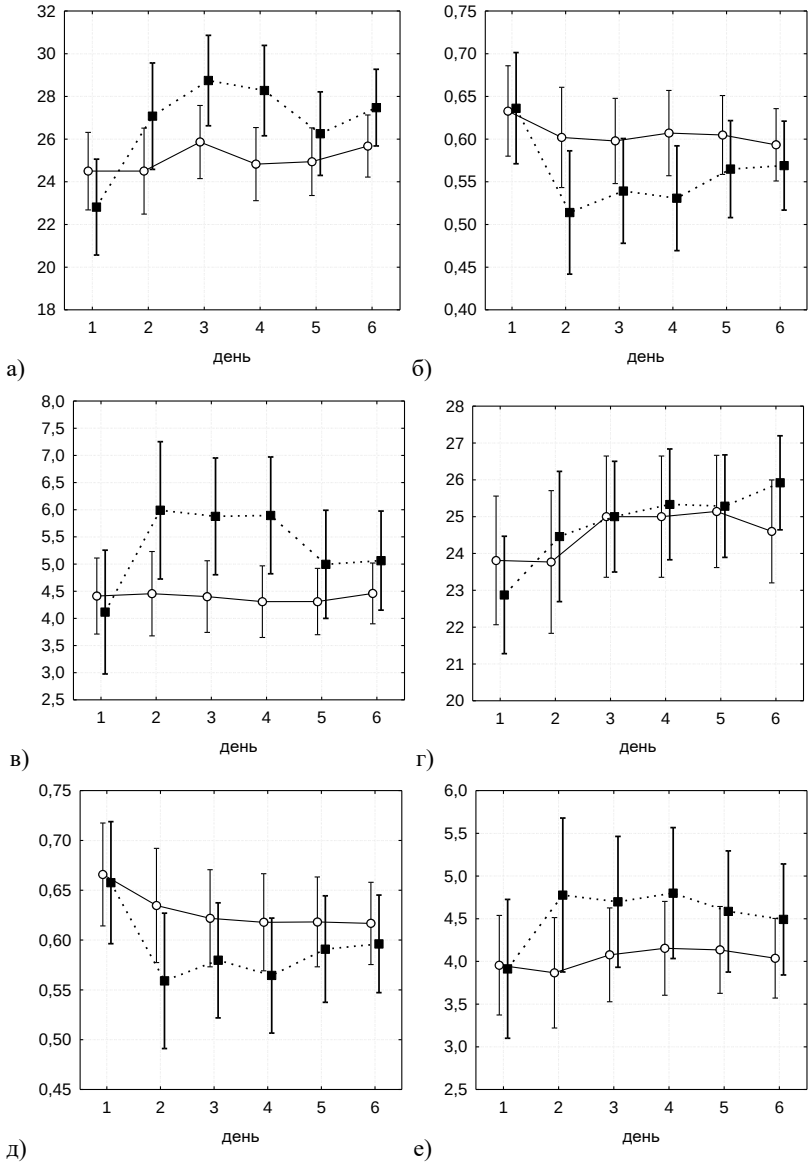


Рисунок 1.9 – Динамика изменений акустических параметров дыхательного тракта у добровольцев-испытуемых контрольной группы и группы воздействия (по оси абсцисс – срок воздействия (день), по оси ординат – а - f0; б - alfa(f0); в - R1(f0); г - f(alfa max); д - alfa max; е - R1(alfa max); светлый кружочек (сплошная линия) – изменения в контрольной группе, черный квадрат (пунктир) – изменения в группе воздействия, диапазон – ± стандартное отклонение в доверительном интервале 95%)

Анализ значений шести показателей у добровольцев-испытуемых обеих групп в динамике шестикратного истинного и ложного воздействия, проведенный с помощью двухфакторного (факторы «воздействие» и «время») дисперсионного анализа с повторными измерениями, показал, что их значения для контрольной группы добровольцев-испытуемых практически не изменялись на всех сроках наблюдения. В то время как аналогичные показатели в группе воздействия имели существенное отличие от фоновых значений: максимальные отличия между контрольной группой и группой воздействия зарегистрированы на 2-й, 3-й и 4-й сроках наблюдения (перед 2-м, 3-м и 4-м сеансом стимуляции, соответственно).

Это обстоятельство свидетельствовало о том, что последующие воздействия (с 3-го по 6-е) нецелесообразны. В связи с этим был проведен статистический анализ изменения акустических показателей дыхательной системы в динамике наблюдений.

Сопоставлялись результаты 1-го дня с 2-м, 3-м, …, 6-м; затем 2-го дня с 3-м, …, 6-м и т.д. При этом в качестве фонового воздействия были использованы объединенные данные контрольной группы и группы воздействия. В результате анализа определено, что при втором обследовании (после первого воздействия) частота увеличилась с 23,6 до 27,4 Гц, резистанс (сопротивление) увеличился с 4,2 до 6,0, а коэффициент поглощения снизился с 0,62 до 0,53. Эти изменения оказались статистически достоверными (при уровне значимости $p = 0,05$).

Сопоставление фоновых значений (первое наблюдение объединенной группы) со значениями, зарегистрированными в последующие сроки у группы воздействия, имели такую же тенденцию: частота и сопротивление увеличены, а коэффициент поглощения снижен. Эти изменения также оказались статистически достоверными.

Сопоставление значений акустических показателей дыхательного тракта у добровольцев-испытуемых группы воздействия на второе обследование и последующие не выявило статистически достоверных изменений. Приведенные результаты позволили заключить, что с целью достижения кратковременного эффекта, вместо шести процедур БСДС можно ограничиться двумя процедурами.

Таким образом, результаты проведенного клинико-экспериментального исследования показали, что применение шестикратного биоакустического воздействия сканирующим тональным сигналом с уровнем звукового давления 130 дБ в диапазоне частот 22-36 Гц приводит к следующим изменениям акустических показателей дыхательного тракта у добровольцев-испытуемых: резонансная частота увеличивается; коэффициент поглощения снижается; сопротивление увеличивается. Это может свидетельствовать о том, что в результате воздействия происходит открытие резервных альвеол и увеличение площади поперечного сечения альвеолярных ходов и дыхательных бронхиол (17-22-й порядок ветвления) и хорошо согласуется с изложенными в разделе 1.3 теоретическими положениями о воздействии высокоинтенсивных акустических колебаний низкой частоты на дыхательную систему человека.

Кроме того, в результате проведенного исследования установлено, что кратковременный статистически достоверный ($p = 0,05$) эффект повышения функциональных резервов дыхательной системы человека достигается уже после двух процедур биоакустической стимуляции.

На основании вышеизложенного в главе 1 представляется возможным заключить, что БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты с уровнем звукового давления до 130 дБ (63,2 Па) на резонансных (индивидуально подобранных) частотах (22-36 Гц), когда сопротивление минимально, давление в падающей волне с небольшим затуханием переносится по воздушным каналам на всю глубину воздушной полости и градиент давления между легкими и плевральной полостью составляет ≈ 10 %, приводит к открытию резервных альвеол и увеличению площади поперечного сечения альвеолярных ходов и дыхательных бронхиол, т.е. к увеличению жизненной емкости легких, улучшению газообмена и, соответственно, к повышению функциональных резервов дыхательной системы организма человека, что позволяет ее рассматривать как основу новой немедикаментозной технологии повышения функциональных резервов организма человека.

Глава 2. РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМИ ЗВУКАМИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ И ПРОВЕДЕНИЕ ЕГО ТЕХНИЧЕСКИХ И КЛИНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

2.1. Этапы разработки, структура, состав и методика использования аппаратно-программного комплекса биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты

Разработка аппаратно-программного комплекса биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты (АПК БСДС) включала несколько этапов.

На первом этапе исследований (2012-2013 гг.) [162, 163] была разработана экспериментальная установка (макет) биоакустической системы, реализующей метод БСДС человека, обоснованный в результате проведенных теоретико-экспериментальных исследований по оценке биологических эффектов взаимодействия высокоинтенсивных звуков низкой частоты с респираторным трактом человека (глава 1). Блок-схема и внешний вид данного макета АПК БСДС представлены на рисунках 1.4 и 1.6.

Использование указанного макета АПК БСДС в последующих клинико-экспериментальных исследованиях выявило ряд недостатков, создающих определенные трудности и неудобства при его применении в практической деятельности. Так, например, среди выявленных недостатков было отсутствие автоматизированной процедуры синхронизации ритма дыхания испытуемого (пациента) с фазами сканирующего сигнала и отсутствие мобильности установки ввиду конструктивных особенностей опытного образца.

В связи с этим на следующем этапе исследований (2013-2014 гг.) [163, 164] был автоматизирован процесс определения резонансных частот дыхательного тракта испытуемого (пациента) и автоматизирована процедура синхронизации его

ритма дыхания с фазами сканирующего сигнала, а также был изготовлен более мобильный вариант макета АПК БСДС (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Вторая версия (усовершенствованный макет) АПК БСДС

Одним из недостатков второго поколения АПК БСДС были габариты установки - для транспортировки одного образца требовалось использовать две упаковки с общим весом более 20 кг, что затрудняло доставку АПК БСДС к месту проведения исследований.

Ввиду вышесказанного, на третьем этапе исследований (2015 г.) [164, 165] усилия разработчиков сосредоточились на обеспечении большей мобильности и увеличении пропускной способности АПК БСДС при неизменной составляющей его эффективности. Был изготовлен третий, модернизированный макет АПК БСДС (рисунок 2.2).

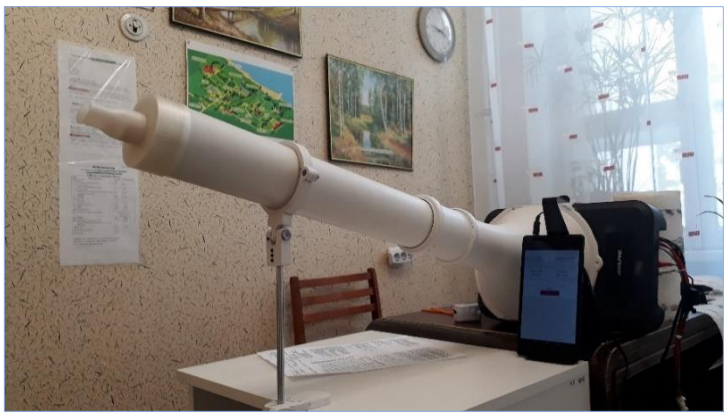


Рисунок 2.2 – Третья версия (модернизированный макет) АПК БСДС

В 2016 году было принято решение о продолжении исследований с целью разработки серийного образца АПК БСДС - аппарата акустической стимуляции легких. Были разработаны плата контроллера для программирования генерации стимулирующего сигнала и плата для программирования автоматической процедуры синхронизации частотного сканирования стимулирующего сигнала с ритмом дыхания испытуемого (пациента), что позволило упростить настройку комплекса и полностью автоматизировать процедуру биоакустической стимуляции. Также, с помощью современного 3Д-принтера все металлические части волновода были заменены на пластиковые, что позволило существенно сократить масс-габаритные характеристики готового изделия – для транспортировки одного АПК БСДС в настоящее время требуется один кейс, весом не более 10 кг. Внешний вид серийного образца АПК БСДС - аппарата акустической стимуляции легких, изготовленного в соответствии с ТУ 26.60.12-002-18954585-2019, разработанными в 2019 году, представлен на рисунке 2.3.



А



Б

Рисунок 2.3 – Серийный образец аппарата акустической стимуляции легких
(А – вариант с блоком управления - прибором «Стимул»,
Б – вариант с компьютером - планшетом)

Разработанный серийный образец АПК БСДС - аппарата акустической стимуляции легких структурно включает блок акустического волновода-интерферометра, один конец которого оборудован открытой трубкой для герметичного сочленения с загубником, а другой конец оборудован громкоговорителем, установленным в сабвуфер с подключенным конусообразным концентратором звука, причем в двух точках боковой поверхности волновода установлены измерительные микрофоны, соединенные через аналого-цифровой преобразователь с вычислителем, к которому подключено сигнальное табло; систему управления интерферометром - переносной компьютер (ноутбук) с лицензионным программным обеспечением и платой цифро-аналогового преобразователя и аналого-цифрового преобразователя для управления режимами формирования звуковых колебаний в волноводе интерферометра и для регистрации и ввода измерительных каналов; программное обеспечение комплекса, включающее программное обеспечение формирования и регистрации акустических сигналов, формирования базы данных и графического изображения (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Блок-схема АПК БСДС - аппарата акустической стимуляции легких

В комплект поставки изделия – серийного образца аппарата акустической стимуляции легких с принадлежностями по ТУ 2660-002-18954585-2019, производимого Федеральным государственным бюджетным учреждением «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России), входят составляющие компоненты и эксплуатационная документация, представленные в таблице 2.1:

Таблица 2.1 – Состав комплекта серийного образца аппарата акустической стимуляции легких с принадлежностями по ТУ 2660-002-18954585-2019

Активный сабвуфер – 1шт.
Концентратор акустической звуковой мощности – 1шт.
Волновод – 1шт.
Программируемый контроллер, в составе: - компьютерный планшет, производитель LenovoGroupLimited, Китай, модель TB-7304 – 1 шт. - электрический кабель для соединения планшета с активным сабвуфером – 1шт. - программное обеспечение «СТИМУЛ», версия 1.0, установленное на планшет – 1шт.
Насадка под мундштук – 1шт.
Мундштук картонный одноразовый к аппаратам для исследования вентиляционных функций легких методом спирометрии Мк-"Пайп" по ТУ 9398-001-56156837-2007, РУ № ФСР 2008/02478 от 18.04.2008, производства "ООО "ПАЙП"", Россия. Типоразмер 27х65х1,0мм –10 шт.
Подставка для волновода – 1шт.
Упаковка для размещения и транспортировки аппарата акустической стимуляции легких с принадлежностями – 1шт.
Руководство по эксплуатации – 1шт.

В качестве принадлежностей к изделию поставляется адаптер BURO, модель BUM-1187H90, изготовитель: «Shenzhen TIANJIU Electronics Co.Ltd», Китай, 3rd Bldg, 21Makan Road, Xili Town, Nanshan District, Shenzhen City. Кроме этого, вместо программируемого контроллера на базе компьютерного планшета в качестве блока управления может поставляться, по желанию потребителя, прибор «Стимул».

Данный комплект, как показала практика его практического использования, позволяет эффективно проводить биоакустическую стимуляцию легких пациентов в различных условиях выполнения научно-исследовательских работ и практических медицинских мероприятий.

При этом в соответствии с руководством по эксплуатации и разработанной методикой процедура проведения биоакустической стимуляции легких при помощи выше представленного серийного образца аппарата акустической стимуляции легких включает подготовительный и исполнительный этапы.

В процессе подготовительного этапа специалист, проводящий процедуру, после подключения аппарата акустической стимуляции легких к сети, включения аппарата и входа в программу «Стимул», установленную на компьютер (ноутбук, планшет), проводит в режиме «Администрирование» программного обеспечения установку заданных параметров назначенной пациенту процедуры стимуляции:

- время стимуляции – T_{st}, мин.;

- время фазы вдоха/выдоха – T_f, с;

- минимальная и максимальная частоты стимулирующего сигнала – F_{min} и F_{max}, Гц;

- амплитуда стимулирующего сигнала – А, % от максимального уровня стимулирующего звукового давления равного 130 дБ (63,2 Па).

При наличии блока управления (программируемого контроллера для генерации стимулирующего сигнала в заданном диапазоне частот - прибора «Стимул») (рисунок 2.5) установка параметров стимуляции осуществляется при помощи кнопок «А», «1», «2», «3» и «4» указанного блока, исходя из появляющихся на экране монитора прибора заставок «Стимул», «T_f», «T_{st}», «Начать».

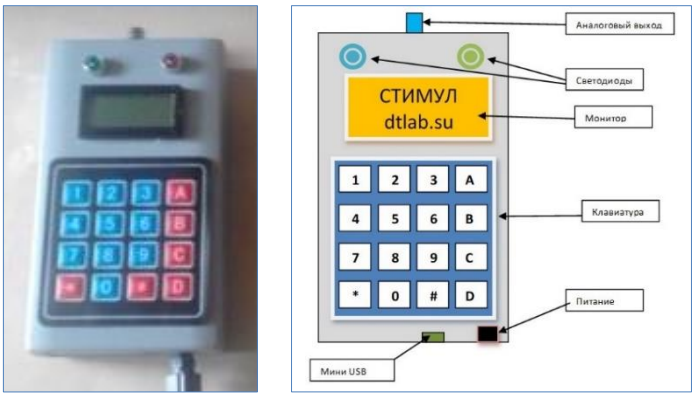


Рисунок 2.5 – Блок управления аппарата акустической стимуляции легких (программируемый контроллер для генерации стимулирующего сигнала в заданном диапазоне частот - прибор «Стимул»)

После установки указанных параметров аппарат готов к работе и дальнейшее управление стимуляцией с заданными параметрами осуществляется посредством клавиш (сенсорных кнопок) «Старт» и «Завершение» на клавиатуре (экране монитора) компьютера (ноутбука, планшета) или кнопок «А» и «*» блока управления (программируемого контроллера) аппарата.

В ходе исполнительного этапа стимуляции пациента усаживают на стул (на табурет, в кресло и т.п.) перед волноводом («трубой») аппарата, и в его ротовую полость устанавливают загубник, герметично сочлененный с торцом волновода, контролируя при этом положение языка так, чтобы он не перекрывал сечение загубника.

Проводят инструктаж пациента: дышать во время воздействия только через нос, следуя текущим фазам дыхания, определяемым появлением на экране монитора компьютера (ноутбука, планшета) прямоугольников с надписью – синего («Вдох») и красного («Выдох») (при отсутствии в комплекте аппарата компьютера спортсмен (пациент) должен ориентироваться по свечению правого («Вдох») и левого («Выдох») светодиодов на блоке управления), а также незамедлительно сообщать специалисту, проводящему стимуляцию, о возможном возникновении негативных изменений состояния (самочувствия) в процессе стимуляции.

Процедура стимуляции начинается после нажатия специалистом, ее проводящим, клавиш (сенсорных кнопок) «Старт» на клавиатуре (экране монитора) компьютера (ноутбука, планшета) или кнопки «А» блока управления (программируемого контроллера) аппарата и автоматически завершается по истечение заданного времени T_{st}.

В ходе выполнения процедуры специалист, проводящий стимуляцию, осуществляет контроль правильности чередования фаз дыхания, обращая внимание пациента на обеспечение синхронности вдоха и выдоха с изменением тональных частот: при вдохе частоты акустического воздействия уменьшаются от максимума до минимума, а при выдохе - увеличиваются с минимальной частоты до максимальной.

Для повторения процедуры стимуляции с уже установленными временными параметрами, необходимо нажать клавишу (сенсорную кнопку) «Старт» на клавиатуре (экране монитора) компьютера (ноутбука, планшета) или последовательно кнопки «*» и «А» блока управления (программируемого контроллера) аппарата.

Для проведения процедуры стимуляции с новыми временными параметрами, необходимо по окончании предыдущей процедуры стимуляции войти в режим «Администрирование» программного обеспечения компьютера (ноутбука, планшета) или нажать кнопку «*» блока управления аппарата, проведя последовательно установки времен так же, как и при включении комплекса.

По завершении сеанса (рекомендованного количества процедур) биоакустической стимуляции легких, специалист, проводящий стимуляцию, если не планируется проведение стимуляции другим пациентам, выходит из программы «Стимул» или выключает программируемый контроллер (прибор «Стимул») и отключает аппарат от сети.

Указанная процедура проведения биоакустической стимуляции легких при помощи АПК БСДС - серийного образца аппарата акустической стимуляции легких включена в методические рекомендации по применению биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты для повышения функциональных резервов органов дыхания и профилактики бронхоспазма (2017) и методические рекомендации по применению акустической стимуляции легких в комплексе мероприятий медицинской реабилитации пациентов при диагнозе «Другая хроническая обструктивная легочная болезнь» (2022), предназначенные для использования в спортивной и восстановительной медицине.

В настоящее время представленный выше вариант АПК БСДС - аппарат акустической стимуляции легких с принадлежностями по ТУ 2660-002-18954585-2019 в соответствии с требованиями [196, 155, 325] прошел цикл технических испытаний и токсикологических исследований в целях государственной регистрации как медицинского изделия. В этих же целях в клинико-

экспериментальных и клинических исследованиях показаны его безопасность, соответствие своей области медицинского назначения и эффективность применения в соответствии с показаниями к применению в целях повышения функциональных резервов дыхательной системы человека в спортивной и восстановительной медицине.

2.2. Результаты технических испытаний аппаратно-программного комплекса биоакустической стимуляции дыхательной системы

Технические испытания разработанного АПК БСДС - аппарата акустической стимуляции легких проводились в целях его государственной регистрации как медицинского изделия и в соответствии с требованиями [196] включали определение его соответствия нормативной документации, технической и эксплуатационной документации производителя.

Для этого в 2019-2020 годах были проведены следующие испытания АПК БСДС - аппарата акустической стимуляции легких (далее – медицинское изделие):

- проверка медицинского изделия на соответствие комплектности, маркировки и упаковки требованиям ТУ 26.60.12-002-18954585-2019, ГОСТ 32736, ГОСТ 23170, ГОСТ 9.014;
- проверка состава медицинского изделия требованиям ТУ 26.60.12-002-18954585-2019;
- проверка медицинского изделия на соответствие требованиям электрической безопасности по ГОСТ 30324.0 / ГОСТ Р 50267.0, ГОСТ Р МЭК 60601-1, ГОСТ Р МЭК 60601-1-2;
- проверка габаритных размеров, длин, массы требованиям ТУ 26.60.12-002-18954585-2019;
- проверка времени установления рабочего режима и времени непрерывной работы требованиям ТУ 26.60.12-002-18954585-2019;
- проверка полной потребляемой мощности требованиям ТУ 26.60.12-002-18954585-2019;

- проверка характеристик программируемого контроллера и активного сабвуфера требованиям ТУ 26.60.12-002-18954585-2019;

- проверка характеристик звукового поля в волноводе требованиям ТУ 26.60.12-002-18954585-2019;

- проверка медицинского изделия на устойчивость к воздействию повышенной и пониженной температуры и повышенной относительной влажности требованиям ГОСТ 15150;

- проверка медицинского изделия в транспортной таре на прочность к климатическим воздействиям требованиям ГОСТ 15150;

- проверка медицинского изделия в транспортной таре на прочность к транспортной тряске;

- проверка степени защиты (код IP);

- проверка параметров электромагнитной совместимости требованиям ГОСТ Р МЭК 60601-1-2-2014;

- проверка соответствия встроенного программного обеспечения рекомендациям Руководства WELMEC 7.2 ГОСТ Р МЭК 62304-2013, ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93, ГОСТ 28195-89 и ГОСТ Р 51188-98.

Все испытания медицинского изделия проводились в нормальных климатических условиях по ГОСТ 15150 после выдержки во включенном состоянии не менее 30 минут на технической базе лаборатории № 34 отдела № 7 ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России совместно с ее специалистами.

Средства измерений и оборудования, использованные для проведения испытаний медицинского изделия, представлены в таблице 2.2.

Все средства измерений и испытательное оборудование, примененные при испытаниях медицинского изделия, были должным образом метрологически поверены и аттестованы в установленном порядке.

В результате проведенных испытаний было установлено, что разработанный АПК БСДС - аппарат акустической стимуляции легких по ТУ 26.60.12-002-18954585-2019 с принадлежностями, производимый ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И.

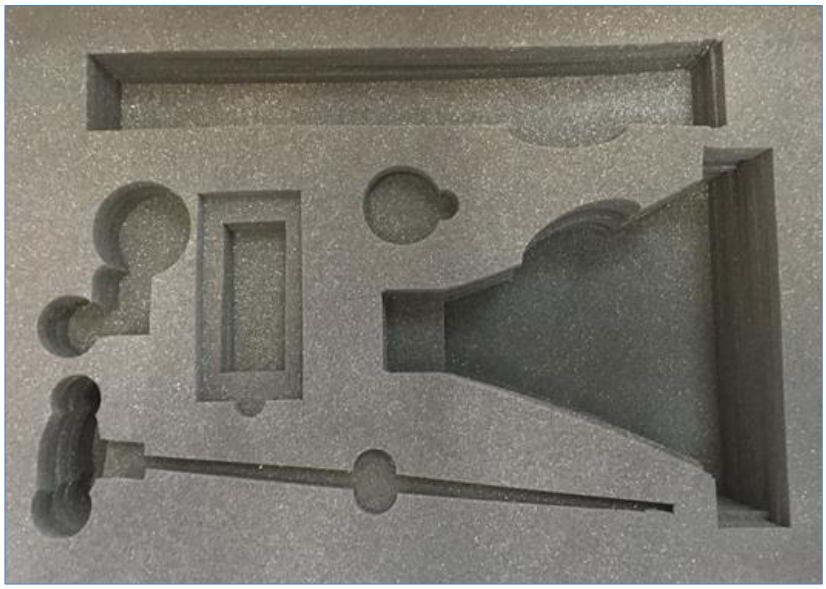
Бурназяна ФМБА России, по своим комплектации, маркировке, упаковке, составу, габаритным размерам, массе, времени установления рабочего режима, времени непрерывной работы, полной потребляемой мощности, характеристикам программируемого контроллера и активного сабвуфера, характеристикам звукового поля в волноводе, встроенному программному обеспечению соответствует требованиям нормативной документации, технической и эксплуатационной документации производителя. Кроме этого, аппарат конструктивно адаптирован к транспортной тряске, тепло-, холодо- и влагоустойчив в рабочих условиях применения и при транспортировке на суше и при морских перевозках, помехоустойчив, конструктивно обеспечивает необходимую степень защиты персонала и пациентов в соответствии с требованиями нормативной документации (рисунок 2.6).

Таблица 2.2 – Перечень средств измерений и оборудования, использованных для проведения испытаний медицинского изделия

Наименование	Обозначение НД или основные технические характеристики
Барометр-анероид контрольный М-67	ТУ 25 04-1797-85. От 610 до 790 мм рт. ст.
Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7	Диапазон измерения: температуры - от минус 20 до +60 °С; относительной влажности от 10 до 100 %
Мультиметр цифровой Keithley 2000	Погрешность измерения постоянного напряжения в диапазоне 2.5 … 10 В не более ± 0.01 %
Линейка измерительная металлическая	ГОСТ 427-75, цена деления 1 мм
Весы неавтоматического действия	ГОСТ Р 53228-2008, цена деления 10 г
Секундомер механический СОПпр-2а-3-000 «АГАТ»	Класс точности 3 ТУ 25-1819.0027-90
Камера тепла и холода 12КХТ-0,063-016	Диапазон температур от минус 65 ºС до +155 ºС; полезный объём 0,4 м^3
Шумомер-виброметр, анализатор спектра «Экофизика»	Класс 1 по ГОСТ Р 53188.1 (МЭК 61672). Диапазон измерения уровней звукового давления (при чувствительности микрофона 50 мВ/Па): от 22 до 139 дБ
Микрофоны конденсаторные ВМК-205	Частотный диапазон: 0,8 Гц … 20000 Гц



А



Б



В

Рисунок 2.6 - Аппарат акустической стимуляции легких
по ТУ 26.60.12-002-18954585-2019 с принадлежностями
(А – внешний вид готового к работе аппарата; Б – транспортная упаковка;
В – аппарат с принадлежностями в транспортной упаковке)

С позиций обеспечения безопасности воздействия высокоинтенсивных звуков низкой частоты, генерируемых АПК БСДС, на респираторный тракт человека, а также воспроизводимости параметров данного воздействия при проведении биоакустической стимуляции дыхательной системы, особое внимание было обращено на проверку характеристик звукового поля в волноводе изделия.

Для определения параметров звуковой волны, формирующейся в волноводе без коррекции амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) активного сабвуфера, было использовано акустическое оборудование, приведенное в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Перечень акустического оборудования для проверки параметров стимулирующего звукового сигнала

Наименование средств измерений	Обозначение и наименование документов, в соответствии с которыми выпускают средства измерений	Метрологические и технические характеристики, значение погрешности	
Шумомер, анализатор спектра «Экофизика» № ЭФ 110509	ПКДУ.411000.001.D2РЭ, номер в госреестре СИ РФ №241157-09	• Класс 1 по ГОСТ Р 53188.1 (МЭК 61672). • Диапазон измерения уровней звукового давления (при чувствительности микрофона 50 мВ/Па): от 22 до 139 дБ	Погрешность измерения стационарных процессов не более ± 0,7 дБ
Микрофон конденсаторный ВМК-205	Номер в госреестре СИ РФ №222057-01	Частотный диапазон: 0,8 Гц ... 20000 Гц	

Микрофон был подключен к шумомеру «Экофизика», параллельно к анализатору спектра 2034. Для определения параметров стимулирующего звукового сигнала при частотном сканировании измеряли максимальное значение уровня звукового давления (УЗД) на каждом цикле «вдоха» и «выдоха». Измеренные максимальные значения УЗД активного сабвуфера без частотной коррекции, а также корректирующие коэффициенты для выравнивания АЧХ сабвуфера приведены в таблице 2.4.

На рисунке 2.7 приведена АЧХ активного сабвуфера и соответствующие коэффициенты коррекции.

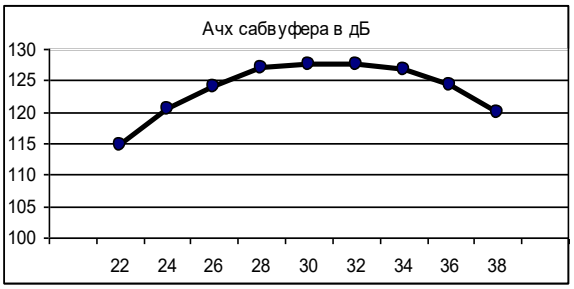
Проверка параметров стимулирующего сигнала от программируемого контроллера была осуществлена для разных значений длительности вдоха-выдоха.

Соотношение сигнал-помеха на всех режимах работы программируемого контроллера составляло более 40 дБ, т.е. стимулирующий сигнал во всем заданном диапазоне частот по амплитуде более чем в 100 раз превышал сигнал нелинейных искажений.

Таблица 2.4 – Максимальные значения УЗД в волноводе без частотной коррекции активного сабвуфера и корректирующие коэффициенты

Частота, Гц	Максимальные УЗД, дБ	Коэффициент ослабления, дБ	Коэффициент коррекции АЧХ сабвуфера
22	114,6	0	1
24	120,5	-5,9	0,51
26	124,1	-9,5	0,33
28	126,9	-12,3	0,24
30	127,5	-12,9	0,23
32	127,5	-12,9	0,23
34	126,6	-12	0,25
36	124,3	-9,7	0,33
38	119,8	-5,2	0,55

1)



2)



Рисунок 2.7 – АЧХ активного сабвуфера без частотной коррекции и корректирующие коэффициенты усиления активного сабвуфера для выравнивания АЧХ (по оси абсцисс - частота, Гц; по оси ординат - УЗД в волноводе без частотной коррекции (1) и коэффициенты коррекции (2))

В таблице 2.5 приведены значения параметров стимулирующего сигнала в заданном диапазоне частот от программируемого контроллера в волноводе (перед мундштуком), а на рисунке 2.8 приведены графики частотной зависимости параметров стимулирующего сигнала в волноводе.

Таблица 2.5 – Максимальные значения УЗД в волноводе без частотной коррекции активного сабвуфера и корректирующие коэффициенты

Частота, Гц	Максимальные УЗД, дБ T1=T2=2 сек	Максимальные УЗД, дБ T1=T2=3 сек	Максимальные УЗД, дБ T1=T2=4 сек	Максимальные УЗД, дБ T1=T2=5 сек
22	128,2	128,3	128,7	128,5
24	128,9	128,9	129	128,9
26	129,4	128,8	128,6	129,5
28	129,5	128,8	129,2	129
30	129	128,1	129,2	129,4
32	128,1	127,4	127,9	127,9
34	127,1	126,8	127,3	127
36	129,6	127,5	129	128
38	127,7	129,1	129,4	129,6

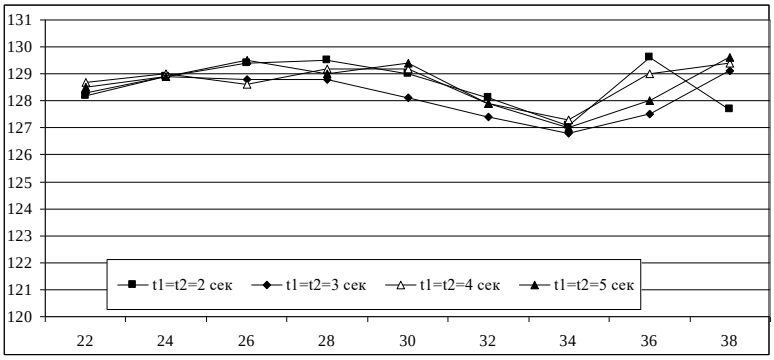


Рисунок 2.8 – Максимальные значения УЗД стимулирующего сигнала в волноводе медицинского изделия при разных режимах вдоха-выдоха (по оси абсцисс – частота, Гц; по оси ординат – УЗД в волноводе, дБ; черный квадрат – время вдоха-выдоха 2 секунды; черный ромб – время 3 сек; светлый треугольник – время 4 сек; черный треугольник - время 5 сек.)

Представленные результаты измерений, проведенных в соответствии с ГОСТ 17187 и ГОСТ Р ИСО 9612, показали, что максимальный УЗД во всем заданном диапазоне частот и при разных режимах вдоха-выдоха не превышает 130 дБ. Разброс в уровнях звукового давления по частоте не превышает 1 дБ.

В соответствии с этим установлено, что характеристики звукового поля в волноводе разработанного аппарата акустической стимуляции легких соответствуют ТУ 26.60.12-002-18954585-2019 и обеспечивают безопасность и удовлетворительную воспроизводимость параметров генерируемых высокоинтенсивных звуков низкой частоты при проведении биоакустической стимуляции дыхательной системы человека при помощи АПК БСДС.

2.3. Результаты клинических испытаний аппаратно-программного комплекса биоакустической стимуляции дыхательной системы

Клинические испытания разработанного АПК БСДС – серийного образца аппарата акустической стимуляции легких включали исследования по оценке влияния БСДС, реализуемой при помощи указанного аппарата, на функциональные резервы дыхательной системы человека по изменениям значений жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и на показатели общего анализа крови (гемоглобин, цветовой показатель, ретикулоциты, эритроциты, гематокрит, тромбоциты, лейкоциты, нейтрофилы, эозинофилы, базофилы, моноциты, лимфоциты, СОЭ), биохимического анализа крови (общий белок, альбумин, креатинин, мочевина, глюкоза, молочная кислота, калий, натрий, общий билирубин, неорганический фосфор, холестерин общий, триглицериды, холестерин, ЛПВП, активность АСТ, АЛТ, общая креатинфосфокиназа, общая щелочная фосфатаза), общего анализа мочи (плотность, pH среды, белок, глюкоза, уробилиноген, билирубин, микроскопия осадка с определением эпителия, эритроцитов, лейкоцитов, солей, слизи), гормонального статуса (общий тестостерон, соматотропный и тиреотропный гормоны) и антропометрические показатели (объем грудной клетки на вдохе, выдохе и в паузе).

В клинико-экспериментальном исследовании по оценке влияния БСДС, реализуемой при помощи серийного образца аппарата акустической стимуляции легких, на функциональные резервы дыхательной системы человека по изменениям значений ЖЕЛ приняло участие 9 добровольцев-испытуемых - спортсменов мужского пола (средний возраст 23,8±1,5 года, вид спорта - лыжные гонки, спортивный разряд - 1-й взрослый). Все добровольцы-испытуемые (спортсмены) (коды: БС1…БС9) прошли однократную БСДС - трехкратное воздействие звуков низкой частоты при уровнях звукового давления до 130 дБ в заданном диапазоне частот 22-38 Гц по 3 минуты каждое с интервалом между воздействиями в 1 минуту.

Перед началом каждого воздействия медицинским персоналом проводился опрос самочувствия спортсмена, измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС,

уд/мин) и насыщения крови кислородом (SpO_2, %), а также определение жизненной емкости легких (ЖЕЛ, л). Во время воздействия велся постоянный контроль самочувствия, ЧСС и SpO_2, а замеры ЖЕЛ проводились после каждого стимулирующего воздействия.

Для определения показателей ЖЕЛ использовали спирометр сухой портативный (Rudolf Riester, Германия), позволяющий регистрировать ЖЕЛ с точностью до 0,1 л. Регистрация показателей ЖЕЛ осуществлялась при нахождении добровольца в положении сидя. Доброволец выполнял два предварительных спокойных вдоха-выдоха, затем делал глубокий вдох и спокойный полный выдох через мундштук спирометра. Выполнялись три измерения ЖЕЛ, из которых выбирался лучший результат.

Насыщение крови кислородом и ЧСС во время биоакустической стимуляции определяли медицинским пульсоксиметром марки «Armed YX300». Во время измерения SpO_2 датчик пульсоксиметра находился на указательном пальце левой руки добровольца.

Заключение о самочувствии спортсменов делалось на основании опросника «Самочувствие-Активность-Настроение» (САН) [53].

Статистическая обработка всех полученных в исследовании данных проводилась с применением программы Statistica 10.0. Сравнение значений оцениваемых показателей измерений и состояния добровольцев-испытуемых до и после курса проводимых мероприятий исследования проводили с применением параметрических и непараметрических критериев для зависимых выборок. Различия считались статистически значимыми при $p<0,05$.

Предварительные результаты измерений параметров звукового поля в акустическом интерферометре АПК БСДС показали, что при сканировании параметры не превышают уровней звукового давления 130 дБ в заданном диапазоне частот 22-38 Гц, а разброс в уровнях звукового давления по частоте не превышает 3 дБ. Таким образом, стимулирующий сигнал отвечал требованиям безопасности [226].

Значения показателей ЧСС и SpO_2 у всех добровольцев-испытуемых в

процессе БСДС находились в пределах физиологической нормы.

В таблице 2.6 приведены индивидуальные и среднегрупповые данные динамического изменения ЖЕЛ у обследованных добровольцев-испытуемых (спортсменов) в процессе БСДС, а также абсолютные и относительные значения прироста значений ЖЕЛ данных у спортсменов после БСДС.

Таблица 2.6 – Индивидуальные и среднегрупповые значения ЖЕЛ у добровольцев-испытуемых в процессе и после БСДС

Код добровольца-испытуемого	Исходное значение ЖЕЛ, л	Величина ЖЕЛ после биоакустического воздействия, л			Прирост ЖЕЛ, л (%)	ЖЕЛ через 3 дня после стимуляции, л
		Первое воздействие	Второе воздействие	Третье воздействие		
БС1	3,5	3,7	3,7	3,7	0,2 (5,7)	3,7
БС2	4,5	4,6	4,8	5,2	0,7 (15,6)	5,0
БС3	5,5	5,4	5,5	5,8	0,3 (5,5)	5,6
БС4	4,7	4,8	4,8	4,9	0,2 (4,3)	4,8
БС5	5,3	5,4	5,0	4,9	0,1 (1,9)	5,3
БС6	4,7	4,5	4,6	4,5	-0,2 (-4,3)	4,7
БС7	5,7	5,9	6,0	6,0	0,3 (5,3)	5,9
БС8	5,5	5,6	5,6	5,7	0,2 (3,6)	5,6
БС9	4,7	4,9	4,9	4,9	0,2 (4,3)	4,9
Среднегрупповые значения	4,9±0,23	4,98±0,22	4,99±0,22	5,07±0,24*	0,22±0,08* (4,66±1,71*)	5,06±0,22*

Примечание: * - достоверные различия с фоном на уровне $p<0,05$ (по критерию Вилкоксона).

Как следует из представленных в таблице 2.6 данных, у восьми (88,9 %) из девяти добровольцев-испытуемых (спортсменов) в процессе и после БСДС наблюдалось увеличение ЖЕЛ. ЖЕЛ изменялась сразу после однократного воздействия. Только один доброволец-испытуемый (БС6) продемонстрировал снижение ЖЕЛ, что, по-видимому, было обусловлено индивидуальной реакцией на сканирующий частотный режим АПК БСДС либо некорректностью определения фонового значения ЖЕЛ. При последующих воздействиях эффект увеличения ЖЕЛ сохранялся или усиливался. В среднем по группе после БСДС было отмечено достоверное ($p<0,05$) увеличение ЖЕЛ на 4,66±1,71 % относительно исходных значений. Достоверное ($p<0,05$) увеличение ЖЕЛ относительно исходных значений было отмечено также через 3 дня после стимуляции.

По субъективным ощущениям все добровольцы-испытуемые, включая добровольца-испытуемого со снижением ЖЕЛ (БС6), отмечали ощущение более

глубоких вдохов после воздействия, ощущение легкости дыхания и отсутствие одышки после спортивных тренировок впоследствии.

Следует отметить, что двое добровольцев-испытуемых (БС5, БС8) проходили стимуляцию на фоне затруднённого дыхания, обусловленного начальными признаками простудного заболевания. После стимуляции указанные добровольцы-испытуемые отметили улучшение дыхания, увеличение его глубины, отхождение мокроты.

Трое добровольцев-испытуемых (БС1, БС2, БС3), принимавших участие в исследованиях на более ранних этапах разработки АПК БСДС отметили, что эффект стимуляции при использовании серийного образца аппарата акустической стимуляции легких имеет такой же выраженный характер по параметрам ощущения легкости дыхания, большей глубины вдоха, большего объема дыхания сразу и в течение 2-3 дней после 3-х кратного воздействия в течение одного сеанса.

Таким образом, в клинических испытаниях было показано, что после однодневного курса БСДС, проведенной при помощи образца аппарата акустической стимуляции легких, у добровольцев-испытуемых (спортсменов) происходит прирост ЖЕЛ, который сохраняется в течение 3 дней и более после стимуляции и сопровождается субъективными оценками более легкого дыхания.

Для подтверждения и уточнения этих данных в ходе клинических испытаний серийного образца аппарата акустической стимуляции легких было также проведено исследование влияния 5-ти дневного курса БСДС высокоинтенсивными звуками на функциональные резервы органов дыхания человека.

Стимуляция звуками низкой частоты осуществлялась при трехкратном воздействии по 3 мин каждое с интервалом между воздействиями в 1 мин в течение 5 дней. В исследовании приняло участие 6 добровольцев-испытуемых мужского пола, средний возраст 23,2±2,8 года. Критерием эффективности процедуры являлось увеличение ЖЕЛ. В результате исследования было выявлено, что увеличение ЖЕЛ у большинства участников исследования отмечается уже после первой процедуры стимуляции и достигает максимальной выраженности в 1-3 сутки (индивидуально).

На рисунке 2.9 приведена динамика среднегрупповых значений ЖЕЛ после 5 сеансов БСДС, проведенных добровольцам-испытуемым.

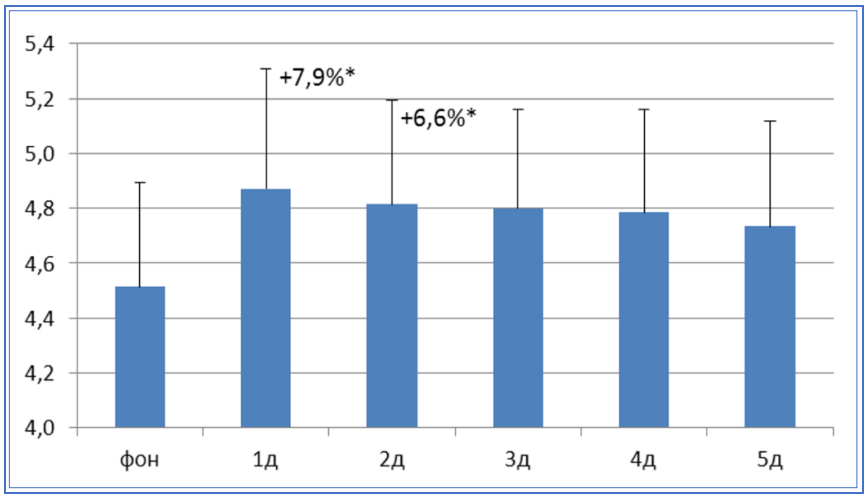


Рисунок 2.9 – Динамика значений ЖЕЛ (л) добровольцев-испытуемых (n = 6) после сеансов БСДС (сеанс - трехкратное воздействие по 3 минуты каждое с интервалом в 1 мин), проведенных ежедневно в течение 5 дней (* - достоверно отличаются от фоновых значений, p <0,05)

Как следует из приведенного на рисунке 2.9 графика, среднее увеличение ЖЕЛ у участников исследования составило до 8 % от фоновых значений.

В таблице 2.7 представлены результаты спирометрического исследования у добровольцев-испытуемых - участников исследования.

Таблица 2.7 – Динамика показателей функции внешнего дыхания у добровольцев-испытуемых после воздействия БСДС в течение пяти дней (n = 6)

Показатель функции внешнего дыхания		Срок оценки	
		Фон	5-й день
ФЖЕЛ, л	Значение	4,54±0,16	4,90±0,22
	% от должного	109,3±1,98	117,0±2,71
ОФВ1, л	Значение	3,77±0,13	4,08±0,19
	% от должного	103,0±2,16	110,4±2,88
Инд. Генслера, %	Значение	83,1±0,40	83,1±0,42
ПОС, л/с	Значение	9,01±0,46	9,75±0,52*
	% от должного	112,7±3,83	121,1±3,83
МОС25, л/с	Значение	7,80±0,36	8,36±0,51
	% от должного	108,7±3,08	114,7±4,37
МОС50, л/с	Значение	4,54±0,18	5,52±0,39
	% от должного	89,4±2,24	106,4±5,50
МОС75, л/с	Значение	2,16±0,09	2,24±0,11
	% от должного	88,1±3,63	90,2±3,39

Примечание: * - достоверные различия с фоном на уровне p<0,05 (по критерию Вилкоксона).

Представленные в таблице 2.7 данные об изменениях показателей функции внешнего дыхания свидетельствовали о значимом повышении у добровольцев-испытуемых в среднем по группе функциональных резервов дыхательной системы после 5-ти дневного курса БСДС, реализуемой при помощи АПК БСДС - серийного образца аппарата акустической стимуляции легких.

Таким образом, на основании всей совокупности полученных данных в проведенных клинических испытаниях было показано, что АПК БСДС - серийный образец аппарата акустической стимуляции легких может применяться в соответствии с показаниями к применению в целях повышения функциональных резервов дыхательной системы человека.

В клинико-экспериментальном исследовании по оценке влияния БСДС, реализуемой при помощи серийного образца аппарата акустической стимуляции легких, на показатели общего анализа крови, биохимического анализа крови, общего анализа мочи, гормонального статуса и антропометрические показатели приняли участие 20 добровольцев-испытуемых – спортсменов-мужчин (возраст 24,3±0,8 лет), занимающихся лыжными видами спорта (лыжные гонки, биатлон, лыжероллеры) и отвечающих следующим критериям: спортивный разряд не ниже I взрослого; отсутствие медицинских противопоказания к участию в клинических испытаниях; заключившие письменное информированное согласие на участие в клинических испытаниях, а также согласие на все ограничения, налагаемые в ходе их проведения. Указанные добровольцы-испытуемые случайным образом были разделены на две группы: экспериментальная группа (группа БСДС) – 10 человек (коды: 01В…10В), контрольная группа (группа «ложного» воздействия БСДС) – 10 человек (коды: 01К…10К).

Добровольцам-испытуемым экспериментальной группы БСДС проводилась 6 раз в течение 15-и дней (с интервалом 1-2 дня). В каждый день проведения БСДС у добровольцев-испытуемых предварительно сканировались резонансные частоты на вдохе, выдохе и при спокойном дыхании. На основании этих данных ежедневно формировался индивидуальный частотный спектр для 3-х кратного 3-х минутного воздействия. При проведении БСДС повышение и понижение частотных

характеристик звуковой волны было четко синхронизировано с ритмом дыхания добровольца-испытуемого, при котором на вдохе подавался звуковой сигнал в резонансном диапазоне с понижением частоты, а на выдохе в том же диапазоне с повышением частоты. Оценка показателей общего анализа крови, биохимического анализа крови, общего анализа мочи, гормонального статуса и антропометрических показателей у добровольцев-испытуемых проводилась до первого сеанса воздействия БСДС и на 8-й и 15-день проводимого исследования.

В контрольной группе исследование проводилось по такой же методике: 6 раз в течение 15-и дней (с интервалом 1-2 дня) со сканированием резонансного частотного спектра на вдохе, выдохе и при спокойном дыхании с дальнейшей 3-х кратной 3-х минутной имитацией воздействия БСДС.

Результаты оценки показателей общего анализа крови добровольцев-испытуемых экспериментальной и контрольной групп до и в 15-й день клинико-экспериментального исследования представлены в таблице 2.8.

До проведения клинико-экспериментального исследования (истинной и «ложной» БСДС) значения показателей общего анализа крови у добровольцев-испытуемых обеих групп находились в пределах нормы.

На 15-й день исследования в контрольной группе достоверно возрос цветовой показатель и составил 0,86±0,01 ед. при исходном уровне 0,87±0,01 ед. ($p<0,05$). При этом уровень гемоглобина не претерпел достоверных изменений.

В экспериментальной группе после воздействия БСДС достоверные изменения произошли в показателях белой крови. Так в данной группе добровольцев-испытуемых к 15-у дню применения БСДС возросли следующие показатели: эозинофилы (%) с 2,8±0,48 до 3,18±0,08; базофилы (%) с 0,54±0,10 до 0,55±0,08 ($p<0,05$).

При проведении межгруппового сравнения показателей общего анализа крови выявлены достоверные отличия только в фоновых значениях. Так, в экспериментальной группе исходный уровень гемоглобина был достоверно выше, чем в контрольной группе (154,00±3,20 и 145,10±2,63 g/L, соответственно ($p<0,05$)). Количество лейкоцитов так же было увеличено в экспериментальной группе по

сравнению с контрольной группой (5,92±0,58 и 4,75±0,19 10^9/L, соответственно (p<0,05)).

Таблица 2.8 – Средние значения показателей общего анализа крови у добровольцев-испытуемых экспериментальной и контрольной групп до и в 15-й день клинико-экспериментального исследования

Показатель	Норма	Группа	Срок оценки	
			Фон	15-й день
Гемоглобин, g/L	М 130-160 Ж 120-140	Контрольная	145,10±2,63	144,80±2,74
		Экспериментальная	154,00±3,20**	152,60±2,76
Цветовой показатель, ед.	0,85-1,05	Контрольная	0,86±0,01	0,87±0,01*
		Экспериментальная	0,88±0,01	0,88±0,01
Ретикулоциты, %	2-10	Контрольная	10,48±1,83	9,74±1,11
		Экспериментальная	11,47±0,83	9,81±0,56
Эритроциты, 10^12/L	М 4,5-5,0 Ж 3,9-4,7	Контрольная	5,03±0,08	4,98±0,07
		Экспериментальная	5,26±0,09	5,21±0,08
Гематокрит, %	39-49	Контрольная	43,39±0,59	43,12±0,74
		Экспериментальная	45,28±0,97	44,85±0,78
Тромбоциты, 10^9/L	180-320	Контрольная	251,20±20,21	238,00±13,19
		Экспериментальная	230,30±12,31	222,70±13,68
Лейкоциты, 10^9/L	4,0-9,0	Контрольная	4,75±0,19	5,17±0,29
		Экспериментальная	5,92±0,58**	5,70±0,29
Нейтрофилы, %	48-78	Контрольная	48,53±2,26	48,19±2,35
		Экспериментальная	50,61±2,33	48,06±2,51
Эозинофилы, %	0,5-5	Контрольная	2,86±0,16	3,25±0,32
		Экспериментальная	2,80±0,48	3,18±0,48*
Базофилы, %	0-1	Контрольная	0,35±0,04	0,31±0,04
		Экспериментальная	0,54±0,10	0,55±0,08**
Моноциты, %	3-11	Контрольная	9,25±0,81	9,44±0,62
		Экспериментальная	10,05±1,03	10,65±0,96
Лимфоциты, %	19-37	Контрольная	39,01±2,68	38,81±2,67
		Экспериментальная	36,00±2,16	37,56±2,25
СОЭ, мм/час	М 2-10 Ж 2-15	Контрольная	4,70±1,95	2,20±0,20
		Экспериментальная	3,00±0,60	2,30±0,15

Примечания: * - значения достоверно отличаются от фоновых значений внутри группы (p<0,05) по критерию Вилкоксона;

** - значения достоверно отличаются от значений контрольной группы (p<0,05) по критерию Вилкоксона.

Таким образом, исходя из полученных данных, БСДС, реализованная при помощи АПК БСДС, не оказала значительного влияния на показатели общего анализа крови добровольцев-испытуемых.

Результаты оценки показателей биохимического анализа крови добровольцев-испытуемых экспериментальной и контрольной групп до и в 15-й день клинико-экспериментального исследования представлены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Средние значения показателей биохимического анализа крови у добровольцев-испытуемых экспериментальной и контрольной групп до и в 15-й день клинико-экспериментального исследования

Показатель	Норма	Группа	Срок оценки	
			Фон	15-й день
Глюкоза, mmol/l	3,90-6,10	Контрольная	5,25±0,12	4,61±0,17*
		Экспериментальная	5,08±0,12	4,74±0,12
Общий белок, g/l	65-85	Контрольная	78,91±1,53	73,00±0,98*
		Экспериментальная	80,71±0,93	74,65±1,21*
Мочевая кислота, umol/l	140,0-416,0	Контрольная	301,27±15,66	298,52±14,31
		Экспериментальная	303,84±21,48	274,46±15,53
Калий, mmol/l	3,50-5,10	Контрольная	4,14±0,07	4,18±0,09
		Экспериментальная	4,12±0,05	4,19±0,07
Натрий, mmol/l	136,0-146,0	Контрольная	135,98±0,64	140,19±0,70*
		Экспериментальная	137,15±0,81	140,33±0,41*
Общий билирубин, umol/l	5,0-21,0	Контрольная	10,18±0,77	12,25±1,27
		Экспериментальная	14,44±2,06	16,02±2,57
Неорганический фосфор, mmol/l	0,81-1,45	Контрольная	1,19±0,03	1,33±0,07
		Экспериментальная	1,21±0,04	1,23±0,08
Холестерин общий, mmol/l	3,90-5,20	Контрольная	4,68±0,35	4,48±0,33
		Экспериментальная	3,78±0,16**	3,70±0,10
ЛПВП, mmol/l	1,05-2,10	Контрольная	1,39±0,16	1,35±0,12
		Экспериментальная	1,21±0,06	1,23±0,06
Триглицериды, mmol/l	0,40-1,94	Контрольная	0,94±0,17	0,77±0,07
		Экспериментальная	0,81±0,14	0,80±0,11
АСТ, u/l	1,6-37,0	Контрольная	34,83±11,40	24,28±4,97
		Экспериментальная	12,93±1,36**	15,06±1,94
АЛТ, u/l	1,6-40,0	Контрольная	28,67±4,27	30,68±5,35
		Экспериментальная	20,79±1,13	21,53±1,20
Креатинфосфокиназа, u/l	1,0-195,0	Контрольная	435,03±154,10	383,46±137,84
		Экспериментальная	155,86±16,78	135,47±19,34
Щелочная фосфатаза, u/l	30,0-120,0	Контрольная	67,56±6,27	65,83±5,85
		Экспериментальная	69,36±5,97	68,78±6,02

Примечания: * - значения достоверно отличаются от фоновых значений внутри группы ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона;

** - значения достоверно отличаются от значений контрольной группы ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона.

Анализ полученных данных показал, что приведенные в таблице 2.10 средние значения всех показателей биохимического анализа крови находятся в пределах физиологической нормы, кроме значений креатинфосфокиназы - фермента, который участвует в реакциях энергообеспечения мышечного сокращения. Так как физическая нагрузка является фактором, значительно повышающим ее уровень, увеличение данного показателя у спортсменов является оправданным и напрямую зависит от интенсивности тренировочного и соревновательного процесса.

Уровень креатинфосфокиназы у добровольцев-испытуемых контрольной группы составил 435,03±154,10 u/l при фоновом обследовании и 383,46±137,84 u/l на 15-й день исследования, а у добровольцев-испытуемых экспериментальной группы - 155,86±16,78 u/l и 135,47±19,34 u/l, соответственно. Общепринятые нормальные значения уровня креатинфосфокиназы составляют 1,0-195,0 u/l.

Из результатов проведенного анализа также следует, что колебания значений показателей биохимического анализа крови у добровольцев-испытуемых в ходе исследования в обеих группах были незначительными и схожими.

Так, и в экспериментальной, и в контрольной группах достоверно снизилось количество общего белка крови: в контрольной группе с 78,91±1,53 g/l до 73,00±0,98 g/l ($p<0,05$), а в экспериментальной группе с 80,71±0,93 g/l до 74,65±1,21 g/l ($p<0,05$).

Уровень натрия в крови добровольцев-испытуемых обеих групп достоверно возрос: в контрольной группе с 135,98±0,64 mmol/l до 140,19±0,70 mmol/l ($p<0,05$), а в экспериментальной группе с 137,15±0,81 mmol/l до 140,33±0,41 mmol/l ($p<0,05$).

При межгрупповом анализе значений биохимических показателей крови выявлено, что при фоновом обследовании уровень общего холестерина в контрольной группе был достоверно выше, чем в экспериментальной группе и составил 4,68±0,35 mmol/l и 3,78±0,16 mmol/l ($p<0,05$), соответственно. Уровень фермента АСТ также имел достоверно большее значение у добровольцев-испытуемых контрольной группы и составлял 34,83±11,40 u/l, в то время как в экспериментальной группе - 12,93±1,36 u/l ($p<0,05$).

Таким образом, исходя из полученных данных, БСДС, реализованная при помощи АПК БСДС, не оказала влияния на показатели биохимического анализа крови добровольцев-испытуемых. Их значения находились на уровне нормы (за исключением креатинфосфокиназы), а изменения были незначительными.

Результаты оценки показателей гормонального статуса (показателей анализа крови на гормоны) добровольцев-испытуемых экспериментальной и контрольной групп до и в 15-й день исследования представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Средние значения показателей уровня гормонов в крови у добровольцев-испытуемых экспериментальной и контрольной групп до и в 15-й день клинико-экспериментального исследования

Показатель	Норма	Группа	Срок оценки	
			Фон	15-й день
СТГ, ng/mL	0,02-1,23	Контрольная	0,95±0,66	1,21±0,95
		Экспериментальная	0,27±0,14	0,21±0,07
ТТГ, μIU/mL	0,35-4,94	Контрольная	1,58±0,17	1,31±0,13
		Экспериментальная	1,79±0,28	1,76±0,27
Общий тестостерон, ng/dL	156-877	Контрольная	653,59±93,26	712,20±64,64
		Экспериментальная	665,00±32,58	737,80±43,62*

Примечание: * - значения достоверно отличаются от фоновых значений внутри группы ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона.

Из представленных в таблице 2.10 данных следует, что достоверные изменения гормонального статуса добровольцев-испытуемых наблюдались только по показателю уровня общего тестостерона в экспериментальной группе. Данный показатель к 15-у дню исследования по отношению к фону увеличился с 665,00±32,58 ng/dL до 737,80±43,62 ng/dL ($p<0,05$). Аналогичные, но недостоверные изменения наблюдались и в контрольной группе. Уровни соматотропного (СТГ) и тиреотропного (ТТГ) гормонов у испытуемых обеих групп в ходе исследования изменились незначительно.

Таким образом, значительного влияния на гормональный статус добровольцев-испытуемых (по вышеуказанным гормонам) БСДС, реализованная при помощи АПК БСДС, не оказала.

У добровольцев-испытуемых (спортсменов), участвовавших в исследовании, общий анализ мочи оценивался только индивидуально и в различные дни исследования. В связи с этим представляется возможным представить лишь данные только тех добровольцев-испытуемых, у которых в моче были выявлены изменения. При этом частота встречаемости отклонений в общем анализе мочи не зависела от группы. Так, следы белка в моче в различные дни исследования были обнаружены у 6 добровольцев-испытуемых контрольной группы (01К, 02К, 06К, 07К, 08К, 09К) и у 4 добровольцев-испытуемых экспериментальной группы (02В, 04В, 05В, 07В). У добровольцев-испытуемых 02В (экспериментальная группа) и 02К (контрольная группа) отмечалось повышение уровня уробилиногена до 34-

50 umol/l до и в 15-й день исследования. У добровольцев-испытуемых 04В (экспериментальная группа) и 07К (контрольная группа) был обнаружен повышенный уровень билирубина в моче от 0,3 до 0,6 umol/l вне зависимости от дня исследования. У добровольца-испытуемого 02В (экспериментальная группа) при микроскопии осадка мочи отмечалась эритроцитурия до 4 эритроцитов в поле зрения в 15-й день исследования.

Все эти изменения показателей общего анализа мочи у добровольцев-испытуемых обеих групп, при имевшем место отсутствии жалоб со стороны мочевыделительной системы, могут быть объяснены значительными физическими нагрузками в процессе исследования (выполнение нагрузочных проб), а не воздействием БСДС.

Результаты антропометрического исследования добровольцев-испытуемых экспериментальной и контрольной групп до и в 15-й день клинико-экспериментального исследования представлены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Средние значения антропометрических показателей у добровольцев-испытуемых экспериментальной и контрольной групп до и в 15-й день клинико-экспериментального исследования

Группа испытуемых		Контрольная группа		Экспериментальная группа	
Показатели \ Срок оценки		Фон	15-й день	Фон	15-й день
Рост, см		175,80±2,47		185,6±1,79	
Вес, кг		75,58±3,89	75,71 ±3,77	76,47±1,35	76,72±1,49
Объем грудной клетки, см	Вдох	104,8±2,43	104,75±2,11	100,8±1,04	100,7±1,05
	Выдох	94,5±2,24	93,7±1,86	91,6±0,95	90,81±0,94*
	Пауза	100,01±2,38	99,2±2,27	96,2±0,94	95,9±1,14

Примечание: * - значения достоверно отличаются от фоновых значений внутри группы ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона.

При анализе оцененных антропометрических данных добровольцев-испытуемых, участвовавших в клинических испытаниях, особое внимание уделялось изменениям объемов грудной клетки на вдохе, выдохе и в спокойном состоянии (пауза) в связи с тем, что именно эти показатели косвенно отражают состояние системы дыхания. Кроме того, учитывалась динамика веса, т.к. ее значительные колебания могли бы повлиять на величину объемов грудной клетки.

Антропометрические показатели в обеих группах были достаточно

однородны. Это объясняется однообразием требований, предъявляемых к морфофункциональным характеристикам строения тела при отборе в избранном виде спорта (биатлон, лыжные гонки, лыжероллеры), спецификой физических нагрузок и сравнимым уровнем спортивного мастерства у отобранных для исследования добровольцев-испытуемых (спортсменов).

Так, в контрольной группе добровольцев-испытуемых средний рост составил 175,80±2,47см, вес – 75,58±3,89 кг. Средние значения показателей объема грудной клетки в покое – 100,01±2,38 см, на вдохе – 104,8 ±2,43 см, на выдохе – 94,5 ±2,24 см. Статистически значимых изменений данных параметров в 15-й день исследования не было отмечено.

При антропометрическом обследовании добровольцев-испытуемых, экспериментальной группы, среднее значение показателя роста было 185,6±1,79 см, а веса 76,47±1,35 кг. Показатели объема грудной клетки имели среднее значение в покое 96,2±0,94 см, на вдохе – 100,8±1,04 см. В данной группе к 15-у дню исследования у добровольцев-испытуемых произошло достоверное уменьшение показателя объема грудной клетки на выдохе с 91,6±0,95 до 90,81±0,94 см ($p<0,05$), что свидетельствовало об увеличении экскурсии грудной клетки за счет фазы выдоха после биоакустической стимуляции дыхательной системы.

Таким образом, однородность антропометрических данных у спортсменов, участвовавших в клинических испытаниях АПК БСДС, свидетельствует об отсутствии различий между группами и правильности выбора критериев их формирования, а увеличение экскурсии грудной клетки за счет фазы выдоха после БСДС может быть связано со стимулирующим действием низкочастотных звуковых колебаний на дыхательную мускулатуру.

На основании совокупности всех полученных при проведении клинических испытаний АПК БСДС – серийного образца аппарата акустической стимуляции легких данных об изменениях показателей функциональных резервов дыхательной системы, показателей общего анализа крови, биохимического анализа крови, общего анализа мочи, гормонального статуса и антропометрических показателей добровольцев-испытуемых после биоакустической стимуляции, реализованной

при помощи указанного аппарата, представляется возможным заключить, что БСДС обусловливает значимое повышение функциональных резервов дыхательной системы человека, увеличивая ЖЕЛ и экскурсию грудной клетки за счет фазы выдоха, не оказывая при этом негативного влияния на клинические, гематологические и биохимические показатели состояния его организма.

На основании вышеизложенного в главе 2 представляется возможным заключить, что в настоящее время разработан и прошел технические и клинические испытания в целях государственной регистрации как медицинское изделие АПК БСДС - серийный образец аппарата акустической стимуляции легких, включающий блок волновода-интерферометра, установленный в сабвуфер с конусообразным концентратором звука; систему управления интерферометром - переносной компьютер (ноутбук, планшет) с лицензионным программным обеспечением и/или блок управления (программируемый контроллер); программное обеспечение комплекса, осуществляющее формирование и регистрацию акустических сигналов, формирование базы данных и графического изображения. Указанный аппарат, исходя из результатов проведенных испытаний, по своим комплектации, маркировке, упаковке, составу, габаритным размерам, массе, времени установления рабочего режима, времени непрерывной работы, полной потребляемой мощности, характеристикам программируемого контроллера и активного сабвуфера, характеристикам звукового поля в волноводе, встроенному программному обеспечению соответствует требованиям нормативной документации, технической и эксплуатационной документации производителя. Кроме этого, аппарат конструктивно адаптирован к транспортной тряске, тепло-, холодо- и влагоустойчив в рабочих условиях применения и при транспортировке на суше и при морских перевозках, помехоустойчив, конструктивно обеспечивает необходимую степень защиты персонала и пациентов в соответствии с требованиями нормативной документации, а также соответствует своей области медицинского назначения и может безопасно применяться в соответствии с показаниями к применению в целях повышения функциональных резервов дыхательной системы человека, в частности, в спортивной медицине.

Глава 3. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМИ ЗВУКАМИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

3.1. Этапы, задачи, материал и методы исследования

Исследование по разработке и обоснованию методики БСДС организма человека высокоинтенсивными звуками низкой частоты имело своей целью разработку и обоснование методики повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсменов при помощи БСДС и проводилось в три этапа:

этап 1 - оценка возможности использования и безопасности применения БСДС для повышения функциональных резервов дыхательной системы у людей, регулярно не занимающихся физическими упражнениями;

этап 2 - определение индивидуальных особенностей дыхательной системы спортсменов лыжных видов спорта в зависимости от физического состояния для определения времени (периода) использования БСДС в спортивной деятельности;

этап 3 - оценка влияния различных режимов БСДС на показатели функционального состояния спортсменов лыжных видов спорта и выбор оптимального режима применения БСДС для повышения функциональных возможностей организма спортсмена-лыжника.

В исследовании на разных этапах приняли 47 добровольцев-испытуемых (мужчин и женщин в возрасте от 20 до 38 лет):

на первом этапе - 7 человек, не занимающиеся регулярными физическими нагрузками (5 мужчин, 2 женщины);

на втором этапе и третьем этапах - по 20 спортсменов (по 10 мужчин и 10 женщин), занимающихся лыжными видами спорта (лыжные гонки, биатлон, лыжероллеры).

При этом, на втором этапе исследования тестирование на беговой дорожке прошли 12 спортсменов-лыжников (7 мужчин, 5 женщин); на велоэргометре тест «до отказа» выполнили 15 спортсменов (7 мужчин, 8 женщин); короткий

анаэробный 30-секундный Вингейт-тест на велоэргометре выполнили 10 спортсменов (4 мужчины, 6 женщин).

Все добровольцы-испытуемые отвечали следующим критериям: отсутствие медицинских противопоказаний к участию в исследовании; заключившие письменное информированное согласие на участие в исследовании, а также согласие на все ограничения, налагаемые в ходе исследования; для спортсменов - спортивный разряд не ниже I взрослого. Так, среди участвовавших в исследовании спортсменов было 3 мастера спорта, 7 кандидатов в мастера спорта и 9 человек, имевших I спортивный разряд.

В ходе проведении исследования у добровольцев-испытуемых проводились:

- определение индивидуальных частотных характеристик дыхательной системы при задержке дыхания на фазе вдоха; задержке дыхания на фазе выдоха; при свободном дыхании;
- оценка показателей дыхательной системы (жизненная емкость легких, форсированная жизненная емкость легких);
- оценка показателей сердечно-сосудистой системы (частота сердечных сокращений, насыщение крови кислородом);
- оценка физической работоспособности нагрузочным тестом на беговой дорожке «T-Ergo PRO» со ступенчато возрастающей нагрузкой «до отказа»;
- оценка физической работоспособности нагрузочным тестом на велоэргометре «V-Ergo PRO» со ступенчато возрастающей нагрузкой «до отказа»;
- оценка анаэробной работоспособности нагрузочным тестом на велоэргометре «V-Ergo PRO» (30-секундный Вингейт-тест);
- интегральная оценка функционального состояния и адаптационных резервов организма (АПК «Диамед-МБС»).
- оценка субъективного состояния путем опроса и выявления жалоб.

Исследование проводилось в стендовых условиях на базе Центра спортивной медицины и реабилитации ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Общая характеристика материала и методов проведения исследования представлена в табл. 3.1.

Таблица 3.1 - Общая характеристика материала и методов проведения исследования

Этап иссле-дования	Метод исследования	Оцениваемые показатели	Количество исследований / Срок оценки показателей	Количество добровольцев-испытуемых
1	Определение индивидуальных частотных характеристик дыхательной системы (АПК БСДС)	Резонансная частота вдоха. Резонансная частота выдоха. Резонансная частота свободного дыхания	1 / 1-й день перед БСДС; 1 / 2-й день перед БСДС	7 человек, не занимающихся регулярными физическими нагрузками (5 мужчин, 2 женщины)
	Спирометрия (медицинский электронной спирометр «MicroLoop»)	Жизненная емкость легких (ЖЕЛ). Форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ)	1 / 1-й день перед БСДС; 3 / 1-й день после 1-го, 2-го и 3-го воздействия БСДС; 1 / 2-й день перед БСДС; 3 / 2-й день после 1-го, 2-го и 3-го воздействия БСДС	
	Пульсоксиметрия (пульсоксиметр в составе спирометра «MicroLoop»)	Насыщение крови кислородом (SpO_2)	1 / 1-й день перед БСДС; 1 / 1-й день непрерывно во время 1-го, 2-го и 3-го воздействия БСДС; 1 / 2-й день перед БСДС; 1 / 2-й день непрерывно во время 1-го, 2-го и 3-го воздействия БСДС	
	Интегральная оценка функционального состояния и адаптационных резервов организма (АПК «Диамед-МБС»)	Вариабельность сердечного ритма. Соматограмма. Биоэлектрограмма	1 / 1-й день наблюдения; 1 / 2-й день наблюдения	4 человека (3 мужчины, 1 женщина)
2	Определение индивидуальных частотных характеристик дыхательной системы (АПК БСДС)	Резонансная частота вдоха. Резонансная частота выдоха. Резонансная частота свободного дыхания	1 / 1-й день перед физич. нагрузкой; 1 / 2-й день после физич. нагрузки	20 спортсменов лыжных видов спорта (лыжные гонки, биатлон, лыжероллеры) (10 мужчин, 10 женщин)
	Спирометрия (медицинский электронной спирометр «MicroLoop»)	Жизненная емкость легких (ЖЕЛ). Форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ)	1 / 1-й день перед физич. нагрузкой; 1 / 1-й день после физич. нагрузки; 1 / 2-й день перед физич. нагрузкой; 1 / 2-й день после физич. нагрузки	
	Пульсоксиметрия (пульсоксиметр в составе спирометра «MicroLoop»)	Насыщение крови кислородом (SpO_2)	1 / 1-й день перед физич. нагрузкой; 1 / 1-й день после физич. нагрузки; 1 / 2-й день перед физич. нагрузкой; 1 / 2-й день после физич. нагрузки	
	Методика оценки максимальной аэробной работоспособности (тест на беговой дорожке)	Продолжительность нагрузки (t). Время ПАНО ($t_{ПАНО}$). Макс. потребление кислорода ($V'O_2$).	Однократно в ходе исследования на данном этапе	12 спортсменов (7 мужчин, 5 женщин)

Этап исследования	Метод исследования	Оцениваемые показатели	Количество исследований / Срок оценки показателей	Количество добровольцев-испытуемых
		Частота сердечных сокращений (ЧСС). Частота дыхания (BF) Объем легочной вентиляции (VE) Дыхательный объем (VT)		
	Методика оценки анаэробной работоспособности (тест на велоэргометре)	Продолжительность нагрузки (t). Время ПАНО ($t_{ПАНО}$). Макс. потребление кислорода ($V'O_2$). Частота сердечных сокращений (ЧСС). Частота дыхания (BF). Объем легочной вентиляции (VE). Дыхательный объем (VT).	Однократно в ходе исследования на данном этапе	15 спортсменов (7 мужчин, 8 женщин)
	Методика оценки максимальной анаэробной работоспособности (30-секундный тест «Wingate»)	Продолжительность нагрузки (t). Время ПАНО ($t_{ПАНО}$). Макс. потребление кислорода ($V'O_2$). Частота сердечных сокращений (ЧСС). Частота дыхания (BF). Объем легочной вентиляции (VE). Дыхательный объем (VT)	Однократно в ходе исследования на данном этапе	10 спортсменов (4 мужчины, 6 женщин)
3	Определение индивидуальных частотных характеристик дыхательной системы (АПК БСДС)	Резонансная частота вдоха. Резонансная частота выдоха. Резонансная частота свободного дыхания	1 / 1-й день перед БСДС; 1 / 2-й день перед БСДС	20 спортсменов лыжных видов спорта (лыжные гонки, биатлон, лыжероллеры) (10 мужчин, 10 женщин)
	Спирометрия (спирометр сухой портативный)	Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)	1 / 1-й день перед БСДС; 3 / 1-й день после 1-го, 2-го и 3-го воздействия БСДС; 1 / 2-й день перед БСДС; 3 / 2-й день после 1-го, 2-го и 3-го воздействия БСДС	
	Пульсоксиметрия (пульсоксиметр медицинский «Armed YX300»)	Насыщение крови кислородом (SpO_2)	1 / 1-й день перед БСДС; 1 / 1-й день непрерывно во время 1-го, 2-го и 3-го воздействия БСДС; 1 / 2-й день перед БСДС; 1 / 2-й день непрерывно во время 1-го, 2-го и 3-го воздействия БСДС	

Определение индивидуальных частотных характеристик дыхательной системы добровольцев-испытуемых осуществлялось при помощи АПК БСДС перед проведением БСДС добровольцев-испытуемых. При этом выполнялось три режима измерения: при задержке дыхания на фазе вдоха; задержке дыхания на фазе выдоха; при свободном дыхании. Продолжительность измерения составляла 10 секунд для каждого режима.

Определение жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ) на первом и втором этапах исследования проводилось с использованием электронного медицинского спирометра «MicroLoop» (рисунок 3.1А), а на третьем этапе исследования для определения ЖЕЛ спортсменов-лыжников использовали спирометр сухой портативный (Rudolf Riester, Германия), позволяющий регистрировать ЖЕЛ с точность до 0,1 литра (рисунок 3.1Б).


А

Б

Рисунок 3.1 – Спирометр «MicroLoop» (А) и спирометр сухой портативный (Б)

Регистрация показателей ЖЕЛ и ФЖЕЛ осуществлялась при нахождении добровольца-испытуемого в положении сидя. Доброволец-испытуемый выполнял два предварительных спокойных вдоха-выдоха, затем делал глубокий вдох и спокойный полный выдох через мундштук спирометра. Выполнялось три измерения ЖЕЛ, из которых выбирался лучший результат. Процедура измерения ФЖЕЛ предполагала выполнение двух предварительных дыхательных циклов вдох-выдох через мундштук спирометра, затем глубокий вдох и следующий за ним резкий быстрый выдох. Проводилось также три измерения, учету подлежал лучший результат.

Степень насыщения крови кислородом (SpO_2) во время БСДС на первом и втором этапах определяли входящим в состав спирометра «MicroLoop» пульсоксиметром, а на третьем этапе использовали пульсоксиметр медицинский «Armed YX300». Во время измерения SpO_2 датчик пульсоксиметра находился на указательном пальце левой руки добровольца-испытуемого. Учету подлежали показатели ЧСС и SpO_2, зарегистрированные в конце каждой минуты воздействия БСДС.

Физическую нагрузку на втором этапе исследования спортсмены выполняли на двух тренажерных устройствах – беговой дорожке «T-Ergo PRO» (рисунок 3.2А) и велоэргометре «V-Ergo PRO» (рисунок 3.2Б).


А


Б

Рисунок 3.2 – Беговая дорожка (А) и велоэргометр (Б)

На беговой дорожке выполнялся тест «до отказа» со ступенчатым увеличением скорости бега без изменения угла наклона дорожки (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Схема нагрузки, используемая в протоколе при тестировании на беговой дорожке [113, 114, 216]

Ступень	Скорость, км/ч	Угол наклона беговой дорожки, %	Длительность ступени, мин
1	5,0	0	2
2	6,5	0	2
3	8,0	0	2
4	9,5	0	2
5	11,0	0	2
6	12,5	0	2
7	14,0	0	2
8	15,5	0	2
9	17,0	0	2
10	18,5	0	7
Восстановление	2,7	0	5

На велоэргометре выполнялось два нагрузочных теста: «до отказа» – со ступенчатым увеличение мощности нагрузки и анаэробный 30-секундный Вингейт тест (Wingate). Схема нагрузки в тесте «до отказа» на велоэргометре представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Схема нагрузки, используемая в протоколе при тестировании на велоэргометре [113, 114]

Ступень	Нагрузка, Вт	Длительность, мин
1	70	3
2	120	3
3	170	3
4	220	3
5	270	3
6	320	3
7	370	3
Восстановление	70	5

Полученные в процессе исследования данные подвергались статистической обработке с помощью пакета программ для персонального компьютера и методами параметрической и непараметрической статистики с учетом критериев Стьюдента и Вилкоксона. Вероятность $p<0,05$ считалась достаточной для вывода о статистической значимости различий данных, полученных в исследовании.

БСДС добровольцев-испытуемых (спортсменов) проводилась с использованием АПК БСДС (глава 2).

Сеанс БСДС для каждого добровольца-испытуемого состоял из трех воздействий по 3-5 минут с двумя интервалами для отдыха по 2 минуты. Стимуляция осуществлялась при произвольной и индивидуально определенной для каждого добровольца-испытуемого длительности фазы вдоха/выдоха T_f, которая составляла от 4 секунд (цикл «вдох-выдох»: 2 сек-2 сек) до 8 секунд (цикл «вдох-выдох»: 4 сек-4 сек), в диапазоне частот, индивидуально определенных для каждого добровольца-испытуемого в соответствии с данными предварительно проведенных измерений индивидуальных резонансных частотных характеристик дыхательной системы, при амплитуде

полигармонического звукового сигнала, составлявшей 115-130 дБ. При этом стимуляция проводилась, как в следящем, так и в точечном режимах работы АПК БСДС, при использовании различных дыхательных методик (дыхание ртом, дыхание носом, комбинированное дыхание) при работе с АПК БСДС.

Выбор амплитуды стимулирующего сигнала равный 115 и 130 дБ был обусловлен требованиями безопасности воздействия. Так, в соответствии с санитарными нормами [226] запрещается даже кратковременное пребывание людей в зонах с уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе. С учетом того, что генерируемый АПК БСДС сигнал кратковременно воздействует только на дыхательный тракт, а на человека в целом не действует, амплитуду сканирующей звуковой волны ограничили УЗД в 130 дБ, или иначе почти в 2 раза ниже допустимого уровня.

3.2. Оценка возможности использования биоакустической стимуляции дыхательной системы для повышения ее функциональных резервов

На данном этапе исследования приняло участие 7 человек, регулярно не занимающихся физическими нагрузками (таблица 3.1).

Перед проведением БСДС для каждого добровольца-испытуемого были определены резонансные частотные характеристики дыхательной системы, которые на фазе вдоха, на фазе выдоха и при свободном дыхании составили 9-27, 9-24 и 6-24 Гц, соответственно.

Добровольцам-испытуемым проводилось 2 сеанса БСДС с интервалом в 2 дня. Сеанс БСДС состоял из трех воздействий по 5 минут с двумя интервалами для отдыха по 2 минуты. Стимуляция осуществлялась при произвольной (1-й день исследования) и индивидуально определенной для каждого добровольца-испытуемого длительности фазы вдоха/выдоха T_f, которая составляла от 4 секунд (цикл «вдох-выдох»: 2 сек-2 сек) до 8 секунд (цикл «вдох-выдох»: 4 сек-4 сек) (2-й день исследования), в диапазоне частот, индивидуально определенных для каждого добровольца-испытуемого в соответствии с данными предварительно проведенных измерений индивидуальных резонансных

частотных характеристик дыхательной системы, при амплитуде полигармонического звукового сигнала, составлявшей 130 дБ. При этом стимуляция проводилась без синхронизации ритма дыхания, как в следящем, так и в точечном режимах работы АПК БСДС, при использовании различных дыхательных методик (дыхание ртом, дыхание носом, комбинированное дыхание) при работе с АПК БСДС.

Индивидуальные и среднегрупповые значения ЖЕЛ и ФЖЕЛ добровольцев-испытуемых после проведения БСДС в 1-й день исследования представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Индивидуальные и среднегрупповые значения ЖЕЛ и ФЖЕЛ добровольцев-испытуемых после проведения БСДС в 1-й день исследования

№ п/п	Доброволец-испытуемый	ЖЕЛ, л				ФЖЕЛ, л			
		Фон	1-е возд-е	2-е возд-е	3-е возд-е	Фон	1-е возд-е	2-е возд-е	3-е возд-е
1	Добр-ц № 1	3,42	3,19	4,27	3,62	3,54	3,54	3,64	3,75
2	Добр-ц № 2	2,94	3,36	3,27	3,12	3,87	3,89	4,03	3,86
3	Добр-ц № 3	3,64	3,73	3,70	3,63	3,37	3,48	3,48	3,44
4	Добр-ц № 4	3,11	2,46	2,59	2,30	4,73	4,9	4,91	4,85
5	Добр-ц № 5	4,67	5,22	5,05	4,82	5,73	5,55	5,55	5,5
6	Добр-ц № 6	5,60	5,68	5,46	5,68	5,87	5,74	5,77	5,83
7	Добр-ц № 7	2,57	3,03	2,99	2,66				
Среднегрупповые значения		3,71 ±0,40	3,81 ±0,45	3,90 ±0,40	3,69 ±0,45	4,52 ±0,41	4,52 ±0,38	4,56 ±0,37	4,54 ±0,38
Изменения, % от фона			2,86 ±5,1	6,13 ±5,12	1,67 ±3,39		0,33 ±1,13	1,54 ±1,27	1,11 ±1,27

Анализ представленных в таблице 3.4 данных показал, что в данной группе добровольцев-испытуемых после БСДС в среднем по группе имелась тенденция к увеличению ЖЕЛ по сравнению с фоновым уровнем после 1-го, 2-го и 3-го воздействий стимуляции. Так, увеличение ЖЕЛ после указанных воздействий наблюдалось у пяти (71,4 %) из семи добровольцев и составляло после 1-го воздействия от 1,4 % (Доброволец № 6) до 17,9 % (Доброволец № 7), после 2-го воздействия - от 1,7 % (Доброволец № 3) до 24,9 % (Доброволец № 1) и после 3-го воздействия - от 1,4 % (Доброволец № 6) до 13,5 % (Доброволец № 1).

При этом особое внимание обратил на себя Доброволец № 4, у которого в отличие от всех остальных добровольцев-испытуемых данной опытной группы

наблюдалось уменьшение ЖЕЛ после всех трех воздействий биоакустической стимуляции на 20,7 %, 16,7 % и 16,1 %, соответственно, по сравнению с фоновым уровнем. Следует отметить, что у данного добровольца-испытуемого при субъективной оценке состояния наблюдалось наибольшее количество негативных изменений самочувствия во время проведения БСДС, т.е. индивидуальная непереносимость процедуры БСДС. Данный случай было предложено учесть при составлении перечня противопоказаний к проведению БСДС.

Значения ФЖЕЛ как по средним значениям в группе, так и по индивидуальным значениям у добровольцев-испытуемых существенных изменений не претерпели.

Анализ изменений насыщения крови кислородом (SpO_2) во время проведения БСДС выявил наиболее значимые изменения данного показателя только у добровольцев-испытуемых № 1 и № 5. Это связано с тем, что во время биоакустической стимуляции им было предложено дышать через рот. В данных условиях дыхание осуществлялось воздухом, который находился в замкнутом пространстве биоакустической установки (АПК БСДС) и с каждым дыхательным циклом доброволец-испытуемый вдыхал воздух уже со сниженным процентным содержанием кислорода и увеличенным содержанием углекислого газа.

Это приводило к снижению насыщения крови кислородом до 85 % (Доброволец № 5) и до 89 % (Доброволец № 1). При этом у Добровольца № 5 компенсация потребления кислорода происходила сначала за счет увеличения частоты дыхания, а к завершению стимуляции - за счет увеличения глубины дыхания (увеличение объема вдоха). У Добровольца № 1 механизм компенсации потребления кислорода осуществлялся за счет увеличения частоты дыхания на всем протяжении воздействия. У остальных пяти добровольцев, которым было предложено использовать носовое дыхание во время стимуляции значительных изменений SpO_2 не наблюдалось. Частота сердечных сокращений в ходе воздействия также значительно не изменялась.

Таким образом, исходя из полученных данных, представилось возможным заключить, что БСДС может рассматриваться как метод увеличения функциональных резервов дыхательной системы человека, так как обусловила увеличение ЖЕЛ, которое после 1-го, 2-го и 3-го воздействий наблюдалось у пяти добровольцев из семи, что составило~70 % от общего числа добровольцев-испытуемых. Наряду с этим, применение БСДС не вызвало значительного увеличения ФЖЕЛ как по индивидуальным показателям, так и по среднегрупповым значениям. При этом было отмечено, что проведении БСДС дыхание через нос является наиболее «выгодным» и не приводит к снижению в процессе стимуляции насыщения крови кислородом, что наблюдалось при выполнении дыхания только ртом. Также на данном этапе БСДС проводилась без определенного ритма дыхания (по усмотрению добровольцев-испытуемых), который никоим образом не был регламентирован. Указанные положения было предложено учесть при проведении дальнейших исследований и при разработке и обосновании методик БСДС человека (спортсмена).

При анализе оценок субъективного состояния добровольцев-испытуемых (ощущения, жалобы) при проведении БСДС в 1-й день исследования были получены противоречивые результаты. Большинство добровольцев-испытуемых отмечало больше отрицательных изменений самочувствия и состояния во время стимуляции. Основными негативными характеристиками самочувствия и состояния во время и после БСДС являлись ощущение сухости во рту, появление головокружения после воздействия, неприятные ощущения в области грудной клетки, ощущение вибрации в грудной клетке и верхней части живота. Один из добровольцев отмечал появление гула в голове во время стимуляции. Однако наряду с отрицательными характеристиками субъективного состояния добровольцы-испытуемые отмечали и положительные. К ним добровольцы-испытуемые относили легкость дыхания после воздействия стимуляции, увеличение глубины дыхания.

Исходя из противоречивости полученных данных субъективной оценки своего состояния при проведении БСДС, для получения объективных данных о

влиянии БСДС на психологическое состояние и состояние внутренних органов проводилось обследование 4 добровольцев-испытуемых из 7 (3 мужчины и 1 женщина) (таблица 3.1) с применением скрининг-диагностики на АПК «Диамед-МБС» [203, 205]. При этом у двоих добровольцев-испытуемых БСДС проводилась однократно, а у двоих – дважды (с интервалом в двое суток).

При проведении повторного воздействия биоакустической стимуляции через двое суток осуществлялся подбор ритма дыхания в зависимости от индивидуальных особенностей и продолжительности дыхательного цикла добровольцев. Следовательно, БСДС проводилась при фиксированной продолжительности цикла «вдох-выдох», которая подбиралась индивидуально перед началом первого воздействия и составляла от 4 секунд (цикл «вдох-выдох»: 2 сек-2 сек) до 8 секунд (цикл «вдох-выдох»: 4 сек-4сек). Дыхание осуществлялось только через нос.

В ходе проведенного исследования было установлено, что у добровольца-испытуемого № 1 (мужчина, 25 лет) жалобы со стороны системы дыхания на момент начала проведения исследования отсутствовали, по данным анамнеза хронические заболевания респираторной системы не были выявлены.

В первый день исследования после БСДС доброволец-испытуемый № 1 свое состояние описывал как «ощущение более плотного воздуха при вдохе; воздуха не хватает, но дышать стало легче; чувствую свою диафрагму; субъективное ощущение духоты», кроме того он начал подкашливать, глубоко вздыхать, появилась головная боль (в области висков), чувство страха непосредственно при воздействии БСДС, а во второй день исследования после БСДС почувствовал сонливость, расслабленное состояние, «чувство опьянения кислородом», «раздутость» грудной клетки.

Значения ЖЕЛ у данного добровольца-испытуемого в первый и во второй дни исследования после воздействия БСДС увеличились на 0,2 л: в первый день с 3,42 до 3,62 л; во второй день с 3,44 до 3,64 л.

По данным вариабельности сердечного ритма в первый день исследования состояние сердечно-сосудистой системы у добровольца-испытуемого № 1 после

БСДС изменилось незначительно (таблица 3.5). Во второй день до БСДС у данного добровольца-испытуемого регистрировалась тахикардия (ЧСС 95 уд/мин), высокий уровень стресс-индекса – 683 и ПАРС – 8, а после БСДС сохранилась умеренная тахикардия (ЧСС 88 уд/мин) при нормализации уровня стресс-индекса до 125 и ПАРС – 3.

Таблица 3.5 – Динамика показателей вариабельности сердечного ритма у добровольца-испытуемого № 1 БСДС

Оцениваемые параметры	1-й день исследования (применения БСДС)		2-й день исследования (применения БСДС)	
	До	После	До	После
ЧСС, уд/мин	74	78	95	88
Стресс- индекс	82	138	683	125
ПАРС	3	4	8	3

Данные соматограммы у добровольца-испытуемого № 1 в оба дня исследования (применения БСДС) свидетельствовали о ее положительном влиянии на функциональное состояние различных органов и систем, так как количество основных и связанных рисков либо снижалось, либо оставалось неизменным, а количество параметров выходящих за пределы нормальных значений электропроводности [–40…+40] снижалось и в первый, и во второй дни (таблица 3.6).

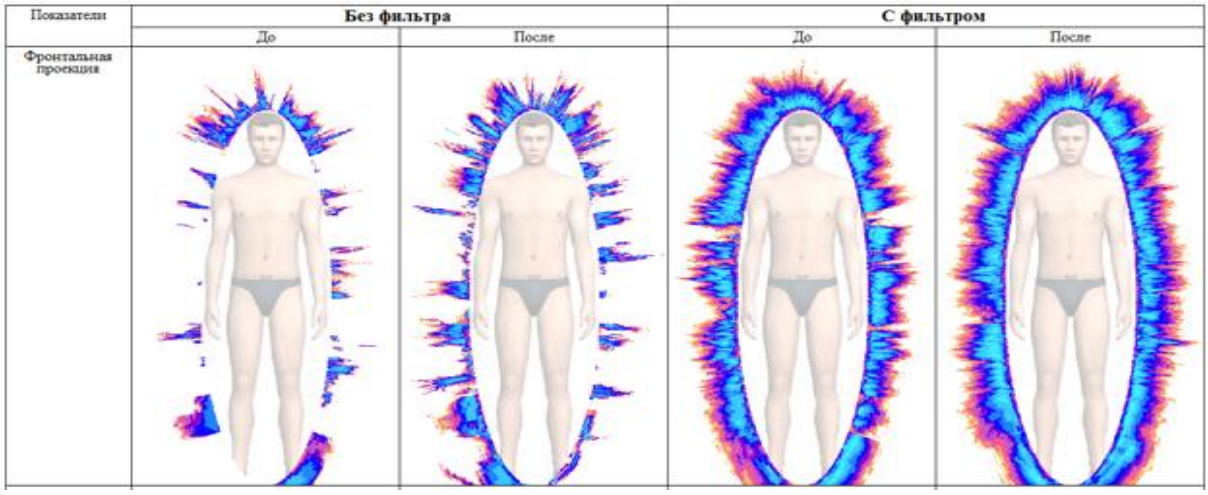
Таблица 3.6 – Динамика показателей электросоматограммы у добровольца-испытуемого №1 после БСДС

Оцениваемые параметры	1-й день исследования (применения БСДС)		2-й день исследования (применения БСДС)	
	До	После	До	После
Основной риск	1	0	0	0
Связанные риски	3	3	3	3
Количество параметров, выходящих за пределы нормальных значений электропроводности [–40…+40]	6	4	19	6

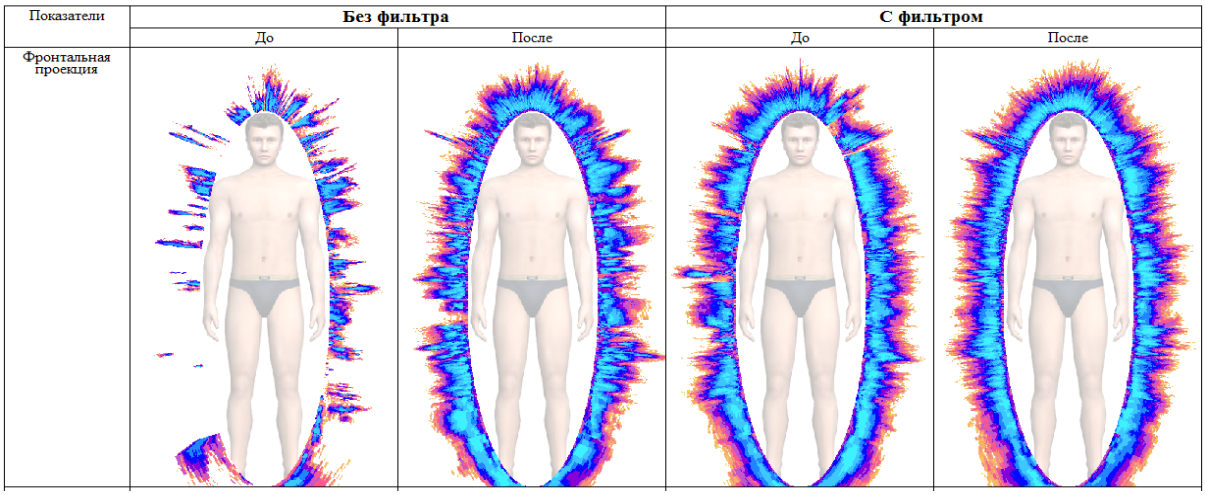
При объективной оценке соматического и психического состояния методом биоэлектрографии у данного испытуемого отмечалась положительная динамика по показателям площади и симметрии фронтальной проекции, что наглядно представлено на рисунке 3.3.

В первый день исследования (применения БСДС) площадь фронтальной проекции при съемке без фильтра возросла с 6433 до 22716, а симметрия с 70 до 94%; при съемке с фильтром с 24073 до 26005, а симметрия с 97 до 99%. Во второй день исследования динамика данных показателей сохранилась: площадь фронтальной проекции при съемке без фильтра возросла с 5166 до 14551, а симметрия с 33 до 55%; при съемке с фильтром с 22201 до 24935, а симметрия с 96 до 98%.

У добровольца-испытуемого № 2 (женщина, 20 лет) жалобы со стороны системы дыхания на момент начала проведения исследования отсутствовали, по данным анамнеза хронические заболевания респираторной системы не были выявлены.



А



Б

Рисунок 3.3 – Вид биоэлектрограммы у добровольца-испытуемого № 1 до и после БСДС в первый (А) и во второй (Б) дни проведения исследования

В первый день исследования в ходе БСДС доброволец-испытуемый № 2 ощущал дрожь в легких и всем теле, легкую головную боль и головокружение, а во второй день исследования в ходе БСДС почувствовал «панику, страх», дрожь в конечностях и всем теле, головокружение.

Значения ЖЕЛ у данного добровольца-испытуемого в первый и во второй дни исследования после воздействия БСДС увеличились: в первый день - с 2,94 до 3,12 л, во второй день - с 3,04 до 3,2 л.

По данным вариабельности сердечного ритма в первый день исследования у добровольца-испытуемого № 2 до и после БСДС состояние сердечно-сосудистой системы характеризовалось напряжением. Об этом свидетельствовал высокий уровень индекса напряжения - 208, который после стимуляции системы дыхания уменьшился и стал ниже нормы – 36. ПАРС имел обратную динамику и до БСДС равнялся 3, а после увеличился до 7. Во второй день исследования изменения в состоянии сердечно-сосудистой системы у добровольца-испытуемого № 2 носили схожий характер (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Динамика показателей вариабельности сердечного ритма у добровольца-испытуемого № 2 после БСДС

Оцениваемые параметры	1-й день исследования (применения БСДС)		2-й день исследования (применения БСДС)	
	До	После	До	После
ЧСС, уд/мин	87	69	87	71
Стресс- индекс	208	36	59	18
ПАРС	3	7	7	7

Данные электросоматографии у добровольца-испытуемого № 2 в оба дня исследования (применения БСДС) свидетельствовали о положительном влиянии БСДС на респираторную систему, в частности, и функциональное состояние органов и систем организма. Несмотря на то, что в первый день исследования после БСДС появился основной риск, количество связанных рисков нарушений в состоянии органов и систем организма снизился с 5 до 2, а количество параметров выходящих за пределы [–40…+40] снизилось с 10 до 8.

Во второй день исследования (применения БСДС) при сохранении количества основных и связанных рисков, после БСДС исчез связанный риск

респираторных функций БСДС, однако он сменился риском неврологических функций. Количество параметров, выходящих за пределы [–40…+40], в этот день осталось неизменным (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Динамика показателей электросоматограммы у добровольца-испытуемого № 2 после БСДС

Оцениваемые параметры	1-й день исследования (применения БСДС)		2-й день исследования (применения БСДС)	
	До	После	До	После
Основной риск	1	0	1	1
Связанные риски	5	2	2	2
Количество параметров, выходящих за пределы нормы [–40…+40]	10	8	2	2

При проведении биоэлектрографии для объективной оценки соматического и психического состояния у испытуемой отмечалась положительная динамика по показателям площади и симметрии фронтальной проекции, что наглядно проявилось во второй день проведения БСДС (рисунок 3.4).

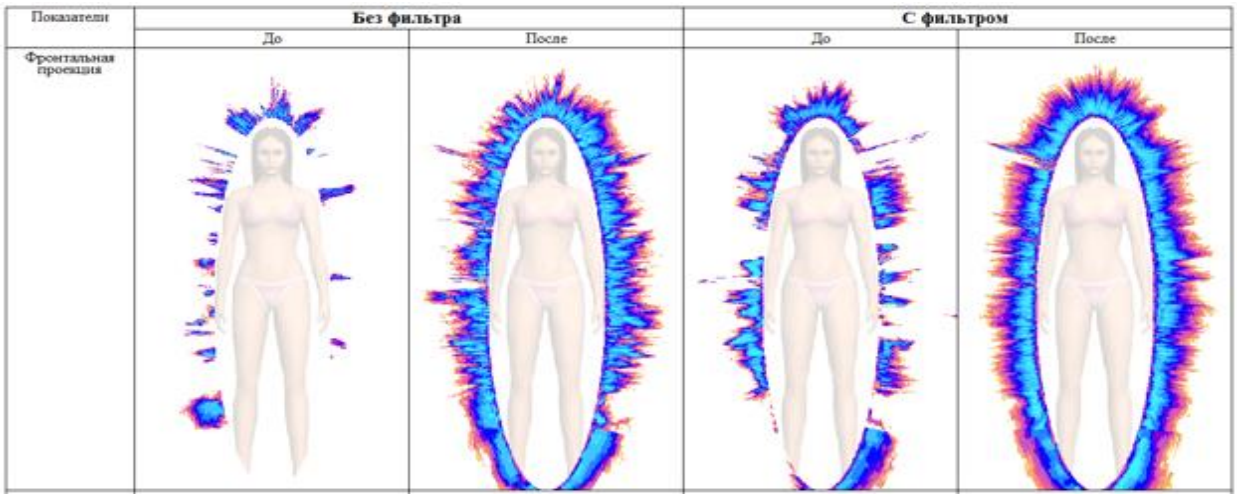


Рисунок 3.4 – Вид биоэлектрограммы у добровольца-испытуемого № 2 до и после БСДС во второй день проведения исследования

В первый день исследования (применения БСДС) площадь фронтальной проекции при съемке без фильтра возросла с 4432 до 18514, а симметрия с 27 до 93%; при съемке с фильтром с 10984 до 22266, а симметрия с 58 до 97%. Во второй день исследования динамика данных показателей сохранилась: площадь

фронтальной проекции при съемке без фильтра возросла с 9463 до 11998, а симметрия с 61 до 81%; при съемке с фильтром с 22127 до 22604, а симметрия с 94 до 97 %.

У добровольца-испытуемого № 6 (мужчина, 32 лет) жалобы со стороны системы дыхания на момент начала проведения исследования отсутствовали, по данным анамнеза хронические заболевания респираторной системы не были выявлены.

В первый день исследования в ходе БСДС доброволец-испытуемый № 6 почувствовал головокружение и неприятные ощущения в области желудка (по его мнению, связанные с воздействием), изменений со стороны системы дыхания не отмечал.

Значение ЖЕЛ у данного добровольца-испытуемого в первый день исследования после воздействия БСДС, при исходно высоком значении 5,6 л, увеличилось незначительно и составило 5,68.

По данным вариабельности сердечного ритма состояние сердечно-сосудистой системы у добровольца-испытуемого № 6 после БСДС изменилось незначительно и осталось на уровне нормальных значений (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Динамика показателей вариабельности сердечного ритма у добровольца-испытуемого № 6 после БСДС

Оцениваемые параметры	До БСДС	После БСДС
ЧСС, уд/мин	59	61
Стресс- индекс	43	50
ПАРС	3	3

Динамика показателей соматограммы у добровольца-испытуемого № 6 свидетельствовала о том, что БСДС оказала влияние на респираторные функции (после стимуляции система дыхания оказалась в зоне связанных рисков). Количество параметров, выходящих за пределы нормальных значений электропроводности [–40…+40], возросло, в основном, за счет состояния позвоночника, которое могло измениться из-за длительного нахождения в неудобной позе при проведении БСДС (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Динамика показателей электросоматограммы у добровольца-испытуемого № 6 после БСДС

Оцениваемые параметры	До БСДС	После БСДС
Основной риск	1	0
Связанные риски	2	3
Количество параметров, выходящих за пределы нормальных значений электропроводности [–40…+40]	8	18

При проведении биоэлектрографии у данного добровольца-испытуемого отмечалась положительная динамика по показателям площади и симметрии фронтальной проекции, что наглядно представлено на рисунке 3.5.

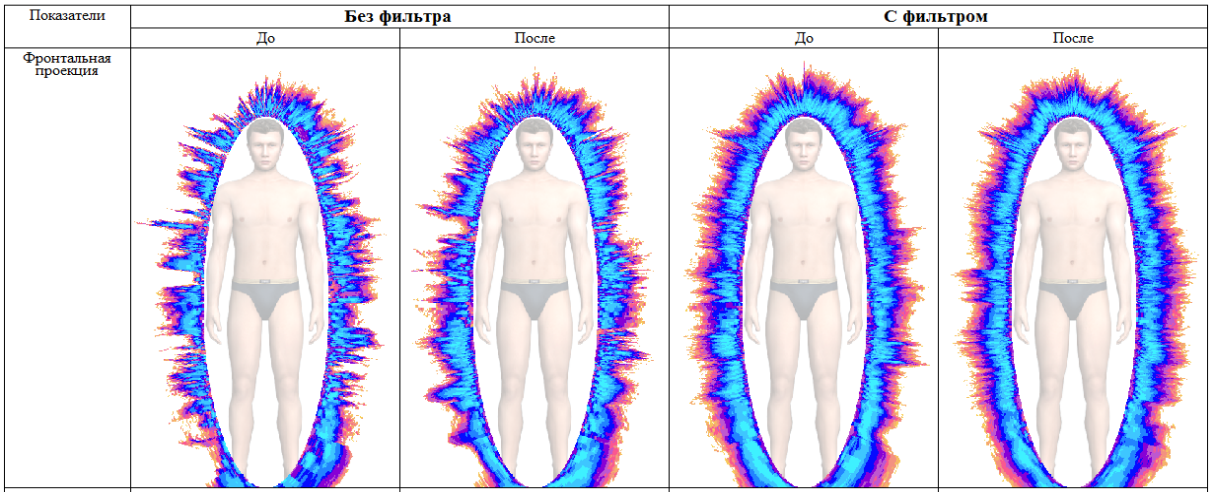


Рисунок 3.5 – Вид биоэлектрограммы у добровольца-испытуемого № 6 до и после БСДС при проведении исследования

После БСДС площадь фронтальной проекции при съемке без фильтра возросла с 19287 до 20841, а симметрия - с 90 до 97%; при съемке с фильтром - с 26764 до 25448, а симметрия сохранилась на уровне 98%.

У добровольца-испытуемого № 7 (мужчина, 35 лет) жалобы со стороны системы дыхания на момент начала проведения исследования отсутствовали, по данным анамнеза хронические заболевания респираторной системы не были выявлены.

После БСДС доброволец-испытуемый № 7 ощутил чувство легкости при дыхании, возможность дышать «полной грудью», «свежесть в легких», «сухость во рту».

По данным спирометрии значение ЖЕЛ у этого добровольца-испытуемого после БСДС увеличилось с 2,57 до 2,66 л.

По данным вариабельности сердечного ритма состояние сердечно-сосудистой системы у добровольца-испытуемого № 7 после БСДС изменилось в положительную сторону. Это особенно наглядно представлено динамикой ПАРС: до воздействия - 4 (преморбид), после БСДС - 2 (норма) (таблица 3.11).

Таблица 3.11 – Динамика показателей вариабельности сердечного ритма у добровольца-испытуемого № 7 после БСДС

Оцениваемые параметры	До БСДС	После БСДС
ЧСС, уд/мин	66	56
Стресс- индекс	95	57
ПАРС	4	2

Динамика показателей соматограммы у добровольца-испытуемого № 7 свидетельствовали о ее положительном влиянии на функциональное состояние организма, так как количество основных рисков осталось неизменным, а количество связанных рисков снизилось. Все параметры электропроводности находились в пределах нормы как до, так и после БСДС (таблица 3.12).

Таблица 3.12 – Динамика показателей электросоматограммы у добровольца-испытуемого № 7 после БСДС

Оцениваемые параметры	До БСДС	После БСДС
Основной риск	1	1
Связанные риски	1	0
Количество параметров, выходящих за пределы нормальных значений электропроводности [–40…+40]	0	0

При проведении биоэлектрографии у данного испытуемого отмечалась положительная динамика по показателям площади и симметрии фронтальной проекции, что наглядно представлено на рисунке 3.6.

После БСДС площадь фронтальной проекции при съемке без фильтра возросла с 16737 до 22891, а симметрия - с 90 до 97 %; при съемке с фильтром - с 23387 до 24487, а симметрия - с 98 до 99 %.

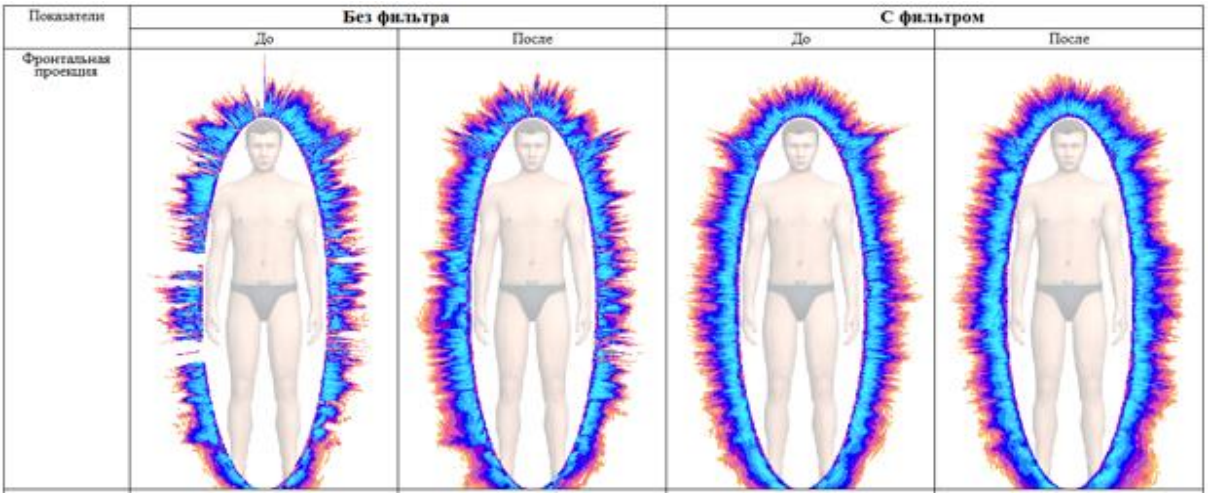


Рисунок 3.6 – Вид биоэлектрограммы у добровольца-испытуемого № 7 до и после БСДС при проведении исследования

Таким образом, на основании полученных с применением скрининг-диагностики на АПК «Диамед-МБС» [205] объективных данных о состоянии добровольцев-испытуемых до и после БСДС, представилось возможным заключить, что БСДС оказывает в целом положительное влияние на психологическое состояние и состояние внутренних органов организма человека. Отмечавшиеся добровольцами-испытуемыми при субъективной оценке своего состояния негативные изменения состояния, по-видимому, следует объяснить, в первую очередь, необычностью проводимой процедуры воздействия звуков низкой частоты на респираторный тракт и возникающей в связи с этим повышенной тревожностью добровольцев-испытуемых; во-вторых, неотработанностью на данном этапе исследования режимов акустического воздействия при БСДС, например, отсутствием в ряде случаев синхронизации воздействия звуков низкой частоты, генерируемых АПК БСДС, с фазами дыхания добровольца-испытуемого; в-третьих, отсутствием при проведении данного исследования четко определенных требований к совершению дыхания добровольцами-испытуемыми при БСДС, в частности, определение необходимости дыхания только через нос во время проведения процедуры БСДС; в-четвертых, индивидуальной чувствительностью добровольцев-испытуемых к воздействию звуков низкой частоты. Все эти положения было предложено учесть при разработке методики проведения БСДС спортсменов.

На основании совокупности данных, представленных в разделе 3.2, представилось возможным заключить, что БСДС может рассматриваться как метод повышения функциональных резервов дыхательной системы человека, так как обуславливает увеличение ЖЕЛ, и оказывает в целом положительное влияние на психологическое и соматическое состояние организма человека при условии правильного подбора частотного спектра и адекватных режимов воздействия звуков низкой частоты, генерируемых АПК БСДС, а также учете индивидуальных особенностей воздействия указанных акустических колебаний на дыхательную систему и индивидуальных психологических особенностей человека [33, 86].

3.3. Определение индивидуальных особенностей дыхательной системы спортсменов в зависимости от физического состояния

Для эффективного проведения БСДС с целью повышения функциональных резервов дыхательной системы человека необходима ее персонализация – индивидуальный подбор параметров и характеристик биоакустической стимуляции для каждого человека. Особенно важно определение индивидуальных объемных и частотных характеристик (резонанса) дыхательной системы при проведении БСДС спортсменов, представляющих различные виды спорта и, в связи с этим, выполняющих различные виды физических нагрузок [48, 139, 290, 324].

Исходя из этого, в целях разработки и обоснования методики повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсменов с использованием БСДС было проведено исследование по определению индивидуальных частотных характеристик дыхательной системы и параметров ЖЕЛ, ФЖЕЛ и SpO_2 до и после физической нагрузки с целью определения влияния физической нагрузки на ЖЕЛ, ФЖЕЛ и SpO_2, а также на показатели частотных характеристик дыхательной системы.

В исследовании приняли участие 20 спортсменов (10 мужчин и 10 женщин), которые выполняли тестирования на различных видах нагрузки.

При этом тестирование на беговой дороже прошли 12 человек (7 мужчин, 5 женщин), на велоэргометре тест «отказа» выполнили 15 человек (7 мужчин, 8 женщин), короткий анаэробный 30-секундный Вингейт-тест на велоэргометре выполнили 10 человек (4 мужчины, 6 женщин) (таблица 3.1).

До и после физической нагрузки у каждого обследуемого при помощи АПК БСДС определяли индивидуальные частотные характеристики дыхательной системы и с использованием электронного медицинского спирометра «MicroLoop» параметры дыхательной системы – значения ЖЕЛ и ФЖЕЛ [7, 27, 62, 289]. По этим данным определяли влияние физической нагрузки на параметры ЖЕЛ и ФЖЕЛ, а также на показатели частотных характеристик дыхательной системы [26].

В таблице 3.13 представлены показатели частотных характеристик дыхательной системы спортсменов-лыжников до и после выполнения ими различного вида физической нагрузки.

Таблица 3.13 – Показатели резонанса дыхательной системы спортсменов (мужчин и женщин) до и после различных физических нагрузок

Вид нагрузки	Резонанс вдоха, Гц		Резонанс выдоха, Гц		Резонанс свободного дыхания, Гц	
	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
Мужчины						
Tredmill	15,0±1,83	20,8±3,00	20,8±2,00	21,7±2,47	16,7±1,67	15,5±2,29
Bruce	17,6±3,77	21,4±3,89	17,1±4,06	22,5±3,73*	18,6±2,61	18,3±1,54
Wingate	20,0±2,04	21,3±5,15	22,5±2,50	23,8±4,27	20,0±2,04	16,3±2,39
Женщины						
Tredmill	22,0±2,55	15,6±2,80*	21,0±3,40	18,0±2,55	16,0±1,00	20,0±0,01
Bruce	19,0±2,45	18,0±2,84	21,4±3,40	22,6±1,99	17,1±1,49	17,9±2,40
Wingate	21,0±1,87	21,0±1,88	21,0±1,87	18,0±2,55	16,0±1,01	20,0±0,01

Примечание: 1. «Tredmill» - нагрузочный тест на беговой дорожке «до отказа»;
2. «Bruce» – нагрузочный тест на велоэргометре «до отказа»
3. «Wingate» – анаэробный 30-секундный тест на велоэргометре
4. * – достоверность отличий при $p<0,05$ по критерию Вилкоксона.

Анализ частотных характеристик дыхательной системы спортсменов после выполнения физической нагрузки выявил наличие достоверного ($p<0,05$) изменения резонанса среди мужчин только на фазе выдоха после велоэргометрического теста «до отказа», а среди женщин – только на фазе вдоха

после тестирования на беговой дорожке. При всех остальных измерениях частотных характеристик изменения были незначительными, либо недостоверными. Наименьшие изменения резонанса зарегистрированы после выполнения Вингейт-теста как у мужчин, так и у женщин. Наибольшие изменения частотных характеристик, не достигавшие уровня достоверности, регистрировались после длительной физической нагрузки – беговая дорожка и велоэргометр (тест «до отказа»). Возможно, это связано с большой продолжительностью данных тестов и большим временем восстановления по сравнению с Вингейт-тестом.

В целом же, судя по полученным данным, представилось возможным сделать вывод, что однократное выполнение физической нагрузки не приводит к существенным изменениям частотных характеристик дыхательной системы спортсменов и не зависит от характера выполненной нагрузки.

В таблицах 3.14-3.16 представлены среднегрупповые значения ЖЕЛ, ФЖЕЛ и SpO_2 спортсменов до и после выполнения различных физических нагрузок.

Таблица 3.14 – Среднегрупповые значения ЖЕЛ, ФЖЕЛ и SpO_2 среди мужчин и женщин до и после физической нагрузки (тест на беговой дорожке «до отказа»)

Значение показателя	ЖЕЛ, л		ФЖЕЛ, л		SpO_2, %	
	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
Мужчины (n = 7)						
Абсолютные значения	5,32 ±0,26	5,49 ±0,23	5,85 ±0,12	6,03 ±0,21	97,9 ±0,31	-
Изменения, %		3,3		3,1		-
Женщины (n = 5)						
Абсолютные значения	3,67 ±0,26	3,60 ±0,24	3,65 ±0,27	3,58 ±0,25	98,2 ±0,23	97,2 ±0,13
Изменения, %		-1,9		-1,9		-1,0

Как показывают данные, представленные в таблице 3.14, после выполнения физической нагрузки на беговой дорожке показатели ЖЕЛ и ФЖЕЛ среди мужчин незначительно увеличились, в среднем по группе на 3,3 % и 3,1 %, соответственно. При этом увеличение ЖЕЛ после тестирования на беговой дорожке регистрировалось у всех спортсменов. Среди женщин наблюдалась

обратная динамика. После выполнения физической нагрузки показатели как ЖЕЛ, так и ФЖЕЛ уменьшились на 1,9 %.

Таблица 3.15 – Среднегрупповые значения ЖЕЛ, ФЖЕЛ и SpO_2 среди мужчин и женщин до и после физической нагрузки (тест на велоэргометре «до отказа»)

Значение показателя	ЖЕЛ, л		ФЖЕЛ, л		SpO_2, %	
	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
Мужчины (n = 7)						
Абсолютные значения	5,51 ±0,32	5,49 ±0,37	6,06 ±0,31	6,04 ±0,29	98,2 ±0,22	96,7 ±0,24
Изменения, %		-0,3		-0,4		-1,5
Женщины (n = 8)						
Абсолютные значения	3,65 0,17	3,69 0,17	3,66 0,18	3,73 0,16	97,7 0,39	97,6 0,29
Изменения, %		1,1		1,8		-0,1

Из представленных в таблице 3.15 данных следует, что среднегрупповые значения ЖЕЛ и ФЖЕЛ среди мужчин после выполнения физической нагрузки «до отказа» на велоэргометре существенно не изменились. При этом следует отметить, что после этого теста среди мужчин уменьшение ЖЕЛ наблюдалось у четырех спортсменов, а у троих ЖЕЛ после нагрузки увеличилась. ФЖЕЛ также уменьшилась после нагрузки у четырех спортсменов.

Показатели ЖЕЛ и ФЖЕЛ у женщин существенно не изменились. Отмечено лишь незначительное увеличение ЖЕЛ и ФЖЕЛ после теста у шести спортсменок из восьми. Увеличение средних показателей ЖЕЛ по группе женщин после нагрузки составило 1 %, ФЖЕЛ – не превысило 2 %.

Таблица 3.16 – Среднегрупповые значения ЖЕЛ, ФЖЕЛ и SpO_2 среди мужчин и женщин до и после физической нагрузки (Вингейт-тест на велоэргометре)

Значение показателя	ЖЕЛ, л		ФЖЕЛ, л		SpO_2, %	
	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки	До нагрузки	После нагрузки
Мужчины (n = 4)						
Абсолютные значения	5,67 ±0,44	5,74 ±0,51	5,78 ±0,50	5,83 ±0,51	98,1 ±0,13	97,8 ±0,57
Изменения, %		1,2		1,0		-0,4
Женщины (n = 6)						
Абсолютные значения	3,53 ±0,15	3,53 ±0,14	3,58 ±0,13	3,54 ±0,15	99,1 ±0,23	98,4 ±0,20
Изменения, %		0,1		-1,1		-0,7

Анализ значений ЖЕЛ и ФЖЕЛ, зарегистрированных у спортсменов, которые выполняли тестирование по программе 30-секундного анаэробного Вингейт-теста показал, что среди мужчин увеличение ЖЕЛ и ФЖЕЛ составило 1,2 % и 1,0 %, соответственно. Среди женщин после нагрузки показатели ЖЕЛ остались без изменений, ФЖЕЛ уменьшилась на 1,1 % (таблица 3.16).

Таким образом, выполнение как длительной физической нагрузки аэробного характера (беговая дорожка и велоэргометр), так и короткой физической нагрузки анаэробного характера (Вингейт-тест) не приводит к достоверному увеличению или уменьшению показателей ЖЕЛ, ФЖЕЛ и частотных характеристик дыхательной системы спортсменов. На это указывает то, что максимальное увеличение ЖЕЛ и ФЖЕЛ выявлено среди мужчин после выполнения нагрузочного тестирования на беговой дорожке, которое, однако, не превышало 4 % и не достигало уровня достоверности. Минимальное изменение показателей ЖЕЛ и ФЖЕЛ выявлено также в группе спортсменов мужчин после выполнения ими тестирования на велоэргометре (тест «до отказа»). Достоверное изменение резонансных частот зарегистрировано среди мужчин только на фазе выдоха после нагрузки на велоэргометре (тест «до отказа»), среди женщин – только на фазе вдоха после теста на беговой дорожке.

Результаты проведенного исследования, представленные в разделе 3.3 и свидетельствующие о том, что выполнение как длительной физической нагрузки аэробного характера, так и короткой физической нагрузки анаэробного характера не приводит к достоверным изменениям частотных характеристик дыхательной системы спортсменов, позволили сделать вывод о больших потенциальных возможностях БСДС в задачах спортивной медицины, поскольку она, судя по полученным данным, может проводиться в любой период спортивной деятельности в удобное для спортсмена время.

3.4. Оценка влияния различных режимов биоакустической стимуляции дыхательной системы на показатели функционального состояния спортсменов лыжных видов спорта

Исследование по оценке влияния различных режимов БСДС на показатели функционального состояния спортсменов лыжных видов спорта было проведено в целях разработки методики повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсменов при помощи БСДС и включало:

- оценку изменений субъективного состояния спортсменов после использования различных режимов БСДС;
- оценку изменений показателей ЖЕЛ и ФЖЕЛ у спортсменов при использовании различных режимов БСДС;
- оценку изменений показателей, характеризующих физическую работоспособность спортсменов, при использовании различных режимов БСДС.

В исследовании было рассмотрено два режима БСДС – Режим 1 и Режим 2.

В исследовании первого и второго режимов БСДС участвовало по 20 спортсменов-лыжников (10 мужчин, 10 женщин).

В таблице 3.17 представлены результаты измерений акустических характеристик респираторного тракта добровольцев-испытуемых на разных фазах дыхания, проведенных в начале исследования и которые были использованы при реализации Режима 1 и Режима 2. В таблице 3.17 указаны: первый столбец – резонансная частота на фазе вдоха, второй – резонансная частота на фазе выдоха, третий – при свободном дыхании. В следующей группе данных приведены параметры режима БСДС: диапазон частот (6), время сканирования (7) и интенсивность воздействия (8).

БСДС добровольцев-испытуемых (спортсменов) проводилась с использованием АПК БСДС (глава 2).

Сеанс БСДС для каждого добровольца-испытуемого состоял из трех воздействий по 3 минуты с двумя интервалами для отдыха по 2 минуты. Все воздействие занимало 13 минут.

Таблица 3.17 – Результаты измерения резонансных частот у добровольцев-испытуемых на разных фазах дыхания и параметры акустического воздействия при проведении БСДС

Доброволец-испытуемый	Измерение резонансных частот			Воздействие при БСДС			
	Резонанс вдоха, Гц	Резонанс выдоха, Гц	Резонанс свободного дыхания, Гц	Режим БСДС	Δf возд.	Δt, сек	Интенсив-ность, дБ
1	2	3	4	5	6	7	8
М-1	27	27	9	2	9-27	5	130
Ж-1	12	9	9, 15	1	9-18	3	115
Ж-2	9, 12	15	9	1	9-18	3	115
М-2	21	12, 24	9, 15	1	9-24	4	115
Ж-3	24	27	9	2	9-27	4	130
Ж-4	12	15	12	1	12-18	3	115
М-3	6	21	6	1	9-21	4	115
М-4	15	25	12	2	12-27	3	130
М-5	24	27	17, 9	1	9-27	3	115
М-6	12	24	6	1	6-24	4	115
М-7	24	24	12	2	12-24	2	130
М-9	20	9	9	2	9-21	3	130
М-8	9	21	13	1	9-21	3	115
Ж-5	12	9	21	2	9-21	3	130
Ж-7	12	12	9	2	9-18	4	130
Ж-8	12, 21	12	9, 18	2	9-21	3	130
М-10	15	12, 21	12, 24	2	12-24	3	130
Ж-9	15	15	12	1	12-18	3	115
Ж-10	21	24, 27	24	2	21-27	3	130

Стимуляция осуществлялась в сканирующем режиме, при котором частота тонального сигнала изменялась от минимального до максимального значения резонанса респираторного тракта и обратно в диапазоне частот, указанном в столбце 6 таблицы 3.17, за время, указанное в столбце 7 таблицы 3.17, при амплитуде полигармонического звукового сигнала, для Режима 1 составлявшей 115 дБ, а для Режима 2 - 130 дБ. При этом, при реализации Режима 2 фазу дыхания добровольцев-испытуемых контролировали: при вдохе частота генерации снижалась от максимальной до минимальной, а при выдохе - в обратной последовательности.

3.4.1. Оценка влияния различных режимов биоакустической стимуляции дыхательной системы на субъективное состояние спортсменов

Оценка влияния различных режимов БСДС на субъективное состояние спортсменов включала выявление положительных, нейтральных и отрицательных субъективных реакций спортсменов на воздействие высокоинтенсивных звуков низкой частоты при реализации Режима 1 и Режима 2 БСДС, а также на физическую нагрузку, выполняемую после проведения БСДС.

В ходе исследования было определено, что среди положительных характеристик субъективного состояния при данном воздействии чаще всего встречалось ощущение легкости при дыхании, «дышу полной грудью», чувство «лишнего» воздуха в легких. К отрицательным характеристикам субъективного состояния относились головокружение при воздействии, тяжесть за грудиной, неприятные ощущения в горле.

Анализ индивидуальных изменений субъективного состояния у спортсменов, участвовавших в исследовании, показал, что субъективная реакция на применение обоих режимов БСДС имела разнонаправленный характер. Так, Режим 1 у 35 % спортсменов вызвал положительные изменения в состоянии, у 25 % – отрицательные, а 40 % субъективное состояние не изменилось. Режим 2 оказал более действенное влияние на субъективное состояние спортсменов. Так, положительно их оценили 45% спортсменов, отрицательно – 30 % и 25 % не ощутили изменений.

При прохождении нагрузочного тестирования после БСДС спортсмены также отмечали разнонаправленные реакции в оценке своего состояния. После реализации Режима 1 60 % спортсменов легче, чем обычно, перенесли физическую нагрузку, 15 % – отметили ухудшение состояния при нагрузке, 25 % – обычно отреагировали на нее. После реализации Режима 2 изменения в своем состоянии при физической нагрузке положительно описало 65 % спортсменов, отрицательно – 20 % и индифферентно – 15 %.

На рисунках 3.7 и 3.8 представлено процентное соотношение

положительных, нейтральных и отрицательных изменений в субъективном состоянии спортсменов при реализации Режима 1 БСДС в группах спортсменов-мужчин и спортсменов-женщин.



А



Б

Рисунок 3.7 – Соотношение положительных, нейтральных и отрицательных изменений в субъективном состоянии спортсменов при реализации Режима 1 БСДС в группе мужчин (А – при проведении БСДС, Б – при выполнении физической нагрузки после БСДС)

Режим 1 стимуляции оказал воздействие на субъективное состояние у спортсменов-мужчин, как в покое, так и при физической нагрузке. Состояние улучшилось или не изменилось у 40 % и 44 % спортсменов, негативные изменения отметили 10 % и 12 %, соответственно.



А



Б

Рисунок 3.8 – Соотношение положительных, нейтральных и отрицательных изменений в субъективном состоянии спортсменов при реализации Режима 1 БСДС в группе женщин (А – при проведении БСДС, Б – при выполнении физической нагрузки после БСДС)

Режим 1 при проведении БСДС оказал положительное влияние на 29 % спортсменов-женщин. При этом 42 % спортсменок отметили отрицательное влияние режима на их состояние, а 29 % - изменений в состоянии не отметили. Более значимые изменения в субъективном состоянии после данного режима биоакустической стимуляции произошли у женщин при физической нагрузке. Так положительно свое состояние оценили 38 % спортсменок, отрицательно - 62 %.

Таким образом, спортсмены-мужчины более позитивно оценили свое состояние при реализации Режима 1 БСДС, чем спортсмены-женщины, особенно при выполнении физической нагрузки после БСДС.

На рисунках 3.9 и 3.10 представлено соотношение положительных, нейтральных и отрицательных изменений в субъективном состоянии спортсменов при реализации Режима 2 БСДС в группах мужчин и женщин.

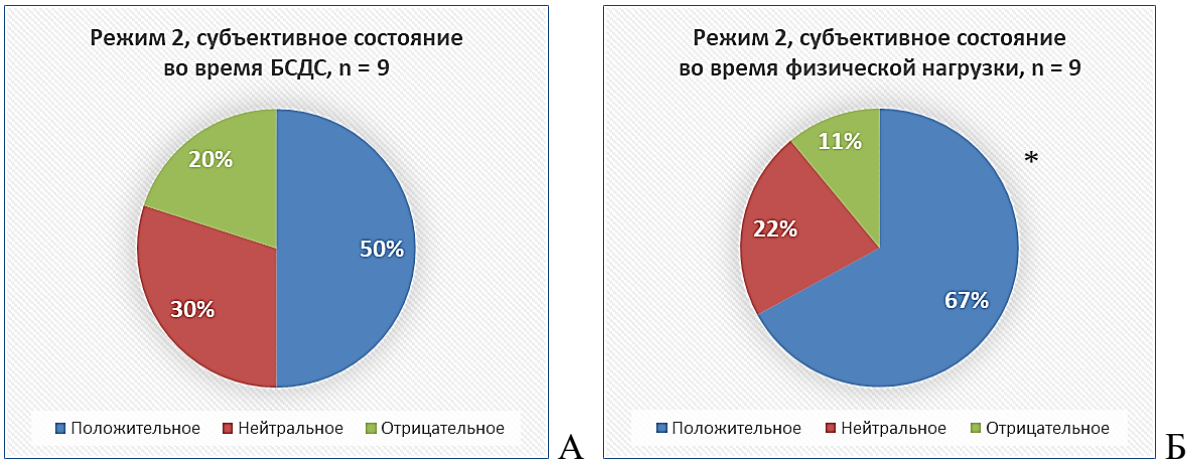


Рисунок 3.9 – Соотношение положительных, нейтральных и отрицательных изменений в субъективном состоянии спортсменов при реализации Режима 2 БСДС в группе мужчин (А – при проведении БСДС, Б – при выполнении физической нагрузки после БСДС) (* - достоверные различия с Режимом 1 БСДС при $p<0,01$ по φ-критерию углового преобразования Фишера)

Режим 2 БСДС оказал по сравнению с Режимом 1 более значимое положительное воздействие на субъективное состояние спортсменов независимо от пола и нагрузки.

В группе мужчин непосредственно после Режима 2 БСДС положительные сдвиги в своем состоянии отметили 50 % спортсменов, отрицательные – 20 %.

При выполнении физической нагрузки после БСДС положительное влияние БСДС отметили 67 % спортсменов, а отрицательное – 11 %.

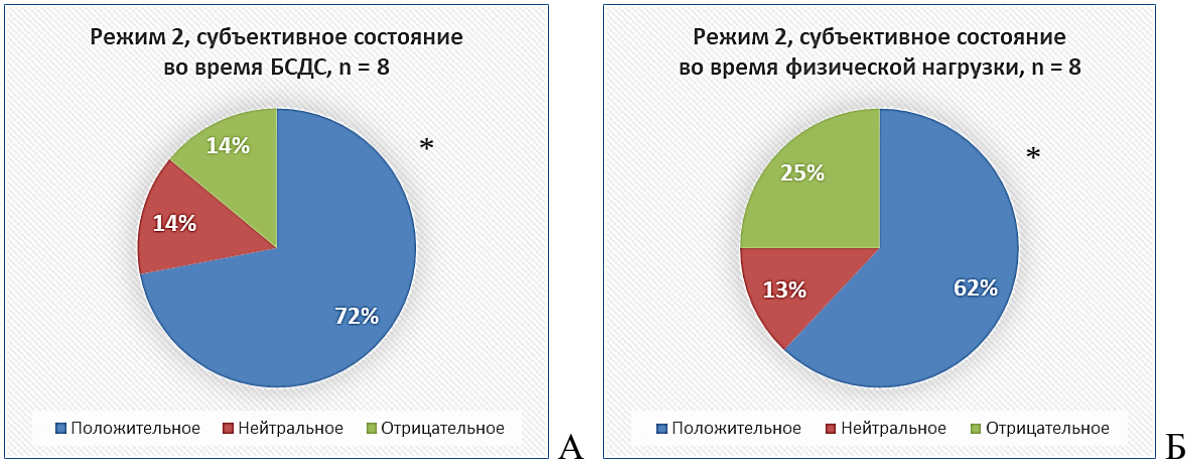


Рисунок 3.10 – Соотношение положительных, нейтральных и отрицательных изменений в субъективном состоянии спортсменов при реализации Режима 2 БСДС в группе женщин (А – при проведении БСДС, Б – при выполнении физической нагрузки после БСДС) (* - достоверные различия с Режимом 1 БСДС при $p<0,01$ по φ-критерию углового преобразования Фишера)

У женщин применение Режима 2 БСДС вызвало большее, чем у мужчин количество положительных реакций при проведении БСДС, которое составило 72 %. При выполнении физической нагрузки после БСДС положительные реакции наблюдались у 62 % спортсменов-женщин. Отрицательные реакции на данный режим при поведении БСДС отмечались у 14 % спортсменок, а при выполнении нагрузки - у 25 %.

Представленные выше оценки позволили сделать вывод, что оцененные режимы БСДС оказывают различное влияние на субъективное состояние спортсменов, которое зависит в том числе от их пола. При этом Режим 2 БСДС, характеризующийся УЗД 130 дБ, оказывает, по сравнению с Режимом 1, характеризующимся УЗД 115 дБ, достоверно ($p<0,01$ по φ-критерию углового преобразования Фишера) более значимое положительное воздействие на субъективное состояние спортсменов независимо от пола и нагрузки.

3.4.2. Оценка влияния различных режимов биоакустической стимуляции на функциональное состояние дыхательной системы спортсменов

При анализе значений ЖЕЛ и ФЖЕЛ у спортсменов-мужчин и спортсменов-женщин после проведения Режима 1 и Режима 2 БСДС были выявлены разнонаправленные реакции на оба режима (таблицы 3.18 и 3.19).

Таблица 3.18 – Индивидуальные и среднегрупповые значения ЖЕЛ (л) у спортсменов-мужчин до и после Режима 1 и Режима 2 БСДС

№ п/п	Спортсмен	Режим 1				Режим 2			
		Фон	1-е возд.	2-е возд.	3-е возд.	Фон	1-е возд.	2-е возд.	3-е возд.
1	М-1	5,9	6,1	6,1	6,0	6,1	6,9	6,0	6,0
2	М-2	4,6	4,7	4,7	4,8	5,1	5,0	5,0	5,0
3	М-3	4,5	4,7	4,7	4,8	5,0	5,2	5,1	5,2
4	М-4	4,0	4,5	4,5	4,5	4,1	4,5	4,4	4,5
5	М-5	4,4	4,7	4,6	5,2	4,9	5,2	5,2	5,2
6	М-6	5,7	5,8	5,9	6,0	5,4	5,6	5,8	5,8
7	М-7	4,8	5,4	5,8	5,7	5,8	5,9	6,1	6,0
8	М-8	5,2	5,0	4,9	5,4	5,1	5,7	5,5	5,8
9	М-9	5,0	4,8	4,8	4,8	4,6	4,6	5,0	4,9
10	М-10	5,4	5,3	5,6	5,6	5,0	5,5	5,5	5,6
Среднегрупповые значения, л		4,95 ±0,19	5,10 ±0,17	5,16 ±0,19	5,28 0,17	5,11 ±0,18	5,43 ±0,22	5,41 ±0,17	5,36 ±0,16
Изменения, %			3,39 ±1,88	4,58 ±2,40	7,08 ±2,29*		5,82 ±1,64*	5,09 ±1,33*	5,93 ±1,65*

Примечание: * - значения достоверно отличаются от фоновых значений внутри группы ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона.

Таблица 3.19 – Индивидуальные и среднегрупповые значения ЖЕЛ (л) у спортсменов-женщин до и после Режима 1 и Режима 2 БСДС

№ п/п	Спортсмен	Режим 1				Режим 2			
		Фон	1-е возд.	2-е возд.	3-е возд.	Фон	1-е возд.	2-е возд.	3-е возд.
1	Ж-1	3,8	3,8	3,9	3,9	3,8	4,0	3,9	4,0
2	Ж-2	3,2	3,5	3,4	3,8	3,6	3,6	3,6	3,8
3	Ж-3	3,0	3,0	2,9	2,9	3,0	2,9	2,8	2,8
4	Ж-4	3,0	2,9	3,0	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0
5	Ж-5	3,2	3,3	3,5	3,2	3,0	2,9	2,8	2,8
6	Ж-6	3,3	3,3	3,3	3,3	3,0	3,3	3,3	3,3
7	Ж-7	3,0	3,0	3,2	3,0	3,1	3,1	3,1	3,0
8	Ж-8	2,8	2,9	3,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
9	Ж-9	3,9	3,7	3,8	4,0	4,0	3,9	3,8	3,8
10	Ж-10	3,1	3,1	3,3	3,1	3,2	2,8	3,0	3,1
Среднегрупповые значения, л		3,23 ±0,11	3,25 ±0,10	3,38 ±0,10	3,31 ±0,14	3,27 0,12	3,25 ±0,14	3,23 ±0,13	3,26 ±0,14
Изменения, %			0,77 ±1,12	5,39 ±2,55	2,45 ±2,05		-0,63 ±1,85	-1,21 ±1,66	-0,38 ±1,80

Так, судя по представленным в таблице 3.18 данным, при реализации Режима 1 БСДС у семи (70 %) спортсменов-мужчин из десяти после первого воздействия наблюдалось увеличение ЖЕЛ по сравнению с фоновым уровнем на 1,8-12,5 %. Максимальное увеличение ЖЕЛ наблюдалось у спортсменов М-4 и М-7, составившее 12,5 %, а у спортсменов М-1, М-2, М-3, М-5 и М-6 увеличение ЖЕЛ после первого воздействия составило 1,8-6,8 %. Следует отметить, что показатели ЖЕЛ у спортсмена М-4 сохранились на данном уровне как после второго, так и третьего воздействия. После второго и третьего воздействий у спортсмена М-7 ЖЕЛ увеличилась 20,8 % и 18,6 %, соответственно. У спортсменов М-8 и М-9 ЖЕЛ после первого воздействия ЖЕЛ уменьшилась на 3,8-4,0 %, а у спортсмена М-10 - на 1,9 %. После второго воздействия у спортсменов М-8 и М-9 ЖЕЛ оставалась практически на том же уровне, а у спортсмена М-10 – увеличилась по сравнению с фоном на 3,7 % и оставалась такой же после третьего воздействия.

Анализ динамики среднегрупповых значений ЖЕЛ среди спортсменов-мужчин при Режиме 1 БСДС выявил наличие достоверного увеличения ЖЕЛ на 7,08±2,29 % ($p<0,05$) по сравнению с фоном только после третьего воздействия.

При реализации Режима 2 БСДС после первого воздействия увеличение ЖЕЛ на 1,7-13,1 % регистрировалось у восьми (80 %) из десяти спортсменов-мужчин. Наибольшие увеличения ЖЕЛ наблюдались у спортсменов М-1 (13,1 %), М-8 (11,8 %), М-10 (10,0 %) и М-4 (9,8 %). У спортсмена М-2 наблюдалось уменьшение ЖЕЛ на 2,0 %, а у М-9 ЖЕЛ не изменилась. После второго и третьего воздействий значения изменений ЖЕЛ оставались на уровне первого воздействия или же увеличивались на 1-3 %. Уменьшение ЖЕЛ на 1,6-2,0 % после всех трех воздействий стимуляции было отмечено у спортсменов М-1 и М-2.

В среднем по группе спортсменов-мужчин было выявлено достоверное ($p<0,05$) увеличение ЖЕЛ после всех трех воздействий Режима 2 БСДС, что свидетельствовало о более выраженном, чем при Режиме 1 БСДС, эффекте

воздействия на дыхательную систему звуков низкой частоты с амплитудно-частотными характеристиками, использованными при реализации Режима 2.

Среди спортсменов-женщин после первого воздействия Режима 1 БСДС (таблица 3.19) у спортсменок Ж-1, Ж-6, Ж-7 и Ж-10 каких-либо изменений значений ЖЕЛ по сравнению с фоновым уровнем не наблюдалось. Увеличение ЖЕЛ было выявлено у трех (30 %) спортсменок: Ж-2 – на 9,4 %, Ж-5 – на 3,1 % и Ж-8 – на 3,6 %. Уменьшение ЖЕЛ на 3,3-5,1 % по сравнению с фоном после первого воздействия было отмечено только у двух спортсменок (Ж-4, Ж-9).

Увеличение значений ЖЕЛ на 2,6-25 % после второго и на 2,6-18,8 % после третьего воздействия биоакустической стимуляции было выявлено у 70 % и 40 %, соответственно. Максимальное увеличение значений ЖЕЛ после второго и третьего воздействия стимуляции было выявлено у спортсменок Ж-8 (25 % – второе воздействие), Ж-2 (18,8 % – третье воздействие) и Ж-4 (9,4 % – второе воздействие). У спортсменки Ж-9, у которой после первого и второго воздействий стимуляции отмечалось уменьшение ЖЕЛ на 2,6-5,1 %, после третьего воздействия ЖЕЛ увеличилась по сравнению с фоновым уровнем на 2,6 %. Только у одной из спортсменок (Ж-6) применение Режима 1 БСДС не повлияло на значения ЖЕЛ.

При реализации Режима 2 БСДС увеличение ЖЕЛ на 2,6-10,0 % после первого, второго и третьего воздействий стимуляции наблюдалось у 20-30 % спортсменок. Максимальное значение увеличения ЖЕЛ (на 10 %) при сравнении с фоном было отмечено у спортсменки Ж-6 после всех трех воздействий. Уменьшение ЖЕЛ на 3,1-12,5 % после всех трех воздействий Режима 2 БСДС было отмечено у трех (30 %) спортсменок (Ж-3, Ж-9 и Ж-10). Без каких-либо изменений при сравнении с фоновым уровнем параметры ЖЕЛ остались у двух (20 %) спортсменок (Ж-4, Ж-8).

Углубленный анализ полученных данных показал, что указанные выше изменения ЖЕЛ у спортсменов-женщин были связаны с размерами легких и напрямую зависели от антропометрических данных спортсменок. Так, именно у

спортсменок, отличавшихся большими значениями росто-весового индекса, были зарегистрированы наибольшие изменения ЖЕЛ.

Анализ среднегрупповых значений ЖЕЛ спортсменов-женщин не выявил статистически значимых изменений данного показателя при применении БСДС как в Режиме 1, так и в Режиме 2. При этом следует отметить, что наибольшее увеличение ЖЕЛ у спортсменов-женщин на 5,39±2,55% было зарегистрировано после второго воздействия при БСДС в Режиме 1.

На основании вышеуказанных данных представилось возможным заключить, что наиболее эффективным режимом БСДС спортсменов является Режим 2, что наглядно продемонстрировали более выраженные и достоверные ($p<0,05$) изменения значений ЖЕЛ в группе спортсменов-мужчин после его реализации, чем при реализации Режима 1.

При этом следует отметить, что у спортсменов-мужчин достоверное ($p<0,05$) увеличение ЖЕЛ, как после воздействия Режима 1, так и после реализации Режима 2 отмечалось в 80-90 % случаев. В тоже время при реализации Режима 2 у спортсменов-женщин положительное, но недостоверное, влияние БСДС на функциональное состояние дыхательной системы, характеризующееся увеличением ЖЕЛ, наблюдалось в 20-30 % случаев, а при реализации Режима 1 – в 30-70 % случаев.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, Режим 2 – акустическое воздействие по 3 минуты с интервалом между процедурами (воздействиями) по 2 минуты в диапазоне индивидуально подобранных частот при изменении частоты тонального сигнала от минимального до максимального значения резонанса респираторного тракта и обратно за время дыхательного цикла при УЗД, составляющем 130 дБ – было предложено рассматривать в качестве основного при обосновании методики проведения БСДС спортсменов с целью повышения ее функциональных резервов.

3.4.3. Оценка влияния различных режимов биоакустической стимуляции дыхательной системы на физическую работоспособность спортсменов

При проведении эргоспирометрического исследования у спортсменов-мужчин и спортсменок-женщин, выполнявших на беговой дорожке нагрузочный тест «до отказа» до (контроль) и после реализации Режима 1 и Режима 2 БСДС, были получены результаты, представленные в таблице 3.20.

Таблица 3.20 – Показатели эргоспирометрического исследования спортсменов до и после реализации Режима 1 и Режима 2 БСДС

Показатели	Контроль (Фон)	Режим 1	Режим 2
Мужчины			
Время нагрузки, мин:сек	17:03	17:36	17:40
Время ПАНО, мин:сек	14:29	12:30	12:44
МПК, мл/мин/кг	59,36±2,30	53,77±2,23	53,05±2,49*
Объем легочной вентиляции, л/мин	158,5±6,7	151,0±4,5	152,8±9,8
Дыхательный объем, л	2,81±0,13	2,83±0,11	2,90±0,18
Частота дыхания, мин$^{-1}$	57,0±3,0	54,1±2,8	53,1±3,5*
ЧСС, уд/мин	182,5±4,4	187,9±1,8	186,1±1,6
Женщины			
Время нагрузки, мин:сек	12:51	13:21	13:44
Время ПАНО, мин:сек	11:10	09:29	10:10
МПК, мл/мин/кг	50,15±1,82	46,28±1,88*	46,92±1,53
Объем легочной вентиляции, л/мин	96,6±3,4	97,9±2,9	100,7±3,7
Дыхательный объем, л	1,73±0,13	1,71±0,15	1,62±0,09
Частота дыхания, мин$^{-1}$	57,1±3,1	60,7±3,7	62,7±1,9
ЧСС, уд/мин	194,6±4,4	190,9±4,7	195,6±2,8

Примечания: * - значения достоверно отличаются от фона внутри группы ($p<0,05$).

Анализ показателей времени выполнения нагрузки «до отказа» выявил, что как среди спортсменов-мужчин, так и среди спортсменов-женщин наибольшая продолжительность нагрузки была зарегистрирована при Режиме 2 БСДС. Если при контрольном тестировании время нагрузки у спортсменов-мужчин в среднем составляло 17 мин 03 сек, то после БСДС в Режиме 2 время нагрузки увеличилось и составило 17 мин 40 сек. У спортсменов-женщин время нагрузки в контроле (фоне) составляло 12 мин 51 сек, а после воздействия в Режиме 2 составило 13 мин 44 сек.

При рассмотрении полученных значений уровня максимального потребления кислорода (МПК) было выявлено, что у спортсменов-мужчин

самые высокие значения регистрировались при контрольном (фоновом) тестировании (59,36±2,30 мл/мин/кг) по сравнению с тестированием, выполненным после БСДС в Режиме 1 и Режиме 2 (53,77±2,23 мл/мин/кг и 53,05±2,49 мл/мин/кг, соответственно). При этом после БСДС в Режиме 2 было выявлено достоверное уменьшение МПК ($p<0,05$). Сравнительный анализ значений данного показателя у спортсменов-женщин показал также уменьшение максимального потребления кислорода после БСДС, статистически значимое после биоакустического воздействия в Режиме 1.

На фоне увеличения общего времени нагрузки после БСДС время достижения порога анаэробного обмена (ПАНО), напротив, снижалось. Наименьшие величины данного показателя среди спортсменов-мужчин и спортсменов-женщин были отмечены во время тестирования после БСДС в Режиме 1. Спортсмены-мужчины достигали уровня ПАНО при контрольном тестировании за 14 мин 29 сек, а после БСДС в Режиме 1 и Режиме 2 за 12 мин 30 сек и 12 мин 44 сек, соответственно. Среди спортсменов-женщин наблюдались аналогичные изменения времени достижения ПАНО.

Объем легочной вентиляции (объем воздуха, вдыхаемый за одну минуту) на пике нагрузки при тестировании после БСДС в обоих режимах у спортсменов-женщин уменьшался, а у спортсменов-мужчин, напротив, увеличивался. Однако изменения данного показателя, как среди спортсменов-мужчин, так и среди спортсменов-женщин были незначительными и не достигали заданного уровня достоверности.

При оценке дыхательного объема (объем воздуха, вдыхаемый при одном вдохе) на пике нагрузки было определено, что у спортсменов-мужчин наибольший минутный дыхательный объем наблюдался после БСДС в Режиме 2 (2,900±0,177 л/мин) по сравнению с контрольным тестированием (2,809±0,131 л/мин). Анализ значений данного показателя в группе спортсменов-женщин статистически значимых различий при БСДС в Режиме 1 и Режиме 2 по сравнению с контрольным уровнем не показал. При этом дыхательный объем после БСДС незначительно уменьшался.

При изучении максимальной частоты дыхательных движений на пике нагрузки в исследуемых группах, были получены следующие результаты: у спортсменов-мужчин выявлены достоверно наименьшие значения данного показателя после БСДС в Режиме 2 (53,1±3,5 мин$^{-1}$) по сравнению с контрольным тестированием (57,0±3,1 мин$^{-1}$) и тестированием, выполненным после БСДС в Режиме 1 (54,1±2,8 мин$^{-1}$). Подобной тенденции не наблюдалось среди спортсменов-женщин, у которых регистрировалось увеличение частоты дыхания на пике нагрузки. Межгрупповой анализ данного показателя у спортсменов-женщин также не выявил статистически значимых отличий относительно контроля.

При оценке частоты сердечных сокращений (ЧСС) на пике нагрузки, было получено отсутствие достоверных отличий у спортсменов-мужчин и спортсменов-женщин после БСДС по сравнению с контрольным тестированием. Так, у спортсменов-мужчин наибольшие значения ЧСС были зарегистрированы после БСДС в Режиме 1 (187,9±1,8 уд/мин) при контрольном уровне (182,5±4,4 уд/мин). У спортсменов-женщин статистически значимые отличия в ЧСС между контролем и стимуляцией выявлены не были. Максимальные значения оцениваемого показателя были получены в тестировании после стимуляции в Режиме 2 (195,6±2,8 уд/мин), наименьшие – при Режиме 1 (190,9±4,7 уд/мин) по сравнению с контролем (194,6±4,4 уд/мин).

Таким образом, в результате проведенного эргоспирометрического исследования были получены данные, свидетельствующие о том, что в изучаемых группах увеличилось время выполнения нагрузки, как у спортсменов-мужчин, так и у спортсменов-женщин, особенно после БСДС в Режиме 2.

При анализе оцененных показателей, характеризующих физическую работоспособность спортсменов, статистически значимые отличия от исходного состояния ($p<0,05$) были выявлены у спортсменов-мужчин, а именно: уровень МПК снизился после БСДС в Режиме 2 с 59,36±2,30 до 53,05±2,49 мл/мин/кг ($p<0,05$). У спортсменов-женщин также наблюдалось достоверное снижение МПК с 50,15±1,82 до 46,28±1,88 мл/мин/кг ($p<0,05$), но после стимуляции в

Режиме 1. Кроме этого, у спортсменов-мужчин были выявлены достоверные отличия ($p<0,05$) в частоте дыхания после стимуляции в Режиме 2.

Полученные данные позволили сделать вывод о том, что Режим 2 БСДС оказывает более выраженное, чем Режим 1 БСДС, положительное влияние на физическую работоспособность спортсменов, характеризующееся увеличением времени выполнения физической нагрузки, снижением уровня МПК, увеличением дыхательного объема и снижением максимальной частоты дыхательных движений, и может рассматриваться в качестве основного режима биоакустического воздействия при обосновании методики проведения БСДС спортсменов с целью повышения функциональных резервов дыхательной системы организма спортсменов и, как следствие, в целом повышения функциональных резервов их организма.

3.5. Обоснование методики биоакустической стимуляции дыхательной системы организма человека высокоинтенсивными звуками низкой частоты

В результате проведенных клинико-экспериментальных исследований (глава 1) были обоснованы и экспериментально подтверждены теоретические положения о стимулирующем воздействии низкочастотных акустических колебаний на дыхательную систему организма человека (раздел 1.2) и было показано, что стимуляция дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты с уровнем звукового давления до 130 дБ на резонансных (индивидуально подобранных) частотах (22-36 Гц) приводит к увеличению резонансной частоты, снижению коэффициента поглощения и увеличению сопротивления дыхательного тракта, что может свидетельствовать об открытии резервных альвеол и увеличении площади поперечного сечения альвеолярных ходов и дыхательных бронхиол в результате воздействия, т.е. приводит к увеличению жизненной емкости легких, улучшению газообмена и, соответственно, к повышению функциональных резервов дыхательной системы организма человека. При этом указанный эффект наблюдается уже после

первого сеанса биоакустической стимуляции, а статистически достоверный (p = 0,05) эффект повышения функциональных резервов дыхательной системы организма человека может быть достигнут уже после двух процедур БСДС (раздел 1.3).

Результаты обоснования, технических и клинических испытаний АПК БСДС – аппарата акустической стимуляции легких (глава 2), разработанного для технической реализации метода повышения функциональных резервов дыхательной системы организма человека, предложенного на основании выше представленных результатов исследований (раздел 2.1), показали, что процедура БСДС может быть в соответствии с отработанной технической процедурой (раздел 2.1) адекватно требованиям нормативной и эксплуатационной документации, в частности, по удовлетворительной воспроизводимости амплитудно-частотных параметров генерируемых высокоинтенсивных звуков низкой частоты при акустическом воздействии (раздел 2.2), безопасно и достаточно эффективно (раздел 2.3) реализована на практике, в частности в спортивной медицине.

Так, в результате указанных исследований было показано, что после однодневного курса БСДС, проведенной при помощи выше указанного АПК в соответствии с технической процедурой (раздел 2.1), у добровольцев-испытуемых (спортсменов) происходит прирост ЖЕЛ, который сохраняется в течение 3 дней и более после стимуляции и сопровождается субъективными оценками более легкого дыхания, а технически аналогичное проведение БСДС 6 раз в течение 15-и дней (с интервалом 1-2 дня) не оказывает негативного влияния на клинические, гематологические и биохимические показатели состояния организма человека (раздел 2.3).

Исследования по оценке возможности использования и безопасности применения БСДС для повышения функциональных резервов дыхательной системы у людей, регулярно не занимающихся физическими упражнениями (раздел 3.2), показали, что БСДС может рассматриваться как метод повышения функциональных резервов дыхательной системы человека, так как

обуславливает увеличение ЖЕЛ, и оказывает в целом положительное влияние на психологическое и соматическое состояние организма человека при условии правильного подбора частотного спектра и адекватных режимов воздействия звуков низкой частоты, генерируемых АПК БСДС, а также учете индивидуальных особенностей воздействия указанных акустических колебаний на дыхательную систему и индивидуальных психологических особенностей человека.

Исследования по определению индивидуальных особенностей дыхательной системы спортсменов лыжных видов спорта в зависимости от физического состояния (при выполнении физических нагрузок аэробного и анаэробного характера) для определения времени (периода) использования БСДС в спортивной деятельности (раздел 3.3) показали, что выполнение как длительной физической нагрузки аэробного характера, так и короткой физической нагрузки анаэробного характера не приводит к достоверным изменениям частотных характеристик дыхательной системы спортсменов, что позволяет сделать вывод о возможности проведения БСДС в любой период спортивной деятельности в удобное для спортсмена время.

В исследованиях по оценке влияния различных режимов БСДС на показатели функционального состояния спортсменов лыжных видов спорта с целью выбора оптимального режима применения БСДС для повышения функциональных возможностей организма спортсмена-лыжника было установлено, что различные режимы БСДС (Режим 1 и Режим 2) оказывают различающееся влияние на субъективное состояние, функциональное состояние дыхательной системы и физическую работоспособность спортсменов, которое зависит в том числе от их пола (раздел 3.4).

Так, Режим 2 БСДС – акустическое воздействие по 3 минуты с интервалом между процедурами по 2 минуты в диапазоне индивидуально подобранных частот при изменении частоты тонального сигнала от минимального до максимального значения резонанса респираторного тракта и обратно за время дыхательного цикла при УЗД, составляющем 130 дБ, оказывает, по сравнению с

Режимом 1, проводимым аналогично, но характеризующимся УЗД, составляющим 115 дБ, оказывает более значимое положительное воздействие на субъективное состояние спортсменов независимо от пола и нагрузки (раздел 3.4.1).

При оценке функционального состояния дыхательной системы спортсменов было установлено, что Режим 2 обуславливает в 90 % случаев более выраженные и достоверные изменения значений ЖЕЛ в группе спортсменов-мужчин после его реализации, чем при реализации Режима 1. В тоже время при реализации Режима 2 у спортсменов-женщин положительное, но недостоверное, влияние БСДС на функциональное состояние дыхательной системы, характеризующееся увеличением ЖЕЛ, наблюдалось в 30 % случаев, а при реализации Режима 1 – в 70 % случаев (раздел 3.4.2).

При проведении эргоспирометрического исследования у спортсменов-мужчин и спортсменок-женщин, выполнявших на беговой дорожке нагрузочный тест «до отказа» до (контроль) и после реализации Режима 1 и Режима 2 БСДС, было показано, что что Режим 2 оказывает более выраженное, чем Режим 1, положительное влияние на физическую работоспособность спортсменов, характеризующееся увеличением времени выполнения физической нагрузки, снижением уровня МПК, увеличением дыхательного объема и снижением максимальной частоты дыхательных движений (раздел 3.4.3).

Исходя из вышеизложенного, представилось возможным обосновать и сформулировать основные положения методики БСДС организма человека высокоинтенсивными звуками низкой частоты – методики повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсмена с использованием БСДС:

1. Методика БСДС организма человека высокоинтенсивными звуками низкой частоты предназначена для повышения функциональных резервов дыхательной системы за счет увеличения жизненной емкости легких и улучшения газообмена в легких в результате открытия резервных альвеол и увеличения площади поперечного сечения альвеолярных ходов и дыхательных

бронхиол, обусловленных акустическим воздействием.

2. Основным показанием к применению БСДС является снижение функциональных резервов дыхательной системы организма в процессе профессиональной (спортивной) деятельности человека (спортсмена) или после перенесенных им заболеваний органов дыхания.

3. Основными противопоказаниями к применению БСДС являются отсутствие носового дыхания (любой этиологии); острые воспалительные заболевания и обострение хронических заболеваний (ринит, тонзиллит, гайморит и т.д.) органов дыхания; повышенная нервная возбудимость, раздражительность пациента (спортсмена); индивидуальная непереносимость процедуры или повышенная к ней чувствительность; отказ пациента (спортсмена) от проведения процедуры.

4. Техническим средством, позволяющим адекватно требованиям нормативной и эксплуатационной документации, безопасно и достаточно эффективно проводить БСДС является разработанный и прошедший технические и клинические испытания с целью государственной регистрации как медицинское изделие АПК БСДС – аппарат акустической стимуляции легких, включающий блок волновода-интерферометра, установленный в сабвуфер с конусообразным концентратором звука; систему управления интерферометром - переносной компьютер (ноутбук, планшет) с лицензионным программным обеспечением и/или блок управления (программируемый контроллер); программное обеспечение комплекса, осуществляющее формирование и регистрацию акустических сигналов, формирование базы данных и графического изображения.

5. БСДС должна проводиться в соответствии с отработанной технической процедурой, включающей подготовительный (включение и подготовка АПК БСДС к работе; установление амплитудных, частотных и временных параметров режима, реализуемого при проведения БСДС) и исполнительный (размещение пациента (спортсмена) перед АПК; инструктаж пациента (спортсмена); проведение БСДС в соответствии с определенным режимом; контроль

специалистом, проводящим БСДС, состояния пациента (спортсмена) и правильности чередования им фаз дыхания; выполнение завершающих БСДС технических процедур) этапы.

6. Курс БСДС, рекомендуемый к назначению пациентам (спортсменам) для повышения функциональных резервов дыхательной системы, в зависимости от состояния пациента (спортсмена) и решаемых при этом коррекционных, реабилитационных или исследовательских задач включает 1-6 сеансов, которые при повторе проводятся через день. Каждый сеанс включает по 3 процедуры стимуляции длительностью 2-3 минуты с интервалом между ними 1-2 минуты. Стимуляция осуществляется при длительности фазы вдоха/выдоха, индивидуально определенной для пациента (спортсмена) и составляющей 3-6 с, в диапазоне индивидуально подобранных частот 23-38 Гц при амплитуде полигармонического звукового сигнала, составлявшей 130 дБ (63,2 Па). Повторные курсы стимуляции, при необходимости, проводятся с интервалом 4-6 недель.

7. До (перед) и после сеанса БСДС специалистом, проводящим стимуляцию, проводится обследование пациента для определения его состояния до и после воздействия, включающее опрос для выявления отклонений в состоянии здоровья, измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС), артериального давления (АД), форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ), объем первого секундного форсированного выдоха (ОФВ1), сатурации кислорода (SpO_2), определение наличия носового дыхания. Кроме этого, после сеанса БСДС, по просьбе специалиста, проводящего стимуляцию, пациентом проводится субъективная оценка эффективности процедуры по шкале от 0 до 10 баллов, где 5 баллов - нейтрально. Полученные данные заносятся в протокол проведения сеанса БСДС (рисунок 3.11).

Для проведения вышеуказанных инструментальных исследований рекомендуются к использованию автоматический тонометр (например, Omron), пульсоксиметр медицинский (например, «Armed YX300») и спирометр (например, спиротест УСПЦ-01 или его аналоги).



Протокол
проведения сеанса акустической стимуляции легких

Дата проведения сеанса «___»_____20__ г. Номер в курсе _____

Фамилия _____ Имя _____ Отчество _____

Дата рождения _____ Пол (м, ж) _____ Вес (кг) _____ Рост (см) _____

Диагноз _____

Результаты обследования

Срок измерения	Измерения	ФЖЕЛ, мл	ОФВ1, мл	ЧСС, уд./мин.	АД, мм. рт. ст.	SpO_2, %
До сеанса	Первое измерение					
	Второе измерение					
	Третье измерение					
После сеанса	Первое измерение					
	Второе измерение					
	Третье измерение					

Оценка состояния до, в процессе и после сеанса (жалобы, ощущения и т.п.)

_____

Субъективная оценка пациентом эффективности сеанса стимуляции _____ баллов
(по шкале от 0 до 10 баллов, где 5 баллов - нейтрально)

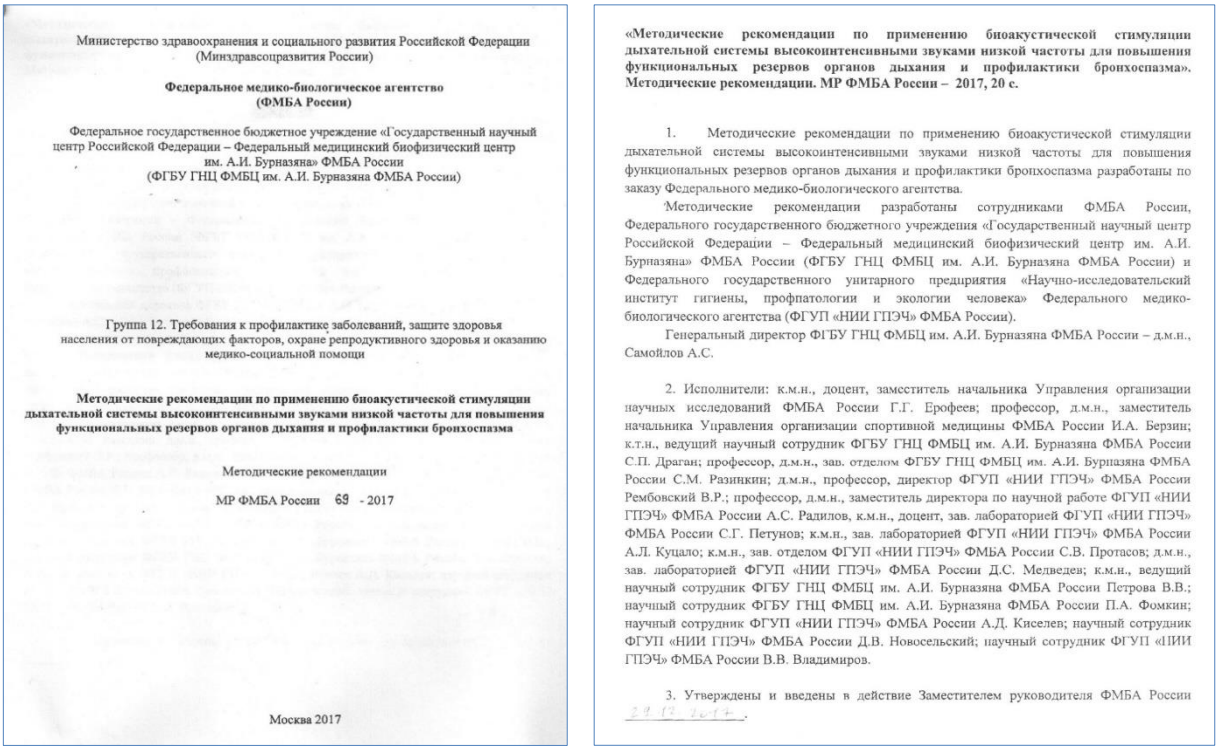
Заключение _____

Врач (медсестра) _____ / _____ /
(подпись) (фамилия, инициалы)

Рисунок 3.11 – Протокол проведения сеанса БСДС (пример)

8. На основании результатов обследования пациента (спортсмена) до и после сеанса БСДС, специалистом, проводящим стимуляцию, и/или лечащим врачом проводится экспресс-оценка эффективности и безопасности назначения пациенту (спортсмену) данной медицинской технологии, исходя из результатов которой, принимается решение о продолжении (завершении) курса применения БСДС, назначенного пациенту (спортсмену).

Указанные методические положения легли в основу разработки и применения в дальнейших исследованиях и практических работах методики повышения функциональных резервов организма спортсменов с использованием БСДС, а также были использованы при разработке Методических рекомендаций по применению биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты для повышения функциональных резервов органов дыхания и профилактики бронхоспазма. МР ФМБА России 69-2017 (рисунок 3.12) [146].



Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации
(Минздравсоцразвития России)

Федеральное медико-биологическое агентство
(ФМБА России)

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России
(ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России)

Группа 12. Требования к профилактике заболеваний, защите здоровья населения от повреждающих факторов, охране репродуктивного здоровья и оказанию медико-социальной помощи

Методические рекомендации по применению биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты для повышения функциональных резервов органов дыхания и профилактики бронхоспазма

Методические рекомендации

МР ФМБА России 69 - 2017

Москва 2017

«Методические рекомендации по применению биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты для повышения функциональных резервов органов дыхания и профилактики бронхоспазма». Методические рекомендации. МР ФМБА России – 2017, 20 с.

1. Методические рекомендации по применению биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты для повышения функциональных резервов органов дыхания и профилактики бронхоспазма разработаны по заказу Федерального медико-биологического агентства.

Методические рекомендации разработаны сотрудниками ФМБА России, Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России) и Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства (ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России).

Генеральный директор ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России – д.м.н., Самойлов А.С.

2. Исполнители: к.м.н., доцент, заместитель начальника Управления организации научных исследований ФМБА России Г.Г. Ерофеев; профессор, д.м.н., заместитель начальника Управления организации спортивной медицины ФМБА России И.А. Берзин; к.т.н., ведущий научный сотрудник ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России С.П. Драган; профессор, д.м.н., зав. отделом ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России С.М. Разинкин; д.м.н., профессор, директор ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России Рембовский В.Р.; профессор, д.м.н., заместитель директора по научной работе ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России А.С. Радилов, к.м.н., доцент, зав. лабораторией ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России С.Г. Петунов; к.м.н., зав. лабораторией ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России А.Л. Куцало; к.м.н., зав. отделом ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России С.В. Протасов; д.м.н., зав. лабораторией ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России Д.С. Медведев; к.м.н., ведущий научный сотрудник ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России Петрова В.В.; научный сотрудник ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России П.А. Фомкин; научный сотрудник ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России А.Д. Киселев; научный сотрудник ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России Д.В. Новосельский; научный сотрудник ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России В.В. Владимиров.

3. Утверждены и введены в действие Заместителем руководителя ФМБА России 29.12.2017.

Рисунок 3.12 – Методические рекомендации МР ФМБА России 69-2017

Кроме этого, на основе разработанных методических положений был предложен и запатентован способ повышения функциональных резервов организма (рисунок 3.13) [171].



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 587 970** (13) **C1**

(51) МПК
A61H 21/00 (2006.01)
A61H 23/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: **2015102474/14, 27.01.2015**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.01.2015

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **27.01.2015**

(45) Опубликовано: **27.06.2016** Бюл. № **18**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2393839 C2, 10.07.2010. RU 148484 U1, 10.12.2014. RU 2078591 C1, 10.11.1996. US 2010268131 A1, 21.10.2010. JP 2002360648 A, 17.12.2002.**

Адрес для переписки:
115598, Москва, ул. Загорьевская, 25, кв. 78, А.В. Богомолову

(72) Автор(ы):
Драган Сергей Павлович (RU),
Богомолов Алексей Валерьевич (RU),
Разинкин Сергей Михайлович (RU),
Корчажкина Наталья Борисовна (RU),
Ерофеев Геннадий Григорьевич (RU),
Ивашин Владимир Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна" (RU)

RU 2587970

(54) **СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА**

Рисунок 3.13 – Патент на способ повышения функциональных резервов организма

На основании вышеизложенного в главе 3 представляется возможным заключить, что на основании полученных данных об изменениях показателей функционального состояния дыхательной системы, индивидуальных особенностях дыхательной системы спортсменов лыжных видов спорта в зависимости от физического состояния, а также показателей функционального состояния спортсменов во время и после БСДС обоснована и разработана методика БСДС организма человека высокоинтенсивными звуками низкой частоты, позволяющая безопасно и эффективно повышать функциональные резервы дыхательной системы и в целом организма человека [81, 82, 83, 84, 206]. Данная методика была предложена для использования в дальнейших исследованиях по оценке возможности применения БСДС для повышения физической работоспособности и выносливости спортсменов циклических видов спорта, а также возможности ее применения в восстановительной медицине.

Глава 4. ОБОСНОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ВЫНОСЛИВОСТИ СПОРТСМЕНОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВИДОВ СПОРТА

4.1. Этапы, задачи, материал и методы исследования

Исследования по обоснованию и оценке эффективности применения БСДС для повышения физической работоспособности и выносливости спортсменов циклических видов спорта проводились в 3 этапа и включали:

- исследования по подтверждению эффективности разработанной методики проведения БСДС для повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсменов циклических (лыжных) видов спорта по изменениям значений ЖЕЛ после трех и шести сеансов БСДС (1-й этап);

- исследования по оценке влияния БСДС на аэробную работоспособность спортсменов циклических (лыжных) видов спорта по изменениям после трех и шести (1-й этап), двух и четырех (2-й этап) и одного (3-й этап) сеансов БСДС показателей, характеризующим работоспособность спортсмена при выполнении нагрузочного теста на беговой дорожке «T-Ergo PRO» со ступенчато возрастающей нагрузкой «до отказа»;

- исследования по оценке влияния БСДС на анаэробную работоспособность спортсменов циклических (лыжных) видов спорта по изменениям после трех и шести (1-й этап), двух и четырех (2-й этап) и одного (3-й этап) сеансов БСДС показателей, характеризующим физическую работоспособность спортсмена при выполнении нагрузочного теста на велоэргометре «V-Ergo PRO» (30-секундный Вингейт-тест).

В указанных исследованиях на первом этапе (три и шесть сеансов БСДС) приняли участие 20 добровольцев-испытуемых - спортсменов-мужчин (возраст - 24,3±0,8 лет), на втором этапе (два и четыре сеанса БСДС) – 13 добровольцев-испытуемых - спортсменов-мужчин (возраст - 25,3±1,9 лет), а третьем этапе

(один сеанс БСДС) – 25 добровольцев-испытуемых - спортсменов-мужчин (возраст - 21,6±2,8 лет) занимающихся лыжными видами спорта (лыжные гонки, биатлон, лыжероллеры) и отвечающие следующим критериям: спортивный разряд не ниже I взрослого; отсутствие медицинских противопоказания к участию в клинических испытаниях; заключившие письменное информированное согласие на участие в исследованиях, а также согласие на все ограничения, налагаемые в ходе их проведения.

На первом этапе исследований спортсмены случайным образом были разделены на две группы: опытная группа («Воздействие») – 10 человек и группа сравнения («Контроль») – 10 человек.

На втором этапе исследований спортсмены случайным образом также были разделены на две группы: опытная группа («Дыхание») – 5 человек и группа сравнения («Контроль») – 8 человек.

На третьем этапе исследования спортсмены случайным образом были разделены на пять групп по 5 человек: 1-я опытная группа (БСДС-1), 2-я опытная группа (БСДС-2), 3-я опытная группа (БСДС-3), 1-я группа сравнения (Контроль-1), 2-я группа сравнения (Контроль-2).

На первом этапе исследований курс БСДС, проведенный спортсменам опытной группы, включал 6 сеансов по 3 процедуры стимуляции длительностью 3 минуты каждая с интервалом между ними 2 минуты в течение 15 дней. Интервал между сеансами составлял 1-2 дня. Стимуляция осуществлялась при длительности фазы вдоха/выдоха, индивидуально определенной для каждого спортсмена и составляющей 3-5 секунд, в диапазоне индивидуально подобранных частот 23-38 Гц при амплитуде полигармонического звукового сигнала, составлявшей 130 дБ. Дыхание спортсменами осуществлялось исключительно через нос, что позволяло избежать значительного изменения насыщения крови кислородом. При этом спортсмены придерживались индивидуально подобранного ритма дыхания, при котором на вдохе подавался звуковой сигнал в резонансном диапазоне с понижением частоты, а на выдохе в том же диапазоне с повышением частоты.

На втором этапе исследований курс БСДС, проведенный спортсменам опытной группы, включал 4 сеанса по 3 процедуры стимуляции длительностью 3 минуты каждая с интервалом между ними 1 минута. Указанные 4 сеанса были проведены в 4-й, 6-й, 11-й и 13-й дни 20-дневного исследования. Стимуляция осуществлялась при реализации параметров акустического воздействия и соблюдении требований по обеспечению синхронизации дыхания, аналогичных использованным на первом этапе исследований.

На третьем этапе исследований курс БСДС, проведенный спортсменам опытной группы, включал 1 сеанс, включавший 3 процедуры стимуляции длительностью 3 минуты каждая с интервалом между ними 1 минута. Стимуляция осуществлялась при реализации параметров акустического воздействия и соблюдении требований по обеспечению синхронизации дыхания, аналогичных использованным на первом и втором этапах исследований.

Спортсменам групп сравнения осуществлялась имитация БСДС – 3-х кратное по 3 минуты с интервалом в 1-2 минуты воздействие на респираторный тракт акустическим сигналом в диапазоне индивидуально подобранных частот 23-38 Гц при значении УЗД, составлявшем 60 дБ.

БСДС проводилась не менее, чем за 40 минут до нагрузочного тестирования.

Для определения значений ЖЕЛ у спортсменов использовали спирометр сухой портативный, позволяющий регистрировать ЖЕЛ с точность до 0,1 литра (рисунок 3.1Б).

Регистрация значений ЖЕЛ проводилась трехкратно перед началом сеанса БСДС и двукратно – после каждого воздействия (процедуры). Учету подлежал лучший результат. Кроме этого, в целях ежедневного контроля за изменениями ЖЕЛ спортсмены выполняли измерение ЖЕЛ самостоятельно каждый день утром натощак. Измерение проводилось по методике, описанной выше. Данные измерений заносились в «Дневник ежедневного контроля за изменениями жизненной емкости легких и оценки субъективного состояния» (рисунок 4.1).



ДНЕВНИК

ежедневного контроля за изменениями жизненной емкости легких и оценки субъективного состояния

Ф.И.О. _____ **Возраст** _____ **лет**

№ п/п	Дата	Время	Результат измерения ЖЕЛ, л	Оценка субъективного состояния
1			1._____ 2._____	
2			1._____ 2._____	
3			1._____ 2._____	
4			1._____ 2._____	
5			1._____ 2._____	
6			1._____ 2._____	
7			1._____ 2._____	
8			1._____ 2._____	
9			1._____ 2._____	
10			1._____ 2._____	

Рисунок 4.1 – Форма «Дневника ежедневного контроля за изменениями жизненной емкости легких и оценки субъективного состояния»

Для оценки соматических изменений в состоянии здоровья у спортсменов, участвующих в исследовании, ежедневно фиксировались данные об их субъективном состоянии, жалобах, частоте сердечных сокращений (ЧСС) и артериальном давлении (АД).

Оценка влияния БСДС на физическую работоспособность спортсменов циклических (лыжных) видов спорта на первом, втором и третьем этапах исследования осуществлялась по единому протоколу.

Физическую нагрузку спортсмены выполняли на беговой дорожке «T-Ergo PRO» и велоэргометре «V-Ergo PRO».

На беговой дорожке «T-Ergo PRO» выполнялся тест «до отказа» со ступенчатым увеличением скорости бега без изменения угла наклона дорожки, который в большей степени позволяет оценить аэробные процессы, характерные для циклических видов спорта. Протокол тестирования представлял собой 11 ступеней постоянно возрастающей нагрузки с общей продолжительностью 25 минут [101, 113, 216]. Оцениваемый восстановительный период составлял 5 минут (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Схема нагрузки, используемая в протоколе при тестировании на беговой дорожке [113, 114, 216]

Ступень	Скорость, км/ч	Угол наклона беговой дорожки, %	Длительность, мин
1	5,0	0	2
2	6,5	0	2
3	8,0	0	2
4	9,5	0	2
5	11,0	0	2
6	12,5	0	2
7	14.0	0	2
8	15,5	0	2
9	17,0	0	2
10	18,5	0	7
Восстановление	2,7	0	5

На велоэргометре «V-Ergo PRO» спортсмены выполняли короткий анаэробный 30-секундный Вингейт-тест, который заключался в достижении максимальной мощности педалирования в течение 30 секунд. Мощность нагрузки при выполнении теста составляла 7,5 % от собственного веса спортсмена.

На первом этапе обе физические нагрузки выполнялись в один день. Сначала спортсмены проходили тестирование на беговой дорожке. После завершения тестирования на дорожке через 40 минут выполнялся Вингейт-тест на велоэргометре.

При этом при реализации методики оценки максимальной аэробной работоспособности (тест на беговой дорожке) и методики оценки максимальной анаэробной работоспособности (30-секундный тест «Wingate») на первом, а также на втором и третьем этапах исследования регистрировались показатели, характеризующие данные виды физической работоспособности, указанные в таблице 3.1.

Исследования по оценке физической работоспособности спортсменов опытной группы и группы сравнения на первом этапе проводились перед истинным и «ложным» проведением первого сеанса БСДС (исходный уровень, фон), на 8-й день исследования (после проведения трех сеансов БСДС) и на 15-й день исследования (после шести сеансов БСДС).

При проведении второго этапа исследований указанная оценка осуществлялась у спортсменов опытной группы и группы сравнения в фоне (перед первым сеансом БСДС) и на 7-й, 14-й, 18-й, 19-й и 20-й дни исследования. При этом 18-й, 19-й и 20-й дни исследования использовались для оценки «следового» эффекта БСДС.

Схема организации тестирования спортсменов опытных групп (БСДС-1, БСДС-2, БСДС-3) и групп сравнения (Контроль-1, Контроль-2) при проведении третьего этапа исследования представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Схема организации тестирования спортсменов опытных групп и групп сравнения при проведении третьего этапа исследования

Группа (кол-во спортсменов)	Фоновое Тестирование	Перерыв	Тестирование после сеанса БСДС
1-я опытная группа (БСДС-1) (n=5)	Бег «до отказа» + Вингейт-тест	3 дня	Бег «до отказа» через 40-50 минут после сеанса БСДС
1-я группа сравнения (Контроль-1) (n=5)	Бег «до отказа» + Вингейт-тест	3 дня	Бег «до отказа» через 40-50 минут после сеанса БСДС
2-я опытная группа (БСДС-2) (n=5)	Бег «до отказа» + Вингейт-тест	3 дня	Вингейт-тест через 40-50 минут после сеанса БСДС
3-я опытная группа (БСДС-3) (n=5)	Бег «до отказа» + Вингейт-тест	3 дня	Вингейт-тест через сутки после сеанса БСДС
2-я группа сравнения (Контроль-2) (n=5)	Бег «до отказа» + Вингейт-тест	3 дня	Вингейт-тест через 40-50 минут после сеанса БСДС

Полученные в процессе исследования данные подвергались статистической обработке с помощью пакета программ для персонального компьютера и методами параметрической и непараметрической статистики с учетом критериев Стьюдента и Вилкоксона. Вероятность $p<0,05$ считалась достаточной для вывода о статистической значимости различий данных.

4.2. Оценка влияния биоакустической стимуляции на функциональное состояние дыхательной системы спортсменов циклических видов спорта

Влияние БСДС на функциональные резервы системы внешнего дыхания добровольцев-испытуемых (спортсменов) оценивали по ЖЕЛ. ЖЕЛ регистрировали методом спирометрии в дни проведения сеанса БСДС: до начала

сеанса (исходный уровень), а также после 1-й, 2-й и 3-й процедуры. Также спортсмены осуществляли ежедневный самоконтроль динамики ЖЕЛ на протяжении всего исследования и в течение трех недель после завершения сеансов БСДС.

Анализ дневников ежедневного контроля ЖЕЛ выявил наличие достоверного увеличения данного показателя в опытной группе спортсменов по сравнению с исходным уровнем во все сроки оценки: на 8-й день (после проведения трех сеансов БСДС), 15-й день (после шести сеансов БСДС), через одну, две и три недели после завершения сеансов БСДС (рисунок 4.2).

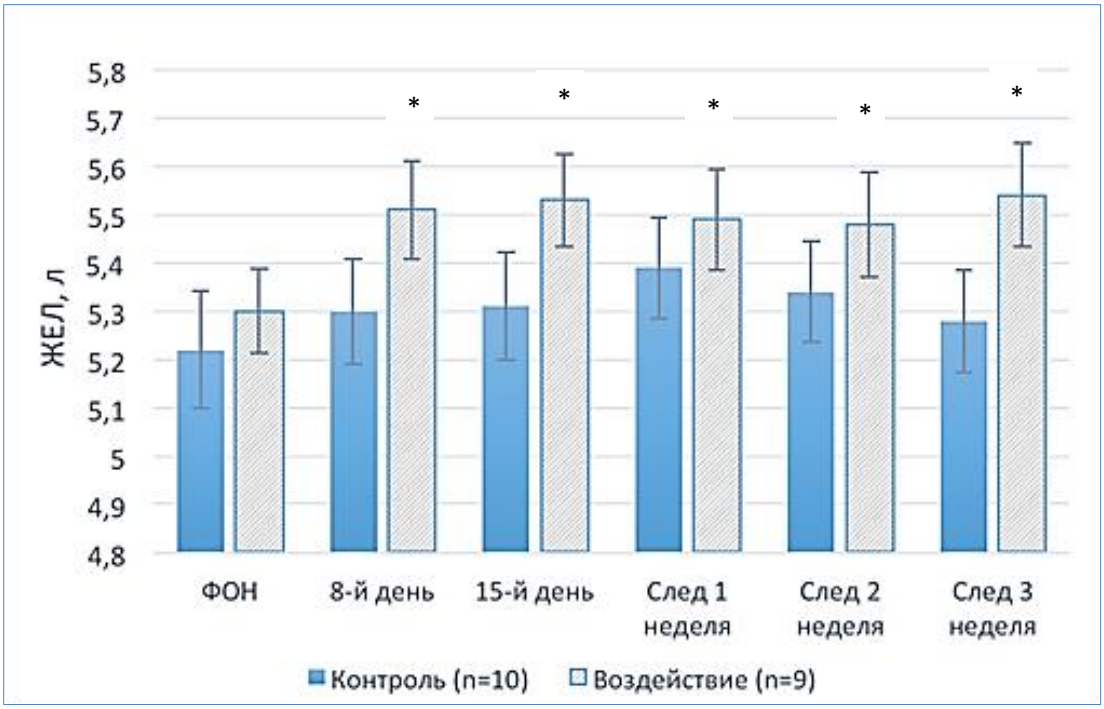


Рисунок 4.2 - Динамика ЖЕЛ в группах спортсменов по данным самостоятельной спирометрии (по данным дневников самоконтроля ЖЕЛ) (* - значения достоверны по сравнению с исходным значением первого сеанса (первого дня проведения) БСДС ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона)

Фоновые (исходные) значения ЖЕЛ в опытной группе (Воздействие) составляли 5,30±0,17 л. При применении БСДС произошло достоверное увеличение значений ЖЕЛ на 8-й день исследования до 5,51±0,20 л ($p<0,05$) и на 15-й день до 5,53±0,18 л ($p<0,05$). Достоверное увеличение ($p<0,05$) значений ЖЕЛ продолжало регистрироваться и в течение трех недель после завершения БСДС, составляя через одну неделю после БСДС 5,49±0,22 л, а спустя две недели

5,48±0,23 л. Максимальное значение ЖЕЛ в опытной группе спортсменов было зарегистрировано через три недели после завершения БСДС и составило 5,54±0,22 л ($p<0,05$).

В группе сравнения (Контроль) фоновые значения ЖЕЛ составили 5,22±0,26 л. В дальнейшем, ни во время проведения имитации БСДС, ни после ее завершения достоверного увеличения значений ЖЕЛ не наблюдалось. На 8-й день исследования значение ЖЕЛ составило 5,30±0,24 л, на 15-й день – 5,31±0,24 л, а через одну недели после завершения имитации БСДС – 5,39±0,22 л и через три недели – 5,28±0,23 л.

Значения ЖЕЛ, зарегистрированные во время проведения БСДС в обеих группах добровольцев-испытуемых представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Значения ЖЕЛ спортсменов опытной группы (Воздействие) и группы сравнения (Контроль) при проведении БСДС

Группа спортсменов	**1-й сеанс БСДС**				**2-й сеанс БСДС**			
	Исх. уровень	1-е возд.	2-е возд.	3-е возд.	Исх. уровень	1-е возд.	2-е возд.	3-е возд.
Контроль	5,22 ±0,26	5,21 ±0,25	5,27 ±0,25	5,25 ±0,27	5,29 ±0,26	5,39 ±0,26	5,45 ±0,26	5,48 ±0,27*
Воздействие	5,30 ±0,17	5,42 ±0,19	5,40 ±0,18	5,39 ±0,18*	5,46 ±0,22**	5,38 ±0,19	5,48 ±0,18	5,43 ±0,18
	3-й сеанс БСДС				**4-й сеанс БСДС**			
	Исх. уровень	1-е возд.	2-е возд.	3-е возд.	Исх. уровень	1-е возд.	2-е возд.	3-е возд.
Контроль	5,44 ±0,24	5,50 ±0,27	5.54 ±0,27	5,56 ±0,29	5,45 ±0,23**	5,57 ±0,26	5,59 ±0,27	5,55 ±0,26
Воздействие	5,46 ±0,19**	5,53 ±0,19	5,57 ±0,24	5,52 ±0,23	5,46 ±0,16**	5,53 ±0,19	5,49 ±0,20	5,52 ±0,19
	5-й сеанс БСДС				**6-й сеанс БСДС**			
	Исх. уровень	1-е возд.	2-е возд.	3-е возд.	Исх. уровень	1-е возд.	2-е возд.	3-е возд.
Контроль	5,38 ±0,25	5,58 ±0,26	5,59 ±0,26	5,66 ±0,25*	5,42 ±0,25	5,50 ±0,27	5,51 ±0,29	5,49 ±0,29
Воздействие	5,49 ±0,17**	5,49 ±0,14	5,49 ±0,18	5,47 ±0,18	5,35 ±0,22	5,30 ±0,24	5,38 ±0,25	5,45 ±0,26

Примечание: * – достоверные изменения по сравнению с исходным уровнем (значением ЖЕЛ в день БСДС перед сеансом) ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона;

** – достоверные изменения по сравнению с исходным уровнем (значением ЖЕЛ перед 1-м сеансом БСДС) ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона.

Из представленных в таблице 4.3 данных следует, что в опытной группе спортсменов (Воздействие) достоверный рост значений ЖЕЛ произошел уже после проведения первого сеанса БСДС и составил 0,09 литра (исходный уровень - 5,30±0,17 л, а после третьего воздействия (третьей процедуры) – 5,39±0,18 л) ($p<0,05$). В данной группе спортсменов указанная тенденция далее сохранялась после каждого из последующих сеансов БСДС (таблица 4.3). Так, достоверный ($p<0,05$) отставленный эффект в виде роста исходных значений ЖЕЛ у спортсменов опытной группы был явно выражен уже в день проведения второго сеанса БСДС (значение ЖЕЛ составляло 5,46±0,22 л). Сохранение значений ЖЕЛ на данном уровне наблюдалось также при проведении третьего и четвертого сеансов БСДС. При проведении пятого сеанса БСДС был зарегистрирован максимальный уровень значений ЖЕЛ, который составил 5,49±0,17 л ($p<0,05$).

На рисунке 4.3 наглядно представлена динамика исходных значений ЖЕЛ у спортсменов опытной группы, которая показывает, что достоверное увеличение ЖЕЛ имело устойчивый вид (плато), начиная со второго сеанса применения БСДС.

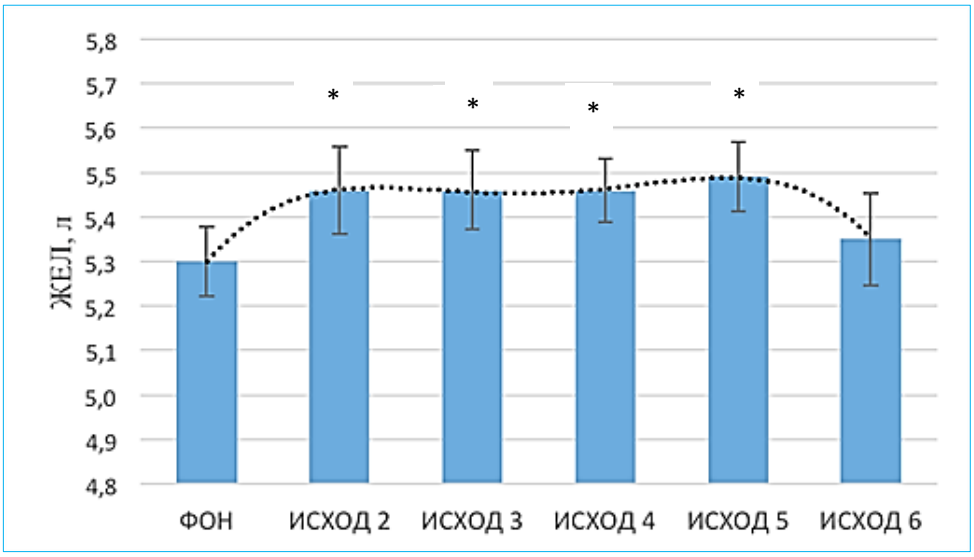


Рисунок 4.3 – Динамика исходных значений ЖЕЛ (значений ЖЕЛ перед сеансом) у спортсменов опытной группы при проведении 1 (Фон) и 2-6 сеансов (Исход 2…Исход 6) БСДС
(* - значения достоверны по сравнению с исходным значением первого сеанса (первого дня проведения) БСДС, $p<0,05$)

У спортсменов группы сравнения (Контроль) наблюдалась аналогичная тенденция роста значений ЖЕЛ в каждый из сеансов имитации БСДС. В таблице 4.3 представлены достоверные изменения ЖЕЛ при проведении второго сеанса имитации БСДС (до имитации – 5,29±0,26 л, после имитации – 5,48±0,27 л, $p<0,05$) и при проведении пятого сеанса имитации БСДС (до имитации – 5,38±0,25 л, после имитации – 5,66±0,25 л, $p<0,05$).

Динамика исходных значений ЖЕЛ в группе сравнения также была положительной (рисунок 4.4).

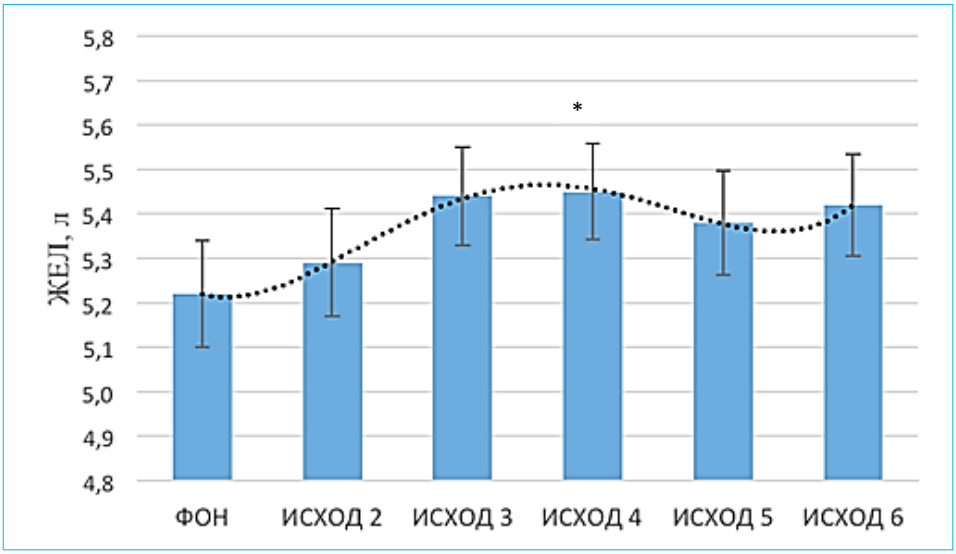


Рисунок 4.4 – Динамика исходных значений ЖЕЛ (значений ЖЕЛ перед сеансом) у спортсменов группы сравнения при проведении 1 (Фон) и 2-6 сеансов (Исход 2…Исход 6) БСДС
(* - значения достоверны по сравнению с исходным значением первого сеанса (первого дня проведения) имитации БСДС, $p<0,05$)

Однако, наиболее высокие и достоверно увеличенные ($p<0,05$) значения ЖЕЛ были отмечены при проведении третьего и четвертого сеансов имитации БСДС, составляя 5,44±0,24 л и 5,45±0,23 л, соответственно. В дальнейшем значения ЖЕЛ в группе сравнения умеренно снижались и составляли при проведении пятого сеанса имитации БСДС 5,38±0,25 л, а при проведении шестого сеанса – 5,42±0,25 л. При этом у спортсменов группы сравнения наблюдался более плавный и менее стабильный рост значений ЖЕЛ, чем у спортсменов опытной группы, с умеренным снижением к 5-му сеансу имитации БСДС. Предположительно, указанные изменения значений ЖЕЛ спортсменов

группы сравнения были обусловлены некоторым стимулирующим влиянием на респираторный тракт акустического сигнала с УЗД 60 дБ, сканирующего на резонансных частотах, использованного для имитации БСДС. Таким образом, выше представленные результаты исследования, свидетельствующие о достоверном увеличении ЖЕЛ у спортсменов опытной группы после БСДС сразу после первого сеанса и после следующих пяти сеансов стимуляции, убедительно подтвердили эффективность разработанной методики проведения БСДС (раздел 3.5) для повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсменов лыжных видов спорта. При этом было установлено достаточно длительное сохранение эффекта повышения функциональных резервов дыхательной системы при помощи БСДС: значения ЖЕЛ спортсменов, зарегистрированные через 1, 2 и 3 недели после завершения курса из 6 сеансов БСДС, имели значения достоверно большие, чем перед первым сеансом БСДС.

Значения ЖЕЛ, полученные у спортсменов в ходе проведенного исследования, в дальнейшем были учтены при расчете интегральной оценки влияния трех и шести сеансов БСДС на аэробную и анаэробную работоспособность спортсменов лыжных видов спорта (раздел 4.3.1).

4.3. Оценка влияния биоакустической стимуляции дыхательной системы на физическую работоспособность и выносливость спортсменов циклических видов спорта при аэробных и анаэробных нагрузках

4.3.1. Оценка влияния трех и шести сеансов биоакустической стимуляции дыхательной системы на физическую работоспособность и выносливость спортсменов циклических видов спорта

Результаты оценки функциональных показателей, характеризующих физическую работоспособность спортсменов опытной группы (Воздействие, n = 10) и группы сравнения (Контроль, n = 10), полученные при нагрузочном тестировании на беговой дорожке перед первым (фон) и после трех (8-й день исследования) и шести (15-й день исследования) сеансов истинной и

имитационной («ложной») БСДС представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Значения показателей оценки физической работоспособности спортсменов опытной группы (Воздействие) и группы сравнения (Контроль), полученные при тестировании на беговой дорожке перед первым и после трех и шести сеансов истинной и имитационной БСДС

Показатель	Группа спортсменов	Фон (перед первым сеансом БСДС)	8-й день исследования (после трех сеансов БСДС	15-й день исследования (после шести сеансов БСДС
Время нагрузки, мин	Контроль	17,93±0,66	18,66±0,73*	19,42±0,79*
	Воздействие	17,91±0,49	18,82±0,55*	19,62±0,65*
Время АТ (ПАНО), мин	Контроль	13,68±0,56	14,56±0,59	15,72±0,91*
	Воздействие	13,99±0,72	15,40±0,65	15,98±1,02*
МПК, мл/мин/ кг	Контроль	53,38±1,94	53,50±1,89	54,31±1,72
	Воздействие	53,18±1,56	54,51±1,74	53,48±1,55
$V'O2_{max}$, мл/мин	Контроль	3987,10±116,89	4062,50±150,02	4051,20±128,39
	Воздействие	4046,20±120,05	4151,40±144,77	4082,50±109,84
$V'CO2_{max}$, мл/мин	Контроль	4394,60±106,67	4536,80±139,20	4326,60±120,69*
	Воздействие	4450,20±109,56	4542,40±116,75	4332,90±67,64
$METS_{max}$, отн. ед.	Контроль	15,54±0,62	15,18±0,45	15,46±0,58
	Воздействие	15,15±0,43	15,70±0,52	15,20±0,43
ЧСС перед тестом, уд/мин	Контроль	56,50±5,75	64,10±5,84	81,10±3,40
	Воздействие	60,40±5,08**	76,50±4,86*	87,00±4,78*
ЧСС (ПАНО), уд/мин	Контроль	174,90±2,26	171,80±4,98	176,70±3,98
	Воздействие	180,00±3,63	183,60±3,38	176,10±5,32
ЧСС максим., уд/мин	Контроль	191,00±2,48	189,40±2,64	191,50±2,94
	Воздействие	194,70±1,81	194,80±1,99	196,30±1,58
Объем легочн. вент. $V'E_{max}$, л/мин	Контроль	154,38±6,13	142,09±7,64*	153,08±7,53
	Воздействие	144,07±5,92	148,23±5,34	147,27±5,52
Rf_{max}, в мин	Контроль	57,30±2,52	53,57±3,13	55,16±2,91
	Воздействие	51,88±2,32	52,78±2,60	53,72±3,35
Лактат перед тестом, ммоль/л	Контроль	3,07±0,18	3,07±0,42	3,04±0,26
	Воздействие	2,82±0,21	2,88±0,18	2,86±0,15
Лактат на пике нагрузки, ммоль/л	Контроль	11,08±1,00	11,42±0,93	13,87±0,60*
	Воздействие	10,87±0,66	11,55±0,95	12,59±0,87*
Лактат на 5 мин восстан., моль/л	Контроль	12,01±0,59	11,11±0,66	13,77±0,61*
	Воздействие	09,46±0,73**	9,65±0,88	11,70±0,58*(**)
EQO_2, отн. ед.	Контроль	35,10±3,83	35,54±1,17	38,20±2,06
	Воздействие	35,79±1,36	35,77±1,60	36,45±1,60
$EQCO_2$, отн. ед.	Контроль	35,12±1,28	34,40±1,15	37,66±1,80
	Воздействие	33,48±1,03	34,13±1,20	36,26±1,29*
O_2/HR_{max}, мл/уд/мин	Контроль	21,87±0,81	22,69±1,00	21,80±0,83
	Воздействие	20,98±0,64	21,68±0,84	21,37±0,71
R_{max}, отн. ед.	Контроль	1,17±0,01	1,10±0,01*	1,07±0,01*
	Воздействие	1,13±0,02**	1,09±0,01*	1,07±0,01*
VT_{max}, л	Контроль	2,73±0,16	1,71±0,20	2,83±0,20
	Воздействие	2,81±0,13	2,85±0,13	2,82±0,17
$V'O_2$ (ПАНО), мл/(мин/кг)	Контроль	3494,10±141,49	3696,80±121,47	3625,30±142,78
	Воздействие	3503,50±103,63	3679,30±103,16	3649,10±145,36

Показатель	Группа спортсменов	Фон (перед первым сеансом БСДС)	8-й день исследования (после трех сеансов БСДС	15-й день исследования (после шести сеансов БСДС
V’E (ПАНО), л/мин	Контроль	112,73±6,63	119,39±4,85	127,44±8,66
	Воздействие	106,34±8,18	118,68±6,36	117,68±7,05
V’CO2 (ПАНО), мл/мин	Контроль	3471,70±161,72	3597,50±149,27	4075,60±113,08*
	Воздействие	3462,70±174,98	3704,30±128,14	4065,30±82,39*
V’CO2 восстан., мл/мин	Контроль	1270,30±71,63	1141,50±58,63*	1115,80±89,43*
	Воздействие	1195,50±54,08	1090,90±36,30	1059,20±34,10
V’O2 восстан., мл/мин	Контроль	1218,50±63,9	1070,70±45,92*	1056,40±72,41*
	Воздействие	1161,30±38,38	994,20±29,52*	1029,10±30,27*
ОИПК, л / мл/кг	Контроль	67,37±3,05 909,92±52,19	70,06±3,33 942,81±57,17	70,15±3,42 948,09±65,77
	Воздействие	66,18±3,13 872,93±46,45	72,71±4,83 956,47±64,72*	72,10±4,63 948,68±62,32
МКД, л / мл/кг	Контроль	3,90±0,35 52,34±4,63	3,06±0,30* 40,75±3,96*	2,51±0,46* 33,54±6,02*
	Воздействие	3,13±0,29 41,55±4,31	2,73±0,26 35,77±3,36	2,40±0,26 31,41±3,49

Примечания: * - достоверные отличия от фоновых значений ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона;
** - достоверные отличия от группы сравнения ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона.

Анализ данных, представленных в таблице 4.4, показал наличие у спортсменов опытной группы (Воздействие) достоверных ($p<0,05$) отличий по сравнению с фоном значений ряда оцениваемых показателей после трех и шести сеансов БСДС. Так, после трех сеансов БСДС (на 8-й день исследования) у спортсменов произошло увеличение значений времени выполнения нагрузки ($t_н$) на 5% и общего объема избыточно потребленного кислорода (ОИПК) на 9%. При этом снизились значения дыхательного коэффициента (R_{max}) на 3,5% и скорости утилизации кислорода на 5 мин восстановления ($V’O_{2восст}$) на 14%.

После шести сеансов БСДС (на 15-й день исследования) достоверно ($p<0,05$) увеличились значения большинства оцениваемых показателей: времени нагрузки ($t_н$) на 9 % (1,71 мин), времени наступления анаэробного вентиляционного порога ($t_{пано}$) на 12,5 %, скорости выведения углекислого газа на момент ПАНО ($V’CO_{2ПАНО}$) на 15 %, дыхательного эквивалента для углекислого газа ($EQCO_2$) на 8 %, содержания лактата в крови максимального на 14 % и на 5 мин восстановления на 19 %. При этом снизились значения дыхательного коэффициента (R_{max}) на 5 % и скорости утилизации кислорода на 5 мин восстановления ($V’O_{2восст}$) на 11 % (однако, по сравнению с 8-м днем

исследования (после трех сеансов БСДС) значения данного показателя достоверно ($p<0,05$) увеличились на 3 %).

Указанные изменения значений показателей свидетельствовали об улучшении у спортсменов опытной группы переносимости физической нагрузки на всех этапах исследования. При этом наибольшее количество положительных изменений значений оцениваемых показателей наблюдалось после шести сеансов БСДС (на 15-й день исследования), несмотря на достоверное увеличение содержания лактата в крови, как на пике нагрузки, так и после 5-минутного восстановления ($p<0,05$).

Следует отметить, что в опытной группе (Воздействие) на 15-й день исследования (после шести сеансов БСДС) отсутствовали жалобы на затруднение дыхания, как критерия прекращения нагрузки, в то время как при фоновом обследовании данная жалоба присутствовала у 20 % спортсменов этой группы. При этом в группе сравнения (Контроль) указанный критерий прекращения нагрузки по причине затруднения дыхания отмечался у 10% спортсменов в фоне и у 20 % спортсменов на 15-й день исследования.

Анализ данных, представленных в таблице 4.4, показал также достоверные ($p<0,05$) отличия по сравнению с фоном значений ряда оцениваемых показателей у спортсменов группы сравнения (Контроль) на 8-й день исследования (после трех сеансов имитации БСДС) в виде увеличения значений времени выполнения нагрузки ($t_н$) на 4 % с одновременным снижением значений дыхательного коэффициента (R_{max}) на 6 %, легочной вентиляции (Ve_{max}) на 8 %, скорости выведения углекислого газа ($V'CO_{2восст}$) на 5 мин восстановления на 10 %, скорости утилизации кислорода ($V'O_{2восст}$) на 5 мин. восстановления на 12 % и максимального кислородного долга (МКД) на 22 %.

Указанные изменения значений ряда оцениваемых показателей свидетельствовали о некотором увеличении физической работоспособности у спортсменов группы сравнения к 8-му дню исследования за счет повышения аэробной производительности. Однако, снижение значений большинства респираторных показателей, свидетельствовало о замедлении у указанных

спортсменов процессов восстановления организма после выполненной физической нагрузки.

На 15-й день исследования (после шести сеансов имитации БСДС) у спортсменов группы сравнения (Контроль) наблюдалось увеличение значений времени выполнения нагрузки ($t_н$) на 8 %, времени наступления анаэробного вентиляционного порога ($t_{ПАНО}$) на 13 %, скорости выведения углекислого газа ($V'CO_{2ПАНО}$) на момент ПАНО на 15 %, максимального содержания лактата в крови на 20 %. Значения содержания лактата в крови на 5 мин. восстановления в данный день увеличились на 13 %. При этом, аналогично 8 дню исследования, снизились значения скорости выведения углекислого газа на 5 мин восстановления ($V'CO_{2восст}$) на 12 %, дыхательного коэффициента (R_{max}) на 9 %, скорости утилизации кислорода ($V'O_{2восст}$) на 13 %, максимального кислородного долга (МКД) на 36 %, а также на 2 % снизились значения максимальной скорости выведения углекислого газа ($V'CO_{2max}$).

Исходя из представленных данных, полученные достоверно значимые ($p<0,05$) изменения значений ряда оцениваемых показателей у спортсменов группы сравнения свидетельствовали об улучшении у данных спортсменов переносимости предъявляемой физической нагрузки на 15-й день исследования, как по отношению к фону, так и по отношению к 8-му дню. В то же время, стойкое достоверное увеличение к 15-у дню содержания лактата в крови на пике нагрузки до 13,87±0,60 ммоль/л ($p<0,05$) (фон - 11,08±1,00ммоль/л, 8-й день – 11,42±0,93 ммоль/л) и на 5 мин восстановления до 13,77±0,61 ммоль/л ($p<0,05$) (фон - 12,01±0,59 ммоль/л) указывало на большую «цену» выполненной эти спортсменами работы. При этом выявленная у спортсменов рассматриваемой группы отрицательная динамика значений МКД подтверждала кумулятивный эффект утомления, так как данный показатель суммарно отражает отношение процессов восстановления после перенесенной нагрузки к исходному состоянию спортсмена.

При сравнительном анализе результатов нагрузочного тестирования на беговой дорожке в двух группах спортсменов, было выявлено, что при фоновом

исследовании на 9-ю ступень протокола перешло 70 % спортсменов группы сравнения и 90 % опытной группы. В 15-й день исследования 9-ю ступень преодолели 100 % спортсменов в обеих группах, а на 11-ю ступень вышли 60 % спортсменов группы сравнения и 30 % опытной группы. При этом следует отметить, что за весь период исследования наибольшее значение времени выполнения нагрузки ($t_н$) равное 23,59 мин было достигнуто спортсменом из опытной группы в 15-й день исследования и свой личный результат этот спортсмен увеличил на 14,7 % (с 20,13 до 23,59 мин).

При анализе динамики значений оцениваемых показателей у спортсменов обеих групп в процессе исследования было отмечено также однонаправленное достоверно значимое ($p<0,05$) изменение значений большинства показателей при тестировании на беговой дорожке. Так, например, в обеих группах выросли значения времени выполнения нагрузки: у спортсменов опытной группы они составляли в фоне - 17,91±0,49 мин, на 8-й день – 18,82±0,55 мин, на 15-й день – 19,62±0,65 мин, а в группе сравнения - 17,93±0,66 мин, 18,66±0,73 мин, 19,42±0,79, соответственно (рисунок 4.5).

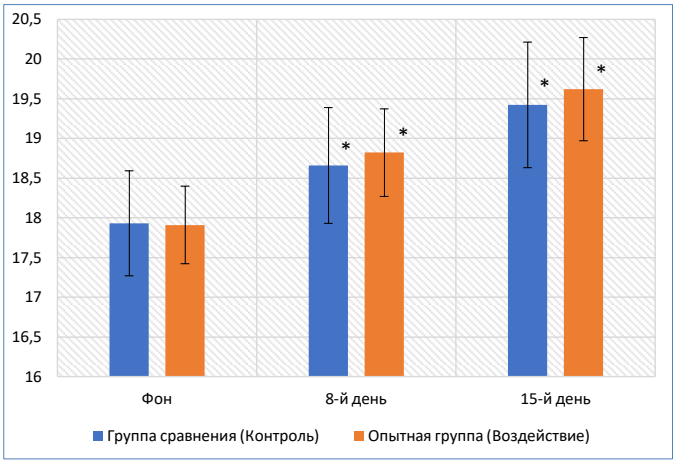


Рисунок 4.5 - Время выполнения нагрузки (мин) в тесте на беговой дорожке у спортсменов опытной группы (Воздействие) и группы сравнения (Контроль) (* - достоверно отличаются от фоновых значений, $p<0,05$)

Обеспечение роста результатов нагрузочного тестирования так же происходило за счет схожих механизмов. Это выражалось в достоверном ($p<0,05$) изменении значений показателей, отвечающих за утилизацию

кислорода и выведение углекислого газа. Так, значения времени наступления анаэробного вентиляционного порога ($t_{пано}$) при тенденции к росту достоверно ($p<0,05$) увеличились к 15-у дню исследования: в опытной группе до 15,98±1,02 мин (фон – 13,99±0,72 мин, 8-й день – 15,40±0,65 мин, 15-й день - 15,98±1,02 мин), а в группе сравнения до 15,72±0,91 мин (фон – 13,68±0,56 мин, 8-й день – 14,56±0,59 мин, 15-й день - 15,72±0,91 мин) (рисунок 4.6).

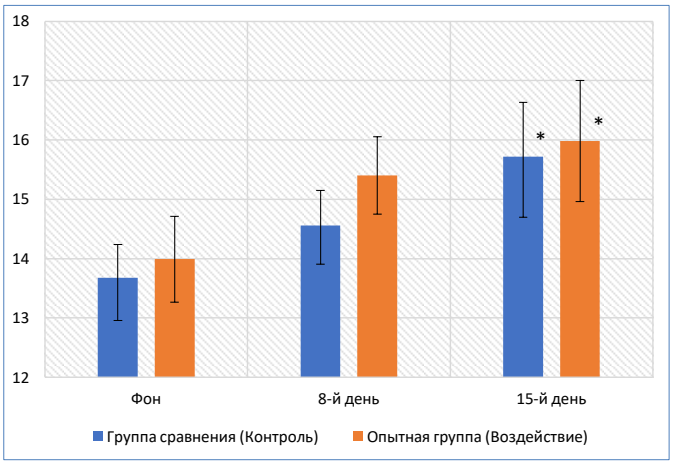


Рисунок 4.6 - Время наступления ПАНО (мин) в тесте на беговой дорожке у спортсменов опытной группы (Воздействие) и группы сравнения (Контроль) (* - достоверно отличаются от фоновых значений, $p<0,05$)

Также было отмечено отсутствие достоверно значимых ($p<0,05$) отличий значений максимального потребление кислорода (МПК) в обеих группах спортсменов на всем протяжении проведенного исследования.

Таким образом, проведение истинной и имитационной БСДС оказало положительное влияние на респираторные возможности спортсменов обеих групп, что позволило им увеличить физическую (аэробную) работоспособность, используя меньшие энергозатраты, а также увеличив аэробную производительность. Однако, изменения в процессе проведенного исследования значений большинства респираторных показателей у спортсменов группы сравнения, которым имитировали БСДС, свидетельствовали о замедлении у данных спортсменов процессов восстановления организма после выполненной физической нагрузки и повышении «цены» выполненной этими спортсменами работы, в то время как указанные изменения значений показателей

свидетельствовали об улучшении у спортсменов опытной группы, которым проводилась истинная БСДС, переносимости физической нагрузки на всех этапах исследования. При этом у спортсменов опытной группы наибольшее количество положительных изменений значений оцениваемых показателей наблюдалось после шести сеансов БСДС.

Результаты оценки показателей, характеризующих физическую работоспособность спортсменов опытной группы (Воздействие, n = 10) и группы сравнения (Контроль, n = 10), полученные при нагрузочном тестировании на велоэргометре по Вингейт-протоколу перед первым (фон) и после трех (8-й день исследования) и шести (15-й день исследования) сеансов истинной и имитационной («ложной») БСДС представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Значения показателей оценки физической работоспособности спортсменов опытной группы (Воздействие) и группы сравнения (Контроль), полученные при тестировании на велоэргометре по Вингейт-протоколу перед первым и после трех и шести сеансов истинной и имитационной БСДС

Показатель	Группа спортсменов	Фон (перед первым сеансом БСДС)	8-й день исследования (после трех сеансов БСДС	15-й день исследования (после шести сеансов БСДС
Пиковая мощность, W	Контроль	1183,10±77,07	1273,06±79,33	1353,27±82,39
	Воздействие	1118,39±33,04	1221,09±54,39*	1362,10±49,00*
Средняя мощность, W	Контроль	672,07±33,89	672,70±31,42	674,94±35,19
	Воздействие	682,51±10,69	693,20±9,99	700,74±10,91*
Минимальная мощность, W	Контроль	325,20±31,86	376,96±18,22	300,30±30,41
	Воздействие	333,24±34,26	358,54±44,81	325,41±29,08
Время до пиковой мощности, с	Контроль	2,09±0,28	1,62±0,20	1,24±0,13*
	Воздействие	2,10±0,39	1,74±0,22	1,19±0,18*
Время для макс. скорости, сек	Контроль	6,76±0,47	6,64±0,39	5,84±0,47
	Воздействие	7,02±0,59	6,62±0,36	5,99±0,72
Скорость вращения макс., 1/мин	Контроль	140,11±3,47	143,37±1,16*	146,58±3,23*
	Воздействие	137,89±1,98	142,57±2,584*	149,58±2,27*
Степень усталости, %	Контроль	71,98±2,72	69,04±2,96	77,74±1,87
	Воздействие	69,71±3,61	69,80±4,46	75,58±2,58
Общая работа, J	Контроль	20140,28±1013,25	20135,78±943,32	20231,14±1062,10
	Воздействие	20481,93±326,05	20762,41±294,18	20987,25±325,33*
$V'O2_{max}$, мл/мин/кг	Контроль	44,22±1,91	43,46±1,99	43,14±2,53
	Воздействие	42,18±1,82	43,13±1,93	41,52±1,57
$V'CO2_{max}$, мл/мин	Контроль	4293,30±138,73	4170,90±107,05	4281,40±145,75
	Воздействие	3913,50±98,61	3816,90±334,78	3822,40±473,33

Показатель	Группа спортсменов	Фон (перед первым сеансом БСДС)	8-й день исследования (после трех сеансов БСДС	15-й день исследования (после шести сеансов БСДС
VT_{max}, л	Контроль	2,38±0,23	2,36±0,22	2,46±0,19
	Воздействие	2,42±0,13	2,27±0,14	2,25±0,10
Лактат перед тестом, моль/л	Контроль	5,65±0,65	5,14±0,39	5,64±0,43
	Воздействие	3,85±0,17**	4,64±0,33	5,16±0,89
Лактат на пике нагрузки, ммоль/л	Контроль	8,17±0,74	8,91±0,69	9,68±0,74
	Воздействие	7,91±0,57	7,72±0,73	8,31±0,77
Лактат на 5 мин восстан., ммоль/л	Контроль	13,19±0,92	12,27±0,53	13,48±0,54
	Воздействие	11,82±0,61	12,54±0,50	12,10±0,45
МКД, л / мл/кг	Контроль	2,31±0,32 30,38±4,10	1,88±0,35 25,59±5,30	2,02±0,35 28,14±4,85
	Воздействие	2,22±0,32 29,27±4,18	1,27±0,29* 16,53±3,88*	1,56±0,47 21,03±6,09

Примечания: * - достоверные отличия от фоновых значений ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона;
** - достоверные отличия от группы сравнения ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона.

Анализ данных проведенного исследования, представленных в таблице 4.5 показал, что у спортсменов опытной группы после трех сеансов БСДС (на 8-й день исследования) наблюдалось достоверное ($p<0,05$) по сравнению с фоном увеличение значений пиковой мощность на 8 % (рисунок 4.7) и максимальной скорости вращения на 3 % (рисунок 4.8), а также снижение значений МКД на 43 %. После шести сеансов БСДС (на 15-й день исследования) наблюдалось достоверное ($p<0,05$) по сравнению с фоном увеличение значений пиковой мощности на 18 % (рисунок 4.7), средней мощности на 3 %, общей работы на 3 % и максимальной скорости вращения на 8 % (рисунок 4.8), а также снижение на 43 % времени, необходимого для достижения пиковой мощности (рисунок 4.9).

Полученные изменения значений указанных показателей свидетельствовали об увеличении аэробно-анаэробной производительности у спортсменов опытной группы в процессе проведенного исследования.

При этом положительная динамика значений пиковой мощности указывала на повышение у данных спортсменов эффективности алактатного механизма энергообеспечения при выполнении выполняемой физической нагрузки.

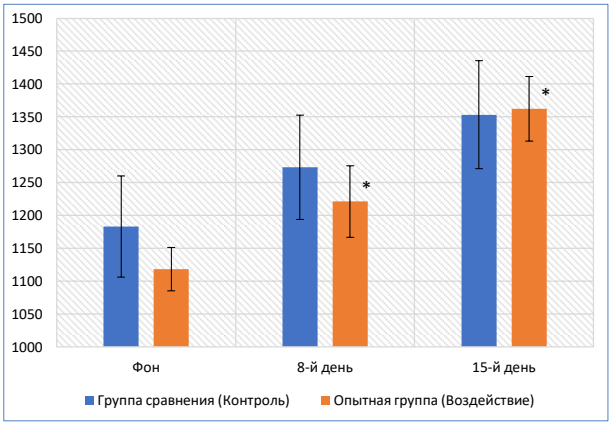


Рисунок 4.7 – Пиковая мощность (Ватт) в тесте на велоэргометре у спортсменов опытной группы (Воздействие) и группы сравнения (Контроль)
(* - достоверно отличаются от фоновых значений, p<0,05)

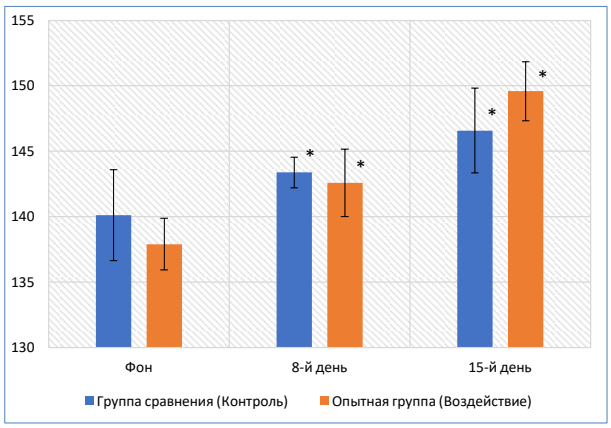


Рисунок 4.8 – Максимальная скорость вращения (1/мин) в тесте на велоэргометре у спортсменов опытной группы (Воздействие) и группы сравнения (Контроль)
(* - достоверно отличаются от фоновых значений, p<0,05)

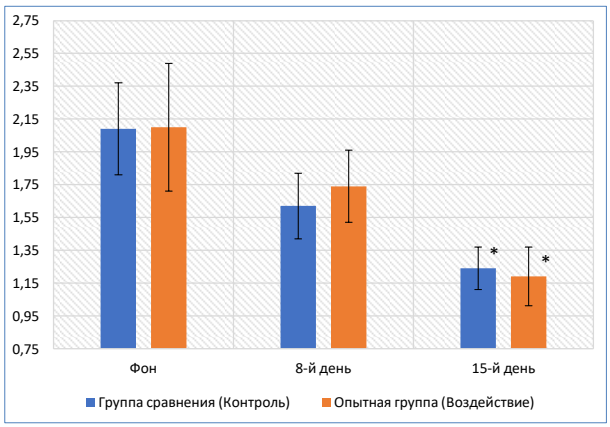


Рисунок 4.9 – Время достижения пиковой мощности (с) в тесте на велоэргометре у спортсменов опытной группы (Воздействие) и группы сравнения (Контроль)
(* - достоверно отличаются от фоновых значений, p<0,05)

Анализ данных об изменениях значений оцениваемых показателей в процессе исследования у спортсменов группы сравнения, представленных в таблице 4.5, показал, что, у данных спортсменов на 8-й день (после трех имитаций БСДС) достоверно ($p<0,05$) по сравнению с фоном увеличились только значения максимальной скорости вращения (на 5%). На 15-й день исследования (после шести имитаций БСДС) произошло снижение на 41 % значений времени достижения пиковой мощности, а также - увеличение на 4 % максимальной скорости вращения. Выявленные изменения значений указанных показателей свидетельствовали об увеличении у спортсменов скоростных характеристик при выполнении физической нагрузки, при недостижении в тоже время абсолютного предела активности и силы мышц нижних конечностей.

Таким образом, сравнительный анализ достоверных ($p<0,05$) изменений значений показателей, характеризующих физическую (анаэробную) работоспособность спортсмена при выполнении Вингейт-теста, зарегистрированных в процессе проведения исследования у спортсменов обеих групп, выявил у спортсменов опытной группы, прошедших шесть сеансов БСДС, положительное изменение основных показателей из числа вышеуказанных. Так, у спортсменов опытной группы в процессе исследования достоверно ($p<0,05$) увеличились значения пиковой мощности (фон – 1118,39±33,04 Вт, 8-й день – 1221,09±54,39 Вт, 15-й день – 1362,10±49,00 Вт) и максимальной скорости вращения педалей (фон - 137,89±1,98 1/мин, 8-й день (после трех сеансов БСДС) – 142,57±2,58 1/мин, 15-й день (после шести сеансов БСДС) – 149,58±2,27 1/мин), а так же к 15-у дню исследования (после шести сеансов БСДС) достоверно ($p<0,05$) увеличились значения общей работы (фон - 20481,93±326,05 Дж, 15-й день – 20987,25±325,33 Дж).

Полученные изменения значений указанных показателей свидетельствовали об увеличении физической (аэробной) работоспособности у спортсменов данной группы, прошедших шесть сеансов БСДС, в то время как в группе сравнения достоверно значимых ($p<0,05$) изменений значений

вышеуказанных показателей, указывающих на увеличение физической (анаэробной) работоспособности, выявлено не было.

Групповые значения прироста основных функциональных показателей физической работоспособности спортсменов по результатам проведения тестирования на беговой дорожке и велоэргометре в опытной группе (Воздействие) и группе сравнения (Контроль) перед и через три и шесть сеансов истинного и имитационного проведения БСДС представлены в таблице 4.6.

Анализ представленных в таблице 4.6 данных об изменениях в ходе исследования групповых значений прироста основных функциональных показателей физической работоспособности спортсменов при проведении тестирования на беговой дорожке и велоэргометре показал, что проведенные спортсменам лыжных видов спорта шесть сеансов БСДС оказали положительное влияние на их физическую работоспособность, при этом более выраженное – на анаэробную работоспособность, спортсменов.

Это характеризовалось достоверным ($p<0,05$) положительным изменением у спортсменов значений времени переносимости нагрузки на 8-й и 15-й день исследования в опытной группе и группе сравнения; времени достижения ПАНО на 15-й день в опытной группе и группе сравнения; дыхательного коэффициента R на 8-й день в группе сравнения и на 15-й день исследования в опытной группе и группе сравнения; средней мощности на 15-й день в опытной группе; пиковой мощности на 15-й день в опытной группе и группе сравнения.

Вывод о положительном влиянии БСДС на физическую работоспособность спортсменов лыжных (циклических) видов спорта был подтвержден результатами анализа динамики интегральной оценки (балл) результатов нагрузочного тестирования спортсменов опытной группы и группы сравнения по совокупности двух использованных методик нагружения в процессе проведения исследования, проведенной в соответствии с [16, 111, 159, 201, 202, 205, 218, 234] (таблица 4.7).

Таблица 4.6 – Групповые значения прироста функциональных показателей физической работоспособности спортсменов по результатам проведения тестирования на беговой дорожке и велоэргометре теста в опытной группе (Воздействие) и группе сравнения (Контроль) перед и через три и шесть сеансов истинного и имитационного проведения БСДС

Группа спортсменов	Показатели физической работоспособности при выполнении нагрузки на беговой дорожке							
	Время переносимости нагрузки (сек)				Время достижения ПАНО (сек)			
	8-й день исследования		15-й день исследования		8-й день исследования		15-й день исследования	
	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%
Контроль	44,10±12,15*	4,06±1,10	89,80±13,65*	8,24±1,12	53,30±35,30	7,37±4,86	122,40±43,36*	15,20±5,34
Воздействие	54,70±14,82*	5,11±1,39	102,60±21,55*	9,54±1,95	84,90±60,12	13,05±8,16	119,40±48,25*	14,74±5,08
	МПК (мл/мин/кг)				Дыхательный коэффициент (R)			
	8-й день исследования		15-й день исследования		8-й день исследования		15-й день исследования	
	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%
Контроль	0,12±1,27	0,55±2,52	0,93±0,56	1,96±1,13	-0,07±0,01*	-6,31±1,17	-0,10±0,01*	-8,22±0,92
Воздействие	1,33±1,76	2,94±3,23	0,30±1,08	0,76±1,95	-0,04±0,01	-3,46±1,01	-0,06±0,01*	-5,05±1,10
	ЧСС на пике нагрузки (уд/мин)				Затраченная работа (METS)			
	8-й день исследования		15-й день исследования		8-й день исследования		15-й день исследования	
	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%
Контроль	-1,60±1,19	-0,83±0,63	0,50±1,19	0,25±0,64	-0,36±0,37	-1,74±2,38	-0,08±0,35	-0,17±2,08
Воздействие	0,10±1,27	0,06±0,66	1,60±0,87	0,84±0,46	0,55±0,44	3,89±2,79	0,05±0,38	0,63±2,49
	Показатели физической работоспособности при выполнении нагрузки на велоэргометре (Вингейт тест)							
	Пиковая мощность (Вт)				Средняя мощность (Вт)			
	8-й день исследования		15-й день исследования		8-й день исследования		15-й день исследования	
	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%
Контроль	89,96±48,00	8,08±3,80	170,18±35,88*	14,84±3,06	0,64±4,75	0,27±0,74	2,87±6,28	0,43±0,95
Воздействие	102,71±46,29	9,30±4,50	243,71±42,68*	22,11±4,27	10,69±7,19	1,63±1,05	18,23±4,38*	2,69±0,66
	Время достижения пиковой мощности (мин)				Жизненная емкость легких (л)			
	8-й день исследования		15-й день исследования		8-й день исследования		15-й день исследования	
	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%
Контроль	-0,47±0,36	-8,86±16,86	-0,86±0,30	-29,72±14,27	0,06±0,09	0,75±1,39	0,08±0,07	1,25±1,16
Воздействие	-0,37±0,50	-0,37±15,64	-0,92±0,48	-31,54±11,82	0,17±0,14	3,08±2,50	0,08±0,15	1,59±2,45

Примечание: * - значения достоверны по сравнению с фоном ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона.

Таблица 4.7 – Динамика интегральной оценки результатов нагрузочного тестирования спортсменов опытной группы и группы сравнения, балл

Показатель	Группа спортсменов	Фон (перед первым сеансом БСДС)	8-й день исследования (после трех сеансов БСДС	15-й день исследования (после шести сеансов БСДС
Интегральная оценка	Группа сравнения (Контроль)	3,53	3,56	3,74*
	Опытная группа (Воздействие)	3,52	3,75*	3,79*

Примечание: * - достоверные отличия от фоновых значений ($p<0,05$).

Представленные в таблице 4.7 данные показали, что к 8-му дню исследования (после трех сеансов БСДС) значение интегральной оценки у спортсменов опытной группы достоверно ($p<0,05$) увеличилось на 0,23 балла. В то же время в группе сравнения значение осталось практически без изменений и составило 3,56 балла при исходном значении 3,53 балла.

После шести сеансов БСДС (к 15-му дню исследования) у спортсменов опытной группы сохранялась тенденция к увеличению значения интегральной оценки: в данной группе прирост по отношению к фону составил 0,27 балла, а итоговое значение – 3,79 балла ($p<0,05$). В группе сравнения значение интегральной оценки также увеличилось и составило 3,74 балла ($p<0,05$), но не достигло итогового значения опытной группы.

Таким образом, по совокупности данных, полученных при выполнении спортсменами лыжных видов двух нагрузочных тестов получены достоверные ($p<0,05$) отличия в изменениях функциональных показателей физической работоспособности, указывающие на ее увеличение у спортсменов, прошедших курс из шести сеансов БСДС. Так, в опытной группе спортсменов после трех и шести сеансов БСДС, были установлены достоверно значимые ($p<0,05$) изменения указанных выше основных функциональных показателей как при длительном нагрузочном тестировании на беговой дорожке до отказа, так и при кратковременной максимальной нагрузке при выполнении Вингейт-теста, характеризующие повышение аэробной и анаэробной работоспособности спортсменов, в то время как улучшение физической работоспособности у спортсменов группы сравнения было получено только по

результатам нагрузочного тестирования на беговой дорожке.

На основании вышеизложенного представилось возможным заключить, что БСДС, проводимая по разработанной методике (раздел 3.5) с помощью АПК БСДС (раздел 2.1), может быть эффективно использована в качестве немедикаментозной технологии направленной коррекции функционального состояния спортсменов циклических видов спорта в системе их медико-биологического обеспечения.

4.3.2. Оценка влияния двух и четырех сеансов биоакустической стимуляции дыхательной системы на физическую работоспособность и выносливость спортсменов циклических видов спорта

Результаты оценки функциональных показателей, характеризующих физическую работоспособность спортсменов опытной группы (Дыхание, n = 5) и группы сравнения (Контроль, n = 8), полученные при нагрузочном тестировании на беговой дорожке перед первым (фон) и после двух (7-й день исследования) и четырех (14-й день исследования) сеансов истинной и имитационной («ложной») БСДС, а также для оценки «следового» эффекта БСДС через 5 (18-й день исследования), 6 (19-й день исследования) и 7 (20-й день исследования) дней после завершения курса БСДС, представлены в таблице 4.8. Групповые значения прироста основных функциональных показателей физической работоспособности спортсменов по результатам проведения тестирования на беговой дорожке в вышеуказанные сроки исследования в опытной группе (Дыхание) и группе сравнения (Контроль) представлены в таблице 4.9.

Из данных, приведенных в таблице 4.8, следует, что достоверно значимое ($p<0,05$) увеличение времени нагрузки в опытной группе (Дыхание) имело устойчивый характер на всем протяжении исследования. Так, после двух сеансов БСДС (на 7-й день исследования) увеличение значений времени нагрузки сопровождалось достоверным ($p<0,05$) повышением значений МПК и выполненной работы.

Таблица 4.8 – Значения функциональных показателей физической работоспособности спортсменов при тестировании на беговой дорожке

Показатель	Группа	Фон (оценка перед БСДС)	Оценка после сеансов БСДС		Оценка «следового» эффекта БСДС		
			7-й день	14-й день	18-й день	19-й день	20-й день
Время нагрузки, сек (мин)	Дыхание	1064,20±29,68 (17,74±0,49)	1108,80±33,11* (18,48±0,55)	1146,40±35,47*,** (19,11±0,59)	1129,80±42,02 (18,83±0,70)	1136,80±43,49* (18,95±0,72)	1167,60±47,31* (19,46±0,79)
	Контроль	1007,75±38,67 (16,80±0,64)	1024,63±42,81 (17,08±0,71)	1031,38±38,94 (17,19±0,65)	1023,25±36,71 (17,05±0,61)	1054,13±42,30 (17,57±0,70)	1058,88±43,38 (17,65±0,72)
Время АТ (ПАНО), сек (мин)	Дыхание	909,40±53,23 (15,16±0,89)	923,00±33,27 (15,38±0,55)	889,80±50,84 (14,83±0,85)	917,80±41,04 (15,30±0,68)	952,60±57,57 (15,88±0,96)	955,20±39,30 (15,92±0,66)
	Контроль	842,50±54,69 (14,04±0,91)	862,38±60,35 (14,37±1,01)	840,13±48,59 (14,00±0,81)	827,63±58,21 (13,79±0,97)	886,50±39,09 (14,78±0,65)	848,88±50,74 (14,15±0,85)
МПК, мл/мин/ кг	Дыхание	55,94±2,64	57,62±2,72*	56,90±2,64	57,52±2,43	59,92±1,70	58,40±1,16
	Контроль	54,86±2,28	55,36±2,44	52,34±1,82*	53,04±1,67	55,61±2,15	56,26±2,08
$V'CO2_{max}$, мл/мин/кг	Дыхание	59,59±3,79	65,93±3,86	65,65±5,52*	64,50±2,38	66,84±3,47*	66,16±0,56
	Контроль	56,55±1,21	59,95±1,82*	57,83±1,46	59,68±1,89	60,61±2,46*	63,19±2,78*
Выполненная работа, Дж	Дыхание	19621,23±770,44	21277,98±1524,7*	19887,30±529,25	20735,50±649,18	21898,08±704,08*	21176,35±813,34
	Контроль	20655,93±418,46	20853,55±648,46	19756,73±446,82*	20158,51±507,02	20778,65±693,20	21443,98±663,57*
ЧСС (ПАНО), уд/мин	Дыхание	182,40±6,60	179,60±7,10	169,80±7,17*	158,40±5,90	161,40±7,60	164,60±8,39
	Контроль	178,13±5,01	173,38±5,51	158,50±3,29*	148,50±5,41*	157,00±6,25	170,13±6,45
ЧСС максим., уд/мин	Дыхание	194,40±6,09	194,40±4,76	187,80±7,59	192,60±5,95	181,80±8,24	188,80±4,68
	Контроль	196,63±1,84	193,50±1,89*	187,00±4,58*	186,75±7,19	189,38±3,84	188,75±4,00*
Объем легочной вентиляции $V'E_{max}$, л/мин	Дыхание	146,38±7,53	145,96±5,45	134,44±3,03	157,68±7,94	155,94±4,73	161,34±4,32
	Контроль	138,78±6,99	147,73±5,27	144,09±6,32	145,34±6,82	144,18±4,53	146,25±4,35
Rf_{max}, в мин	Дыхание	52,34±3,12	48,86±3,61	45,54±3,19	52,36±1,37	52,60±2,37	56,58±2,16
	Контроль	48,50±2,35	51,61±2,65	49,60±2,55	48,29±2,94	49,91±2,49	46,69±3,68
Лактат перед тестом, ммоль/л	Дыхание	1,98±0,49	2,02±0,33	1,72±0,30	2,46±0,58	2,54±0,51	1,90±0,12
	Контроль	1,89±0,19	2,16±0,13	1,99±0,23	1,95±0,17	2,55±0,46	2,28±0,28
Лактат на пике. нагрузки, ммоль/л	Дыхание	12,60±1,19	12,78±0,82	16,20±1,78*,**	13,46±1,72	12,06±0,93	13,48±1,41
	Контроль	11,10±0,91	11,53±0,94	11,43±0,89	11,64±1,09	15,00±1,22*	12,48±1,01
Лактат на 5 мин восст., ммоль/л	Дыхание	10,86±0,92	9,84±0,44	13,34±1,54**	14,48±0,99	11,70±0,61	12,58±0,72
	Контроль	10,98±1,19	11,49±0,59	11,88±0,83	10,09±0,62	12,11±0,68	13,11±0,87

Примечание: * - достоверно отличаются от фоновых значений 1-ого дня исследования ($p<0,05$); ** - достоверно отличаются от группы сравнения (Контроль) ($p<0,05$).

Продолжение таблицы 4.8

Показатель	Группа	Фон (оценка перед БСДС)	Оценка после сеансов БСДС		Оценка «следового» эффекта БСДС		
			7-й день	14-й день	18-й день	19-й день	20-й день
EQO_2, отн. ед.	Дыхание	36,30±2,20	33,52±2,56	33,52±1,67	37,86±1,77	35,66±0,88	38,04±1,49
	Контроль	32,14±1,76	35,79±2,00	34,83±1,71	36,30±2,11*	34,89±1,43*	34,36±1,60
$EQCO_2$, отн. ед.	Дыхание	35,24±1,56	32,34±1,92*	31,90±1,19*	34,02±1,53	33,36±1,00	34,34±1,27
	Контроль	32,63±1,77	33,61±1,59	32,41±1,15	33,59±1,76	32,91±1,29	32,50±1,70
O_2/HR_{max}, мл/уд/мин	Дыхание	26,32±4,51	27,18±3,74	27,74±4,19	29,26±3,95	27,22±3,77	27,90±3,83
	Контроль	23,03±1,61	28,33±2,65	29,30±2,47	32,41±2,92*	33,85±3,80*	26,49±2,44
R_{max}, отн. ед.	Дыхание	1,31±0,02	1,42±0,04	1,23±0,07	1,20±0,05*	1,12±0,00*	1,15±0,01*
	Контроль	1,25±0,03	1,35±0,02*	1,18±0,03	1,15±0,03*	1,16±0,04*	1,13±0,03
VT_{max}, л	Дыхание	2,82±0,19	3,06±0,28	3,00±0,20	3,01±0,14	3,00±0,2	2,87±0,15
	Контроль	2,85±0,13	2,94±0,16	3,00±0,17	3,05±0,16	2,94±0,18*	3,01±0,18
$V'O_2$ (ПАНО), мл/(мин/кг)	Дыхание	48,48±2,91	52,90±4,26	47,24±0,68	49,84±2,10	53,88±2,26*	53,07±1,13
	Контроль	48,79±3,17	48,55±3,18	46,86±2,39	47,32±1,88	51,36±1,99	49,15±2,52
V'E (ПАНО), л/мин	Дыхание	109,28±3,99	119,82±5,64	110,16±11,88	118,34±5,62	135,14±6,22	125,70±6,72
	Контроль	114,20±8,23	115,89±4,23	116,61±2,32	120,66±6,64	125,39±5,66	120,10±4,57
V'CO2 Восстан., мл/мин	Дыхание	1106,80±60,07	1154,60±69,39	1192,00±39,71	1113,20±71,14	1040,00±27,65*	1189,00±89,32
	Контроль	1168,25±102,67	1125,38±71,68	1198,25±96,23	1143,00±58,00	1139,38±33,25	1188,50±65,21
V'O2 Восстан., мл/мин	Дыхание	1101,40±47,98	1057,40±45,11	1084,40±40,03	1021,40±36,61	1002,60±40,12	1124,60±69,37
	Контроль	1150,38±53,32	1006,00±34,73*	1102,75±57,16	1061,50±22,25	1107,75±39,74	1153,75±49,81
ОИПК	Дыхание	61,71±2,58	66,89±3,47	69,29±4,08	67,78±2,76	70,50±1,96	70,59±2,78
	Контроль	60,50±2,41	62,60±3,10*	60,15±1,50	59,68±1,69	63,67±2,98	64,46±3,03
МКД	Дыхание	1,96±0,40	2,24±0,35	2,61±0,36	2,05±0,21	1,56±0,27	2,19±0,39
	Контроль	2,36±0,52	2,31±0,41	2,85±0,54	2,41±0,31	2,14±0,29	2,22±0,39
V'O2 покой, мл/мин	Дыхание	715,80±67,47	707,20±27,14	670,20±40,28	703,60±50,43	728,20±28,89	750,60±51,60
	Контроль	697,13±30,43	663,25±43,86	627,50±34,56*	661,38±45,21	710,50±39,99	743,75±51,89
ЧД восстановления, мин-1	Дыхание	21,18±1,66	21,86±1,50	25,62±0,84	26,82±2,02	25,48±1,54	26,78±0,18
	Контроль	22,09±1,00	21,48±1,38	21,18±1,00	23,74±1,32	23,88±0,92	24,61±1,50

Таблица 4.9 - Групповые значения прироста функциональных показателей физической работоспособности спортсменов опытной группы (Дыхание) и группы сравнение (Контроль) по результатам тестирования на беговой дорожке в ходе 20-дневного исследования

Группа	Показатели физической работоспособности									
	Время переносимости нагрузки (сек)									
	7-й день исследования		14-й день исследования		18-й день исследования		19-й день исследования		20-й день исследования	
	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%
Дыхание	44,60±11,38*	4,19±1,09*	82,20±13,91**	7,71±1,27**	65,60±16,89	6,08±1,54	72,60±26,82*	6,79±2,39*	103,40±26,04*	9,62±2,26*
Контроль	16,88±12,06	1,62±1,21	23,63±10,54	2,41±1,06	15,50±20,61	1,75±2,08	46,38±10,09	4,58±0,99	51,13±14,94	5,06±1,38
	Время достижения ПАНО (сек)									
	7-й день исследования		14-й день исследования		18-й день исследования		19-й день исследования		20-й день исследования	
	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%
Дыхание	13,60±45,33	2,38±4,88	-19,60±79,80	-0,67±8,09	8,40±40,10	1,56±4,36	43,20±47,26	5,22±5,02	45,80±44,66	5,87±4,94
Контроль	19,88±37,00	2,73±5,21	-2,38±34,65	-0,60±4,87	-14,88±51,43	-0,64±6,54	44,00±41,25	7,11±5,78	54,86±2,28	6,38±48,44
	МПК (мл/мин/кг)									
	7-й день исследования		14-й день исследования		18-й день исследования		19-й день исследования		20-й день исследования	
	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%
Дыхание	1,67±0,81*	3,03±1,49*	0,95±0,69	1,77±1,31	1,57±1,18	2,97±2,13	58,40±1,16	3,97±1,48	2,45±1,76	4,95±3,16
Контроль	0,49±1,03	0,98±1,83	-2,52±0,78*	-4,28±1,49*	-1,82±1,12	-2,81±2,32	0,75±1,58	1,83±3,02	1,40±1,07	2,89±2,10
	Дыхательный коэффициент R									
	7-й день исследования		14-й день исследования		18-й день исследования		19-й день исследования		20-й день исследования	
	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%
Дыхание	0,11±0,04	8,30±3,08	-0,08±0,07	-6,07±4,99	-0,11±0,03	-8,45±2,33	-0,19±0,02	-14,66±1,57	-0,17±0,02	-12,70±1,34
Контроль	0,10±0,03*	8,27±2,50*	-0,08±0,04	-5,48±3,36	-0,10±0,04*	-7,71±3,27	-0,10±0,03*	-7,72±2,34	-0,13±0,03	-10,19±2,38
	ЧСС на пике нагрузки (уд/мин)									
	7-й день исследования		14-й день исследования		18-й день исследования		19-й день исследования		20-й день исследования	
	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%
Дыхание	0,00±1,92	0,10±1,05	-6,60±3,63	-3,45±1,89	-1,80±1,88	-0,91±0,96	-12,60±5,22	-6,52±2,68	-5,60±5,39	-2,66±2,71
Контроль	-3,13±0,88*	-1,58±0,45*	-9,63±4,06*	-4,91±2,07*	-9,88±6,63	-5,07±3,41	-7,25±3,60	-3,68±1,85	-7,88±3,70*	-4,00±1,86*

Примечание: * - достоверно отличаются от фоновых значений 1-го дня ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона;

** - достоверно отличаются от группы сравнения (Контроль) ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона.

Данные изменения отражали положительное влияние БСДС на систему транспорта кислорода и его эффективное использование мышцами, как во время, так и на пике предъявляемой нагрузки.

После четырех сеансов БСДС (на 14-й день исследования) в спортсменов опытной группы наблюдалось достоверно значимое ($p<0,05$) увеличение значений таких показателей как время нагрузки, скорость выведения углекислого газа на пике нагрузки и снижение значений вентиляционного коэффициента для углекислого газа, что свидетельствовало об эффективной утилизации углекислого газа дыхательной системой спортсмена. При этом, несмотря на увеличение содержания лактата крови на 14-й день исследования, как на пике нагрузки, так и после 5-минутного восстановления, достоверно значимых ($p<0,05$) признаков замедления восстановительных процессов отмечено не было.

Выявленные в процессе исследования изменения значений функциональных показателей у спортсменов опытной группы (Дыхание) свидетельствовали об улучшении переносимости этими спортсменами физической нагрузки и о положительном влиянии БСДС на аэробную производительность указанных спортсменов. Представленные в таблице 4.9 данные показали, что прирост значений основных оцениваемых показателей в опытной группе (Дыхание) и группе сравнения (Контроль) происходил на всех этапах исследования. В тоже же время достоверный ($p<0,05$) прирост значений времени нагрузки на беговой дорожке к фону во все дни исследования наблюдался только у спортсменов опытной группы (Дыхание). Так, если в фоне значение времени нагрузки у спортсменов данной группы в среднем по группе составляло 1064,20±29,68 сек (17,74±0,49 мин), то на 7-ой день исследования (после двух сеансов БСДС) значение времени нагрузки увеличилось на 4,19±1,09 % (44,60±11,38 сек), в 14-й день (после четырех сеансов БСДС) – на 7,71±1,27 % (82,20±13,91 сек), в 19-й день – на 6,79±2,39 % (72,60±26,82 сек) и в 20-й день – на 9,62±2,26% (103,40±26,04 сек). В 18-й день время нагрузки также наблюдалось увеличение значения данного показателя

на 6,08±1,54% (65,60±16,89 сек), но недостоверное. В группе сравнения (Контроль) значения времени выполнения нагрузочного тестирования на беговой дорожке до «отказа» во все сроки оценки увеличились незначительно и недостоверно (рисунок 4.10).

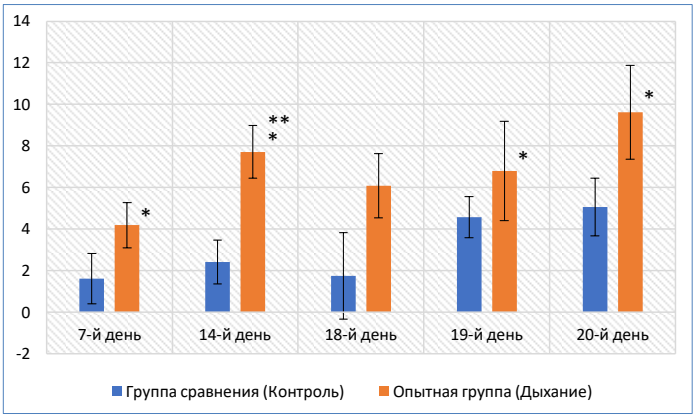


Рисунок 4.10 – Прирост времени нагрузки (%) в тесте на беговой дорожке у спортсменов опытной группы (Дыхание) и группы сравнения (Контроль) (* - достоверно отличаются от фоновых значений, p<0,05; ** - достоверно отличаются от группы сравнения, p<0,05)

При этом следует отметить, что в группе сравнения на 14-й день исследования достоверно (p<0,05) снизились значения МПК на 4,28±1,49 %, в то время как в опытной группе был получен недостоверный прирост в 1,77±1,31 %.

Субъективная оценка переносимости нагрузки спортсменами выявила в опытной группе (Дыхание) выраженное затруднение дыхания в фоне у 80 %, на 7-й день (после двух сеансов БСДС) – у 20 % и на 14-й день (после четырех сеансов БСДС) – у 0 % спортсменов. В группе сравнения (Контроль) выраженное затруднение дыхания наблюдалось во все указанные сроки у 37,5 % спортсменов. В последующий период исследования – период оценки «следового» эффекта БСДС жалобы на затруднение дыхания в опытной группе (Дыхание) отмечались на 18-й, 19-й, и 20-й день исследования у 20 % спортсменов, а в группе сравнения (Контроль) в указанные сроки оценки - у 37,5 %, 50 % и 50 % спортсменов, соответственно.

Таким образом, в целом вышеприведенные результаты проведенного исследования по оценке функциональных показателей, характеризующих

физическую работоспособность спортсменов при нагрузочном тестировании на беговой дорожке, убедительно свидетельствовали о положительном и достаточно долговременном повышении физической (аэробной) работоспособности спортсменов циклических видов спорта после курса БСДС, состоящего из четырех сеансов.

Результаты оценки функциональных показателей, характеризующих физическую работоспособность спортсменов опытной группы (Дыхание, n = 5) и группы сравнения (Контроль, n = 8), полученные при нагрузочном тестировании на велоэргометре (Вингейт-тест) перед первым (фон) и после двух (7-й день) и четырех (14-й день) сеансов истинной и имитационной («ложной»), БСДС, а также для оценки «следового» эффекта БСДС через 5 (18-й день), 6 (19-й день) и 7 (20-й день исследования) дней после завершения курса БСДС, представлены в таблице 4.10. Групповые значения прироста основных показателей физической работоспособности спортсменов по результатам проведения тестирования на велоэргометре (Вингейт-тест) в вышеуказанные сроки исследования в опытной группе (Дыхание) и группе сравнения (Контроль) представлены в таблице 4.11.

Данные, приведенные в таблице 4.10, показали, что достоверно значимое ($p<0,05$) устойчивое увеличение значений пиковой мощности было получено в опытной группе (Дыхание) на 14-й (после четырех сеансов БСДС), 18-й и 20-й дни исследования. При этом, на 14-й день (после четырех сеансов БСДС) данное увеличение значений пиковой мощности сопровождалось снижением значений времени для достижения пиковой мощности, увеличением значений максимальной скорости вращения и степени усталости. Данные изменения свидетельствовали об улучшении «взрывных» качеств спортсменов в первой половине теста (10-15 сек), отражающей эффективность анаэробной системы энергообеспечения.

Анализ данных, приведённых в таблице 4.11, показал, что прирост групповых значений основных оцениваемых показателей в обеих группах отмечался на всех этапах исследования.

Таблица 4.10 – Значения функциональных показателей физической работоспособности спортсменов при тестировании на велоэргометре при выполнении Вингейт-теста

Показатель	Группа	Фон (оценка перед БСДС)	Оценка после сеансов БСДС		Оценка «следового» эффекта БСДС		
			7-й день (после 2 сеансов)	14-й день (после 4 сеансов)	18-й день (через 5 дней)	19-й день (через 6 дней)	20-й день (через 7 дней)
Пиковая мощность, W	Дыхание	1132,04±132,29	1282,13±115,43	1466,06±128,53*	1544,82±149,66*	1507,33±142,53	1488,43±105,98*
	Контроль	1230,46±96,64	1248,58±84,50	1422,60±83,79*	1473,20±78,85*	1532,26±55,61*	1526,26±56,34*
Средняя мощность, W	Дыхание	650,29±52,49	667,89±48,18	623,81±27,12	648,89±49,03	637,02±36,46	636,09±54,77
	Контроль	672,73±23,54	670,81±20,82	660,92±16,35	649,76±13,91	658,69±14,25	666,49±16,10
Минимальная мощность, W	Дыхание	396,39±27,52	321,84±26,69	340,63±26,68*	321,07±27,73	338,09±28,83*	346,05±34,53*
	Контроль	386,33±12,55	365,63±17,04	346,23±14,28	342,96±30,62	327,49±19,84	362,44±29,55
Время для пиковой мощности, сек	Дыхание	3,76±0,80	1,71±0,27	0,78±0,06*	0,82±0,05*	0,78±0,05*,**	0,68±0,06*
	Контроль	3,11±0,53	2,03±0,39	0,73±0,09*	0,70±0,03*	0,65±0,02*	0,72±0,05*
Время для макс. скорости, сек	Дыхание	7,25±0,95	5,85±0,51	4,76±0,97	4,00±0,47*	3,09±0,39*	3,18±0,18*
	Контроль	7,93±0,88	6,15±0,74*	4,30±0,70*	3,02±0,58*	3,29±0,44*	2,99±0,41*
Скорость вращения макс., 1/мин	Дыхание	132,36±8,41	144,38±3,97	153,12±4,00*	155,59±4,85*	157,96±7,22*	156,50±3,30*
	Контроль	140,74±4,75	142,57±3,23	149,70±3,97*	160,29±3,73*	159,46±4,31*	158,95±4,45*
Степень усталости, %	Дыхание	68,79±7,85	74,23±2,94	80,33±5,80*	78,13±3,14	77,28±1,81	76,75±1,57
	Контроль	67,53±2,68	70,02±2,28	75,31±1,32*	76,25±2,73*	78,25±2,12*	75,90±2,41
Общая работа, Дж	Дыхание	19718,07±1 484,44	20099,94±1476,72	19316,33±1396,11	19494,39±1469,87	19161,49±1 086,21	19086,77±1641,95
	Контроль	20148,07±694,82	20158,83±625,77	19813,81±493,49	19497,45±409,29	19764,90±447,62	19999,51±482,46
$V'O2_{max}$, мл/мин/кг	Дыхание	46,57±2,82	47,22±3,42	44,49±4,17	47,70±2,59	46,36±2,99	49,22±2,37
	Контроль	43,72±2,42	41,36±3,13	45,83±1,65	43,81±2,15	43,17±2,69	46,25±2,45
$V'CO2_{max}$, мл/мин/кг	Дыхание	58,77±4,63	61,93±5,35	59,34±5,90	65,09±4,55	68,23±4,94*	64,18±4,11
	Контроль	54,18±3,89	51,54±3,64	59,48±3,45*	65,29±3,93*	68,39±3,57*	62,15±3,56*
VT_{max}, л	Дыхание	2,48±0,21	2,43±0,16	2,31±0,15	2,62±0,36	2,53±0,19	2,76±0,26
	Контроль	2,49±0,10	2,52±0,16	2,50±0,11	2,75±0,12*	2,95±0,21*	3,06±0,15*
МКД	Дыхание	1,27±0,22	1,26±0,21	1,31±0,62	0,10±0,01	1,37±0,42	3,66±0,38
	Контроль	0,65±0,45	0,94±0,20	1,28±0,40	0,11±0,01	1,49±0,57	2,99±0,72*

Примечание: * - достоверно отличаются от фоновых значений 1-го дня ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона;
** - достоверно отличаются от группы сравнения (Контроль) ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона.

Таблица 4.11 - Групповые значения прироста основных функциональных показателей физической работоспособности спортсменов опытной группы (Дыхание) и группы сравнение (Контроль) по результатам тестирования на велоэргометре (Вингейт-теста) в ходе 20-дневного исследования

Группа	Показатели физической работоспособности (Вингейт-тест)									
	Пиковая мощность, W									
	7-й день исследования		14-й день исследования		18-й день исследования		19-й день исследования		20-й день исследования	
	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%
Дыхание	150,09±91,24	16,14±9,61	334,02±105,41*	33,31±12,13*	412,79±134,00*	41,12±14,31*	375,30±118,34	37,14±11,99	356,40±91,46*	35,88±11,17*
Контроль	18,11±71,22	3,10±5,34	192,14±73,49*	17,88±6,13*	242,74±88,55*	22,90±8,39*	283,68±78,72*	28,02±8,15*	295,80±73,00*	27,60±8,59*
	Средняя мощность, W									
	7-й день исследования		14-й день исследования		18-й день исследования		19-й день исследования		20-й день исследования	
	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%
Дыхание	17,59±7,35	-2,99±1,29	-26,48±27,89	-2,97±3,80	-1,40±12,23	-0,02±2,05	-13,27±17,84	-1,33±2,54	-14,20±13,25	-2,21±2,17
Контроль	-1,92±8,34	-0,11±1,25	-11,81±8,30	-1,53±1,27	-22,97±14,01	-3,05±2,11	-14,05±14,92	-1,71±2,20	-6,25±17,56	-0,54±2,56
	Время достижения пиковой мощности, сек									
	7-й день исследования		14-й день исследования		18-й день исследования		19-й день исследования		20-й день исследования	
	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%	Прирост	%
Дыхание	-2,05±1,00	-18,39±47,04	-2,99±0,82*	-69,18±12,60*	-2,94±0,80*	-67,47±13,79*	-2,98±0,84*	-66,60±15,77*	-3,08±0,78	-75,61±7,62*
Контроль	-1,08±0,54	-26,65±18,67	-2,39±0,48*	-71,81±5,42*	-2,42±0,52*	-71,61±6,08*	-2,47±0,51*,**	-73,45±6,13*,**	-2,39±0,49*	-72,24±4,93*

Примечание: * - достоверно отличаются от фоновых значений 1-го дня ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона;

** - достоверно отличаются от группы сравнения (Контроль) ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона.

Достоверно значимый (p<0,05) прирост на 14-й день исследования значений пиковой мощность в опытной группе (Дыхание) и группе сравнения (Контроль) составил 33,31±12,13 % и 17,88±6,13 %, на 18-й день исследования - 41,12±14,31 % и 22,90±8,39 %, и на 20-й день исследования - 35,88±11,17 % и 27,60±8,59 %, соответственно (рисунок 4.11).

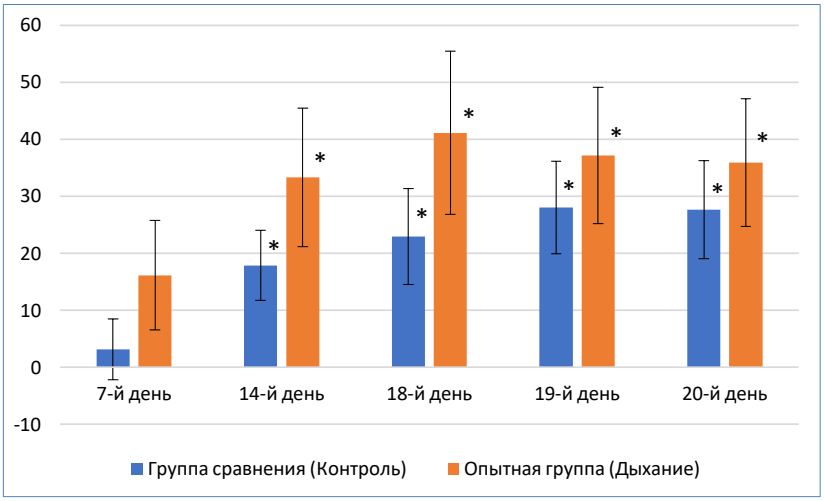


Рисунок 4.11 - Прирост пиковой мощности (%) в тесте на велоэргометре у спортсменов опытной группы (Дыхание) и группы сравнения (Контроль) (* - достоверно отличаются от фоновых значений, p<0,05)

По приросту значений средней мощности достоверно значимых (p<0,05) изменений в обеих группах на всем протяжении исследования не было отмечено.

При этом следует отметить, что первичный прирост значений основного показателя – пиковой мощности был в 2 раза выше в опытной группе (Дыхание), чем в группе сравнения (Контроль), на 14-й день исследования (после четырех сеансов БСДС). Аналогичное соотношение приростов значений указанного показателя наблюдалась в опытной группе и группе сравнения наблюдалось и после прекращения воздействия, причем разница прироста на 18-й, 19-й и 20-й дни исследования была в 1,5 раза выше в опытной группе.

Таким образом, при проведении Вингейт-теста у спортсменов обеих групп произошло параллельное увеличение значений пиковой мощности и снижение значений времени достижения пиковой мощности (сек). Однако, в опытной группе (Дыхание) увеличение значений пиковой мощности в некоторые дни исследования

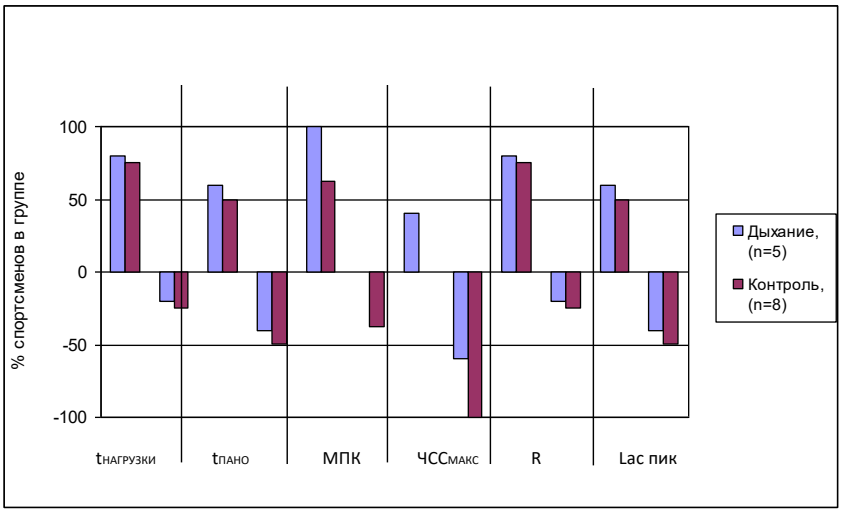
превышало изменение значений данного показателя в группе сравнения (Контроль) в 1,5-2 раза. Так, наибольший прирост значений пиковой мощности в опытной группе (Дыхание) произошел в 18-й день исследования и составил 41,12±14,31 % (412,79±134,0 W).

На основании вышеприведенных результатов проведенного исследования по оценке основных функциональных показателей, характеризующих физическую работоспособность спортсменов при нагрузочном тестировании на велоэргометре (Вингейт-теста), представилось возможным заключить, что проведенный курс БСДС, состоящий из четырех сеансов, обуславливает достаточно долговременное повышение физической (анаэробной) работоспособности спортсменов циклических видов спорта.

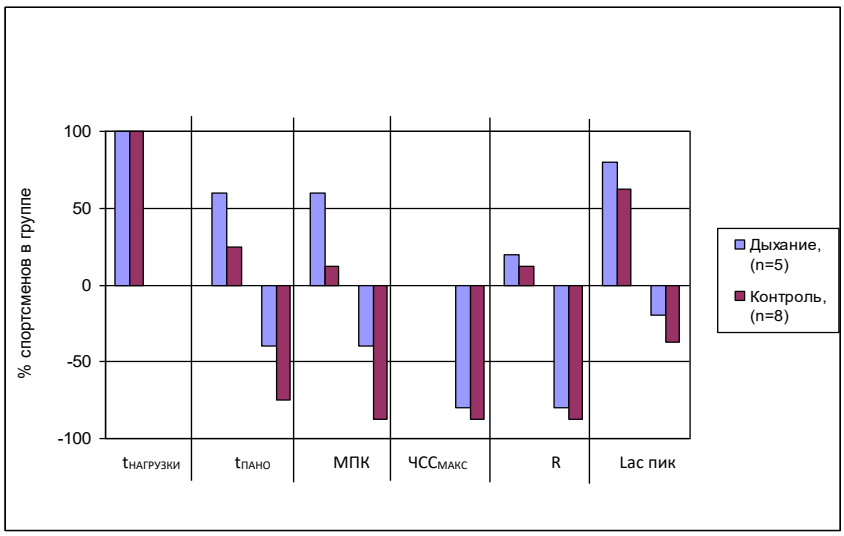
Для оценки степени влияния БСДС на физическую работоспособность спортсменов циклических видов спорта была проанализирована индивидуальная динамика прироста/снижения значений основных функциональных показателей по результатам двух проведенных нагрузок: бег до «отказа» на беговой дорожке (время нагрузки, время ПАНО, МПК, ЧСС макс, R, Работа, Lac пик) и Вингейт-тест (пиковая мощность, средняя мощность, время для пиковой мощности, работа, степень усталости) (рисунки 4.12 и 4.13).

Анализ динамики прироста/снижения значений основных показателей физической работоспособности при нагрузочном тестировании как на беговой дорожке, так и на велоэргометре по Вингейт-протоколу позволил выявить, что в опытной группе (Дыхание) положительных сдвигов было больше и они отмечались у большего количества спортсменов, чем в группе сравнения.

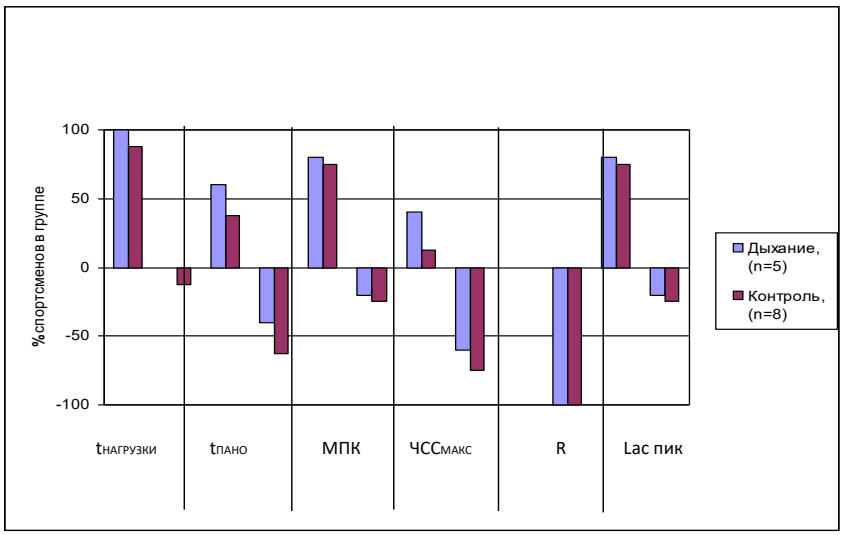
Так, время нагрузки при тестировании на беговой дорожке до «отказа» возрастало по отношению к фону у большего количества спортсменов опытной группы во все дни исследования. Только на 7-й день исследования у 1-го спортсмена в данной группе значение времени нагрузки было ниже фонового. Без изменений значение времени нагрузки осталось также у 1-го спортсмена, но на 18-й день исследования.



А

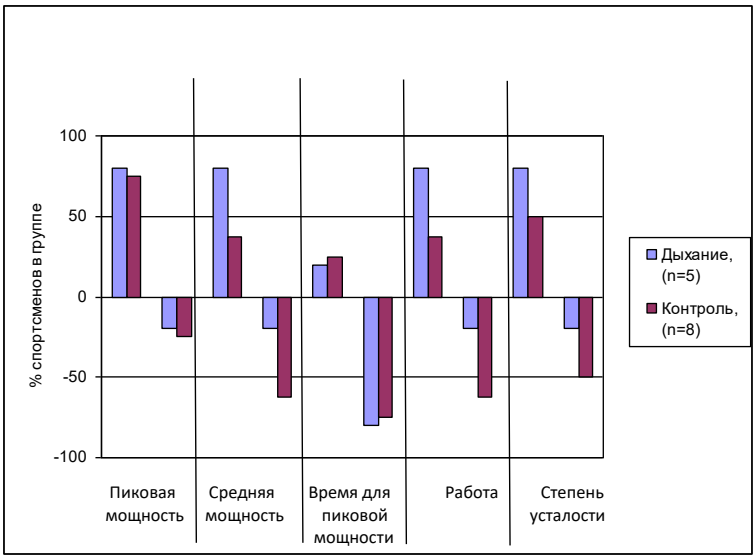


Б

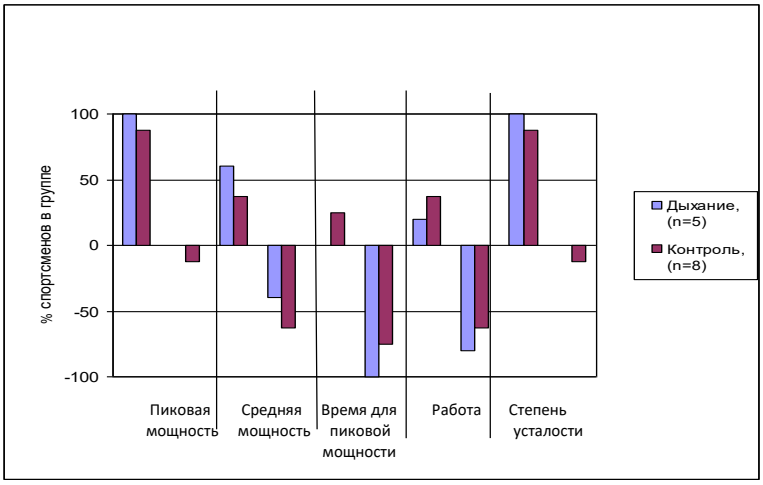


В

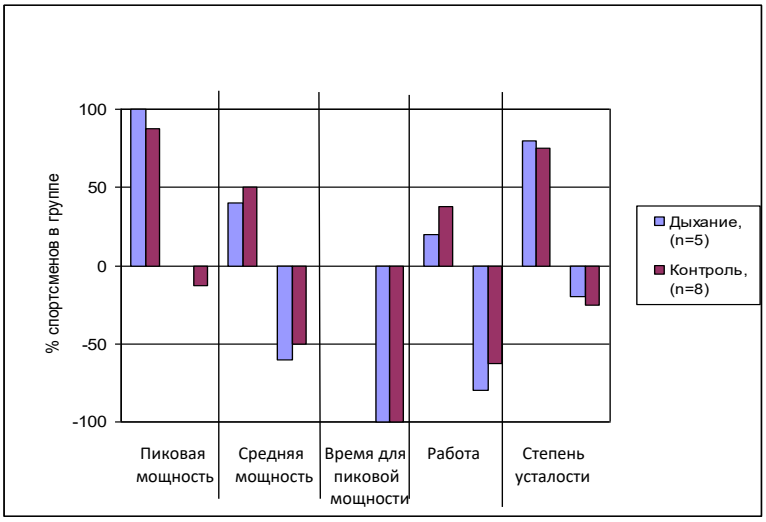
Рисунок 4.12 – Вероятностные изменения основных показателей физической работоспособности спортсменов опытной группы (Дыхание) и группы сравнения (Контроль) при тестировании на беговой дорожке «до отказа» на 7-й (А), 14-й (Б) и 20-й (В) дни исследования по отношению к фону, %



А



Б



В

Рисунок 4.13 – Вероятностные изменения основных показателей физической работоспособности спортсменов опытной группы (Дыхание) и группы сравнения (Контроль) при тестировании на велоэргометре по Вингейт-протоколу на 7-й (А), 14-й (Б) и 20-й (В) дни исследования по отношению к фону, %

В остальном динамика прироста/снижения значения времени нагрузки до «отказа» у спортсменов в опытной группе была только положительной. В группе сравнения у спортсменов значительно чаще наблюдалось снижение значения данного показателя. Так, у 2-х спортсменов этой группы значение времени нагрузки снизилось в 7-й день, у 4-х – в 18-й день и у 1-го в 20-й день исследования.

Значение МПК увеличивалось у большего количества спортсменов опытной группы по сравнению с группой Контроль. Так, на 7-й день исследования (после двух сеансов БСДС) значение МПК увеличилось у всех 5-ти спортсменов опытной группы. При этом значение МПК в группе сравнения увеличилось у 5-ти спортсменов, а снизилось у 3-х. На 14-й и 18-й дни исследования значение МПК в группе сравнения снижалось более чем у 50 % спортсменов.

Значение времени ПАНО во все дни исследования увеличивалось у большего количества спортсменов в опытной группе, чем в группе сравнения.

При проведении тестирования на велоэргометре по Вингейт-протоколу тенденции динамики прироста/снижения значений показателей в обеих группах были схожими. Однако, было отмечено, что в опытной группе (Дыхание) у большего количества спортсменов увеличивалась пиковая мощность (W) и сокращалось время ее достижения (сек). При этом на 7-й и 14-й дни исследования (непосредственно после двух и четырех сеансов БСДС, соответственно) у них возросла средняя мощность, а при оценке отставленного («следового») эффекта БСДС этого не наблюдалось. В группе сравнения (Контроль) спортсменов, у которых в указанные сроки оценки снизилась средняя мощность, было больше.

Таким образом, анализ динамики прироста/снижения значений основных показателей физической работоспособности при нагрузочном тестировании на беговой дорожке до «отказа» и велоэргометре по Вингейт-протоколу показал, что наибольшее количество спортсменов с позитивными изменениями основных функциональных показателей физической работоспособности было у спортсменов опытной группы в процессе и после проведенного курса БСДС, состоящего из четырех сеансов.

4.3.3. Оценка влияния одного сеанса биоакустической стимуляции дыхательной системы на физическую работоспособность и выносливость спортсменов циклических видов спорта

Результаты оценки функциональных показателей, характеризующих физическую работоспособность спортсменов 1-й опытной группы (БСДС-1, n = 5) и 1-й группы сравнения (Контроль-1, n = 5), полученные при нагрузочном тестировании на беговой дорожке перед (фон) и после одного сеанса истинной и имитационной («ложной») БСДС, представлены в таблице 4.12.

Анализ данных, представленных в таблице 4.12, показал, что в обеих группах спортсменов наблюдалось увеличение времени выполнения нагрузки, что напрямую свидетельствовало об увеличении аэробной работоспособности указанных спортсменов после истинной и имитационной БСДС. Так, например, значение этого показателя у спортсменов группы сравнения (Контроль-1) достоверно значимо ($p<0,05$) увеличилось на 4,52±1,59 % (17,30±0,37 мин при фоновом тестировании, 18,12±0,46 мин – после сеанса БСДС).

В опытной группе (БСДС-1) после сеанса БСДС достоверно значимо ($p<0,05$) увеличилось на 6,54±3,14 % время наступления анаэробного порога (14,34±0,68 мин при фоновом тестировании, 15,35±1,03 мин после сеанса БСДС).

В этой же группе спортсменов после сеанса БСДС также отмечалось достоверное ($p<0,05$) увеличение значения ОИПК на 12,04±5,63 % (699,52±29,12 мл/кг при фоновом тестировании, 795,24±45,01 мл/кг после сеанса БСДС).

У спортсменов в группе сравнения (Контроль-1) также отмечалось достоверное ($p<0,05$) увеличение значения показателя выполненной работы на 6,93±2,88 % (от 190,27±6,32 Вт/мин/кг при фоновом тестировании до 204,43±8,26 Вт/мин/кг после имитации БСДС), а также достоверное ($p<0,05$) увеличение уровня лактата в крови на 5 минуте восстановления на 18,41±8,45% (от 9,66±1,14 ммоль/л в фоне до 11,84±1,00 ммоль/л после имитации БСДС).

Обратило на себя внимание увеличение значений $ЧСС_{ПАНО}$ в обеих группах. При этом прирост по данному показателю в опытной группе (БСДС-1) составил 6,90±5,36 %, в том время как в группе сравнения (Контроль-1) - 1,34±4,11 %.

Таблица 4.12 - Значения функциональных показателей физической работоспособности спортсменов при тестировании на беговой дорожке

Показатель	Группа	Фон	После БСДС	Прирост, %
Время нагрузки, Мин	БСДС-1	17,89±0,64	18,04±0,54	0,83±1,01
	Контроль-1	17,30±0,37	18,12±0,46*	4,52±1,59
Время АТ (ПАНО), Мин	БСДС-1	14,34±0,68	15,35±1,03*	6,54±3,14
	Контроль-1	13,04±0,97	13,87±0,56	6,00±11,74
МПК, мл/мин/кг	БСДС-1	53,37±0,97	54,24±0,65	6,21±4,83
	Контроль-1	54,48±2,90	54,82±1,97	1,24±3,61
V'O_2 (ПАНО), мл/мин/кг	БСДС-1	48,28±2,56	49,71±1,79	2,89±3,44
	Контроль-1	46,16±4,42	47,96±2,28	3,77±8,46
V'$CO2_{max}$, мл/мин/кг	БСДС-1	62,07±3,20	69,14±5,16	10,23±3,80
	Контроль-1	65,48±5,86	64,50±3,51	-1,50±4,58
Выполненная работа, Вт/мин/кг	БСДС-1	200,89±11,00	195,85±5,24	-2,51±3,67
	Контроль-1	190,27±6,32	204,43±8,26*	6,93±2,88
ЧСС (ПАНО), уд/мин	БСДС-1	172,60±7,28	185,40±5,63	6,90±5,36
	Контроль-1	176,80±4,89	179,20±8,00	1,34±4,11
ЧСС максим., уд/ мин	БСДС-1	197,00±2,70	196,20±3,34	0,41±0,70
	Контроль-1	193,60±5,84	194,20±6,34	0,31±0,61
Лактат перед тестом, ммоль/л	БСДС-1	2,30±0,68	1,56±0,20	32,17±22,79
	Контроль-1	2,02±0,21	1,56±0,25	22,77±26,79
Лактат на пике нагрузки, ммоль/л	БСДС-1	14,64±0,77	11,16±1,63	12,16±31,24
	Контроль-1	14,64±0,77	11,16±1,63	-23,77±11,38
Лактат на 5 мин восст., ммоль/л	БСДС-1	10,60±1,35	11,80±1,13	10,17±16,20
	Контроль-1	9,66±1,14	11,84±1,00*	18,41±8,45
ОИПК, мл/кг	БСДС-1	699,52±29,12	795,24±45,01*	12,04±5,63
	Контроль-1	712,18±55,85	794,80±38,31	10,39±7,21
V'O_2 покоя, мл/мин	БСДС-1	723,60±24,77	656,40±19,42	-9,29±2,93
	Контроль-1	713,60±83,37	700,80±27,10	-1,79±13,52
V'CO_2 покоя, мл/мин	БСДС-1	636,40±37,43	527,00±33,79	-17,19±6,91
	Контроль-1	637,40±75,68	599,00±41,55	-6,02±15,59
V'O_2 восстановления, мл/мин	БСДС-1	1509,80±86,91	1694,60±60,72	10,91±10,10
	Контроль-1	1559,00±193,42	1816,40±124,44	14,17±10,15
V'CO_2 восстановления, мл/мин	БСДС-1	1878,00±169,61	2099,20±69,90	10,54±12,13
	Контроль-1	1876,40±266,14	2261,80±202,36	17,04±10,93
VE (ПАНО), л/мин	БСДС-1	102,10±6,06	121,04±12,70	15,65±10,58
	Контроль-1	96,66±6,78	105,56±7,34	8,43±9,23
VE макс, л/мин	БСДС-1	146,42±13,49	161,94±6,93	9,58±12,65
	Контроль-1	137,70±8,83	157,52±8,21	12,58±13,42
EQO2, отн. ед.	БСДС-1	39,74±3,96	41,17±2,21	3,47±16,75
	Контроль-1	35,02±3,04	39,17±0,74	10,60±11,07
EQCO2, отн. ед	БСДС-1	35,99±1,98	34,13±1,36	-5,17±7,54
	Контроль-1	32,97±2,18	33,58±1,90	1,81±3,29

Примечание: * - достоверно отличаются от фоновых значений ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона.

Несмотря на отсутствие достоверно значимого ($p<0,05$) увеличения значений МПК в обеих группах, наибольший процент прироста по данному показателю наблюдался в опытной группе (БСДС-1) – 6,21±4,83%, в то время как в группе сравнения (Контроль-1) он составил 1,24±3,61 %.

Анализ субъективной оценки переносимости нагрузки спортсменами показал, что после сеанса БСДС в группе сравнения (Контроль-1) трое из пяти спортсменов жаловались на «нехватку» воздуха и затруднения в дыхании во время нагрузки, в то время как в опытной группе (БСДС-1) только один спортсмен предъявлял те же жалобы, при этом показав наибольшее время выполнения нагрузки в своей группе.

Таким образом, проведенный анализ изменений оцениваемых показателей после сеанса истинной и имитационной БСДС свидетельствовал об увеличении аэробной работоспособности у спортсменов обеих групп. При этом в опытной группе после сеанса БСДС наблюдалось достоверное ($p<0,05$) повышение уровня аэробной производительности, на что указывало увеличение времени достижения и ЧСС анаэробного порога (рисунок 4.14).

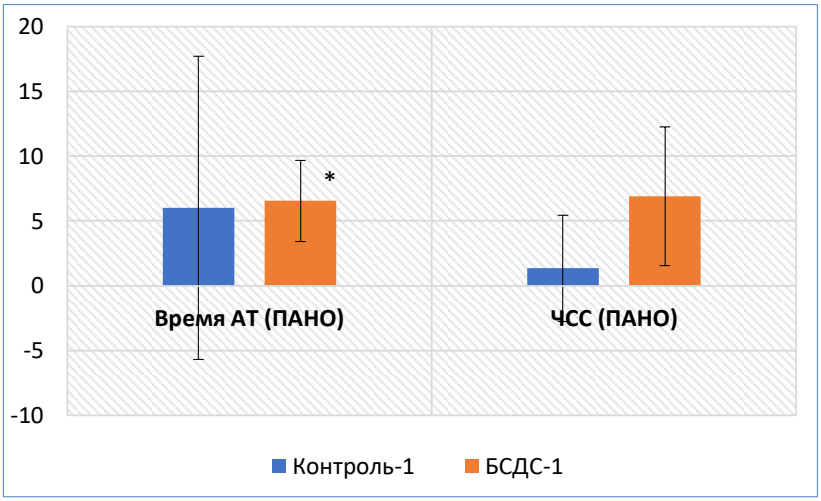


Рисунок 4.14 - Прирост времени достижения и ЧСС анаэробного порога (%) в тесте на беговой дорожке у спортсменов 1-й опытной группы (БСДС-1) и 1-й группы сравнения (Контроль-1)
(* - достоверно отличаются от фоновых значений, $p<0,05$)

Отсутствие же достоверно значимых ($p<0,05$) отличий в опытной группе (БСДС-1) по интегральным показателям оценки физической работоспособности

(время выполнения нагрузки и МПК), свидетельствовало о не вполне сформировавшемся эффекте повышения функциональных резервов дыхательной системы сразу же после одного сеанса БСДС.

Результаты оценки функциональных показателей, характеризующих физическую работоспособность спортсменов 2-й и 3-й опытных групп (БСДС-2, n = 5; БСДС-3, n = 5) и 2-й группы сравнения (Контроль-2, n = 5), полученные при нагрузочном тестировании на велоэргометре (Вингейт-тест) перед (фон) и после одного сеанса истинной и имитационной БСДС, представлены в таблице 4.13.

Анализ данных, представленных в таблице 4.13, показал, что значения пиковой мощности в разной степени увеличились во всех трех группах, но максимальное увеличение значения этого показателя имелось в 3-й опытной группе (БСДС-3) (на 8,27±2,27 %), что свидетельствовало о значимом увеличении после БСДС анаэробной работоспособности спортсменов данной группы.

В 3-й опытной группе (БСДС-3) также значимо увеличилось значение средней мощности на 6,95±7,58 %, тогда как во 2-й опытной группе (БСДС-2) и во 2-й группе сравнения (Контроль-2) значения этого показателя уменьшились на 1,61±2,74 % и 0,53±1,00 %, соответственно (рисунок 4.15).

Также было выявлено, что значения минимальной мощности уменьшились во всех трех группах, однако в 3-й опытной группе (БСДС-3) снижение составило 19,05±18,33 %, тогда как во 2-й опытной группе (БСДС-2) это уменьшение составило 17,68±20,47 %, а во 2-й группе сравнения (Контроль-2) - 11,72±9,93 %.

Выполненная работа в 3-й опытной группе (БСДС-3) увеличилась на 0,90±1,90 %, а в двух других группах уменьшилась на 1,18±2,81 и 0,43±1,01%, соответственно. Прирост значений индекса утомления в 3-й опытной группе (БСДС-3) составил 6,30±3,08 %, во 2-й опытной группе (БСДС-2) - 2,35±2,98 %, а во 2-й группе сравнения (Контроль-2) - 3,05±2,33 %. В 3-й опытной группе (БСДС-3) увеличился показатель лактата на 3-ей минуте восстановления на 0,15±8,78 %, тогда как во 2-й опытной группе (БСДС-2) и во 2-й группе сравнения (Контроль-2) этот показатель снизился на 3,48±8,01 % и 4,47±5,85 %, соответственно.

Таблица 4.13 - Значения функциональных показателей работоспособности спортсменов при тестировании на велоэргометре (Вингейт-тест)

Показатель	Группа	Фон	После БСДС	Прирост, %
Пиковая мощность, Вт	БСДС-3	1437,26±156,94	1573,10±188,05	8,27±2,27
	БСДС-2	1464,25±73,89	1495,84±75,78	2,09±1,09
	Контроль-2	1443,27±156,19	1457,67±110,67	1,63±5,11
Средняя мощность, Вт	БСДС-3	683,21±79,72	739,0±71,01	6,95±7,58
	БСДС-2	669,74±34,75	660,02±33,29	-1,61±2,74
	Контроль-2	699,75±22,64	696,82±25,88	-0,53±1,00
Минимальная мощность, Вт	БСДС-3	378,27±55,49	343,57±76,68	-19,05±18,33
	БСДС-2	363,06±13,30	332,97±35,75	-17,68±20,47
	Контрол-2ь	361,09±28,51	326,54±16,49	-11,72±9,93
Выполненная работа, Дж	БСДС-3	20523,26±2377,0	20697,65±2316,0	0,90±1,90
	БСДС-2	20106,37±1082,0	19901,62±1039,0	-1,18±2,81
	Контроль-2	20990,14±648,0	20927,36±768,0	-0,43±1,01
Индекс утомления, %	БСДС-3	0,74±0,03	0,79±0,03	6,30±3,08
	БСДС-2	0,75±0,01	0,77±0,03	2,35±2,98
	Контроль-2	0,74±0,02	0,77±0,03	3,05±2,33
Потребление O_2 до нагрузки, мл/мин	БСДС-3	638,75±20,85	899,5±94,36	26,41±8,97
	БСДС-2	723,2±35,01	1014,2±83,64*	26,32±7,73
	Контроль-2	730,83±73,28	804,5±46,10	8,53±8,60
Выделение CO_2 до нагрузки, мл/мин	БСДС-3	490,0±41,96	908,25±129,03	41,79±10,97
	БСДС-2	654,6±38,67	867,4±67,13	22,94±6,77
	Контроль-2	594,17±70,84	696,83±46,85	13,18±11,12
Потребление O_2 в ходе нагрузки, мл/мин	БСДС-3	2125,75±209,0	2167,0±179,11	1,29±9,16
	БСДС-2	2056,80±305,0	2260,6±165,04	9,71±10,44
	Контроль-2	2070,00±115,0	2146,17±73,69	3,54±4,13
Выделение CO_2 в ходе нагрузки, мл/мин	БСДС-3	2515,75±237,0	2465,25±188,41	-4,70±14,66
	БСДС-2	2724,0±322,0	2619,0±135,88	-3,89±10,53
	Контроль-2	2644,6±142,0	2651,8±207,62	-1,74±6,98
МКД, мл	БСДС-3	15393,75±1384,0	11816,25±1784,0	-38,60±20,81
	БСДС-2	14382,0±2205,0	9630,0±818,33*	-50,95±19,70
	Контроль-2	13225,0±1351,0	11510,0±438,0	-14,92±10,43
Лактат перед тестом, ммоль/л	БСДС-3	1,35±0,13	1,85±0,26	20,17±17,03
	БСДС-2	1,40±0,18	1,72±0,16	12,62±17,96
	Контроль-2	1,05±0,08	1,32±0,14	17,09±9,51
Лактат на 3 мин восст., ммоль/л	БСДС-3	12,45±0,59	12,68±0,90	0,15±8,78
	БСДС-2	11,64±0,67	11,34±0,42	-3,48±8,01
	Контроль-2	13,23±0,36	12,82±0,60	-4,47±5,85

Примечание: * - достоверно отличаются от фоновых значений ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона.

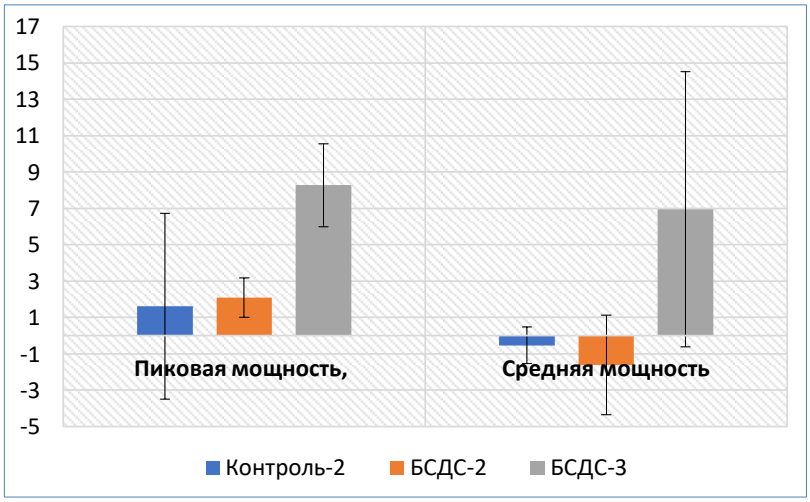


Рисунок 4.15 – Изменения значений пиковой и средней мощности (%) в тесте на велоэргометре у спортсменов 2-й и 3-й опытных групп (БСДС-2, БСДС-3) и 2-й группы сравнения (Контроль-2)

Во 2-й опытной группе (БСДС-2) достоверно изменились значения показателя потребления O_2 до нагрузки (прирост составил 26,32±7,73 %) и МКД (снизился на 50,95±19,70 %), что свидетельствовало об изменении работы дыхательной системы через 50 минут после проведенного сеанса БСДС. В 3-й опытной группе (БСДС-3) и 2-й группе сравнения (Контроль-2) значения данных показателей также изменились, но в меньшей степени.

Следует также отметить, что в опытных группах спортсменов при проведении БСДС и при последующем тестировании на велоэргометре жалоб не отмечалось, все испытуемые отмечали «ощущение легкости дыхания», улучшение переносимости физической нагрузки и ускорение восстановления после анаэробного тестирования. Особенно активно это положительное влияние БСДС отмечали спортсмены из 3-й опытной группы (БСДС-3).

Таким образом, на основании полученных данных было подтверждено положительное влияние БСДС на анаэробную работоспособность спортсменов циклических видов спорта. Выявленные изменения оцененных функциональных показателей работоспособности при проведении нагрузочного тестирования на велоэргометре (Вингейт-тест) свидетельствовали о повышении анаэробной работоспособности спортсменов уже после одного сеанса БСДС. При этом было отмечено, что для получения более выраженного повышения анаэробной

работоспособности спортсменов односеансную стимуляцию желательно проводить за сутки до предполагаемой (планируемой) анаэробной нагрузки.

На основании вышеизложенного в главе 4 представляется возможным заключить, что БСДС, проводимая в соответствии с разработанной методикой, судя по данным, полученным при проведении целенаправленных клинико-экспериментальных исследований, значимо повышает функциональные резервы дыхательной системы спортсменов циклических видов спорта, вызывая у них в подавляющем большинстве случаев достоверное и достаточно длительное (до трех недель) увеличение жизненной емкости легких. При этом, на основании данных об изменениях функциональных показателей физической работоспособности спортсменов при выполнении ими аэробных и анаэробных физических нагрузок, показано, что проведение курса БСДС, даже состоящего из одного сеанса стимуляции, достоверно и на достаточно длительный срок (по полученным данным при проведении четырех сеансов БСДС – до 7 дней) повышает в подавляющем большинстве случаев физическую работоспособность и выносливость спортсменов циклических видов спорта и может быть эффективно использована в качестве немедикаментозной технологии коррекции функционального состояния указанных спортсменов в системе их медико-биологического обеспечения.

Глава 5. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СПОРТА ПРИ ПРАКТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ СПОРТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1. Оценка эффективности биоакустической стимуляции для повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсменов-пловцов при практическом применении в условиях учебно-тренировочных сборов

Практическое применение БСДС для повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсменов-пловцов было проведено на базе бассейна «Искра» (г. Волгоград) в период учебно-тренировочных сборов членов сборной команды России по плаванию.

БСДС проводилась 7 спортсменам-пловцам – 2 мужчинам (возраст - 18,1±0,1 лет) (коды: ПМ 1, ПМ 2) и 5 женщинам (возраст - 18,3±0,2 лет) (коды: ПЖ1…ПЖ5), имевшим спортивный разряд не ниже мастера спорта, в период второй недели сборов для исключения влияния на проведение исследования перестройки организма спортсменов, связанной с акклиматизацией и десинхронозом (спортсмены приехали в Волгоград из различных регионов России - Пермский край, Казань, Иркутск, Москва, Пенза и Кемерово).

Курс БСДС, проведенный при помощи АПК БСДС указанным спортсменам-пловцам, включал 5 сеансов по 3 процедуры стимуляции длительностью 3 минуты каждая с интервалом между ними, составлявшим 1 минуту. Сеансы БСДС проводились спортсменам ежедневно в течение 5 дней. Один из семи спортсменов по личным обстоятельствам прошел только 4 сеанса БСДС.

Сеанс БСДС начинался с регистрации значений фоновой ЖЕЛ при помощи спирометра портативного сухого и определения индивидуальных резонансных частот респираторного тракта спортсменов при помощи АПК БСДС. В период проведения сеанса БСДС регистрация значений ЖЕЛ проводилась после 1-й, 2-й и 3-й процедуры БСДС. Кроме этого, до и после сеанса БСДС у спортсменов

регистрировались значения частоты сердечных сокращений (ЧСС) и сатурации кислорода (SpO_2) с помощью пульсоксиметра «Armed YX300», а также проводилась оценка субъективного состояния путем опроса и выявления жалоб.

В таблице 5.1 приведены данные об индивидуальных резонансных частотах респираторного тракта спортсменов, а также диапазоны частот и продолжительности вдоха (выдоха), индивидуально реализованные АПК БСДС при проведении БСДС спортсменов.

Таблица 5.1 - Индивидуальные значения резонансных частот респираторного тракта, продолжительности вдоха (выдоха) спортсменов и частотный диапазон при проведении БСДС

№	Спортсмен	Продолжительность вдоха (выдоха), с	Индивидуальная резонансная частота, Гц	Частотный диапазон БСДС, Гц
1	ПМ1	3,5	26	22-38
2	ПМ2	3,5	37	30-46
3	ПЖ1	2,5	30	22-38
4	ПЖ2	3,5	22	17-34
5	ПЖ3	3,0	24	20-32
6	ПЖ4	3,0	26	19-34
7	ПЖ5	2,5	26	22-34

Указанные в таблице 5.1 индивидуальные значения резонансных частот респираторного тракта, продолжительности вдоха (выдоха) спортсменов ПМ1, ПМ2, ПЖ1…ПЖ5 и частотного диапазона при проведении БСДС определены, исходя из измеренных перед применением БСДС индивидуальных акустических характеристик дыхательной системы указанных спортсменов: Y1 – значение реактанса (показывает резонансную частоту), alfa – коэффициент поглощения (максимум находится на частоте резонанса), R1 – значения резистанса [56, 63].

В таблице 5.2 представлены зарегистрированные во время и после сеансов БСДС значения ЖЕЛ спортсменов.

Оценка влияния БСДС на функциональное состояние дыхательной системы и общее состояние организма спортсменов проводилась, учитывая условия проведения учебно-тренировочных сборов, индивидуально.

Таблица 5.1 – Значения ЖЕЛ спортсменов во время и после сеансов БСДС

Спортсмен	Показатель	Сеанс (день) проведения БСДС				
		1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
ПМ1	ЖЕЛ начальная, л	6,0	6,4	6,4	6,1	6,2
	ЖЕЛ1, л	6,1	6,4	6,3	6,4	6,5
	ЖЕЛ2, л	6,6	6,6	6,4	6,3	6,5
	ЖЕЛ3, л	7,0	6,5	6,4	6,5	6,5
	Прирост к начальной ЖЕЛ	1,0	0,1	0	0,4	0,3
	после сеанса БСДС, л / %	16,7	1,6	0	6,6	4,8
ПМ2	ЖЕЛ начальная, л	5,7	5,6	5,5	5,6	5,0
	ЖЕЛ1, л	5,4	5,6	5,5	5,6	5,0
	ЖЕЛ2, л	5,6	5,6	5,5	5,6	5,0
	ЖЕЛ3, л	5,9	5,5	5,0	5,5	5,2
	Прирост к начальной ЖЕЛ	0,2	-0,1	-0,5	-0,1	0,2
	после сеанса БСДС, л / %	3,5	-1,8	-9,1	-1,8	4,0
ПЖ1	ЖЕЛ начальная, л	3,6	3,8	3,8	4,0	3,9
	ЖЕЛ1, л	3,7	3,8	3,9	4,0	4,0
	ЖЕЛ2, л	3,5	3,8	3,8	4,1	4,0
	ЖЕЛ3, л	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0
	Прирост к начальной ЖЕЛ	0,2	0,2	0,2	0	0,1
	после сеанса БСДС, л / %	5,6	5,3	5,3	0	2,6
ПЖ2	ЖЕЛ начальная, л	4,5	4,5	4,7	4,4	-
	ЖЕЛ1, л	4,0	4,7	4,6	4,5	-
	ЖЕЛ2, л	4,0	4,8	5,0	4,5	-
	ЖЕЛ3, л	4,6	4,8	5,0	4,6	-
	Прирост к начальной ЖЕЛ	0,1	0,3	0,3	0,2	-
	после сеанса БСДС, л / %	2,2	6,7	6,4	4,5	
ПЖ3	ЖЕЛ начальная, л	4,3	4,6	4,8	4,7	4,5
	ЖЕЛ1, л	4,1	4,5	4,5	4,6	4,5
	ЖЕЛ2, л	4,1	4,6	4,6	4,7	4,5
	ЖЕЛ3, л	4,4	4,5	4,8	4,6	4,6
	Прирост к начальной ЖЕЛ	0,1	-0,1	0	-0,1	0,1
	после сеанса БСДС, л / %	2,3	-2,2	0	-2,1	2,2
ПЖ4	ЖЕЛ начальная, л	4,2	4,5	4,2	4,2	4,2
	ЖЕЛ1, л	4,1	4,2	4,1	4,5	4,5
	ЖЕЛ2, л	4,4	4,5	4,1	4,5	4,4
	ЖЕЛ3, л	4,2	4,3	4,3	4,5	4,3
	Прирост к начальной ЖЕЛ	0	-0,2	0,1	0,3	0,1
	после сеанса БСДС, л / %	0	-4,4	2,4	7,1	2,4
ПЖ5	ЖЕЛ начальное, л	3,3	3,5	3,5	3,4	3,5
	ЖЕЛ1, л	3,6	3,2	3,6	3,4	3,6
	ЖЕЛ2, л	3,7	3,5	3,6	3,5	3,45
	ЖЕЛ3, л	4,0	3,6	3,5	3,5	3,6
	Прирост к начальной ЖЕЛ	0,7	0,1	0	0,1	0,1
	после сеанса БСДС, л / %	21,2	2,9	0	2,9	2,9

Примечание: ЖЕЛ1, ЖЕЛ2, ЖЕЛ3 – значения ЖЕЛ после 1-й, 2-й 3-й процедур сеанса БСДС, соответственно; ЖЕЛ начальная – значение ЖЕЛ перед 1-й процедурой сеанса.

Спортсмен ПМ1, МС по плаванию, рост – 186 см, вес – 67,3 кг.

Жалоб во время проведения исследования не предъявлял. Наличие хронических заболеваний – отрицал. Субъективно спортсмен отмечал легкость дыхания после сеансов БСДС. Это ощущение нарастало и было максимально выраженным в последний день исследования. Значения ЧСС до и после сеансов БСДС колебались в диапазоне 80-90 уд/мин. Показатель сатурации кислорода SpO_2 за все время исследования не снижался ниже 97 ед. В ходе проведения курса БСДС наибольший прирост ЖЕЛ произошел сразу после первого сеанса и составил 1,0 л (16,7 %) (начальное значение ЖЕЛ – 6,0 л, после сеанса – 7,0 л).

Прирост значений ЖЕЛ наблюдался также после второго, четвертого и пятого сеансов БСДС и составлял 1,6 %, 6,6 % и 4,8 %, соответственно (рисунок 5.1). По начальным значениям ЖЕЛ перед первым и пятым сеансами БСДС прирост ЖЕЛ у спортсмена после четырех сеансов БСДС составил 0,2 л (3,3 %). По мнению тренера, у спортсмена после курса БСДС повысилась работоспособность и результативность тренировок.

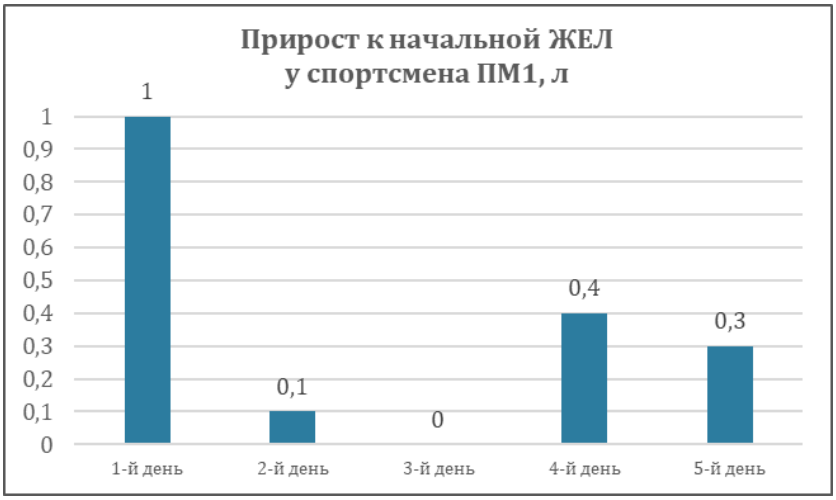


Рисунок 5.1 – Прирост значений ЖЕЛ после сеансов БСДС у спортсмена ПМ1

Спортсмен ПМ2, МС по плаванию, рост – 183 см, вес – 74,1 кг.

Во время проведения исследования до прохождения процедуры жаловался на кашель, не связанный непосредственно с проведением процедуры БСДС. В анамнезе имелись единичные бронхоспазмы. После процедуры БСДС спортсмен субъективно ощущал легкость при дыхании. По его утверждению, у него после

первого сеанса БСДС «открылись нижние отделы легких». Значения ЧСС у спортсмена составляли 77-98 уд/мин и во время проведения БСДС ЧСС сохранялись на уровне фоновых значений. Показатель сатурации кислорода SpO_2 за все время исследования не снижался ниже 95 ед. После первого сеанса БСДС у спортсмена произошло увеличение значения ЖЕЛ на 0,2 л (3,5 %). В последующие дни исследования начальные значения ЖЕЛ снизились в итоге на 12,3 % и на исходный уровень не вышли. После второго, третьего и четвертого сеансов БСДС наблюдалось снижение значений ЖЕЛ на 1,8 %, 9,1 % и 1,8 %, соответственно, а после пятого сеанса – увеличение на 4,0 % (рисунок 5.2). При этом, было отмечено, что снижение ЖЕЛ на субъективное состояние спортсмена не повлияло и, по мнению тренера, на результатах тренировок не сказалось.

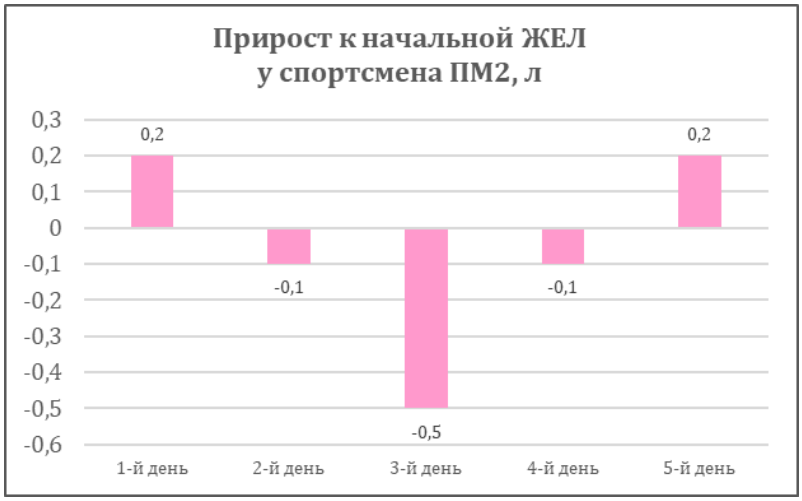


Рисунок 5.2 – Прирост значений ЖЕЛ после сеансов БСДС у спортсмена ПМ2

Спортсменка ПЖ1, МС по плаванию, рост – 168 см, вес – 53,1 кг.

Жалоб во время проведения исследования не предъявляла. Наличие хронических заболеваний – отрицала. Субъективно после проведения сеансов БСДС спортсменке становилось легче дышать. Значения ЧСС у спортсменки в процессе проведения БСДС и проведения всего исследования составляли 81-91 уд/мин. Показатель сатурации кислорода SpO_2 за все время исследования не снижался ниже 97 ед. Наблюдался плавный рост начальных значений ЖЕЛ со 2-го по 4-й день исследования на 5,0-5,3 %. В 5-й день значение ЖЕЛ сохранилось на уровне предыдущего дня. После 1-го, 2-го и 3-го сеансов БСДС наблюдался

прирост значений ЖЕЛ в 5,3-5,6 %, после 5-го – 2,6 % (рисунок 5.3). По начальным значениям ЖЕЛ перед первым и пятым сеансами БСДС прирост ЖЕЛ у спортсмена после четырех сеансов БСДС составил 0,3 л (8,3 %). По мнению тренера, у спортсмена работоспособность и результативность тренировок после курса БСДС повысилась.



Рисунок 5.3 – Прирост значений ЖЕЛ после сеансов БСДС у спортсмена ПЖ1

Спортсменка ПЖ2, МСМК по плаванию, рост – 169 см, вес – 59,5 кг.

Жалоб во время проведения исследования не предъявляла. В анамнезе имелось наличие хронического тонзиллита. Спортсменка смогла пройти только 4 сеанса БСДС в связи с личными обстоятельствами. Субъективно изменений в своем состоянии после сеансов БСДС спортсменка не отмечала. Значения ЧСС у спортсменки в процессе проведения БСДС и всего исследования колебались в диапазоне 65-84 уд/мин. Показатель сатурации кислорода SpO_2 за все время исследования не снижался ниже 98 ед. Начальное значение ЖЕЛ (до сеанса) у спортсменки умеренно возросло на следующий день после первого (во 2-й день) и второго (в 3-й день) БСДС. В 4-й день (после 3-го сеанса) наблюдалось незначительное снижение начального значения ЖЕЛ (на 0,1 л) по сравнению начальной ЖЕЛ в 1-й день (перед 1-м сеансом БСДС). Прирост значений ЖЕЛ после сеансов БСДС составлял 2,2-6,7 % Максимальный прирост значений ЖЕЛ наблюдался после второго и третьего сеансов БСДС (6,7 % и 6,4 %,

соответственно). По мнению тренера, после сеансов БСДС значимого прироста работоспособности и результативности тренировок у спортсменки не наблюдалось.

Спортсменка ПЖ3, МС по плаванию, рост – 180 см, вес – 70,1 кг.

Жалоб во время проведения исследования не предъявляла. Наличие хронических заболеваний – отрицала. После первого сеанса БСДС спортсменка отмечала дискомфорт на тренировке и плохой сон. В дальнейшем эти явления не повторялись. К пятому дню исследования спортсменка указывала на чувство легкости при дыхании. Значения ЧСС у спортсменки во время проведения БСДС колебалась в диапазоне 62-90 уд/мин. Показатель сатурации кислорода SpO_2 за все время исследования не снижался ниже 98 ед. Особенностью реагирования дыхательной системы у данной спортсменки на курс БСДС явилось то, что при увеличении ЖЕЛ после 1-го и 5-го сеансов БСДС на 2.1-2,3 % и ее снижении после 2-го и 4-го сеансов на 2,1 % наблюдался планомерный рост начальных значений ЖЕЛ на следующий день после 1-го, 2-го и 3-го сеансов (во 2-й, 3-й и 4-й дни исследования) (рисунок 5.4). Так, по начальным значениям ЖЕЛ перед первым и третьим сеансами БСДС прирост ЖЕЛ у спортсменки после двух сеансов БСДС составил 0,5 л (11,3 %). По мнению тренера, после сеансов БСДС значимого прироста работоспособности и результативности тренировок у спортсменки не наблюдалось.

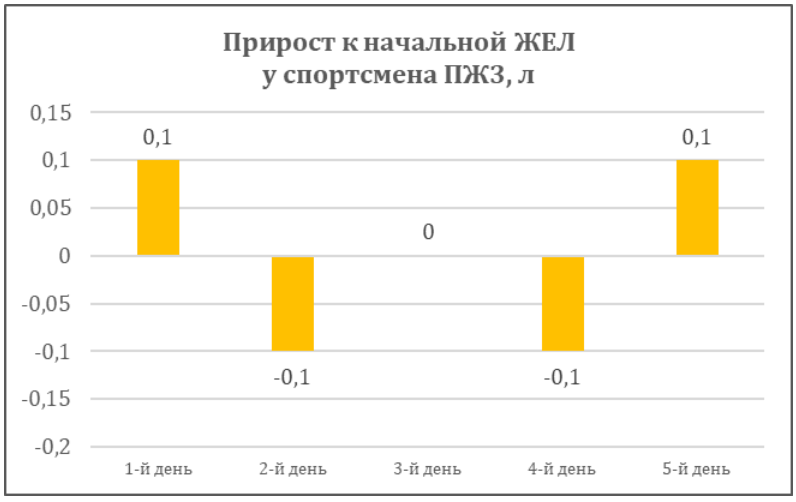


Рисунок 5.4 – Прирост значений ЖЕЛ после сеансов БСДС у спортсмена ПЖ3

Спортсменка ПЖ4, МС по плаванию, рост – 173 см, вес – 65,6 кг.

Жалоб во время проведения исследования не предъявляла. В анамнезе имелось наличие хронического тонзиллита. Субъективно после сеансов БСДС спортсменка отмечала облегчение дыхания на всем протяжении исследования. Значения ЧСС у спортсменки в процессе проведения БСДС и всего исследования колебались в диапазоне 55-76 уд/мин. Показатель сатурации кислорода SpO_2 за все время исследования не снижался ниже 97 ед. После первого сеанса БСДС прироста значений ЖЕЛ не наблюдалось, в то время как начальное значение ЖЕЛ на следующий день было на 7,1 % выше, чем накануне перед первым сеансом БСДС. После 2-го сеанса наблюдалось снижение ЖЕЛ на 4,4 %, а в последующие дни после 3-го, 4-го и 5-го сеансов БСДС - увеличение значений ЖЕЛ на 2,4 %, 7,1 % и 2,4 %, соответственно (рисунок 5.5). По мнению тренера, у спортсмена работоспособность и результативность тренировок после курса БСДС незначительно, но повысилась.

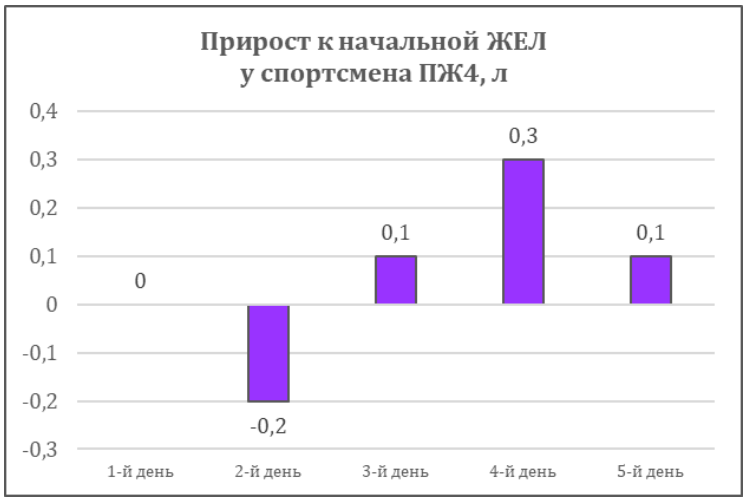


Рисунок 5.5 – Прирост значений ЖЕЛ после сеансов БСДС у спортсмена ПЖ4

Спортсменка ПЖ5, МС по плаванию, рост – 165 см, вес – 54,3 кг.

Жалоб во время проведения исследования не предъявляла. Наличие хронических заболеваний – отрицала. Субъективно после сеансов БСДС спортсменка отмечала облегчение дыхания на всем протяжении исследования. Значения ЧСС у спортсменки в процессе проведения БСДС и всего исследования колебались в диапазоне 58-88 уд/мин. Показатель сатурации кислорода SpO_2 за все

время исследования не снижался ниже 95 ед. После первого сеанса БСДС наблюдался значимый прирост значений ЖЕЛ на 21,2 %. В последующий период применения БСДС - после 2-го, 4-го и 5-го сеансов прирост значений ЖЕЛ составил 2,9 % (рисунок 5.6). По начальным значениям ЖЕЛ перед первым и пятым сеансами БСДС прирост значений ЖЕЛ составил 0,3 л (6,1 %). По мнению тренера, у спортсменки работоспособность и результативность тренировок после курса БСДС незначительно, но повысилась.

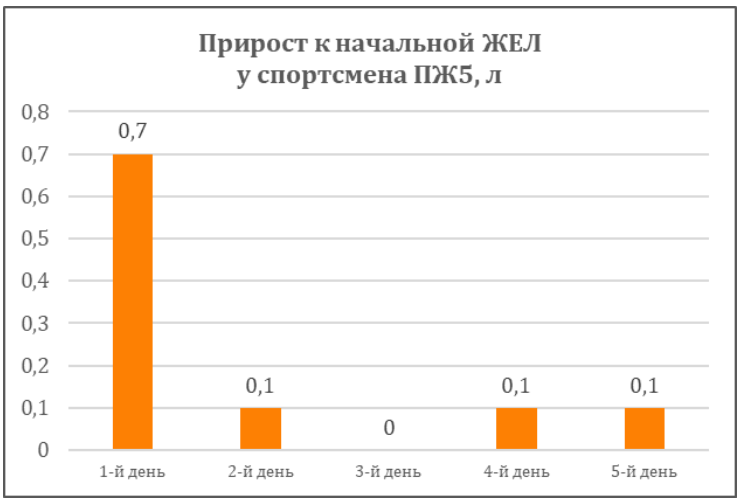


Рисунок 5.6 – Прирост значений ЖЕЛ после сеансов БСДС у спортсмена ПЖ5

Анализ среднегрупповых значений изменений ЖЕЛ спортсменов, прошедших полный курс (5 сеансов) БСДС (спортсмены ПМ1, ПЖ2, ПЖ3, ПЖ4, ПЖ5) (рисунок 5.7) показал, что БСДС обусловила достоверное ($p<0,05$) в среднем по указанной группе увеличение ЖЕЛ от начальных значений перед 1 сеансом после 1, 2, 4 и 5 сеансов, которое составило 8,22±3,52 %, 5,35±2,19 %, 6,02±2,03 % и 4,85±2,98 %, соответственно. При этом прирост значений ЖЕЛ после указанных сеансов от начальных значений перед 1 сеансом наблюдался у пяти из шести (83,3 %) спортсменов.

При статистическом анализе абсолютных значений ЖЕЛ, зарегистрированных после сеансов БСДС, у спортсменов-пловцов было установлено после 1 и 4 сеансов БСДС достоверное ($p<0,05$) в среднем по группе увеличение значений указанного показателя от начальных значений перед 1 сеансом (рисунок 5.8).

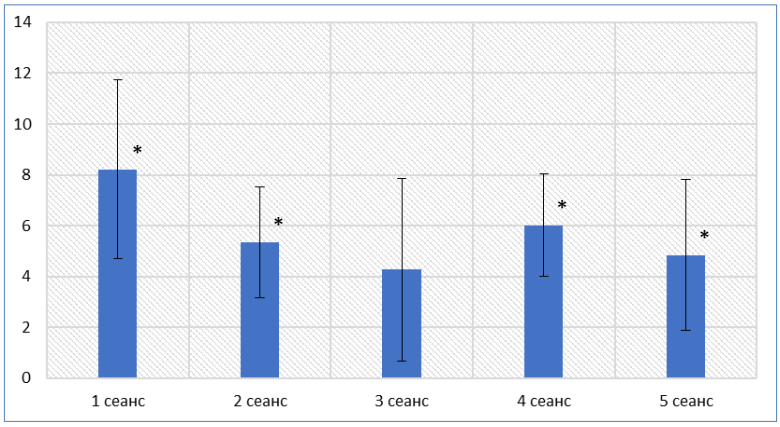


Рисунок 5.7 – Изменения значений ЖЕЛ (%) у спортсменов-пловцов после 1-5 сеансов БСДС
(* - достоверные отличая от начальных значений, p<0,05)

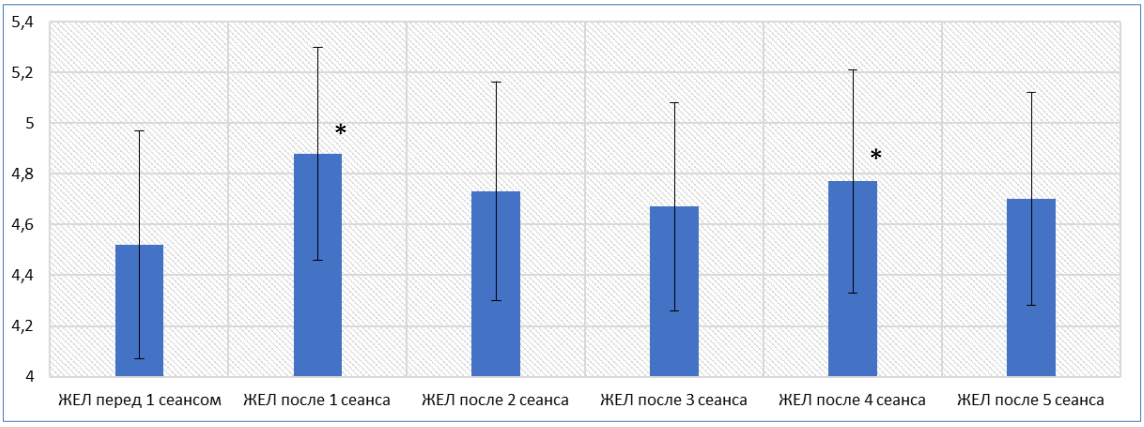


Рисунок 5.8 – Значения ЖЕЛ (л) спортсменов-пловцов перед 1 сеансом и после 1-5 сеансов БСДС
(* - достоверные отличая от значений перед 1 сеансом, p<0,05)

Таким образом, в условиях учебно-тренировочных сборов в целом была показана эффективность применения пяти сеансов БСДС (ежедневно в течение 5 дней) у спортсменов-пловцов - членов сборной команды России по плаванию для повышения функциональных резервов их дыхательной системы, выразившегося в увеличении ЖЕЛ на 5-8 % у 83,3 % спортсменов и облегчении у 100 % из них дыхания после сеансов БСДС, что способствовало, по субъективной оценке тренеров и самих спортсменов, в ряде случаев повышению работоспособности спортсменов и результативности проводимых тренировок. К сожалению, по условиям проведения исследования объективизировать указанное повышение работоспособности спортсменов и результативности проводимых тренировок после сеансов и всего курса БСДС не представилось возможным.

5.2. Оценка эффективности биоакустической стимуляции для повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсменов циклических, сложнокоординационных и игровых видов спорта в тренировочный период

Практическое применение БСДС для повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсменов циклических, сложнокоординационных и игровых видов спорта проводилось в тренировочный период перед ответственными соревнованиями в различных спортивных командах, в основном, в сборных командах Российской Федерации, на разных спортивных базах.

Назначение и проведение БСДС указанным спортсменам осуществлялось на основе рекомендаций тренеров и врачей спортивных команд, добровольного согласия самих спортсменов.

За весь период апробации БСДС в различных спортивных командах в условиях разных спортивных баз для повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсменов эта медицинская технологическая процедура была проведена 37 спортсменам циклических (9 спортсменов-мужчин – биатлон, лыжные гонки), сложнокоординационных (25 спортсменов – 16 спортсменов-мужчин и 9 спортсменов-женщин – гимнастика, прыжки в воду, фигурное катание) и игровых (3 спортсменов-мужчин - хоккей) видов спорта.

Курс БСДС, проведенный при помощи АПК БСДС в соответствии с разработанной методикой указанным спортсменам, включал 6 сеансов по 3 процедуры стимуляции длительностью 3 минуты каждая с интервалом между ними, составлявшим 1 минуту. Сеансы БСДС проводились спортсменам ежедневно в течение 6 дней.

Оценка влияния биоакустической стимуляции на функциональное состояние дыхательной системы спортсменов осуществлялась по результатам спирометрии, которая проводилась у спортсменов до и после курса БСДС в ходе их периодического медицинского обследования в условиях спортивных баз.

Обобщенные результаты спирометрических исследований, проведенных у спортсменов сложно-координационных (СКВС), циклических (ЦВС) и игровых (ИВС) видов спорта до и после курса БСДС представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Результаты спирометрических исследований, проведенных у спортсменов сложнокоординационных (СКВС), циклических (ЦВС) и игровых (ИВС) видов спорта до и после курса БСДС

Показатель спиро-метрии	Группа спортсменов различных видов спорта									
	СКВС – мужчины и женщины (n = 25)		СКВС – мужчины (n = 16)		СКВС – женщины (n = 9)		ЦВС – мужчины (n = 9)		ИВС – мужчины (n = 3)	
	До	БСДС	До	БСДС	До	БСДС	До	БСДС	До	БСДС
ЖЕЛ, л	4,77 ±0,21	4,94 ±0,23*	5,36 ±0,20	5,62 ±0,20*	3,71 ±0,11	3,73 ±0,12	5,81 ±0,26	5,98 ±0,23*	5,53 ±0,34	5,90 ±0,35*
ФЖЕЛ, л	5,50 ±0,26	5,59 ±0,29	6,20 ±0,27	6,38 ±0,30	4,28 ±0,18	4,20 ±0,18	6,17 ±0,32	6,26 ±0,28	6,46 ±0,33	6,03 ±0,15
ОФВ1, л	4,61 ±0,22	4,65 ±0,24	5,17 ±0,23	5,26 ±0,26	3,61 ±0,19	3,58 ±0,14	5,07 ±0,23	5,21 ±0,24	5,41 ±0,27	5,01 ±0,21
Индекс Тиффно, %	97,42 ±2,81	94,48 ±2,51	97,41 ±3,65	93,64 ±3,56	97,44 ±4,61	95,96 ±3,15	87,28 ±3,17	86,74 ±2,74	97,97 ±3,20	85,63 ±9,06
ПОС, л/с	10,44 ±0,66	10,46 ±0,61	12,05 ±0,72	12,12 ±0,57	7,59 ±0,54	7,51 ±0,50	11,44 ±0,74	11,90 ±0,64	13,27 ±1,59	10,61 ±1,03
МОС25, л/с	9,26 ±0,61	9,28 ±0,64	10,58 ±0,71	10,69 ±0,76	6,91 ±0,56	6,77 ±0,50	9,27 ±0,57	9,52 ±0,60	12,17 ±1,09	9,09 ±0,79
МОС50, л/с	6,14 ±0,42	6,16 ±0,39	6,91 ±0,49	6,89 ±0,46	4,77 ±0,57	4,85 ±0,51	6,69 ±0,54	6,55 ±0,55	8,54 ±0,51	6,67 ±0,35
МОС75, л/с	2,89 ±0,22	2,91 ±0,20	2,98 ±0,21	2,99 ±0,19	2,74 ±0,49	2,78 ±0,45	2,89 ±0,31	3,14 ±0,29	3,42 ±0,16	2,96 ±0,20
СОС25-75, л/с	6,10 ±0,36	6,12 ±0,37	6,82 ±0,42	6,86 ±0,43	4,81 ±0,49	4,80 ±0,35	6,28 ±0,41	6,40 ±0,42	8,04 ±0,55	6,24 ±0,45

Примечание: * - достоверно отличаются от тестирования "До" ($p < 0,05$) по критерию Вилкоксона.

Анализ данных, представленных в таблице 5.3, показал, что после курса БСДС у спортсменов всех видов спорта достоверно ($p<0,05$) увеличились в среднем по группе значения ЖЕЛ (рисунок 5.9). В группах спортсменов сложнокоординированных и циклических видов спорта после БСДС в среднем по группе наблюдалась тенденция к увеличению значений ФЖЕЛ, ОФВ1, ПОС, МОС25, МОС50, МОС75 и СОС25-75, а в группе спортсменов игровых видов спорта – тенденция к уменьшению данных показателей, но достоверных изменений этих спирометрических показателей выявлено не было.

Определенные по результатам спирометрических исследований изменения значений ЖЕЛ у спортсменов сложнокоординационных, циклических и игровых видов спорта после проведенного им курса БСДС представлены в таблице 5.4.

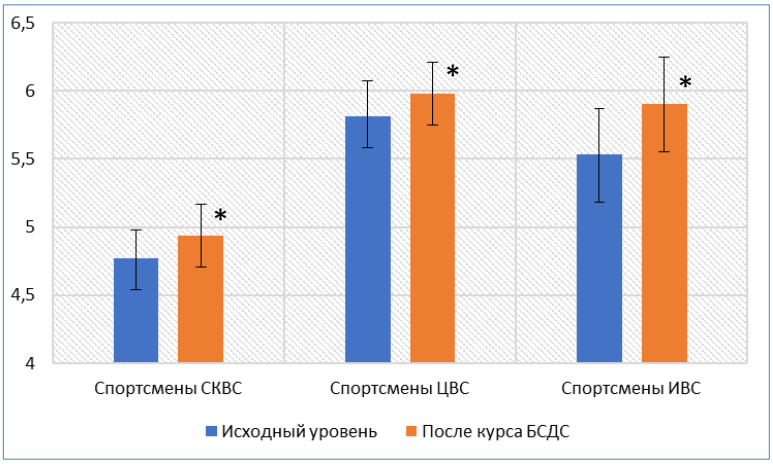


Рисунок 5.9 – Значения ЖЕЛ (л) спортсменов сложнокоординационных (СКВС), циклических (ЦВС) и игровых (ИВС) видов спорта до и после курса БСДС (* - достоверные отличия от исходного уровня, $p<0,05$)

Таблица 5.4 – Изменения (увеличение, снижение) значений ЖЕЛ после курса БСДС у спортсменов сложнокоординационных циклических и игровых видов спорта

Спортсмены различных видов спорта	Изменение ЖЕЛ после курса БСДС (ΔЖЕЛ)		Увеличение ЖЕЛ после БСДС (+ΔЖЕЛ)					Уменьшение ЖЕЛ после БСДС (–ΔЖЕЛ)				
			% от групп-ы	Min-max значения		$M_{+ΔЖЕЛ} \pm m_{+ΔЖЕЛ}$		% от групп-ы	Min-max значения		$M_{–ΔЖЕЛ} \pm m_{–ΔЖЕЛ}$	
	Литр	%		Литр	%	Литр	%		Литр	%	Литр	%
СКВС – мужчины и женщины (n = 25)	0,18 ±0,06	3,73 ±1,5	68,0	0,01-1,14	1,2-27,1	0,30 ±0,06	6,23 ±1,48	28,0	0,03-0,21	0,6-10,4	0,16 ±0,05	3,77 ±1,52
СКВС – мужчины (n = 16)	0,28 ±0,08	5,48 ±1,2	75,0	0,07-0,48	0,18-27,1	0,36 ±0,08	7,1 ±2,0	18,8	0,03-0,08	0,6-1,3	0,06 ±0,01	1,0 ±0,21
СКВС – женщины (n = 10)	0,02 ±	0,81 ±2,3	66,7	0,01-0,47	0,3-12,4	0,15 ±0,07	4,48 ±2.06	33,3	0,03-0,08	4,0-10,4	0,25 ±0,07	6,53 ±1,9
ЦВС – мужчины (n = 10)	0,17 ±0,07	3,16 ±1,14	88,9	0,04-0,29	0,7-7,8	0,22 ±0,04	4,08 ±0,76	11,1	0,31-0,31	4,3-4,3	0,31 ±0,0	4,3 ±0,0
ИВС – мужчины (n = 3)	0,37 ±0,07	6,7 ±1,4	100,0	0,27-0,52	5,2-9,5	0,37 ±0,07	6,7 ±1,4	0	0	0	0	0

Анализ этих данных показал, что, у спортсменов сложнокоординированных видов в 68 % случаев наблюдалось увеличение значений ЖЕЛ на 6,23 ±1,48 % в среднем по группе (у спортсменов-мужчин – у 75 % на 7,1±2,0 %; у спортсменов-женщин – у 66,7 % на 4,48±2,06 %). Уменьшение значений ЖЕЛ в данной группе наблюдалось у 28 % на 3,77 ±1,52 % в среднем по группе (у спортсменов-мужчин – у 18,8 % на 1,0±0,21 %; у спортсменов-женщин – у 33,3 % на 6,53±1,9 %).

У спортсменов циклических и игровых видов спорта увеличение значений ЖЕЛ наблюдалось у 88,9 % на 4,08±0,76 % и у 100 % на 6,7±1,4 %, соответственно. Уменьшение значений ЖЕЛ наблюдалось только у 11,1 % (одного из девяти) спортсменов циклических видов спорта на 4,3 %.

При этом, у спортсменов всех трех групп наблюдалось после БСДС близкое по значениям (достоверные отличия не были выявлены) увеличение в среднем по группе значений ЖЕЛ - 3,73±1,5 %, 3,16±1,14 % и 6,7±1,4 %, соответственно, что свидетельствовало об одинаковом влиянии биоакустической стимуляции высокоинтенсивными звуками низкой частоты на функциональное состояние дыхательной системы спортсменов различных видов спорта.

На основании приведенных выше данных представилось заключить, что при практическом применении БСДС оказала примерно одинаковое положительное влияние на функциональное состояние дыхательной системы спортсменов сложнокоординационных, циклических и игровых видов спорта, выразившееся в достоверном ($p<0,05$) в среднем по группе увеличении значений ЖЕЛ у указанных спортсменов, и, следовательно, оказала влияние на физическую работоспособность и, как следствие, на спортивную результативность данных спортсменов. Так, например, по данным, полученным от тренера сборной команды России по хоккею с шайбой, у трех спортсменов этой сборной команды, прошедших курс БСДС, дистанция пробега за игру увеличилась в среднем на 12,4 %.

5.3. Случаи практического применения биоакустической стимуляции для повышения функциональных резервов дыхательной системы у спортсмена-единоборца и спортсменов-фигуристов

Практическое применение БСДС для повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсмена (возраст - 39 лет) - чемпиона мира по смешанным боевым искусствам, имеющего спортивный разряд мастера спорта международного класса, проводилось по рекомендации спортивного врача и при добровольном согласии спортсмена в период его усиленных тренировок перед ответственным международным состязанием.

Курс БСДС, проведенный при помощи АПК БСДС в соответствии с разработанной методикой указанному спортсмену, включал 6 сеансов, состоящих из 3 процедур стимуляции длительностью 3 минуты каждая с минутным интервалом между ними. Сеансы проводились с интервалом в 2 суток.

Оценка влияния биоакустической стимуляции на функциональное состояние дыхательной системы спортсмена осуществлялась по изменениям значений ЖЕЛ, которые регистрировались у него при помощи спирометра портативного сухого до и после каждого сеанса БСДС.

Значения ЖЕЛ, зарегистрированные у спортсмена-единоборца до и после каждого сеанса БСДС представлены на рисунке 5.10.

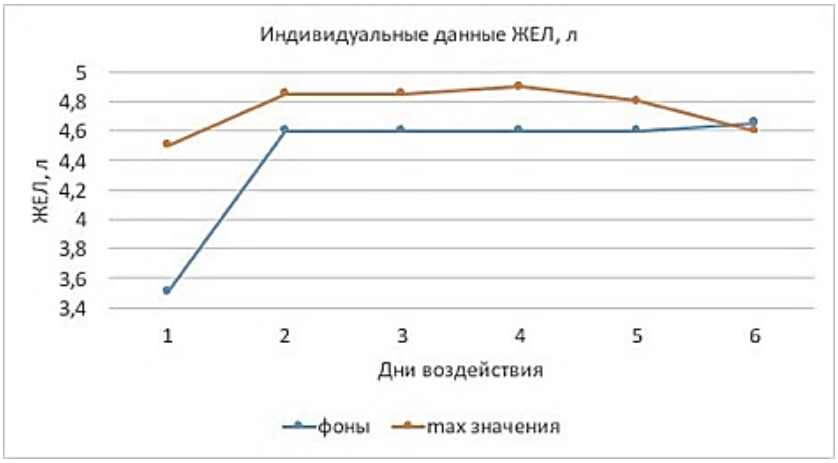


Рисунок 5.10 – Значения ЖЕЛ у спортсмена - чемпиона мира по смешанным единоборствам до (фон) и после (max значения) сеансов (дни воздействия) БСДС

Представленные на рисунке 5.10 данные, характеризующие изменения значений ЖЕЛ после сеансов и в целом курса БСДС, убедительно свидетельствовали о значимом положительном влиянии БСДС на функциональное состояние дыхательной системы спортсмена. Так, после первого сеанса БСДС прирост значения ЖЕЛ оставил 1,0 л (28,6 %). Фоновое значение ЖЕЛ перед вторым сеансом БСДС, проведенного через 2 для после первого, было выше фонового значения, зарегистрированного перед первым сеансом, на 31,4 %. В дни проведения второго-шестого сеансов БСДС указанное увеличенное после первого сеанса начальное (перед сеансом) значение ЖЕЛ оставалось неизменным. Прирос значений ЖЕЛ после второго-пятого сеанса составлял 4,3-6,5 %.

Субъективно после всех сеансов БСДС спортсмен отмечал облегчение дыхания. Данное ощущение легкости дыхания сохранялось и на следующие дни после сеансов БСДС.

Кроме этого, по мнению спортсмена, проведение ему БСДС способствовало улучшению (повышению) переносимости им тренировочных нагрузок, повысило его физическую работоспособность и, в совокупности с другими подготовительными предсоревновательными мероприятиями, позволило ему в последующем победить в состязании, к которому он готовился. Объективизировать же субъективно отмеченное спортсменом повышение его работоспособности и результативности после сеансов и всего курса БСДС, по определенным причинам, связанным с местом и условиями проведения спортивных тренировок, не представилось возможным.

В таблице 5.5 представлены результаты оценки изменений значений ЖЕЛ у двух пар спортсменов (2 мужчин и 2 женщин), занимающихся парным фигурным катанием на льду, после курса БСДС, состоящего из 5 сеансов, включающих по 3 процедуры стимуляции длительностью 3 минуты каждая с минутным интервалом между ними, проведенных ежедневно в течение 5 дней. БСДС проводилась в период тренировок при подготовке к ответственному соревнованию по рекомендации спортивного врача сборной команды.

Представленные в таблице 5.5 данные показали, что проведенный курс БСДС обусловил у всех спортсменов повышение функциональных резервов дыхательной системы, которое характеризовалось увеличением максимальных значений ЖЕЛ к фоновым значениям на 3,1-22,6 %, а также увеличением значений ЖЕЛ после каждого из сеансов БСДС в среднем на 1,4-6,6 %. Следует также отметить, что максимальные значения ЖЕЛ в ходе курса БСДС у спортсменов наблюдались в основном после 3-4 сеансов стимуляции.

После всех сеансов БСДС спортсмены-фигуристы субъективно отмечали облегчение дыхания, которое сохранялось и на следующие дни после сеансов БСДС. Кроме этого, все спортсмены субъективно отмечали улучшение (повышение) переносимости тренировочных нагрузок.

Таблица 5.5 – Характеристика спортсменов-фигуристов и результаты оценки у них изменений значений ЖЕЛ в процессе и после курса БСДС

Параметры	Пара 1		Пара 2	
Пол, возраст	М., 22 года	Ж., 20 лет	М., 19 лет	Ж., 17 лет
Рост, вес	177 см, 68 кг	164 см, 50 кг	190 см, 81 кг	171 см, 53 кг
Начальное (фоновое, перед 1-м сеансом) значение ЖЕЛ, л	5,25	3,1	5,7	3,2
Максимальное значение ЖЕЛ в ходе курса БСДС, л	5,6 (3-й сеанс)	3,8 (4-й и 5-й сеансы)	6,2 (4-й сеанс)	3,3 (3-й сеанс)
Увеличение максимальных значений ЖЕЛ к фоновым значениям ЖЕЛ	6,7 %	22,6 %	8,8 %	3,1 %
Среднее по всем сеансам увеличение значений ЖЕЛ после 3-й стимуляции к фону	2,8 %	6,6 %	2,6 %	1,4 %
Среднее увеличение начальных значений ЖЕЛ перед каждым сеансом к фоновым значениям ЖЕЛ	2,1 %	12,9 %	4,4 %	-4,3 %

На основании вышеизложенного в главе 5 представляется возможным заключить, что БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты, проводимая при помощи АПК БСДС в соответствии с разработанной методикой в комплексе мероприятий медико-биологического обеспечения спортивной деятельности, эффективно повышает функциональные резервы дыхательной системы спортсменов различных видов спорта - циклических, сложнокоординационных и игровых, у 70-100 % из них увеличивая жизненную емкость легких в среднем на 4,1-6,7 % и по субъективным оценкам облегчая дыхание, а не только спортсменов лыжных видов спорта, на которых методика ее проведения преимущественно отрабатывалась в клинико-экспериментальных исследованиях (глава 3). При этом по субъективным данным, полученным от тренеров указанных спортсменов, у 80-100 % спортсменов после проведенного курса БСДС значимо повысились физическая выносливость в период тренировок, что существенного сказалось на их спортивной результативности в соревновательный период.

Кроме этого, исходя из полученных данных об изменениях у спортсменов значений ЖЕЛ после отдельных сеансов и в целом курса БСДС, следует отметить,

что для достижения эффекта повышения функциональных резервов дыхательной системы у спортсменов различных видов спорта минимально достаточным является проведение однодневного (три 3-х минутных процедуры с минутным интервалом) или короткого (до 3-х сеансов по три 3-х минутных процедуры с минутным интервалом) курса БСДС. При этом уровень прироста значений ЖЕЛ после БСДС зависит от антропометрических данных и пола спортсмена. Это хорошо согласуется с данными, полученными в ходе клинико-экспериментальных исследований, выполненных с целью обоснования методики БСДС и оценки влияния различных курсов БСДС на физическую (аэробную и анаэробную) работоспособность спортсменов циклических видов спорта (главы 3 и 4).

Полученные результаты проведенной практической апробации БСДС в совокупности с результатами клинико-экспериментальных исследований, которые свидетельствовали о положительном влиянии БСДС на физическую работоспособность спортсменов при аэробных и анаэробных нагрузках, позволяют рекомендовать эту немедикаментозную технологию для широкого практического применения в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта в системе их медико-биологического обеспечения [66, 80, 85, 299].

Глава 6. ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМИ ЗВУКАМИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ ПРИ БРОНХОЛЕГОЧНОЙ ПАТОЛОГИИ

6.1. Обоснование применения биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты в клинической практике при бронхолегочной патологии

В соответствии с Международной классификацией болезней (МКБ-10) X класс «Болезни органов дыхания» (J00-J99) включает десять блоков различных острых и хронических заболеваний верхних и нижних дыхательных путей, интерстициальной ткани легкого и плевры [143]. Особое место среди диагнозов указанных заболеваний занимает уточняющий диагноз «Другая хроническая обструктивная легочная болезнь» (J44), входящий в блок диагнозов «Хронические болезни нижних дыхательных путей» (J40-J47) и включающий диагнозы «Хроническая обструктивная легочная болезнь с острой респираторной инфекцией нижних дыхательных путей» (J44.0), «Хроническая обструктивная легочная болезнь с обострением неуточненная» (J44.1), «Другая уточненная хроническая обструктивная легочная болезнь» (J44.8), «Хроническая обструктивная легочная болезнь неуточненная» (J44.9) [143].

Хроническая обструктивная легочная болезнь или, как принято в отечественной пульмонологии, хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) в последние десятилетия представляют большую медико-социальную проблему [15, 128, 158, 212, 244, 309]. Так, по данным масштабных международных эпидемиологических исследований (BOLD) и (PLATINO) сегодня в мире насчитывается приблизительно 600 млн. больных ХОБЛ [212]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) ХОБЛ в числе десяти ведущих причин смерти в мире занимает пятое место. Смертность в мире от ХОБЛ в 2019 году составила 5,1 % от общей смертности [128].

В Российской Федерации ХОБЛ занимает первое место (55%) в структуре болезней органов дыхания, причем распространенность данного заболевания неуклонно растет. Так, по мнению российских экспертов к 2030 г. ХОБЛ займет в России третье место по причине смертности среди всех заболеваний после сердечно-сосудистой патологии и цереброваскулярных болезней. Важное значение имеет тот факт, что по результатам 20-летнего обсервационного исследования смертность среди женщин, связанная с ХОБЛ, увеличилась более чем в 2 раза, а расходы средств на лечение обострений заболевания увеличились с 50 до 75% от общей стоимости ХОБЛ. По официальным данным Минздрава России в 2017 г. в стране было зарегистрировано 2,5 млн. больных ХОБЛ, но согласно оценке экспертов, реальное количество может быть в несколько раз большим и достигать 16 млн. человек [212].

ХОБЛ – заболевание, характеризующееся персистирующим ограничением воздушного потока, которое обычно прогрессирует и является следствием хронического воспалительного ответа дыхательных путей и легочной ткани на воздействие ингалируемых повреждающих частиц или газов. Обострения и коморбидные состояния являются неотъемлемой частью болезни и вносят значительный вклад в клиническую картину и прогноз [128, 158].

Патоморфологическую основу болезни составляет сочетание структурных изменений в бронхах (хронический бронхит) и деструктивных изменений в легочной ткани (энфизема). При этом морфологические изменения при ХОБЛ наблюдаются в центральных и периферических бронхах, легочной паренхиме и сосудах, что объясняет использование термина «хроническая обструктивная болезнь легких» вместо привычного «хронического обструктивного бронхита», подразумевающего преимущественное поражение бронхов. Особенностью этой болезни также является невозможность полного исчезновения симптомов на фоне проводимого лечения [158].

Для людей с ХОБЛ характерна плохая переносимость физических нагрузок, которая связана с нарушением вентиляционной функции лёгких обструктивного типа, повышением нагрузки на дыхательную мускулатуру и их дисфункцией,

нарушением легочного газообмена, сердечной дисфункцией. Тягостное ощущение одышки вызывает тревогу, депрессию и снижает мотивацию к физическим тренировкам [23, 309, 335]. При этом ХОБЛ склонна к прогрессированию, приводит не только к ограничению физической активности, но и значительно ухудшает социальные и психологические аспекты жизни больного, т.е. существенно влияет на качество жизни пациентов [15, 128, 252, 335].

В принятых стандартах лечения и клинических рекомендациях основу базисной терапии ХОБЛ составляют бронходилататоры и противовоспалительная терапия. Однако, согласно многолетнему лечения данной категории пациентов, применение только лишь медикаментозного лечения для стабилизации состояния недостаточно, так как лекарственные препараты, улучшая функциональные показатели, не всегда способствуют улучшению самочувствия пациентов и увеличению уровня повседневной активности [128, 270]. Именно поэтому в алгоритмы лечения таких пациентов требуется включение не только лекарственной терапии, но и реабилитационных мероприятий [15, 128, 261, 270].

В соответствии с рекомендациями Европейского респираторного общества и Американского торакального общества [244, 306], «пульмонологическая (легочная) реабилитация – мультидисциплинарная, основанная на доказательной базе, всеобъемлющая система мероприятий для больного хроническим заболеванием органов дыхания, имеющего клинически значимое течение заболевания и нарушение уровня повседневной активности». Интегрированная в ежедневное лечение, пульмонологическая реабилитация призвана уменьшить проявления болезни, оптимизировать функциональный статус, улучшить кооперативность и уменьшить стоимость лечения за счет стабилизации или уменьшения системных проявлений болезни [158, 244, 306, 335].

Таким образом, общими задачами реабилитации в пульмонологической практике являются достижение регрессии обратимых и стабилизации необратимых изменений в легких, восстановление и улучшение функции внешнего дыхания и сердечно-сосудистой системы, психологического статуса и трудоспособности. Основной целью легочной реабилитации является увеличение и облегчение

участия пациента в повседневной жизни, а решение ее задач может различаться в зависимости от тяжести течения заболевания, формы и степени поражения дыхательной системы, индивидуальных особенностей пациента [88, 114, 124, 158, 197, 213, 246, 262].

В последние годы методы легочной реабилитации стали стандартным дополнением к медикаментозной терапии у больных с заболеваниями легких, в том числе, с ХОБЛ. Применение этих методов улучшает жизнедеятельность указанных пациентов, уменьшает одышку, улучшает качество жизни больных и сокращает число госпитализаций и дни госпитализаций (уровень доказательности А), а также улучшает толерантность к физической нагрузке и увеличивает выживаемость пациентов, увеличивает бронходилатационный эффект (уровень доказательности В) [147].

На протяжении последних десятилетий накоплена большая доказательная база по эффективности легочной реабилитации при ХОБЛ и отработана методология оценки проводимых реабилитационных мероприятий [158].

Для проведения легочной реабилитации в настоящее время применяется большой спектр методов [114, 158, 197, 213, 246]. Особое место среди этих методов занимают методы физической реабилитации [23, 114, 135, 137, 197, 213, 246].

Физическая реабилитация при заболеваниях органов дыхания, в том числе, при ХОБЛ, в широком смысле включает в себя различные виды физических тренировок, систему дыхательных упражнений, элементы йоги, звуковую и дренажную гимнастику, постуральный дренаж, нормобарическую баротерапию, магнитотерапию и другие физические методы [15, 88, 114, 135, 137, 197, 213, 246].

Так как нарушение дыхательной функции при заболеваниях органов дыхания, в том числе при ХОБЛ, чаще всего связано с изменением механизма дыхательного акта (нарушение правильного соотношения фазы вдоха, фазы выдоха и паузы, появление поверхностного и учащенного дыхания, дискоординация дыхательных движений), что приводит к нарушению легочной вентиляции, нарушению газообмена в легких [158], большое внимание специалистами уделяется применению в комплексе методов легочной реабилитации физическим

упражнениям и дыхательным/вентиляционным комплексам [135].

Установлено, что влияние на организм пациента с диагнозом ХОБЛ физических упражнений осуществляется путем реализации компенсаторного (улучшение приспособительных реакций, мобилизация дополнительных механизмов дыхания), трофологического (активизация крово- и лимфообращения, обменных и регенераторных процессов в организме, улучшение оксигенации тканей) и тонизирующего (рефлекторного) (улучшение нервных процессов в коре головного мозга, усиление взаимодействия коры и подкорковых структур, восстановление корректной регуляции акта дыхания) механизмов. Как следствие, осуществляется нормализация нарушенных функций внешнего дыхания, газообмена в легких и тканях организма [124].

Дыхательные/вентиляционные реабилитационные комплексы предназначены также для усиления дыхательных мышц и нормализации газообмена и основаны на: тренировке дыхательных мышц, оптимизации фаз дыхательного цикла, улучшении механических свойств лёгких, нормализации основных лёгочных объёмов [135, 273].

При этом следует отметить, что наиболее изученными из применяемых в пульмонологической практике физических методов, имеющих доказанный эффект, являются физические упражнения, дыхательные упражнения, комплексное действие факторов курортной терапии, гидротерапии, оказывающих влияние на основные клинические проявления основного заболевания, астено-невротический синдром и повышающие иммунитет [15, 88, 114, 135, 137, 197, 213, 246], а потребность в новых эффективных методах остается актуальной [209].

В связи с этим, исходя из вышеприведенных клинических проявлений нарушения дыхательной функции у пациентов при ХОБЛ и выявленных эффектов влияния БСДС на функциональное состояние дыхательной системы человека при ее применении у спортсменов (главы 2-5), в частности, достоверном увеличении жизненной емкости легких, увеличении экскурсии грудной клетки (за счет фазы выдоха), увеличении пиковой мощности и снижении максимального кислородного долга при выполнении аэробных и анаэробных физических нагрузок, было

предложено провести оценку возможности использования данного метода в качестве метода лечения и реабилитации больных, имеющих диагноз «Другая хроническая обструктивная легочная болезнь» (J44), разработав программу и проведя соответствующие клинические исследования по оценке эффективности и безопасности этой технологии у пациентов с ХОБЛ, используя при их проведении разработанный АПК БСДС - серийный аппарат акустической стимуляции легких.

При решении этой задачи исходили из того, что нарушение дыхательной функции при ХОБЛ, чаще всего связанное с изменением механизма дыхательного акта (нарушение правильного соотношения фазы вдоха, фазы выдоха и паузы, появление поверхностного и учащенного дыхания, дискоординация дыхательных движений), что приводит к нарушению легочной вентиляции, нарушению газообмена в легких [158], характерно и для других заболеваний органов дыхания [158, 197, 209, 244, 262].

В связи с этим, исходя из того, что общими задачами реабилитации в пульмонологической практике являются «достижение регрессии обратимых и стабилизации необратимых изменений в легких, восстановление и улучшение функции внешнего дыхания и сердечно-сосудистой системы, психологического статуса и трудоспособности» [88, 114, 124, 158, 197, 213, 246, 262], в интересах решения поставленной задачи представилось возможным оценить эффективность БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты - в комплексе мероприятий медицинской реабилитации пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию (COVID-пневмонию).

Двусторонняя пневмония (вирусное диффузное альвеолярное повреждение с микроангиопатией) является наиболее распространенным клиническим проявлением нового варианта коронавирусной инфекции (COVID-19) [6, 22, 39, 136, 147, 209, 250, 283, 311, 336]. Мероприятия по этапной медицинской реабилитации пациентов с COVID-пневмонией, направленные на восстановление функций внешнего дыхания, транспорта и утилизации кислорода тканями, органами и системами, восстановление толерантности к нагрузкам, психоэмоциональной стабильности, повседневной активности и участия, имеют

решающее значение для восстановления и оптимизации результатов неотложной и специализированной медицинской помощи при COVID-19 [4, 39, 41, 88, 136, 147, 209, 250, 268, 275, 302, 311, 321, 332, 334, 340, 342].

Значимым для достижения указанной цели, как показала практика, является проведение II этапа медицинской реабилитации в санаторно-курортных учреждениях непосредственно после лечения пациентов с COVID-пневмонией в стационаре [88, 89, 209, 236].

В настоящее время разработаны и внедрены в практическое здравоохранение различные программы II этапа медицинской реабилитации в санаторно-курортных условиях пациентов с постковидным синдромом [88, 89, 236], включающие методы и средства, обладающие доказанной эффективностью [4, 209, 252, 265, 275, 302, 321]. При реализации указанных программ показано, что комплексные реабилитационные мероприятия с применением различных природных и преформированных лечебных физических факторов способствовали повышению общего адаптационного потенциала, улучшению функционального состояния кардио-респираторной системы, коррекции вегетативного дисбаланса и повышению толерантности к физической нагрузке [89].

В тоже время проведение качественных рандомизированных контролируемых клинических исследований по оценке различных физических методов реабилитации пациентов после COVID-пневмонии, которые могут послужить базой для разработки будущих валидных клинических рекомендаций, является актуальной задачей в области восстановительной медицины, физиотерапии и курортологии [209].

К частным задачам реабилитации органов дыхания при COVID-19, в том числе у пациентов после COVID-пневмонии, можно отнести: ликвидацию очагов воспаления, улучшение бронхиальной проводимости и равномерности вентиляции легких, устранение диссоциации между альвеолярной вентиляцией и легочным кровотоком, улучшение дренажной функции бронхов, предотвращение раннего экспираторного закрытия дыхательных путей, экономизацию работы дыхательных мышц через усиление их мощности и содружественности, т.е. реализацию

адекватного газообмена при минимальном напряжении компенсаторных механизмов [88, 127, 212, 304, 312, 323].

Для решения этих задач в настоящее время, в том числе на санаторно-курортном этапе реабилитации, используется широкий спектр методов и средств, реализующих различные виды физических тренировок, систему дыхательных упражнений, элементы йоги, звуковую и дренажную гимнастику, постуральный дренаж, нормобарическую баротерапию, магнитотерапию и другие физические факторы [4, 6, 34, 88, 135, 136, 147, 209, 252, 261, 265, 268, 275, 302].

Методом, который, исходя из результатов его использования в спортивной медицине, может позволить решить часть вышеуказанных задач медицинской реабилитации пациентов после COVID-пневмонии является БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты [27, 57, 83, 84, 171].

Метод БСДС, как было определено выше (глава 1), основан на биологических эффектах взаимодействия высокоинтенсивной звуковой волны с респираторным трактом человека на индивидуально подобранных резонансных частотах. В этом случае воздействие высокоинтенсивных звуков низкой тональной частоты приводит к открытию резервных альвеол, уменьшению тонуса гладких мышц дыхательных бронхиол и, как следствие, увеличению площади их поперечного сечения, то есть, в конечном итоге, к увеличению жизненной емкости легких, улучшению газообмена и, соответственно, к повышению функциональных резервов дыхательной системы организма человека.

Исходя из этого, было выдвинуто предположение, что применение БСДС в качестве одного из методов медицинской реабилитации пациентов после COVID-пневмонии позволит у данных пациентов увеличить жизненную емкость легких и, как следствие, улучшить газообмен в легких и повысить толерантность организма к физическим нагрузкам, а также улучшить психоэмоциональное состояние, снизить выраженность посттравматических стрессовых расстройств.

Предполагалось, что применение БСДС, характеризующееся в отличие от физических методов, применяемых в настоящее время в соответствии с [72] для реабилитации пациентов после COVID-пневмонии [34, 88, 89, 135, 136, 147, 209,

236, 250, 261, 268], непосредственным воздействием высокоинтенсивных звуков низкой частоты на дыхательную систему организма пациента и возникающими при этом соответствующими биологическими эффектами их взаимодействия с данной системой, позволит значимо повысить эффективность медицинской реабилитации на санаторно-курортном этапе пациентов, перенесших COVID-пневмонию.

В связи с этим целью предложенного и в последующем проведенного (раздел 6.2) клинического исследования явилось изучение влияния БСДС на динамику функциональных показателей системы дыхания и сердечно-сосудистой системы, а также показателей психоэмоционального и соматического состояний, выраженности посттравматических стрессовых расстройств и когнитивных возможностей у пациентов, перенесших COVID-19, и обоснование возможности и целесообразности использования указанного метода в комплексной медицинской реабилитации на санаторно-курортном этапе пациентов, перенесших COVID-пневмонию, и при других заболеваниях органов дыхания, в частности, при ХОБЛ.

6.2. Результаты применения биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты в клинической практике при бронхолегочной патологии

6.2.1. Этапы, материал и методы клинического исследования по оценке эффективности и безопасности применения биоакустической стимуляции дыхательной системы у пациентов, перенесших COVID-пневмонию

Клиническое исследование по оценке эффективности и безопасности применения БСДС у пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию, было проведено на базе ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (г. Москва) и Филиала «Клинический санаторий «Волга» ФГБУ «Санаторно-курортный комплекс «Приволжский» Минобороны России (г. Самара) в феврале-марте 2021 г.

Этапы, материал, методы и объем указанного исследования, представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Этапы, материал, методы и объем проведенного клинического исследования по оценке эффективности и безопасности применения БСДС у пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию

Номер этапа	Содержание этапа, место проведения	Методы воздействия и исследований	Количество человек (пациентов) *	Объём проведенного исследования **
1	Отработка оптимального режима БСДС при заболеваниях дыхательной системы различной степени тяжести. ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России	24 тестовых сеанса БСДС. Спирометрия (ОФВ1, ФЖЕЛ). Пульсоксиметрия. Экспертная оценка	8 экспертов (пациентов)	182 воздействия на аппарате БСДС, 182 экспертные оценки, 8 экспертных заключений, 224 проведенных оценок сатурации O_2 и спирометрии
2	Оценка исходного состояния пациентов перед медицинской реабилитацией в санаторий. Филиал «Клинический санаторий «Волга» ФГБУ «СКК «Приволжский» Минобороны России	Анкета жалоб. Тест «Самочувствие, активность, настроение» (САН). Опросник посттравматического роста (ОПТР). Миссисипская шкала посттравматического стрессового расстройства (гражданский вариант). Оценка соматического и психоэмоционального состояния на АПК «Диамед-МБС». 12-канальная электрокардиография с автоматической интерпретацией на аппарате «Кардиометр-МТ». Оценка реакции выбора из 1/2/3 альтернатив. Спирометрическое тестирование на аппарате "MicroLoop". Компрессионная осциллометрия на аппарате КАП ЦГосм-«Глобус». Динамическая кистевая динамометрия	28 пациентов	336 проведенных обследований, 2359 зарегист-рированных показателей
3	Проведение пациентам БСДС в процессе медицинской реабилитации в санатории. Филиал «Клинический	Комплекс реабилитационных мероприятий. 5 сеансов БСДС (по 5 воздействий в каждом). Спирометрия (ОФВ1, ФЖЕЛ). Пульсоксиметрия.	20 пациентов	490 воздействий на АПК БСДС, 274 проведенных спирометрий и 196 оценок сатурации O_2, 98 субъективных оценок

Номер этапа	Содержание этапа, место проведения	Методы воздействия и исследований	Количество человек (пациентов) *	Объём проведенного исследования **
	санаторий «Волга» ФГБУ «СКК «Приволжский» Минобороны России	Субъективная оценка		
4	Оценка состояния пациентов после медицинской реабилитации в санаторий. Филиал «Клинический санаторий «Волга» ФГБУ «СКК «Приволжский» Минобороны России	Методы, использованные на этапе 2	28 пациентов	336 проведенных обследований, 2359 зарегист-рированных показателей

Примечание:
* - представлено итоговое количество пациентов, так как на разных этапах выбыло 10 человек из 38 включенных в исследование пациентов ввиду неявки на обследование или исключения из группы с связи с обострением сопутствующих заболеваний нереспираторного характера;
** - приведенные значения рассчитаны с учетом пропуска по разным причинам 5-го сеанса БСДС двумя пациентами и непрохождения некоторыми пациентами полного обследования ввиду физиологических (невозможность съема ЭКГ) или психологических (отказ отвечать на вопросы в тесте) причин.

В клиническом исследовании на 1 этапе приняли участие 8 экспертов – пациентов с заболеваниями органов дыхания разной степени тяжести, а на 2-4 этапах - 28 пациентов, находившихся сразу после выписки из стационара на медицинской реабилитации в санаторно-курортном учреждении после перенесенной COVID-19 средней-тяжелой степени тяжести, осложненной внебольничной двусторонней полисегментарной пневмонией (COVID-пневмонией) средней-тяжелой степени тяжести.

Пациенты, принимавшие участие на 2-4 этапах клинического исследования – в рандомизированном контролируемом открытом параллельном проспективном клиническом исследовании - были случайным образом разделены на две группы: основная группа - 20 пациентов (16 женщин и 4 мужчины, средний возраст 54,1±2,4 года) и контрольная группа - 8 пациентов (4 мужчины и 4 женщины, средний возраст 55,5±4,1 года). При этом критериями включения в исследование являлись информированное согласие пациента на участие в исследовании; возраст

пациентов от 40 до 65 лет; объективно установленный пациентам в стационаре диагноз COVID-пневмонии средней-тяжелой степени тяжести; проведение пациентам в санаторно-курортном учреждении одинакового перечня реабилитационных мероприятий, назначаемых лечащим врачом в соответствии с методическими рекомендациями врачебного сообщества [72].

Пациентам основной группы в дополнение к проводимым в течение 14 дней специалистами Филиала «Клинический санаторий «Волга» ФГБУ «СКК «Приволжский» Минобороны России (лицензия на осуществление медицинской деятельности № ФС-63-01-001580 от 21 января 2020 г., договор на оказание и оплату медицинской помощи по обязательному медицинскому страхованию № 152/630302 от 19 января 2021 г.) рекомендованным реабилитационным мероприятиям (физиотерапевтические процедуры, лечебная физкультура и др.) [72] было проведено по 5 сеансов БСДС через день, начиная с второго-третьего дня пребывания в санаторно-курортном учреждении (рисунок 6.1), с использованием АПК БСДС - серийного аппарата акустической стимуляции легких, внешний вид которого представлен на рисунке 2.3Б. Каждый сеанс БСДС включал по 5 процедур стимуляции длительностью 1,5 мин с интервалом между ними 30 секунд. Стимуляция осуществлялась при длительности фазы вдоха/выдоха T_f = 3 с в диапазоне частот 23-38 Гц при амплитуде полигармонического звукового сигнала, составлявшей 70 % от максимального уровня стимулирующего звукового давления равного 130 дБ (63,2 Па). Пациентам контрольной группы реабилитационные мероприятия проводились в установленном порядке (без БСДС).

В процессе проведения курса БСДС у пациентов основной группы до и после каждого сеанса определялись сатурация кислорода (SpO_2) при помощи пульсоксиметра медицинского «Armed YX300» (рисунок 6.2А) и форсированные показатели внешнего дыхания ОФВ1 (объем первого секундного форсированного выдоха) и ФЖЕЛ (форсированная жизненная емкость легких) при помощи спиротеста УСПЦ-01 (рисунок 6.2Б), а также по шкале от 0 до 10 баллов, где 5 баллов - нейтрально, проводилась субъективная оценка пациентами эффективности процедуры.

Оценка состояния пациентов основной и контрольной групп перед и после курса медицинской реабилитации (пациентов основной группы - до и после проведенного курса (5 сеансов по 5 процедур) БСДС по окончании курса реабилитационных мероприятий в целом) осуществлялось по единому протоколу.



Рисунок 6.1 – Проведение пациенту сеанса БСДС


А

Б

Рисунок 6.2 – Определение у пациента сатурации кислорода при помощи пульсоксиметра медицинского «Armed YX300» (А) и форсированных показатели внешнего дыхания при помощи спиротеста «УСПЦ-01» (Б)

В данный протокол были включены следующие информативные методы оценки функционального состояния пациента, определенные с учетом перенесенного заболевания и текущего состояния (методы представлены в порядке их выполнения, причем бланковые методы могли переноситься в конец и методы 5-6 меняться местами с методами 7-10 для оптимизации прохождения тестирования):

1. Анкета самооценки и жалоб (входят в структуру АПК «Диамед-МБС»).

Анкета самооценки и жалоб представляла собой печатную версию опроса пациента при прохождении обследования на АПК «Диамед-МБС» [112, 203]. Пациент оценивал свое физическое, эмоциональное состояние на момент обследования и отмечал текущие жалобы. Примерное время заполнения анкеты составляло 5 минут.

2. Тест «Самочувствие, активность, настроение» (САН).

Тест САН использовался для оперативной оценки самочувствия, активности и настроения пациента на данный момент (момент обследования) и состоял из 30 вопросов. Примерное время заполнения анкеты составляло 3 минуты.

3. Опросник посттравматического роста (ОПТР).

Опросник посттравматического роста (ОПТР) Тадеши и Калхауна [337], адаптированный М.Ш. Магомед-Эминовым [134]. Допускалось, что многие переболевшие COVID-19 столкнутся с посттравматическим стрессовым расстройством (ПТСР) и часть из них перейдет в затяжное психическое расстройство в виде «коронавирусного синдрома» [227]. В нашей работе выраженность ПТСР оценивалась по ОПТР и Миссисипской шкале (гражданский вариант). ОПТР состоял из 21 вопроса, где пациент отвечал, как изменилась его жизнь после болезни. Полученные результаты давали численную оценку изменениям и показывали посттравматический рост. Примерное время заполнения опросника составляло 3 минуты.

4. Миссисипская шкала посттравматического стрессового расстройства (гражданский вариант).

Миссисипская шкала посттравматического стрессового расстройства (гражданский вариант) [235] представляла собой опросник, состоящий из 39 вопросов и направленный на выявление степени ПТСР. Примерное время заполнения опросника составляло 7 минут.

5. Оценка соматического и психоэмоционального состояния на аппаратно-программном комплексе «Диамед-МБС» (АПК «Диамед-МБС»).

Оценка соматического и психоэмоционального состояния проводилась на АПК «Диамед-МБС» (рисунок 6.3). Интерфейс данного прибора включает в себя: паспортную часть, опрос самооценки и блок «Жалобы» (заполнялись письменно вне кабинета врача с целью экономии времени), вариабельность сердечного ритма (ВСР), биоимпедансометрию (БИМ), биоэлектрографию (БЭГ). Анализировали следующие показатели: ВСР-пульс покоя (уд./мин), стресс-индекс (отн. ед.), показатель активности регуляторных систем (ПАРС) (отн. ед); БИМ-основной риск (кол-во), связанные риски (кол-во), психологический статус (усл. ед.), количество параметров, выходящий за пределы нормальных значений проводимости (кол-во); БЭГ-площадь фронтальной проекции без фильтра и с фильтром (усл. ед.), симметрия фронтальной проекции без фильтра и с фильтром (%). Также при анализе результатов БЭГ оценивали визуально состояние биоэлектрограммы во фронтальной проекции; оценивали количество выбросов, проявляющихся одновременно на биоэлектрограмме без фильтра и с фильтром; определяли светлые участки на темном фоне в области «Респираторная система»; оценивали «Психоэмоциональный профиль» с фильтром и без фильтра. Время обследования на АПК «Диамед-МБС» с учетом обсуждения результатов с пациентом по окончании второго обследования составляло 20- 25 минут.



Рисунок 6.3 – Проведение диагностики на АПК «Диамед-МБС»

6. 12-канальная электрокардиография с автоматической интерпретацией на аппарате «Кардиометр-МТ».

Для регистрации ЭКГ использовали 12-канальный беспроводной электрокардиограф с программой автоматической интерпретации «Кардиометр-МТ». Автоматическая интерпретация осуществлялась в программе с выделением цветами физиологических, пограничных и патологических изменений на ЭКГ. Запись ЭКГ осуществлялась за 24 секунды, вместе с подготовкой и наложением электродов длительность диагностики составляла 7 минут.

7. Оценка реакции выбора из 1/2/3 альтернатив.

Реакция выбора из 1/2/3 альтернатив характеризует психофизиологические функции пациента. Тесты и протоколы являются собственной разработкой лаборатории № 49 (экспериментальной спортивной медицины) ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. Первый тест - Простая сенсомоторная реакция, где измеряется время реакции от момента появления зрительного стимула на экране монитора, до нажатия соответствующей клавиши (рисунок 6.4А). Второй тест - реакция выбора из трёх альтернатив, такая же как предыдущая, только вместо одного зрительного стимула – три, с соответствующими клавишами (рисунок 6.4Б). Третий тест - задача выбора из двух альтернатив представляет собой сложение простых цифр с получением чётной либо нечетной суммы чисел с дальнейшим нажатием соответствующих клавиш (рисунок 6.4В). При выполнении тестов оценивалось количество решений, ошибочных действий, средняя скорость и рассчитывались интегральные показатели. Каждый тест длился 3 минуты, суммарно с инструктажем на все три теста, в среднем, приходилось 12 минут.



А Б В

Рисунок 6.4 – Проведение оценки выполнения простой сенсомоторной реакции (А), реакции выбора из трёх альтернатив (Б) и задачи выбора из двух альтернатив (В)

8. Спирометрическое тестирование на аппарате "MicroLoop".

Спирометрическое тестирование проводилось на портативном настольном аппарате "MicroLoop". К аппарату подключался пульсоксиметр для измерения сатурации в течение 20 секунд. Спирометрия осуществлялась с помощью двух тестов, первый тест для определения жизненной ёмкости легких (ЖЕЛ), второй для оценки форсированных показателей дыхания (ФЖЕЛ, ОФВ1, ПСВ, ОФВ1/ФЖЕЛ, MEF75, MEF50, MEF25). Тесты выполнялись трёхратно для определения лучшей попытки, из которой брались результаты. Общее среднее время тестирования с инструктажем составляло 10 минут.

9. Компрессионная осциллометрия на аппарате КАП ЦГосм-«Глобус».

Компрессионная осциллометрия является методикой выбора для оценки показателей центральной и периферической гемодинамики у человека. В настоящем исследовании для проведения компрессионной осциллометрии использовалось оборудование КАП ЦГосм-"Глобус" (рисунок 6.5). Оценивались следующие показатели: пульс, систолическое, диастолическое и боковое давление, сердечный выброс, ударный объём, общее периферическое сопротивление сосудов и функциональное состояние сердечно-сосудистой системы. Время измерения давления составляло 30–60 секунд, вместе с вместе с подготовкой длительность диагностики – 5 минут.

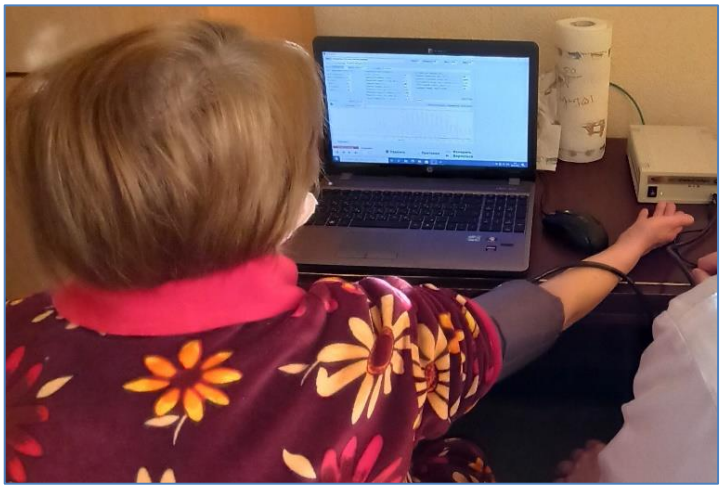


Рисунок 6.5 – Проведение компрессионной осциллометрии с помощью аппарата КАП ЦГосм-«Глобус»

10. Динамическая кистевая динамометрия.

Динамическая кистевая динамометрия позволяет определить степень контролирования пациентом своих мышечных усилий, а также степень усталости/утомляемости мышц кисти руки при статической нагрузке. Методика, использованная в исследовании, является собственной разработкой лаборатории № 49 (экспериментальной спортивной медицины) ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. Для анализа результатов кистевой динамической динамометрии использовались показатели: максимальная сила кисти руки (кг), амплитуда удержания 50%-го усилия в течение 30 секунд (насколько точно пациент мог управлять своим усилием, кг) и процент от максимального усилия при финальном максимальном усилии после статической нагрузки кисти руки (%). Примерное время выполнения теста составляло 3 минуты.

Статистическая обработка данных проводилась с применением программы Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США). Сравнение значений оцениваемых показателей состояния пациентов до и после курса реабилитационных мероприятий проводили с применением непараметрического Т-критерия Вилкоксона для зависимых выборок. Различия считались статистически значимыми при $p<0,05$.

6.2.2. Результаты клинического исследования по оценке эффективности и безопасности применения биоакустической стимуляции дыхательной системы у пациентов, перенесших COVID-пневмонию

На первом этапе клинического исследования был определен оптимальный для пациентов режим БСДС с привлечением 8 экспертов (испытателей) - пациентов с различными заболеваниями органов дыхания разной степени тяжести.

Эксперты тестировали 24 режима стимуляции, где уровень звукового давления был от 8 до 13 усл. ед., а диапазон резонансной частоты составлял 23-38 / 30-48 / 37-58 / 44-68 Гц. Оценивались режимы путем заполнения экспертного заключения (оценка влияния сеанса по шкале от 0 до 10 баллов, наличие позитивных/негативных ощущений) и инструментальными методами (регистрация сатурации кислорода при помощи пульсоксиметра медицинского «Armed YX300»

и определение форсированных показателей внешнего дыхания (ОФВ1, ФЖЕЛ) при помощи спиротеста УСПЦ-01) до и после сеанса.

При тестировании вышеуказанных режимов БСДС было установлено, что на режимах с уровнем звукового давления 10 усл. ед. и выше у экспертов появлялись жалобы на головокружение, рвотные позывы, повышенную саливацию, у эксперта № 7 появился бронхоспазм с сопутствующим вегетативным кризом. По результатам оценки влияния стимуляции на дыхание и восприятие процедуры экспертами был выявлен оптимальный режим – частота 23-38 Гц, звуковое давление 8 усл. ед., амплитуда 70% (рисунок 6.6).

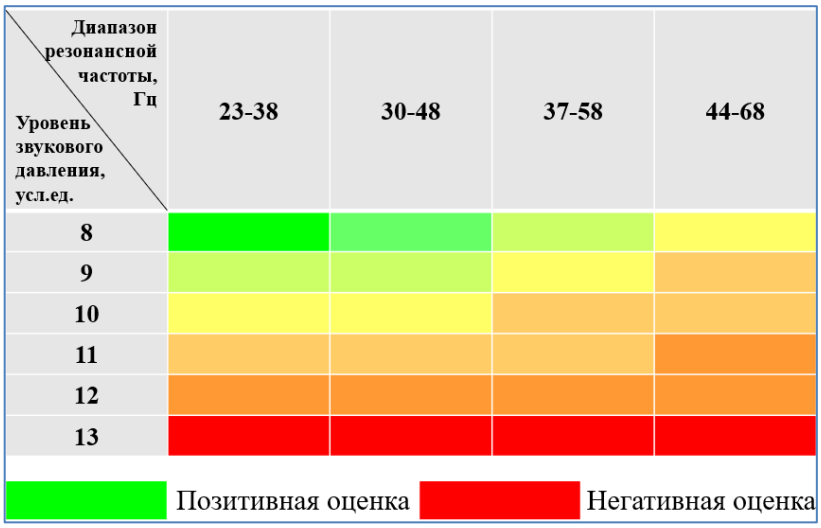


Рисунок 6.6 – Результаты экспертной оценки 24 режимов БСДС

Указанный режим БСДС в последующем был использован при проведении 3 этапа клинического исследования - проведение БСДС пациентам, перенесшим COVID-пневмонию, в процессе медицинской реабилитации в санатории.

Результаты оценки сатурации кислорода, форсированных показателей внешнего дыхания и субъективной оценки пациентами основной группы эффективности процедуры в ходе курса БСДС (3 этап клинического исследования) представлены в таблице 6.2.

В результате проведенного исследования было установлено, что 70-80 % пациентов, уже начиная с первого-второго сеанса БСДС, субъективно отмечали облегчение дыхания («стало легче дышать», «свободнее дышится») и углубление вдоха и выдоха («больше вдыхаю и выдыхаю», «раздышалась»).

Таблица 6.2 – Результаты оценки сатурации кислорода, форсированных показателей внешнего дыхания и субъективной оценки пациентами основной группы эффективности процедуры в ходе курса БСДС (n = 20

Показатель	Номер сеанса биоакустической стимуляции									
	1 сеанс		2 сеанс		3 сеанс		4 сеанс		5 сеанс	
	До	После	До	После	До	После	До	После	До	После
SpO_2, %	97,5 ±0,3	98,6 ±0,3*	97,0 ±0,4	98,7 ±0,3*	97,1 ±0,3	98,3 ±0,3*	97,4 ±0,3	98,6 ±0,2*	97,3 ±0,3	98,7 ±0,3*
ОФВ1, л	2,17 ±0,14	2,13 ±0,13*	2,07 ±0,11	2,20 ±0,12*	2,12 ±0,11	2,16 ±0,11	2,08 ±0,11	2,11 ±0,10	2,17 ±0,10	2,23 ±0,12*
ОФВ1, % от должного	71,52 ±3,07	70,10 ±3,09*	68,75 ±3,25	72,38 ±2,70*	70,05 ±3,05	71,58 ±2,75	68,92 ±2,87	69,99 ±2,60	71,15 ±2,78	72,94 ±3,12
ОФВ1, изменение в %	-1,41±0,47		3,63±1,24		1,53±1,43		1,07±1,07		1,79±0,85	
ФЖЕЛ, л	2,36 ±0,14	2,36 ±0,15	2,24 ±0,11	2,42 ±0,12*	2,31 ±0,12	2,40 ±0,11	2,26 ±0,12	2,32 ±0,10	2,38 ±0,11	2,44 ±0,13
ФЖЕЛ, % от должного	61,80 ±2,62	61,88 ±2,93	52,55 ±2,14	56,42 ±1,80*	53,96 ±2,04	56,48 ±1,91	52,83 ±1,98	54,37 ±1,69*	55,31 ±1,80	56,83 ±2,25
ФЖЕЛ, изменение в %	0,08±0,88		3,87±1,17		2,52±1,13		1,54±0,75		1,37±0,91	
Субъективная оценка процедуры, балл	5,7±0,2		6,1±0,3		6,1±0,3*		6,3±0,3*		6,9±0,3*	

Примечание: * - достоверно отличаются от тестирования "До" (p <0,05) по критерию Вилкоксона.

Начиная с третьего сеанса стимуляции, в среднем по группе пациентов отмечалось достоверное ($p<0,05$) по сравнению с первым сеансом повышение значений субъективной оценки пациентами эффективности процедуры. При этом после каждого сеанса стимуляции у пациентов в среднем по группе определялось достоверное ($p<0,05$) повышение SpO_2, увеличение форсированных показателей внешнего дыхания ОФВ1 и ФЖЕЛ на 1-6 % и 1-7 % от должных значений, соответственно. Достоверное ($p<0,05$) увеличение ОФВ1 и ФЖЕЛ в среднем по группе было определено после второго, четвертого и пятого сеансов БСДС. Следует отметить, что увеличение ОФВ1 и ФЖЕЛ на 3,4-12,2 % и 2,3-13,9 % от должных значений, соответственно, после второго сеанса БСДС наблюдалось у 65 % пациентов.

Обобщенные результаты спирометрического исследования, проведенного при помощи медицинского спирометра «MicroLoop» до и после курса медицинских реабилитационных мероприятий у пациентов основной и контрольной групп, представлены в таблицах 6.3 и 6.4.

Таблица 6.3 – Изменения показателей спирометрического исследования и сатурации кислорода до и после курса медицинских реабилитационных мероприятий у пациентов основной и контрольной групп

Показатель	Основная группа (n=20)		Контрольная группа (n=8)	
	До	После	До	После
ЖЕЛ, л	3,11±0,22	3,35±0,17*	3,18±0,40	3,42±0,44
ЖЕЛ, % от должного	91,5±4,3	98,9±3,5*	90,5±6,7	95,5±3,8
ОФВ1, л	2,27±0,17	2,48±0,16*	2,40±0,33	2,39±0,34
ОФВ1, % от должного	79,8±3,4	87,9±3,9*	82,4±6,4	81,1±4,8
ФЖЕЛ, л	2,59±0,18	2,77±0,19	2,58±0,36	2,61±0,37
ФЖЕЛ, % от должного	76,6±3,2	81,8±3,3	73,6±6,9	73,5±5,6
ПСВ, мл/мин.	329,9±27,8	389,9±26,1*	372,5±42,1	389,4±61,3
ПСВ, % от должного	77,6±4,6	92,1±3,9*	85,4±4,8	87,3±6,8
ОФВ1/ФЖЕЛ, %	88,3±2,6	89,9±1,6	93,8±2,7	92,3±2,8
ОФВ1/ФЖЕЛ, % от должного	112,5±3,2	114,8±2,0	119,6±3,4	117,9±3,4
MEF75, л/сек	4,83±0,36	5,59±0,35*	5,94±0,71	6,14±1,08
MEF75, % от должного	78,5±4,7	90,8±4,5*	92,9±6,5	93,9±10,2
MEF50, л/сек	3,42±0,28	3,77±0,30	4,31±0,53	4,13±0,55
MEF50, % от должного	83,8±6,4	92,0±6,5	101,5±4,5	97,9±8,2
MEF25, л/сек	1,70±0,23	1,66±0,15	1,94±0,32	2,03±0,27
MEF25, % от должного	106,6±13,9	108,0±10,4	121,8±16,1	131,9±19,5
Сатурация O_2, %	96,94±0,23	96,58±0,32	96,38±0,45	96,64±0,43

Примечание: * - достоверно отличаются от тестирования "До" ($p < 0,05$) по критерию Вилкоксона.

Таблица 6.4 – Направленность изменений показателей спирометрического исследования у пациентов основной и контрольной групп после курса медицинских реабилитационных мероприятий (%)

Показатель	Основная группа (n=20)			Контрольная группа (n=8)		
	Улучш.	Без изм.	Ухудш.	Улучш.	Без изм.	Ухудш.
ЖЕЛ, л	75	10	15	62,5	12,5	25
ЖЕЛ, % от должного	80	10	10	62,5	12,5	25
ОФВ1, л	70	5	25	50	0	50
ОФВ1, % от должного	70	10	20	50	0	50
ФЖЕЛ, л	70	0	30	50	0	50
ФЖЕЛ, % от должного	70	0	30	37,5	12,5	50
ПСВ, мл/мин	80	0	20	62,5	0	37,5
ПСВ, % от должного	80	0	20	62,5	0	37,5
ОФВ1/ФЖЕЛ, %	55	5	40	25	25	50
ОФВ1/ФЖЕЛ, % от должного	60	0	40	25	25	50
MEF75, л/сек	80	0	20	50	0	50
MEF75, % от должного	80	0	20	50	0	50
MEF50, л/сек	65	0	35	62,5	0	37,5
MEF50, % от должного	60	10	30	62,5	0	37,5
MEF25, л/сек	45	5	50	50	0	50
MEF25, % от должного	45	5	50	50	0	50
Сатурация O_2, %	40	30	30	50	0	50

Из представленных в таблицах 6.3 и 6.4 данных следовало, что у пациентов основной группы после проведенного курса БСДС в среднем по группе достоверно ($p<0,05$) увеличились показатели внешнего дыхания ЖЕЛ, ОФВ1, ПСВ и MEF75. Положительные изменения указанных показателей наблюдались у 70-80 % пациентов. Так, увеличение ЖЕЛ на 1-45 % от должных значений было отмечено у 80 %, ОФВ1 на 4-43 % - у 70 %, ПСВ на 1-44 % - 80 %, MEF75 на 5-48 % - у 80 % пациентов. Показатель ФЖЕЛ в среднем по группе достоверно не увеличился, хотя положительные изменения данного показателя на 1-39 % наблюдались у 80 % пациентов.

У пациентов контрольной группы при проведении спирометрического исследования достоверных изменений выше указанных показателей внешнего дыхания после курса реабилитационных мероприятий в среднем по группе не отмечалось. При этом положительные изменения показателей внешнего дыхания наблюдались у 37,5-62,5 % пациентов. Так, увеличение ЖЕЛ на 3-23 % от должных значений отмечено у 62,5 %, ОФВ1 на 3-9 % - у 50 %, ФЖЕЛ на 6-7 % - у 37,5 % пациентов, ПСВ на 1-42 % - у 62,5 %, MEF75 на 4-44 % - у 50 % пациентов.

Обобщенные результаты исследований, проведенных при помощи АПК «Диамед-МБС» до и после курса медицинских реабилитационных мероприятий у пациентов основной и контрольной групп, представлены в таблицах 6.5 и 6.6.

Исходя из представленных в таблицах 6.5 и 6.6 данных, у пациентов основной группы при оценке их психоэмоционального и соматического состояния на АПК «Диамед-МБС» в среднем по группе по сравнению с исходным уровнем (непосредственно перед первым сеансом БСДС) было отмечено достоверное уменьшение количества жалоб ($p<0,05$) и достоверное увеличение показателя «Психологический статус» ($p<0,05$). Уменьшение жалоб наблюдалось у 75 % пациентов, а улучшение психологического статуса - у 67 % пациентов. Кроме этого, отмечено улучшение физического и эмоционального состояний, наблюдавшееся у 50 % и 45 % пациентов, соответственно.

Таблица 6.5 – Результаты исследований, проведенных при помощи АПК «Диамед-МБС» до и после курса медицинских реабилитационных мероприятий у пациентов основной и контрольной групп

Показатель	Основная группа (n=20)		Контрольная группа (n=8)	
	До	После	До	После
Физическое состояние, балл	3,3±0,19	3,7±0,21	3,1±0,23	3,5±0,19
Эмоциональное состояние, балл	3,4±0,21	3,8±0,20	3,4±0,26	3,4±0,18
Жалобы, количество	19,4±2,27	12,9±1,95*	22,1±3,46	14,3±3,64*
ЧСС, уд/мин.	80,7±2,57	83,9±2,59	78,1±2,92	77,0±3,81
Стресс индекс, усл. ед.	859,11 ±152,18	1203,58 ±270,79	1979,3 ±961,8	1080,8 ±315,4
ПАРС, балл	5,0±0,39	5,7±0,41	6,3±0,6	4,9±0,48
Площадь без фильтра, усл. ед.	22290,1 ±760,9	23286,95 ±600,76	23987,5 ±649,7	23174,6 ±828,3
Симметрия без фильтра, усл. ед.	92,4±1,4	94,3±0,7	95,6±0,6	94,1±1,2
Площадь с фильтром, усл. ед.	28249,6 ±574,3	28714,1 ±700,2	29055,3 ±711,4	29245,9 ±498,4
Симметрия с фильтром, усл. ед.	97,1±0,4	96,9±0,6	97,8±0,3	97,1±0,7
Психологический статус, усл. ед.	-16,8±9,3	3,7±11,7*	0,1±19,2	13,1±16,9
Основные риски, шт.	0,9±0,1	1,0±0,0	1,0±0,0	1,0±0,0
Связанные риски, шт.	2,7±0,4	2,7±0,3	2,9±0,5	2,8±0,5
Количество выходов, шт.	5,8±2,5	9,0±2,8	10,4±5,0	4,8±1,6

Примечание: * - достоверно отличаются от тестирования "До" (p <0,05) по критерию Вилкоксона.

Таблица 6.6 – Направленность изменений показателей состояния, определенных при помощи АПК «Диамед-МБС» у пациентов основной и контрольной групп, после курса медицинских реабилитационных мероприятий (%)

Показатель	Основная группа (n=20)			Контрольная группа (n=8)		
	Улучш.	Без изм.	Ухудш.	Улучш.	Без изм.	Ухудш.
Физическое состояние, балл	50	40	10	37,5	50	12,5
Эмоциональное состояние, балл	45	45	10	12,5	62,5	25
Жалобы, количество	75	5	20	100	0	0
ЧСС, уд/мин.	70	0	30	37,5	0	62,5
Стресс индекс, усл. ед.	63	0	37	50	0	50
ПАРС, балл	15	30	55	87,5	0	12,5
Площадь без фильтра, усл. ед.	55	0	45	37,5	0	62,5
Симметрия без фильтра, усл. ед.	50	5	45	25	25	50
Площадь с фильтром, усл. ед.	75	0	25	50	0	50
Симметрия с фильтром, усл. ед.	35	40	25	50	0	50
Психологический статус, усл. ед.	67	0	33	37,5	12,5	50
Основные риски, шт.	0	94	6	0	100	0
Связанные риски, шт.	44	17	39	50	25	25
Количество выходов, шт.	28	11	61	37,5	25	37,5

У пациентов контрольной группы при оценке психосоматического состояния на АПК «Диамед-МБС» достоверно уменьшилось лишь количество жалоб (p<0,05). Выявленное уменьшение количества жалоб наблюдалось у 100 % пациентов.

Результаты оценки состояния сердечно-сосудистой системы организма методами компрессионной осциллометрии на аппарате КАП ЦГосм-«Глобус» и 12-канальной электрокардиографии с автоматической интерпретацией на аппарате «Кардиометр-МТ» у пациентов основной и контрольной групп до и после курса медицинских реабилитационных мероприятий представлены в таблицах 6.7 и 6.8.

Таблица 6.7 – Результаты оценки состояния сердечно-сосудистой системы организма у пациентов основной и контрольной групп до и после курса медицинских реабилитационных мероприятий

Показатель	Основная группа (n=20)		Контрольная группа (n=8)	
	До	После	До	После
Компрессионная осциллометрия на аппарате КАП ЦГосм-«Глобус»				
САД, мм. рт. ст.	122,1±3,0	121,1±3,2	125,9±5,6	122,0±6,0
ДАД, мм. рт. ст.	81,3±3,2	80,5±3,0	86,3±3,9	81,8±4,6
БАД, мм. рт. ст.	110,3±2,9	109,6±3,1	115,3±4,4	111,4±5,8
Пульс, уд/мин.	80,0±2,7	84,6±2,7	78,3±2,9	78,9±3,7
СВ, л/мин.	5,54±0,13	5,53±0,13	5,63±0,31	5,64±0,30
УО, мл	70,9±2,8	66,8±2,5*	72,9±5,6	72,5±4,7
ОПСС, дин*см$^{-5}$/с	1341,8±37,0	1317,0±31,7	1409,1±81,7	1307,0±60,5
ФС, усл. ед.	0,484±0,05	0,434±0,04	0,510±0,04	0,509±0,06
Электрокардиография с автоматической интерпретацией на аппарате «Кардиометр-МТ»				
Пограничные изменения, шт.	0,8±0,3	1,2±0,3	0,6±0,4	0,4±0,2
Патологические изменения, шт.	0,8±0,3	0,6±0,2	0,3±0,2	0,3±0,3

Примечание: * - достоверно отличаются от тестирования "До" (p <0,05) по критерию Вилкоксона.

Таблица 3.8 - Направленность изменений показателей состояния сердечно-сосудистой системы организма у пациентов основной и контрольной групп, после курса медицинских реабилитационных мероприятий (%)

Показатель	Основная группа (n=20)			Контрольная группа (n=8)		
	Улучш.	Без изм.	Ухудш.	Улучш.	Без изм.	Ухудш.
Компрессионная осциллометрия на аппарате КАП ЦГосм-«Глобус»						
САД, мм. рт. ст.	55	0	45	62,5	0	37,5
ДАД, мм. рт. ст.	55	5	40	75	0	25
БАД, мм. рт. ст.	50	0	50	62,5	0	37,5
Пульс, уд/мин	40	5	55	50	0	50
СВ, лит/мин	35	20	45	37,5	0	62,5
УО, мл	65	0	35	62,5	0	37,5
ОПСС, дин*см$^{-5}$/с	50	0	50	75	0	25
ФС, усл. ед.	40	5	55	62,5	0	37,5
Электрокардиография с автоматической интерпретацией на аппарате «Кардиометр-МТ»						
Пограничные изменения, шт.	28	39	33	25	50	25
Патологические изменения, шт.	17	72	11	12,5	75	12,5

Представленные в таблицах 6.7 и 6.8 данные свидетельствовали об отсутствии достоверных изменений большинства оцененных показателей состояния сердечно-сосудистой системы организма у пациентов основной и контрольных групп после курса медицинских реабилитационных мероприятий. Отмечено было лишь достоверное уменьшение в среднем по группе ударного объема сердца ($p<0,05$) у пациентов основной группы. Указанные изменения ударного объема сердца наблюдались у 65 % пациентов этой группы.

Результаты оценки реакции выбора из 1/2/3 альтернатив (выполнения когнитивных тестов на скорость) и показателей динамической кистевой динамометрии у пациентов основной и контрольной групп до и после курса медицинских реабилитационных мероприятий представлены в таблицах 6.9 и 6.10.

Таблица 6.9 – Результаты оценки реакции выбора из 1/2/3 альтернатив (выполнения когнитивных тестов на скорость) и показателей динамической кистевой динамометрии у пациентов основной и контрольной групп до и после курса медицинских реабилитационных мероприятий

Показатель	Основная группа (n=20)		Контрольная группа (n=8)	
	До	После	До	После
Простая сенсомоторная реакция				
Количество решений, шт.	32,5±0,3	33,2±0,3	33,6±0,5	32,8±0,4
Ошибочные действия, шт.	0,3±0,1	0,3±0,1	0,1±0,1	0,0±0,0
Средняя скорость, мс	407,5±19,2	383,3±12,2	413,3±20,4	378,9±17,4
СиППИ, усл. ед.	0,881±0,01	0,899±0,01	0,909±0,01	0,895±0,01
Коэффициент надежности, усл. ед.	0,831±0,01	0,852±0,01	0,851±0,02	0,851±0,01
Реакция выбора из трёх альтернатив				
Количество решений, шт.	71,3±3,0	73,7±2,8	67,0±3,5	71,6±3,7
Ошибочные действия, шт.	1,2±0,4	1,9±0,6	2,0±1,7	2,1±1,5
Ср. скорость, мс	713,4±41,5	685,8±34,1	750,9±46,7	696,3±48,7
СиППИ, усл. ед.	0,715±0,02	0,704±0,03	0,671±0,06	0,697±0,05
Коэффициент надежности, усл. ед.	0,665±0,02	0,663±0,02	0,625±0,05	0,660±0,04
Задача выбора из двух альтернатив				
Количество решений, шт.	38,3±3,3	41,5±2,9*	36,6±1,7	43,0±2,2*
Ошибочные действия, шт.	2,4±0,5	2,9±0,9	3,6±1,1	3,0±1,1
Средняя скорость, мс	1791,4±147,8	1581,6±112,7*	1660,1±76,2	1422,5±71,4*
СиППИ, усл. ед.	0,512±0,04	0,530±0,04	0,469±0,03	0,524±0,04
Коэффициент надежности, усл. ед.	0,472±0,03	0,499±0,03*	0,442±0,03	0,504±0,03*
Динамическая кистевая динамометрия				
Максимальное усилие, мг	15268,2 ±1609,3	16469,3 ±1562,5	14851,5 ±3030,6	15663,0 ±2796,6
Амплитуда, мг	3023,9±350,3	2520,3±232,4	2665,4±626,5	2266,6±529,4
% от макс. усилия после удержания	86,15±3,19	88,73±3,15	87,39±3,63	85,19±4,39

Примечание: * - достоверно отличаются от тестирования "До" ($p<0,05$) по критерию Вилкоксона.

Таблица 6.10 – Направленность изменений показателей оценки реакции выбора из 1/2/3 альтернатив (выполнения когнитивных тестов на скорость) и динамической кистевой динамометрии у пациентов основной и контрольной групп после курса медицинских реабилитационных мероприятий (%)

Показатель	Основная группа (n=20)			Контрольная группа (n=8)		
	Улучш.	Без изм.	Ухудш.	Улучш.	Без изм.	Ухудш.
Простая сенсомоторная реакция						
Количество решений, шт.	45	40	15	12,5	37,5	50
Ошибочные действия, шт.	0	100	0	12,5	87,5	0
Средняя скорость, мс	50	0	50	75	0	25
СиППИ, усл. ед.	65	5	30	12,5	25	62,5
Коэффициент надежности, усл. ед.	50	5	45	37,5	0	62,5
Реакция выбора из трёх альтернатив						
Количество решений, шт.	55	5	40	62,5	12,5	25
Ошибочные действия, шт.	15	50	35	12,5	62,5	25
Средняя скорость, мс	50	0	50	62,5	0	37,5
СиППИ, усл. ед.	50	0	50	50	25	25
Коэффициент надежности, усл. ед.	55	5	40	62,5	12,5	25
Задача выбора из двух альтернатив						
Количество решений, шт.	70	10	20	87,5	12,5	0
Ошибочные действия, шт.	30	45	25	50	25	25
Средняя скорость, мс	70	0	30	100	0	0
СиППИ, усл. ед.	65	0	35	75	0	25
Коэффициент надежности, усл. ед.	60	5	35	87,5	0	12,5
Динамическая кистевая динамометрия						
Максимальное усилие, мг	65	0	35	75	0	25
Амплитуда, мг	65	0	35	50	0	50
% от максимального усилия после удержания	50	0	50	37,5	0	62,5

Из представленных в таблицах 6.9 и 6.10 данных следовало, что в основной и контрольной группах в целом улучшились показатели точности и скорости сложения простых цифр при выполнении задачи выбора из двух альтернатив (когнитивного теста на скорость). Так, в обеих группах после проведенных реабилитационных мероприятий, включая БСДС, по сравнению с исходным уровнем (до курса реабилитационных мероприятий) достоверно увеличилось количество решений за минуту ($p<0,05$), соответственно решениям (четная или нечетная сумма предъявленных цифр) достоверно уменьшилась средняя скорость их принятия ($p<0,05$), а также достоверно увеличился расчетный показатель «Коэффициент надежности» ($p<0,05$). Достоверных изменений скоростных и

точностных показателей при выполнении простой сенсомоторной реакции и реакции выбора из трех альтернатив, а также показателей динамической кистевой динамометрии у пациентов обеих групп после проведенных реабилитационных мероприятий, включая БСДС, отмечено не было.

Результаты оценки самочувствия, активности, настроения (по тесту «САН») и выраженности ПТСР (по опроснику посттравматического роста (ОПТР) и Миссисипской шкале) до и после курса медицинских реабилитационных мероприятий у пациентов основной и контрольной групп представлены в таблицах 6.11 и 6.12.

Таблица 6.11 – Результаты оценки самочувствия, активности, настроения и выраженности ПТСР до и после курса медицинских реабилитационных мероприятий у пациентов основной и контрольной групп

Показатель	Основная группа (n=20)		Контрольная группа (n=8)	
	До	После	До	После
Оценка самочувствия, активности и настроения (тест «САН»)				
Самочувствие, балл	4,3±0,3	5,5±0,26*	4,3±0,57	5,0±0,35
Активность, балл	4,1±0,29	4,6±0,30	4,0±0,45	4,3±0,42
Настроение, балл	5,0±0,34	5,7±0,26*	4,9±0,47	5,4±0,33
Оценка выраженности ПТСР (Опросник посттравматического роста)				
Отношение к другим, балл	16,6±1,8	15,6±2,3	21,5±2,6	16,4±3,6
Новые возможности, балл	8,7±1,3	10,5±1,7	10,4±2,2	9,1±2,5
Сила личности, балл	9,0±1,3	9,4±1,3	8,8±2,2	10,5±2,3
Духовные изменения, балл	4,3±0,7	3,4±0,7	3,9±1,5	4,3±1,3
Повышение ценности жизни, балл	9,2±0,8	7,8±0,8	9,4±1,8	9,1±1,7
Посттравматический рост, балл	47,7±4,9	47,2±6,4	53,9±9,0	49,3±10,2
Оценка выраженности ПТСР (Миссисипская шкала, гражданский вариант)				
Выраженность ПТСР, балл	80,8±3,6	76,6±3,8*	75,0±3,6	76,1±4,7

Примечание: * - достоверно отличаются от тестирования "До" ($p < 0,05$) по критерию Вилкоксона.

Представленные в таблицах 6.11 и 6.12 данные свидетельствовали о достоверном улучшении показателей самочувствия, активности и настроения ($p<0,05$) у пациентов основной группы после курса БСДС и в целом проведенной медицинской реабилитации. Достоверных изменений указанных показателей у пациентов контрольной группы после курса реабилитационных мероприятий не было отмечено.

Таблица 6.12 – Направленность изменений показателей оценки самочувствия, активности, настроения и выраженности ПТСР у пациентов основной и контрольной групп после курса медицинских реабилитационных мероприятий (%)

Показатель	Основная группа (n=20)			Контрольная группа (n=8)		
	Улучш.	Без изм.	Ухудш.	Улучш.	Без изм.	Ухудш.
Простая сенсомоторная реакция (ПСМР)						
Самочувствие, балл	88,8	5,6	5,6	75	0	25
Активность, балл	66,7	11,1	22,2	62,5	12,5	25
Настроение, балл	77,8	0	22,2	62,5	0	37,5
Оценка выраженности ПТСР (Опросник посттравматического роста)						
Отношение к другим, балл	40	10	50	75	0	25
Новые возможности, балл	35	10	55	50	25	25
Сила личности, балл	40	20	40	12,5	25	62,5
Духовные изменения, балл	40	35	25	12,5	75	12,5
Повышение ценности жизни, балл	45	35	20	37,5	25	37,5
Посттравматический рост, балл	40	5	55	62,5	0	37,5
Оценка выраженности ПТСР (Миссисипская шкала, гражданский вариант)						
Выраженность ПТСР, балл	70	0	30	37,5	12,5	50

При оценке выраженности ПТСР по ОПТР достоверных изменений выраженности ПТСР у пациентов обеих групп после проведенной медицинской реабилитации, включая курс БСДС у пациентов основной группы, не было выявлено.

При оценке выраженности ПТСР по Миссисипской шкале (гражданский вариант) у пациентов основной группы в среднем по группе было отмечено достоверное уменьшение выраженности ПТСР с 80,8±3,6 до 76,6±3,8 баллов ($p<0,05$) после курса БСДС и в целом проведенной медицинской реабилитации. При этом уменьшение и увеличение выраженности ПТСР отмечалось у 70 % и 30 % пациентов этой группы, соответственно. У пациентов же контрольной группы уменьшение выраженности ПТСР наблюдалось у 37,5 % пациентов этой группы, а увеличение данного показателя было отмечено в 50 % случаев. Следует отметить, что полученные значения выраженности ПТСР у пациентов обеих групп примерно соответствовали показателям пожарных (73,79±13,05 баллов) и беженцев без ПТСР (79,70±18,19 баллов) [84].

Исходя из вышеприведенных результатов проведенного клинического исследования, представилось возможным заключить, что применение БСДС в

комплексе реабилитационных мероприятий, судя по полученным субъективным и объективным данным, характеризующим изменения функциональных показателей системы дыхания и сердечно-сосудистой системы, показателей психоэмоционального и соматического состояний, выраженность посттравматических стрессовых расстройств и когнитивных возможностей, значимо повысило эффективность медицинской реабилитации в санаторно-курортном учреждении пациентов, перенесших COVID-пневмонию.

Так, в ходе проведения и по завершении комплекса реабилитационных мероприятий, включающих курс БСДС (5 сеансов по 5 процедур через день), у пациентов, перенесших COVID-пневмонию, субъективно отмечалось облегчение дыхания и углубление вдоха и выдоха, улучшение общего самочувствия, а по объективным данным - достоверное ($p<0,05$) повышение сатурации кислорода, увеличение показателей внешнего дыхания (жизненной емкости легких, объема первого секундного форсированного выдоха, пиковой скорости выдоха и мгновенной объемной скорости после выдоха 75 % форсированной жизненной емкости легких), улучшение сердечной деятельности, психологического статуса, физического и эмоционального состояний, а также достоверное ($p<0,05$) снижение выраженности посттравматических стрессовых расстройств и повышение когнитивных возможностей, что соответствует цели легочной реабилитации пациентов после COVID-пневмонии - восстановление функций внешнего дыхания, транспорта и утилизации кислорода тканями, органами и системами, восстановление толерантности к нагрузкам, психоэмоциональной стабильности [72, 88, 136, 147, 209, 250].

На основании вышеизложенного в главе 6 в целом представляется возможным заключить, что применение БСДС позволяет успешно решать значительную часть частных задач реабилитации органов дыхания (улучшение бронхиальной проводимости и равномерности вентиляции легких, устранение диссоциации между альвеолярной вентиляцией и легочным кровотоком и др.) у пациентов после COVID-пневмонии, обеспечивая реализацию адекватного газообмена при минимальном напряжении компенсаторных механизмов [88].

Аналогичные задачи решаются и при лечении и медицинской (пульмонологической, легочной) реабилитации пациентов с другими острыми и хроническими заболеваниями легких, так как нарушение дыхательной функции при заболеваниях органов дыхания, в том числе при хронической обструктивной легочной болезни, чаще всего связано с изменением механизма дыхательного акта (нарушение правильного соотношения фазы вдоха, фазы выдоха и паузы, появление поверхностного и учащенного дыхания, дискоординация дыхательных движений), что приводит к нарушению легочной вентиляции, нарушению газообмена в легких и, как следствие, к снижению толерантности организма к физическим нагрузкам [158].

Таким образом, разработанная новая физиотерапевтическая технология БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты может быть рекомендована в качестве эффективного физического метода для включения в комплексную медицинскую реабилитацию на санаторно-курортном этапе пациентов, перенесших COVID-пневмонию, а также, исходя из схожести нарушений дыхательной функции, при лечении и медицинской (пульмонологической, легочной) реабилитации пациентов с другими заболеваниями органов дыхания, в частности, при хронической обструктивной легочной болезни [32, 80, 280].

Полученные же в настоящем клиническом исследовании данные в совокупности с результатами других исследований по данной проблеме могут послужить основой для разработки валидных клинических рекомендаций по применению БСДС в комплексе лечебных и реабилитационных мероприятий при острых и хронических заболеваниях легких.

В настоящее же время на основании указанных данных разработаны Методические рекомендации по применению акустической стимуляции легких в комплексе мероприятий медицинской реабилитации пациентов при диагнозе «Другая хроническая обструктивная легочная болезнь», предназначенные для использования в медицинских учреждениях ФМБА России [145] (раздел 7.2).

Глава 7. РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ БИОАКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В КОМПЛЕКСЕ МЕТОДОВ НАПРАВЛЕННОЙ КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СПОРТА И МЕДИЦИНСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ С БРОНХОЛЕГОЧНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ

7.1. Разработка рекомендаций по практическому применению биоакустической стимуляции дыхательной системы в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния спортсменов

Результаты клинико-экспериментальных исследований по оценке влияния одного, двух, трех, четырех и шести сеансов БСДС, проведенной по обоснованной и разработанной методике (глава 3) на функциональное состояние дыхательной системы и физическую (аэробную и анаэробную) работоспособность (глава 4), а также результаты практического применения БСДС у спортсменов различных (сложнокоординационных, циклических, игровых) видов спорта в тренировочных условиях (глава 5) показали, что БСДС может быть эффективно использована в качестве немедикаментозной технологии направленной коррекции функционального состояния указанных спортсменов в системе их медико-биологического обеспечения.

Так, проведение курса БСДС, даже состоящего из одного сеанса (три процедуры) стимуляции, достоверно ($p<0,05$) увеличивает ЖЕЛ у не менее чем 70 % спортсменов на 5-15 % на достаточно длительный срок (по полученным данным – до 7 дней). После проведения 6 сеансов БСДС значения ЖЕЛ спортсменов, зарегистрированные через одну, две и три недели после завершения курса (6 сеансов), были в среднем по группе обследованных спортсменов достоверно ($p<0,05$) больше, чем перед первым сеансом БСДС.

При этом у 90-100 % спортсменов после сеансов и в целом курса БСДС отмечалось улучшение субъективного состояния, характеризовавшееся появлением у спортсменов ощущения облегчения дыхания, которое сохранялось

достаточно длительный период (по полученным данным – несколько дней).

Исходя из совокупности всех полученных данных было показано, что для достижения эффекта повышения функциональных резервов дыхательной системы у спортсменов различных видов спорта, характеризующегося увеличением ЖЕЛ спортсменов, минимально достаточным является проведение однодневного (три 3-х минутных процедуры с минутным интервалом) или короткого (до 3-х сеансов по три 3-х минутных процедуры с минутным интервалом) курса БСДС. При этом уровень прироста значений ЖЕЛ после БСДС зависит от антропометрических данных и пола спортсмена.

При нагрузочном тестировании спортсменов на беговой дорожке «до отказа» было показано, что после одного, двух, трех, четырех и шести сеансов БСДС у спортсменов наблюдается повышение аэробной работоспособности, характеризующееся положительным и достоверным ($p<0,05$) изменением основных функциональных показателей - времени переносимости нагрузки (на 2-9 %), времени наступления анаэробного вентиляционного порога (на 5-15 %), скорости выведения углекислого газа на момент ПАНО (на 3-15 %), дыхательного эквивалента для углекислого газа (на 3-8 %), максимального кислородного долга (на 20-36 %).

При нагрузочном тестировании спортсменов на велоэргометре (выполнении Вингейт-теста) было показано, что после одного, двух, трех, четырех и шести сеансов БСДС у спортсменов наблюдается повышение анаэробной работоспособности, характеризующееся положительным и достоверным ($p<0,05$) изменением основных функциональных показателей - пиковой мощности (на 9-37 %), средней мощности (на 2-33 %), общей работы (на 2-3 %) и максимальной скорости вращения (на 3-8 %), времени, необходимого для достижения пиковой мощности (на 31-71 %), максимального кислородного долга (на 35-43 %).

При этом было отмечено, что анаэробная работоспособность спортсменов повышается уже после одного сеанса БСДС, а для получения более выраженного повышения анаэробной работоспособности спортсменов односеансную стимуляцию желательно проводить за сутки до предполагаемой (планируемой)

анаэробной нагрузки. Курс БСДС, состоящий из четырех сеансов, обуславливает достаточно долговременное (по полученным данным – до 7 суток после проведенного курса БСДС) повышение анаэробной работоспособности спортсменов. После трех и шести сеансов БСДС, были установлены достоверно значимые ($p<0,05$) изменения указанных выше основных функциональных показателей как при длительном нагрузочном тестировании на беговой дорожке «до отказа», так и при кратковременной максимальной нагрузке при выполнении Вингейт-теста, характеризующие повышение аэробной и анаэробной работоспособности спортсменов.

При практическом применении БСДС при помощи АПК БСДС в соответствии с разработанной методикой (раздел 2.5) в комплексе мероприятий медико-биологического обеспечения спортивной деятельности, было показано, что БСДС эффективно повышает функциональные резервы дыхательной системы спортсменов различных видов спорта - циклических, сложнокоординационных и игровых, у 70-100 % из них увеличивая жизненную емкость легких в среднем на 4,1-6,7 % и по субъективным оценкам облегчая дыхание. При этом по субъективным данным, полученным от тренеров указанных спортсменов, у 80-100 % спортсменов после проведенного курса БСДС в ряде случаев значимо повышается физическая выносливость в период тренировок, что существенного сказывается на спортивной результативности в соревновательный период.

Кроме этого, исходя из полученных данных об изменениях у спортсменов значений ЖЕЛ и показателей работоспособности после отдельных сеансов и в целом курса БСДС, было показано, что для достижения эффекта повышения функциональных резервов дыхательной системы и физической работоспособности у спортсменов различных видов спорта минимально достаточным является проведение однодневного (три 3-х минутных процедуры с минутным интервалом) или короткого (до 3-х сеансов по три 3-х минутных процедуры с минутным интервалом) курса БСДС. При этом уровень прироста значений ЖЕЛ после БСДС зависел от антропометрических данных и пола спортсмена.

На основании представленных данных в совокупности с данными, полученными при разработке и обосновании методики применения БСДС (глава 3) и ее аппаратурной реализации (глава 2), а также результатов ее применения при медицинской реабилитации пациентов с бронхолегочной патологией (глава 6), представилось возможным сформулировать следующие основные положения методических рекомендаций по практическому применению БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта:

1. БСДС (акустическая стимуляция легких) может быть рекомендована в качестве немедикаментозной технологии направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта для повышения функциональных резервов дыхательной системы и физической работоспособности спортсменов в тренировочный и соревновательный периоды спортивной деятельности и после перенесенных острых заболеваний органов дыхания.

2. Основным показанием к применению БСДС (акустической стимуляции легких) является снижение функциональных резервов дыхательной системы организма спортсмена в процессе профессиональной (спортивной) деятельности или после перенесенных им острых заболеваний органов дыхания, а также повышение физической работоспособности спортсмена в тренировочный и соревновательный периоды спортивной деятельности при использовании в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния спортсменов.

3. Основными противопоказаниями к применению БСДС (акустической стимуляции легких) являются отсутствие носового дыхания (любой этиологии); острые воспалительные заболевания и обострение хронических заболеваний (ринит, тонзиллит, гайморит и т.д.) органов дыхания; повышенная нервная возбудимость, раздражительность спортсмена; индивидуальная непереносимость процедуры или повышенная к ней чувствительность; отказ спортсмена от проведения процедуры.

4. Техническим средством, позволяющим адекватно требованиям нормативной и эксплуатационной документации, безопасно и достаточно эффективно проводить БСДС (акустическую стимуляцию легких) является разработанный и прошедший технические и клинические испытания с целью государственной регистрации как медицинское изделие АПК БСДС – аппарат акустической стимуляции легких, включающий блок волновода-интерферометра, установленный в сабвуфер с конусообразным концентратором звука; систему управления интерферометром - переносной компьютер (ноутбук, планшет) с лицензионным программным обеспечением и/или блок управления (программируемый контроллер); программное обеспечение комплекса, осуществляющее формирование и регистрацию акустических сигналов, формирование базы данных и графического изображения (рисунок 2.3).

5. БСДС (акустическая стимуляция легких) должна проводиться в соответствии с технической процедурой, включающей подготовительный (включение и подготовка АПК БСДС к работе; установление амплитудных, частотных и временных параметров режима, реализуемого при проведения БСДС) и исполнительный (размещение спортсмена перед АПК; инструктаж спортсмена; проведение БСДС в соответствии с определенным режимом; контроль специалистом, проводящим БСДС, состояния спортсмена и правильности чередования им фаз дыхания; выполнение завершающих БСДС технических процедур) этапы.

6. Курс БСДС, рекомендуемый к назначению спортсменам различных видов спорта для повышения функциональных резервов дыхательной системы, в зависимости от состояния спортсмена и решаемых при этом коррекционных или реабилитационных задач включает 1-6 сеансов, которые при повторе проводятся через 1-2 дня. Каждый сеанс включает по 3 процедуры стимуляции длительностью 3 минуты с интервалом между ними 1 минута. Стимуляция осуществляется при длительности фазы вдоха/выдоха, индивидуально определенной для пациента (спортсмена) и составляющей 2-3 с, в диапазоне индивидуально подобранных частот 23-38 Гц при амплитуде полигармонического звукового сигнала,

составлявшей 130 дБ (63,2 Па). Повторные курсы стимуляции, при необходимости, проводятся с интервалом 4-6 недель.

7. Для достоверного повышения функциональных резервов системы дыхания и аэробной работоспособности и выносливости спортсмена различных видов спорта минимально достаточным является проведение 3-4 сеансов БСДС с интервалом в 1-2 дня, а для повышения анаэробной работоспособности и выносливости – одного сеанса БСДС.

При проведении одного сеанса БСДС с целью экстренного повышения функциональных резервов системы дыхания и анаэробной работоспособности спортсмена стимуляцию рекомендуется проводить за сутки до предполагаемой (планируемой) анаэробной нагрузки.

Проведение 4-6 сеансов БСДС обеспечивает повышение функциональных резервов системы дыхания, аэробной и анаэробной работоспособности спортсмена на срок не менее 3-4 недель после завершения курса БСДС.

8. До (перед) и после сеанса БСДС (акустической стимуляции легких) специалистом, проводящим стимуляцию, проводится обследование спортсмена для определения его состояния до и после воздействия, включающее опрос для выявления отклонений в состоянии здоровья, измерение ЧСС, АД, ФЖЕЛ, ОФВ1, SpO_2, определение наличия носового дыхания. Кроме этого, после сеанса акустической стимуляции легких, по просьбе специалиста, проводящего стимуляцию, спортсменом проводится субъективная оценка эффективности процедуры по шкале от 0 до 10 баллов, где 5 баллов - нейтрально. Полученные данные заносятся в протокол проведения сеанса БСДС (акустической стимуляции легких), содержащийся в разработанной методике БСДС организма человека высокоинтенсивными звуками низкой частоты (раздел 3.5, рисунок 3.20).

9. На основании результатов обследования спортсмена до и после сеанса БСДС (акустической стимуляции легких) специалистом, проводящим стимуляцию, проводится экспресс-оценка эффективности и безопасности назначения спортсмену данной технологии, исходя из результатов которой, принимается

решение о продолжении (завершении) курса применения стимуляции, назначенного спортсмену.

10. Для объективизации влияния проведенного курса БСДС (акустической стимуляции легких) на физическую работоспособность и, как следствие, спортивную результативность спортсмена желательным является получение объективной информации о результатах выполнения спортсменом тренировочных и соревновательных физических нагрузок до и после сеансов и в целом курса БСДС от самого спортсмена, а также от тренера и врача спортивной команды. Полученная информация может явиться основанием для уточнения (изменения, продления, отмены) проводимого спортсмену курса БСДС (акустической стимуляции легких), а также для уточнения отдельных положений методических рекомендаций по практическому применению БСДС у спортсменов различных видов спорта.

Указанные методические положения были частично использованы при разработке Методических рекомендаций по применению биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты для повышения функциональных резервов органов дыхания и профилактики бронхоспазма. МР ФМБА России 69-2017 (рисунок 3.21).

Для определения роли и подтверждения заключения об эффективности применения БСДС в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта были проведены исследования по сравнительной оценке эффективности различных методов повышения функциональных возможностей организма спортсмена, активно используемых или настоятельно рекомендуемых к использованию при реализации комплекса мероприятий медико-биологического обеспечения спортсменов при проведении тренировочной, реабилитационно-восстановительной и рекреационной программы у спортсменов в условиях лечебных учреждений и спортивных центров – фармакологической поддержки спортсменов (прием продукта специализированного спортивного питания) и одной из методик (техник) мануальной терапии (постизометрической миорелаксации

купола диафрагмы), применяемой у спортсмена при нарушениях тонуса диафрагмы и миофасциальных болях в местах ее крепления.

В качестве средства фармакологической поддержки спортсменов был использован специализированный белковый продукт спортивного питания «МиоАктив Спорт», представляющий собой концентрированный комплекс основных жизненно необходимых пищевых и биологически активных веществ, (легкоусвояемых полноценных белков и полипептидов животного происхождения, среднецепочечных триглицеридов, лецитина, минералоорганических форм макро- и микроэлементов: гемового железа из гемоглобина, органического йода в виде йодированных молочных сывороточных белков, кальция из яичной скорлупы) [154]. Компоненты «МиоАктив Спорт» подобраны таким образом, что при его употреблении в организме человека, подверженного повышенным нагрузкам, проявляются как быстрые, так и пролонгированные положительные физиолого-биохимические эффекты, что сказывается на улучшении работоспособности и восстановления после физических нагрузок [109, 154].

«МиоАктив Спорт» разработан специалистами ФМБА России как продукт специального питания спортсменов национальных сборных команд, олимпийского резерва и спортивных федераций для энергетического обеспечения деятельности спортсменов и ликвидация белковых, макро-, микроэлементных, ферментных, витаминных и энергетических дефицитов, возникающих у спортсменов в процессе соревнований и тренировок и получил заключение «Антидопингового центра» Минспорта России № S020S от 11.03.2012 г. и государственную регистрацию № RU.77.9919.007. Е.008152. 05.12 от 21.05.2012 г. [154].

В исследовании приняли участие 50 спортсменов-мужчин циклических видов спорта, случайным образом разделенные на три группы: группа сравнения (Группа СР) - 10 спортсменов; группа биоакустической стимуляции (Группа БАС) - 20 спортсменов, группа фармакологической поддержки (Группа ФП) - 20 человек.

«МиоАктив Спорт» спортсменами Группы ФП принимался в виде напитка в дозе, рекомендованной инструкцией по его применению, ежедневно 21 день (оптимальная продолжительность приема). На 7 сутки в соответствии с

рекомендациями разработчиков ожидались повышение выносливости и работоспособности спортсмена; улучшение способности спортсмена переносить высокие физические нагрузки; уменьшение времени восстановления спортсмена после высоких физических нагрузок [154].

Курс БСДС, проведенный спортсменам Группы БАС при помощи АПК БСДС в соответствии с разработанной методикой, включал 6 сеансов, состоящих из 3 процедур стимуляции длительностью 3 минуты каждая с минутным интервалом между ними. Сеансы проводились с интервалом в 2 суток.

Спортсменам Группы СР имитировались сеансы БСДС и в качестве «плацебо» выдавался напиток по цвету и вкусу подобный комплексу «МиоАктив Спорт».

Оценка физической работоспособности спортсменов всех групп осуществлялась по показателям выполнения на беговой дорожке теста «до отказа» со ступенчатым увеличением скорости бега без изменения угла наклона дорожки (таблица 3.2) на 8-й (после трех сеансов БСДС и в ожидаемый срок проявления эффектов белкового комплекса), 15-й (после шести сеансов БСДС и завершения 2/3 срока приема белкового комплекса), 19-й, 20-й и 21-й (завершение приема белкового комплекса) дни исследования.

Результаты оценки изменений (прироста) значений основных показателей, характеризующих физическую работоспособность спортсменов Группы СР, Группы БАС и Группы ФП, в процессе проведенного исследования, полученные при нагрузочном тестировании на беговой дорожке «до отказа» на 8-й, 15-й, 19-й, 20-й и 21-й дни исследования, представлены на рисунке 7.1.

Представленные на рисунке 7.1 данные убедительно показали, что БСДС и «МиоАктив Спорт», судя по достоверным ($p<0,05$) изменениям значений максимального потребления кислорода, потребления кислорода на уровне порога анаэробного обмена, времени выполнения теста и времени достижения ПАНО, определенным на 8-й, 15-й, 19-й, 20-й и 21-й дни исследования, оказали положительное влияние на физическую работоспособность спортсменов Группы БАС и Группы ФП.

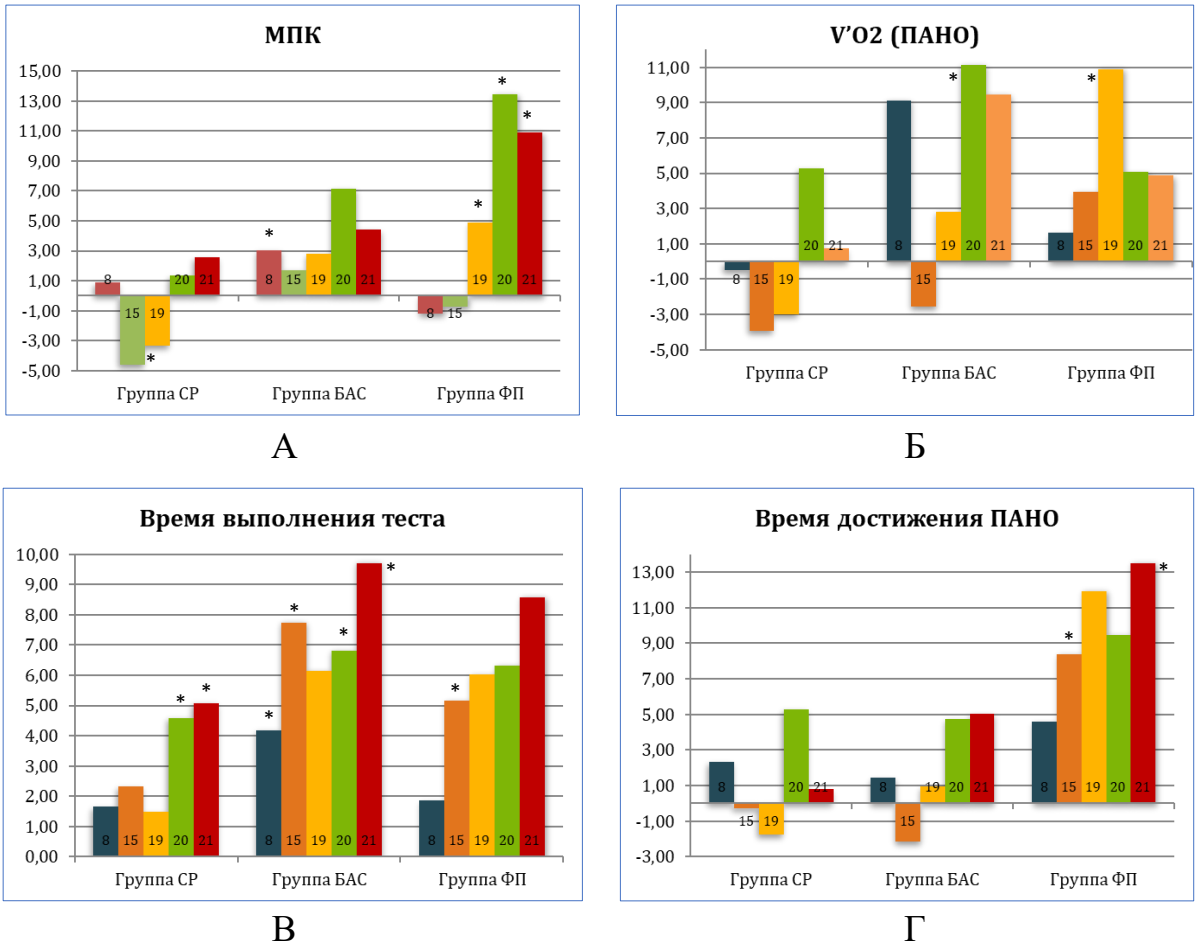


Рисунок 7.1 - Прирост к фону значений основных показателей физической работоспособности (%) при выполнении теста на беговой дорожке «до отказа» – максимального потребления кислорода (МПК) (А), потребления кислорода на уровне порога анаэробного обмена (V'O2 (ПАНО)) (Б), времени выполнения теста (В) и времени достижения ПАНО (Г) у спортсменов группы сравнения (Группа СР, n = 10), группы биоакустической стимуляции (Группа БАС, n = 20) и группы фармакологической поддержки (Группа ФП, n = 20) в 8-й, 15-й, 19-й, 20-й и 21-й дни исследования (* - значения достоверны по сравнению с исходным значением фона, $p<0,05$)

При этом было отмечено, что на 8-й день исследования (после трех сеансов БСДС и в ожидаемый срок проявления эффектов белкового комплекса) повышение работоспособности у спортсменов Группы БАС было более выраженным и достоверным ($p<0,05$) по изменениям значений максимального потребления кислорода, потребления кислорода на уровне порога анаэробного обмена и времени выполнения теста, чем у спортсменов Группы ФП. В последующие сроки исследования влияние БСДС и фармакологической поддержки, судя по изменениям отдельных оцененных показателей (времени выполнения теста и

потребления кислорода на уровне ПАНО), было примерно одинаковым или более выраженным в Группе ФП, судя изменениям значений максимального потребления кислорода и времени достижения ПАНО. При этом, на 15-й день исследования (после шести сеансов БСДС) у спортсменов Группы БАС, судя по достоверным ($p<0,05$) изменениям значений времени выполнения теста наблюдалось более выраженное повышение физической работоспособности, чем у спортсменов Группы ФП.

У спортсменов группы СР также отмечалось повышение работоспособности на 20-й и 21-й день исследования, судя по достоверному ($p<0,05$) увеличению значений времени выполнения теста, значимо меньшее, чем у спортсменов Групп БАС и ФП, которое вероятнее всего было обусловлено тренирующим влиянием на работоспособность тестовых нагрузок, выполняемых в процессе исследования, а также некоторым «плацебо»-эффектом имитации БСДС и приема «плацебо».

Таким образом, было показано, что проведение шести сеансов БСДС, судя по изменениям основных показателей работоспособности при выполнении на беговой дорожке теста «до отказа», оказывает сравнимое с фармакологической поддержкой положительное влияние физическую работоспособность спортсменов, что позволило сделать предположение, что БСДС можно использовать вместо фармакологической поддержки, особенно при необходимости получения эффекта в более ранние сроки, или в комплексе с ней для достижения выраженного эффекта повышения физической работоспособности спортсменов в течение всего тренировочного периода.

В настоящее время при проведении реабилитационно-восстановительной и рекреационной программы у спортсменов в условиях лечебных учреждений и спортивных центров активно используются различные нейромышечные (мышечно-энергетические) методики (техники) мануальной терапии (МЭТ): постизометрическая релаксация; миофасциальный релиз; постреципрокная релаксация; техника мышечного веретена; техника позиционного освобождения (напряжение против напряжения) [79, 107, 132, 149, 151, 161, 211, 225, 231, 255, 307, 319].

В указанных условиях целью применения МЭТ является нормализация у спортсменов тонуса различных групп мышц, которые непосредственно участвуют в выполнении специфического спортивного движения и/или обеспечении достижения спортивного результата, например, диафрагмы, участвующей в акте дыхания и «опоре» для органов, а также купирование миофасциальных болей, возникающих при некоординированной физической нагрузке [97, 307], например, при резком разгибании туловища (с возможной ротацией или без таковой) после длительного нахождения человека в состоянии наклона [18, 19, 327] и психоэмоциональном стрессе [129, 249].

Применение выше указанных методик в практике спортивной и восстановительной медицины показало, что методом, наиболее эффективным при проведении реабилитационных мероприятий у спортсменов (пациентов) при нарушениях тонуса диафрагмы и миофасциальных болях в местах ее крепления, является постизометрическая миорелаксация ее купола [158, 160, 211].

При этом следует отметить, что диафрагма относится к мышечно-сухожильным образованиям, которые участвуют в системе обеспечения достижения спортивного результата, а, именно, в акте дыхания и «опоре» для органов, и устранение нарушений ее тонуса и/или миофасциальных болей в местах ее крепления (при нарушении иннервации диафрагмы), как показала практика, позволяют спортсмену достичь максимального спортивного результата [211].

В связи с этим было совместно с Г.Б. Соколовым [160] проведено клинико-экспериментальное исследование, имевшее целью оценку возможности использования методики постизометрической релаксации купола диафрагмы в качестве перспективного метода повышения адаптационных и функциональных резервов системы дыхания организма спортсменов и сравнение ее по эффективности указанного повышения с БСДС [211].

При проведении указанного исследования для оценки эффективности применения методики постизометрической релаксации для повышения адаптационных и функциональных резервов организма спортсменов у 10-ти мужчин (средний возраст в группе составил $20{,}9 \pm 0{,}4$ лет) (коды: 001…010),

занимающихся лыжными видами спорта, со спортивным разрядом не ниже 1-го взрослого, до и после проведения постизометрической релаксации, направленной на нормализацию тонуса диафрагмы, двукратно измерялась жизненная емкость легких (ЖЕЛ).

Данные динамики индивидуальных и среднегрупповых значений ЖЕЛ спортсменов до и после проведения постизометрической миорелаксации купола диафрагмы представлены в таблице 7.1 и на рисунках 7.2 и 7.3.

Таблица 7.1 - Динамика индивидуальных и среднегрупповых значений ЖЕЛ (л) спортсменов до и после проведения постизометрической миорелаксации купола диафрагмы

Спортсмен	ДО		ПОСЛЕ	
	Измерение-1	Измерение-2	Измерение-1	Измерение-2
001	5,9	6,0	6,1	6,1
002	5,9	6,0	5,9	6,0
003	4,8	4,8	4,8	4,9
004	5,8	5,9	5,9	5,9
005	4,3	4,4	4,5	4,5
006	4,9	5,2	4,9	5,5
007	4,6	4,7	4,4	4,6
008	5,2	5,2	5,3	5,3
009	4,5	4,6	4,2	4,2
010	4,5	4,7	4,6	4,7
Среднегрупповые значения, л	5,04±0,22	5,16±0,22	5,05±0,27	5,17±0,24

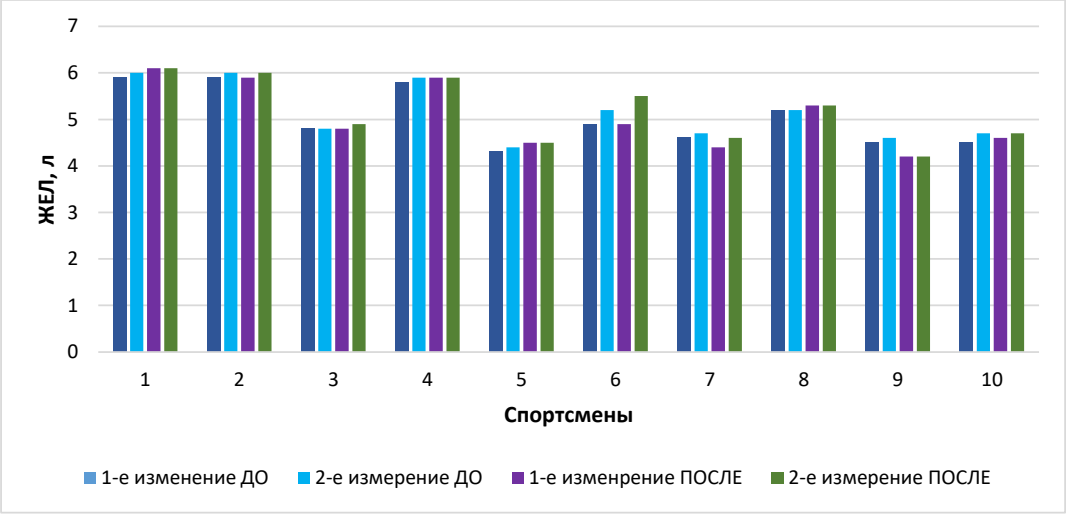


Рисунок 7.2 - Динамика индивидуальных значений ЖЕЛ (л) спортсменов лыжных видов спорта до и после проведения постизометрической миорелаксации купола диафрагмы

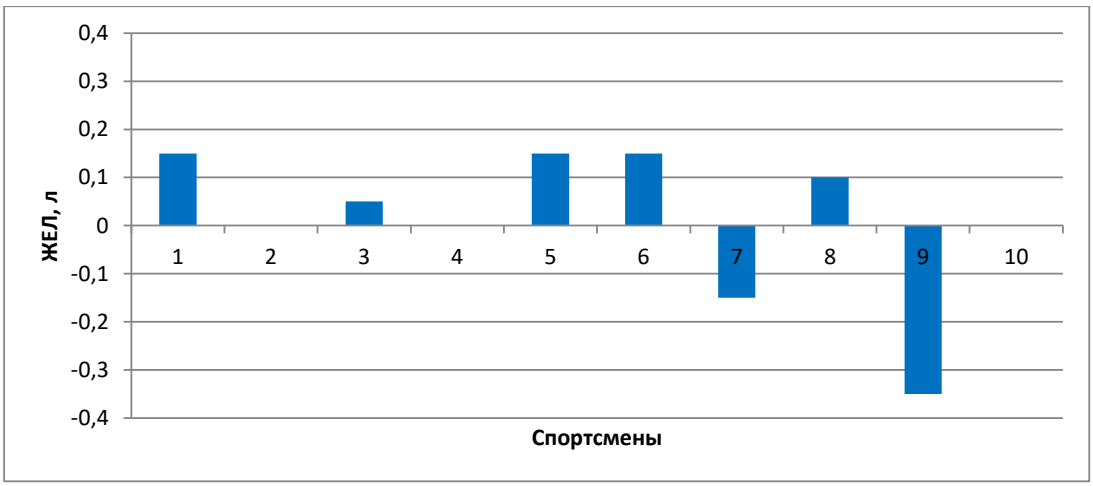


Рисунок 7.3 - Изменение абсолютных значений ЖЕЛ (л) у спортсменов после проведения постизометрической миорелаксации купола диафрагмы

При анализе среднегрупповых значений ЖЕЛ (таблица 7.1) были выявлены незначительные изменения этого показателя. Так, до применения указанной мягкой мануальной техники при первом измерении среднегрупповое значение ЖЕЛ составило 5,04±0,22 л, а при втором - 5,16±0,22 л, после воздействия 5,05±0,27 л и 5,17±0,24 л, соответственно. Однако, при анализе индивидуальных значений ЖЕЛ (таблица 7.1, рисунок 7.2) было установлено, что у 5-ти спортсменов произошло увеличение данного показателя на 0,1-0,3 литра (рисунок 7.3). При этом не было выявлено динамики значений ЖЕЛ у 3-х спортсменов, а у 2-х спортсменов произошло снижение значений данного показателя на 0,3-0,4 л [211].

Таким образом, исходя из вышеизложенного и полученных клинико-экспериментальных данных, представилось возможным заключить, что метод постизометрической миорелаксации купола диафрагмы может быть рекомендован как эффективный метод медицинской реабилитации при нарушениях у спортсменов тонуса диафрагмы и миофасциальных болях в местах ее крепления, а также в системе медико-биологического обеспечения спортсменов в качестве перспективного метода повышения адаптационных и функциональных резервов организма спортсмена. В тоже время данная технология, судя по полученным данным, по эффективности повышения функциональных резервов дыхательной системы уступает БСДС, даже при ее однократном применении, по частоте случаев увеличения значений ЖЕЛ, выраженности указанных изменений и, что

чрезвычайно важно для практической деятельности, сложности проведения процедуры воздействия на дыхательную систему. Несмотря на указанное, исходя из полученных результатов, представилось возможным предположить, что совместное и/или сочетанное применение метода постизометрической миорелаксации купола диафрагмы и БСДС в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния спортсменов может обеспечить выраженное повышение функциональных резервов их организма.

Исходя из вышеизложенного в разделе 7.1, следует заключить, что в настоящее время на основании результатов клинико-экспериментальных исследований и практических работ обоснованы, сформулированы и подтверждены на практике основные положения методических рекомендаций по практическому применению БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта. При этом для достижения более выраженного эффекта повышения функционального состояния спортсменов БСДС целесообразно применять в сочетании с другими рекомендованными спортсмену методами коррекции.

7.2. Разработка рекомендаций по практическому применению биоакустической стимуляции дыхательной системы в комплексе методов медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией

На основании результатов клинического исследования по оценке эффективности и безопасности применения БСДС в комплексной реабилитации пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию (глава 6) и данных об аппаратурной реализации, эффективности и безопасности применения этого метода у спортсменов различных видов спорта (главы 2-5) были разработаны «Методические рекомендации по применению акустической стимуляции легких в комплексе мероприятий медицинской реабилитации пациентов при диагнозе «Другая хроническая обструктивная легочная болезнь» (далее – Методические рекомендации).

При разработке Методических рекомендаций были реализованы положения и требования следующих нормативных правовых актов, методических и нормативных документов:

- Закон Российской Федерации от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»;

- приказ Минздрава России от 31 июля 2020 г. № 788н «Об утверждении порядка организации медицинской реабилитации взрослых»;

- приказ Минздрава России от 15 ноября 2012 г. № 916н «Об утверждении порядка оказания медицинской помощи населению по профилю «пульмонология»;

- приказ Минздрава России от 30 августа 2021 г. № 885н «Об утверждении порядка проведения оценки соответствия медицинских изделий в форме технических испытаний, токсикологических исследований, клинических испытаний в целях государственной регистрации медицинских изделий»;

- Временные методические рекомендации «Медицинская реабилитация при новой коронавирусной инфекции (COVID-19)». Версия 2 (31.07.2020). - М.: Минздрав России, 2020. – 150 с.;

- ОСТ 91500.01.0007-2001. Отраслевой стандарт. Система стандартизации в здравоохранении. Основные положения (принят и введен в действие приказом Минздрава России от 04.06.2001 г. № 181);

- Рекомендации «Р» ФМБА России от 25 декабря 2017 г. № 15.68-2017 «Разработка, изложение, представление на согласование и утверждение нормативных и методических документов ФМБА России».

Разработанные Медицинские рекомендации относятся к области восстановительной медицины, спортивной медицины, курортологии и физиотерапии и предназначены для пульмонологов, физиотерапевтов, врачей других клинических специальностей и специалистов, организующих и проводящих мероприятия медицинской реабилитации пациентов с заболеваниями органов дыхания в медицинских учреждениях, в частности, в санаторно-курортных учреждениях системы ФМБА России.

Методические рекомендации содержат описание метода акустической стимуляции легких, аппаратно-программного комплекса (аппарата акустической стимуляции легких) для его практической реализации, показания и противопоказания к назначению акустической стимуляции и порядок ее проведения у пациентов с заболеваниями органов дыхания, в частности, имеющими диагноз «Другая хроническая обструктивная легочная болезнь», а также содержание и порядок проведения экспресс-оценки эффективности и безопасности применения акустической стимуляции легких в процессе ее проведения у данных пациентов.

В Методических рекомендациях содержатся следующие основные положения:

1. БСДС (акустическая стимуляция легких), исходя из результатов ее эффективного применения у пациентов на этапе медицинской реабилитации после острого заболевания легких (COVID-пневмонии), представленных в Приложении Б к Методическим рекомендациям, может быть рекомендована в качестве физиотерапевтического метода (метода физической реабилитации) для включения в схемы (программы) лечения и реабилитации пациентов с другими заболеваниями органов дыхания, в частности, при диагнозе «Другая хроническая обструктивная легочная болезнь», с целью восстановления нарушений функций внешнего дыхания, транспорта и утилизации кислорода, восстановления толерантности организма к физическим нагрузкам.

2. Показаниями к применению БСДС (акустической стимуляции легких) у пациентов с заболеваниями органов дыхания, в частности, при диагнозе «Другая хроническая обструктивная легочная болезнь», являются:

- нарушение механизма дыхательного акта (нарушение правильного соотношения фазы вдоха, фазы выдоха и паузы, появление поверхностного и учащенного дыхания, дискоординация дыхательных движений);
- наличие дыхательной недостаточности I-II степени тяжести;
- снижение толерантности организма к физическим нагрузкам;
- оптимизация результатов медикаментозной терапии.

3. Противопоказаниями к применению БСДС (акустической стимуляции легких) у пациентов с заболеваниями органов дыхания, в частности, при диагнозе «Другая хроническая обструктивная легочная болезнь», являются:

- отсутствие носового дыхания (любой этиологии);

- острые воспалительные заболевания и обострение хронических заболеваний верхних дыхательных путей (ринит, тонзиллит, гайморит и т.д.);

- острая фаза хронической обструктивной легочной болезни;

- лихорадочные состояния (любой этиологии);

- повышенная нервная возбудимость, раздражительность;

- индивидуальная непереносимость процедуры или повышенная чувствительность пациента к воздействию звуков низкой частоты;

- отказ пациента от проведения процедуры.

4. Для проведения БСДС (акустической стимуляции легких) может быть использован аппаратно-программный комплекс (аппарат акустической стимуляции легких по ТУ 26.60.12-002-18954585-2019), прошедший технические испытания, токсикологические исследования, клинические испытания в целях государственной регистрации как медицинское изделие. Методика проведения БСДС пациентам при помощи данного аппарата, приведенная в Методических рекомендациях, соответствует методике использования АПК БСДС (раздел 2.1).

5. Курс БСДС (акустической стимуляции легких), рекомендуемый к назначению пациентам при диагнозе «Другая хроническая обструктивная легочная болезнь» в комплексе мероприятий их медицинской реабилитации, включает 5 сеансов, которые проводятся через день. Каждый сеанс включает по 5 процедур стимуляции длительностью 1,5 мин. с интервалом между ними 30 секунд. Стимуляция осуществляется при длительности фазы вдоха/выдоха T_f = 3 с в диапазоне частот 23-38 Гц при амплитуде полигармонического звукового сигнала, составлявшей 70 % от максимального уровня стимулирующего звукового давления равного 130 дБ (63,2 Па). Повторные курсы стимуляции, при необходимости, проводятся с интервалом 4-6 недель.

6. До (перед) и после сеанса БСДС (акустической стимуляции легких) специалистом, проводящим стимуляцию, проводится обследование пациента для определения его состояния до и после воздействия, включающее опрос для выявления отклонений в состоянии здоровья, измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС), артериального давления (АД), форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ), объем первого секундного форсированного выдоха (ОФВ1), сатурации кислорода (SpO_2), определение наличия носового дыхания. Кроме этого, после сеанса акустической стимуляции легких, по просьбе специалиста, проводящего стимуляцию, пациентом проводится субъективная оценка эффективности процедуры по шкале от 0 до 10 баллов, где 5 баллов - нейтрально. Полученные данные заносятся в протокол проведения сеанса акустической стимуляции легких (приложение А к Методическим рекомендациям).

7. На основании результатов обследования пациента до и после сеанса акустической стимуляции легких специалистом, проводящим стимуляцию, и/или лечащим врачом проводится экспресс-оценка эффективности и безопасности назначения пациенту данной медицинской технологии, исходя из результатов которой, принимается решение о продолжении (завершении) курса применения стимуляции, назначенного пациенту.

В обязательном Приложении А разработанных Методических рекомендаций представлен «Протокол проведения сеанса акустической стимуляции», в котором отражаются результаты субъективного и объективного обследования пациента до и после сеанса стимуляции, являющиеся основой для проведения специалистом, проводящим стимуляцию и/или лечащим врачом экспресс-оценки эффективности и безопасности применения акустической стимуляции в процессе ее проведения у данного пациента, содержащийся в разработанной методике БСДС организма человека высокоинтенсивными звуками низкой частоты (раздел 3.5, рисунок 3.11).

В справочном Приложении Б Методических рекомендаций представлены «Результаты клинического исследования эффективности и безопасности применения акустической стимуляции легких в комплексной медицинской

реабилитации пациентов, перенесших коронавирусную пневмонию», явившиеся одним из оснований для разработки Методических рекомендаций.

В разработке и представлении на утверждение Методических рекомендаций принимали участие специалисты ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, ФГКУ «12 ЦНИИ» Минобороны России и ФГБУ «СКК «Приволжский» Минобороны России.

На основании вышеизложенного в главе 7 в целом представляется возможным заключить, что в настоящее время научно обоснованы, разработаны и практически реализованы в спортивной и восстановительной медицине методические рекомендации по практическому применению БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты, как новой немедикаментозной технологии, в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией.

Глава 8. ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫХ ЗВУКОВ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Научные и практические результаты выполненного исследования по разработке и обоснованию концепции повышения функциональных резервов организма человека при помощи биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты (главы 1-7), а также имеющиеся в настоящее время данные об эффектах воздействия НЧАК на организм человека, полученные при выполнении по данной проблеме широкого спектра теоретических и клинико-экспериментальных исследований [13, 14, 54, 58, 59, 60, 61, 63, 94, 99, 103, 130, 152, 189, 221, 222, 245], позволили предположить возможность использования высокоинтенсивных звуков индивидуально подобранной резонансной низкой частоты для биоакустической стимуляции, помимо дыхательной системы, также других органов и тканей организма человека с целью повышения его функциональных резервов.

В результате теоретической и экспериментальной проработки данного вопроса с позиций эффектов взаимодействия высокоинтенсивной низкочастотной звуковой волны с различными тканями организма, в частности, с мышечной тканью [65, 166, 298], была выдвинута гипотеза обеспечения возможности массажа мышечной ткани конечности за счет реализации персонализированного воздействия на эту ткань низкочастотного звукового давления, проводимого через замкнутую в ограниченном объеме воздушную среду, для достижения восстановительного эффекта за счет повышения интенсивности кровотока в мелких сосудах мышечной ткани конечности [65, 166, 298].

Для проверки данной гипотезы были изготовлены из упруго-пластичного материала на 3-D принтере латы для бедренных и голенных мышц, определены медико-технические требования и, на основе технический решений АПК БСДС (глава 2), создан макет аппаратно-программного комплекса биоакустической

стимуляции мышечной ткани (АПК БАС МТ (рисунок 8.1), а также была обоснована и разработана методика биоакустической стимуляции мышечной ткани (БАС МТ), включающая описание работы созданного макета [166].



Рисунок 8.1 – Макет АПК БАС МТ

Технические испытания созданного макета АПК БАС МТ показали, что в подлатном пространстве бедренных и голенных мышц формируется стимулирующий сигнал, отвечающий требованиям безопасности [226]: параметры звукового поля в подлатном пространстве бедренных и голенных мышц составили 128-131 дБ в диапазоне частот 23÷38 Гц, а разброс в пиковых амплитудах звукового давления по частоте не превышал 6 дБ [166].

Клинико-экспериментальная оценка эффективности предложенной БАС МТ была проведена с участием 18 добровольцев-испытуемых – спортсменов различных видов спорта по показателям сегментарного анализа суставов, компонентного состава конечности, компрессионной осциллометрии, вариабельности сердечного ритма, биоимпедансометрии, биоэлектрограммы и термометрии поверхности кожных покровов конечности [65, 113, 166, 198, 199, 200, 203], а также по данным субъективной оценки процедуры БАС МТ,

проведенной спортсменами.

Перед указанным исследованием с участием 3 добровольцев-испытуемых – спортсменов были проведены референдум (от лат. praefero - предпочитаю, предпочтение организмом оптимального диапазона определенного фактора [51] или диапазон условий, выбранных организмом от минимально до максимально оптимальных [46]) частотного воздействия акустической стимуляции (акустическая стимуляция проводилась в частотном диапазоне от 5 до 38 Гц) и референдум длительности сканирования в частотном диапазоне 23-38 Гц (акустическая стимуляция проводилась в частотном диапазоне 23-38 Гц со временем сканирования от 1 до 60 с) и по субъективным ощущениям (оценкам) спортсменов был определен оптимальный режим акустической стимуляции – проведение акустической стимуляции в частотном диапазоне 23-38 Гц при времени сканирования 10 с, который был использован в последующем – при оценке эффективности БАС МТ голени 18 добровольцев-испытуемых в течение 15 мин.

Результаты клинического обследования указанных 18 добровольцев-испытуемых до и после 15-минутной БАС МТ голени представлены в таблице 8.1 и на рисунке 8.2.

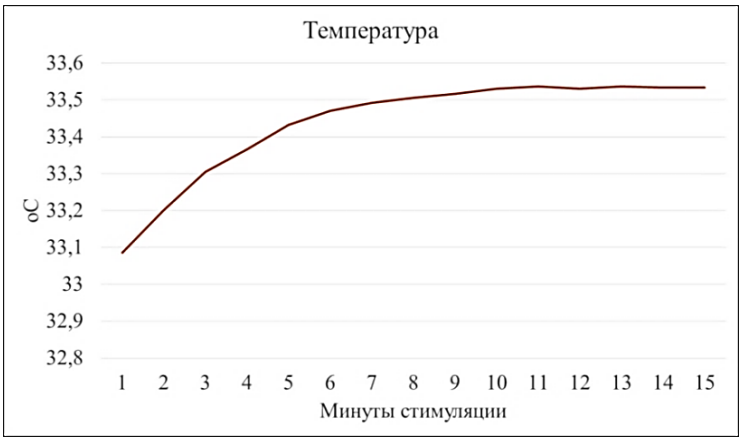


Рисунок 8.2 – Температура поверхности кожных покровов конечности в процессе БАС МТ (средние значения по группе, n = 18)

Представленные в таблице 8.1 и на рисунке 8.2 данные, а также результаты субъективной оценки процедуры БАС МТ, проведенной спортсменами, показали, что БАС МТ оказала в целом позитивное влияние на функциональное состояние спортсменов.

Таблица 8.1 - Результаты обследования добровольцев-испытуемых (n = 18) до и после 15-минутной БАС МТ голени

Показатель	До БАС МТ	После БАС МТ
Сегментарный анализ суставов		
Левый тазобедренный сустав	28±10	30±15
Левый коленный сустав	22±8	38±12
Левый голеностопный сустав	26±12	35±13
Компонентный состав конечности		
Тощая масса, кг	12,6±3,5	15,5±2,8
Процент жира, %	14,6±2,2	15,3±1,8
Масса жира, кг	2,1±0,3	2,2±0,4
Компрессионная осциллометрия		
АД систолическое, мм рт. ст.	114±15	105±13
АД диастолическое, мм рт. ст.	79±10	82±8
Сердечный выброс, л/мин	5,2±0,2	5,5±0,3
ОПСС	1240±248	1424±196
Удельное периферич. сопротивление, усл. ед.	32±8	28±5
Функциональное состояние	0,637±0,147	0,781±0,123
Вариабельность сердечного ритма		
Частота пульса, уд/мин	78±14	73±12
Стресс-индекс, усл. ед.	109±38	138±23
ИПРС, усл. ед.	3,46±0,47	4,58±0,34
Биоимпедансометрия		
Основной риск	1±1	1±1
Связанный риск	2±1	3±1
Психологический статус	-20±20	-15±25
Выходы за пределы нормы	8±3	12±4
Биоэлектрограмма		
Психоэмоциональное состояние, площадь	18542±649	19359±789
Психоэмоциональное состояние, симметрия	95±2	96±1
Соматическое состояние, площадь	20147±987	21345±426
Соматическое состояние, симметрия	97±1	98±2

Так, у спортсменов в среднем по группе (рисунок 8.2) наблюдалось повышение температуры тканей в области воздействия, и, как следствие, увеличение периферического кровообращения, понижение проводимости чувствительных и периферических нервов с последующим уменьшением болевых ощущений в мышцах конечностей.

В процессе проведения процедуры БАС МТ спортсмены субъективно отмечали ее схожесть с обычным ручным массажем. В частности, плавность и мягкость движений и нажимов вибрации, создаваемой акустическими колебаниями, напоминали им прикосновения пальцев рук массажиста, что

вызывало у них приятные ощущения во время стимуляции. При этом, резкие и неприятные нажимы отсутствовали. Также ощущался внутренний нагрев мышц и снятие их тонического напряжения. В целом, спортсмены характеризовали процедуру БАС МТ как «легкий разогревающий массаж».

Полученные результаты позволили предположить, что БАС МТ конечностей целесообразно использовать для решения восстановительных и реабилитационных задач у спортсменов. В тоже время, отмеченные в ходе исследования спортсменами в отдельных случаях негативные ощущения (дискомфорт от давления верхней манжеты к концу процедуры, слегка затекшая ступня к концу процедуры), а также выявленные технические неудобства при проведении процедуры (габаритные размеры и конструктивные особенности лат (их несъемность и неразъемность), несовершенство системы управления генерацией стимулирующего или релаксирующего сигнала) определили необходимость совершенствования макета АПК БАС МТ и расширения областей (мест) проведения процедуры стимуляции мышечной ткани организма для обеспечения удобства и повышения эффективности использования БАС МТ на различных этапах учебно-тренировочного процесса спортсменов.

Кроме этого, полученные результаты позволили предложить и запатентовать способ повышения интенсивности кровотока в сосудах мышечной ткани [173], средство для акустической стимуляции мышц конечности [174], акустический стимулятор кровотока в мышцах рук [175], биомеханическое устройство для акустической стимуляции мышц ног [176], акустическое устройство для стимуляции мышечной ткани конечностей [177] и биомеханическое средство для акустической стимуляции мышечной ткани конечности [178] (рисунок 8.3).

Следующий этап исследования включал совершенствование созданного макета АПК БАС МТ в направлении создания портативного макета АПК БАС МТ, отвечающего требованиям безопасности и эргономичности, позволяющего осуществлять стимуляцию нескольких областей (мышечных массивов) организма, проведение технических испытаний созданного макета АПК БАС МТ и проведение клинико-экспериментальной и экспертной оценки реализуемой им БАС МТ.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 658 471**(13) **C1**

(51) МПК
A61H 23/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
A61H 23/00 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017135337, 05.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.10.2017

Дата регистрации:
21.06.2018

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 05.10.2017

(45) Опубликовано: 21.06.2018 Бюл. № 18

Адрес для переписки:
115198, Москва, ул. Загорьевская, 25, кв. 78, А.В. Богомолову

(72) Автор(ы):
Богомолов Алексей Валерьевич (RU),
Разинкин Сергей Михайлович (RU),
Драган Сергей Павлович (RU),
Самойлов Александр Сергеевич (RU),
Фомкин Павел Александрович (RU),
Ерофеев Геннадий Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2413493 C1, 10.03.2011. RU 2229278 C1, 27.05.2004. RU 2587970 C1, 27.06.2016. KZ 21084 A4, 15.04.2009. WO 2016204648 A1, 22.12.2016. EP 244508 A3, 11.11.1987. ВОЛЧЕК О.Д., АЛЕКСИНА Л.А. Использование вибрации и виброакустики в медицине. Ученые записки СпбГМУ им. акад. И.П. Павлова, 2011. Т.VIII, N1, с.12-20.

(54) **СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ КРОВОТОКА В СОСУДАХ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ**

RU 2658471 C1

А



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 672 390**(13) **C1**

(51) МПК
A61H 15/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
A61H 15/00 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017135340, 05.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.10.2017

Дата регистрации:
14.11.2018

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 05.10.2017

(45) Опубликовано: 14.11.2018 Бюл. № 32

Адрес для переписки:
115198, Москва, ул. Загорьевская, 25, кв. 78, А.В. Богомолову

(72) Автор(ы):
Драган Сергей Павлович (RU),
Богомолов Алексей Валерьевич (RU),
Разинкин Сергей Михайлович (RU),
Самойлов Александр Сергеевич (RU),
Фомкин Павел Александрович (RU),
Ерофеев Геннадий Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1630826 A1, 28.02.1991. RU 2160133 C1, 10.12.2000. RU 2197217 C1, 10.12.2000. CN 105899181 A, 24.08.2016.

(54) **СРЕДСТВО ДЛЯ АКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ КОНЕЧНОСТИ**

RU 2672390 C1

Б



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 679 821**(13) **C1**

(51) МПК
A61H 15/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
A61H 15/00 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2017135338, 05.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.10.2017

Дата регистрации:
13.02.2019

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 05.10.2017

(45) Опубликовано: 13.02.2019 Бюл. № 5

Адрес для переписки:
115198, Москва, ул. Загорьевская, 25, кв. 78, А.В. Богомолову

(72) Автор(ы):
Богомолов Алексей Валерьевич (RU),
Драган Сергей Павлович (RU),
Разинкин Сергей Михайлович (RU),
Самойлов Александр Сергеевич (RU),
Фомкин Павел Александрович (RU),
Ерофеев Геннадий Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1630826 A1, 28.02.1991. RU 2 160 133 C1, 10.12.2000. RU 2 197 217 C1, 10.12.2000. CN 105899181 A, 24.08.2016.

(54) **БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ АКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ КОНЕЧНОСТИ**

RU 2679821 C1

В



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **177 461**(13) **U1**

(51) МПК
A61H 23/02 (2006.01)
A61N 7/00 (2006.01)
A61H 23/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
О ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
A61H 23/02 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017135345, 05.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.10.2017

Дата регистрации:
26.02.2018

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 05.10.2017

(45) Опубликовано: 26.02.2018 Бюл. № 6

Адрес для переписки:
115198, Москва, ул. Загорьевская, 25, кв. 78, А.В. Богомолову

(72) Автор(ы):
Драган Сергей Павлович (RU),
Разинкин Сергей Михайлович (RU),
Богомолов Алексей Валерьевич (RU),
Самойлов Александр Сергеевич (RU),
Фомкин Павел Александрович (RU),
Ерофеев Геннадий Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2009125093 A, 10.01.2011. WO 2016204648 A, 22.12.2016. RU 9730 U1, 16.05.1999. RU 20111215381 A, 10.12.2012. KR 2015004207 A, 09.02.2017.

(54) **БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АКУСТИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ НОГ**

RU 177461 U1

Г



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **179 637**(13) **U1**

(51) МПК
A61H 23/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
A61H 23/00 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017135344, 05.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.10.2017

Дата регистрации:
21.05.2018

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 05.10.2017

(45) Опубликовано: 21.05.2018 Бюл. № 15

Адрес для переписки:
115198, Москва, ул. Загорьевская, 25, кв. 78, А.В. Богомолову

(72) Автор(ы):
Разинкин Сергей Михайлович (RU),
Драган Сергей Павлович (RU),
Богомолов Алексей Валерьевич (RU),
Самойлов Александр Сергеевич (RU),
Фомкин Павел Александрович (RU),
Ерофеев Геннадий Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: SU 1630826 A1, 28.02.1991. RU 2 160 133 C1, 10.12.2000. RU 2 197 217 C2, 27.01.2003. CN 105899181 A, 24.08.2016.

(54) **АКУСТИЧЕСКИЙ СТИМУЛЯТОР КРОВОТОКА В МЫШЦАХ РУК**

RU 179637 U1

Д



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **177 460**(13) **U1**

(51) МПК
A61H 23/00 (2006.01)
A61H 23/02 (2006.01)
A61N 7/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК
A61H 23/02 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017135343, 05.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.10.2017

Дата регистрации:
26.02.2018

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 05.10.2017

(45) Опубликовано: 26.02.2018 Бюл. № 6

Адрес для переписки:
115198, Москва, ул. Загорьевская, 25, кв. 78, А.В. Богомолову

(72) Автор(ы):
Фомкин Павел Александрович (RU),
Драган Сергей Павлович (RU),
Разинкин Сергей Михайлович (RU),
Богомолов Алексей Валерьевич (RU),
Самойлов Александр Сергеевич (RU),
Ерофеев Геннадий Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2197217 C2, 27.01.2003. RU 2228733 C2, 20.05.2004. KR 20170008454 A, 24.01.2017. CN 105899181 A, 24.08.2016.

(54) **АКУСТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ КОНЕЧНОСТЕЙ**

RU 177460 U1

Е

Рисунок 8.3 – Патенты на изобретения «Способ повышения интенсивности кровотока в сосудах мышечной ткани» (А), «Средство для акустической стимуляции мышц конечности» (Б), «Биомеханическое средство для акустической стимуляции мышечной ткани конечности» (В) и полезные модели «Биомеханическое устройство для акустической стимуляции мышц ног» (Г), «Акустический стимулятор кровотока в мышцах рук» (Д) и «Акустическое устройство для стимуляции мышечной ткани конечностей» (Е)

В результате проведенных работ был создан портативный макет АПК БАС МТ, имеющий следующую комплектацию (рисунок 8.4):

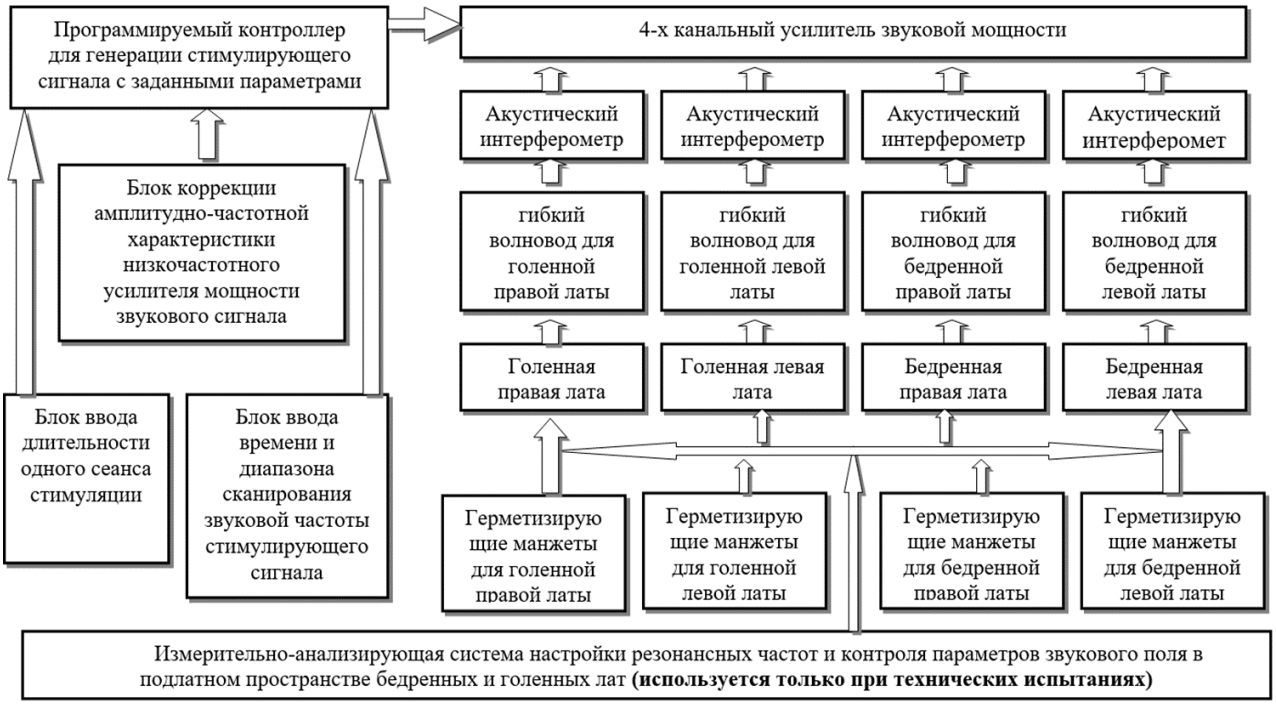


Рисунок 8.4 – Блок-схема портативного макета АПК БАС МТ высокоинтенсивными звуками низкой частоты

1. Система управления портативным макетом АПК БАС МТ для одновременной биоакустической стимуляции бедренных и голенных мышц обеих ног, а также (отдельно) воротниковой зоны спины (программируемый контроллер для генерации стимулирующего сигнала в заданном диапазоне частот выполненный на базе планшета с операционной системой «Андроид» версии 5.0 или выше - 1 шт.; зарядное устройство планшета – 1 шт.; электрический кабель для соединения планшета с низкочастотным усилителем мощности – 1 шт.; программное обеспечение «STIMUL-MT», версия 1.0, установленное на планшет в составе блока коррекции амплитудно-частотной характеристики низкочастотного усилителя мощности звукового сигнала, блока ввода длительности одного сеанса стимуляции и блока ввода времени и диапазона сканирования звуковой частоты стимулирующего сигнала).

2. Низкочастотный усилитель мощности 4-х канальный с блоком питания электрическими кабелями для соединения с низкочастотными излучателями звука;

3. 4-е акустических интерферометра (низкочастотный излучатель звука (сабвуфер) в заглушенной коробке – 4 шт.; концентратор акустической мощности (рупор) – 4 шт.; пластиковый волновод постоянного диаметра – 4 шт.; окончание волновода (стыковочный узел) – 4 шт.; гибкий волновод регулируемой длины (400-1000 мм) – 4 шт.),

4. Латы на мышцы бедра и голени для левой и правой ноги с герметизирующими манжетами, а также латы воротниковой зоны спины с герметизирующими манжетами (бедренные латы (правая, левая) – 2 шт.; голенные латы (правая, левая) – 2 шт.; латы воротниковой зоны спины – 1 шт.; эргономичные герметизирующие манжеты на бедренные латы – 2 шт.; эргономичные герметизирующие манжеты на голенные латы – 2 шт.; эргономичные герметизирующие манжеты на латы воротниковой зоны спины – 1 шт.).

5. Кейс для размещения и транспортировки макета АПК БАС МТ.

Технические испытания созданного портативного макета АПК БАС МТ показали (рисунки 8.5-8.7), что по данным измерений характеристик звукового поля в диапазоне частот от 15 Гц до 50 Гц в подлатном пространстве бедренных и голенных мышц при разных режимах стимуляции (рисунки 8.5 и 8.6) формируется высокоинтенсивное низкочастотное звуковое поле с уровнями пикового давления от 120 дБ до 132 дБ при положениях аттенюатора на усилителе от «ном» (режим номинального усиления) до «5v+1» (режим предмаксимального усиления) при разбросе в пиковых амплитудах звукового давления по частоте в среднем составляющем 4,4 дБ, отвечающее требованиям безопасности [166, 226].

Представленные на рисунке 8.7 осциллограммы звукового давления, которые могут быть зарегистрированы в подлатном пространстве при БАС мышц воротниковой зоны, показали, что при цикле сканирования 2 с в подлатном пространстве при БАС мышц воротниковой зоны формируется звуковое поле в диапазоне частот от 23 Гц до 38 Гц с УЗД равным 129,7 дБ, а диапазон изменения пикового давления составляет от 80 до 150 Па, что также отвечает требованиям безопасности [166, 226].

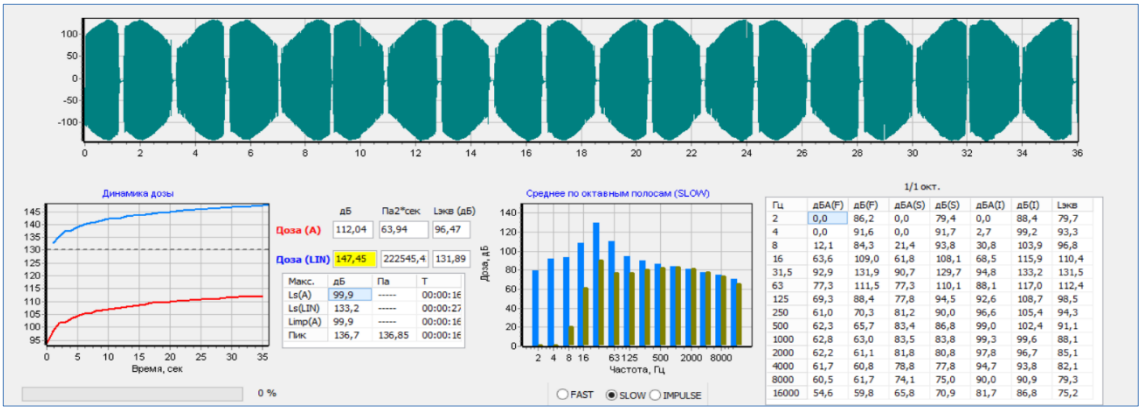


Рисунок 8.5 – Характеристики звукового поля в подлатном пространстве при БАС мышц голени при длительности цикла сканирования 2 с

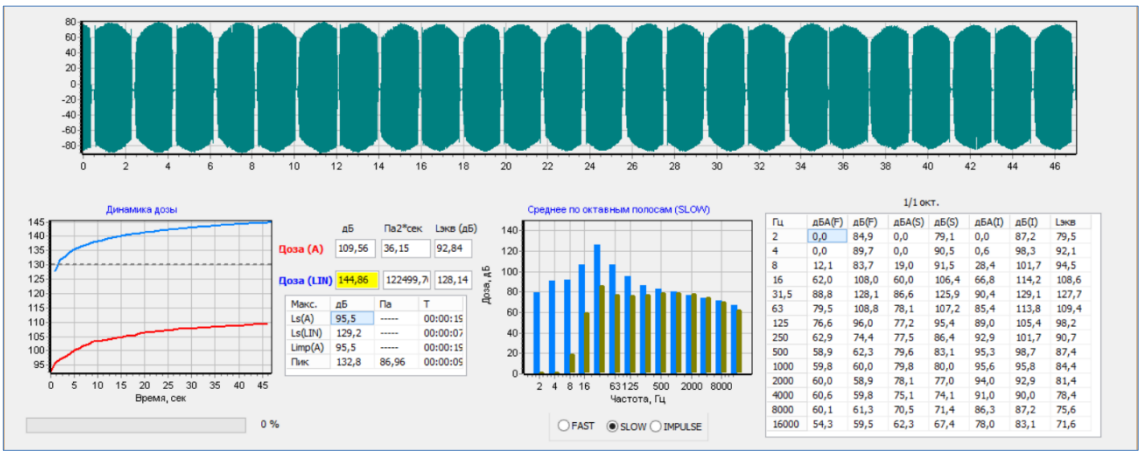


Рисунок 8.6 – Характеристики звукового поля в подлатном пространстве при БАС бедренной мышцы при длительности цикла сканирования 2 с

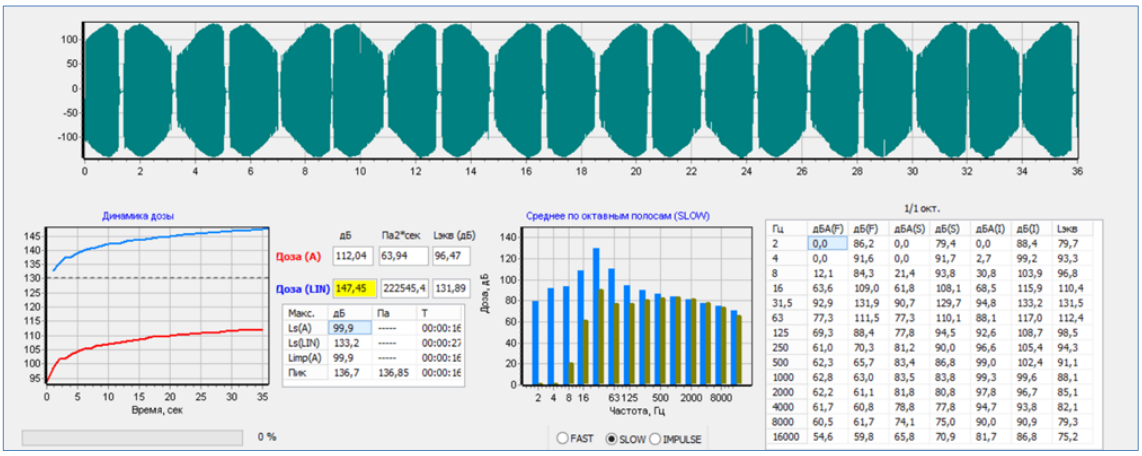


Рисунок 8.7 – Характеристики звукового поля в подлатном пространстве при БАС мышц воротниковой зоны при длительности цикла сканирования 2 с

Таким образом, в результате технических испытаний созданного портативного АПК БАС МТ было установлено, что при БАС на бедренные мышцы будет воздействовать безопасное низкочастотное звуковое поле с УЗД ≈ 128 дБ, на мышцы голени ≈ 131 дБ, а на мышцы воротниковой зоны ≈ 129 дБ при допустимом диапазоне разброса, не превышающем 3 дБ.

Клинико-экспериментальная оценка эффективности БАС МТ, реализованной при помощи созданного портативного АПК БАС МТ, проводилась в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России с участием 8 спортсменов и 1-го эксперта (С.Н. Гладкова – кандидат биологических наук, заведующий отделением роботизированной механотерапии Реабилитационного комплекса Филиала Российского научного центра медицинской реабилитации и курортологии Минздрава России, сертифицированный специалист по массажу и лечебной физкультуре, мастер спорта международного класса по спортивной акробатике).

Среди спортсменов были представители баскетбола – 2 мастера спорта международного класса; легкой атлетики (бег на средние дистанции) – 2 мастера спорта международного класса и 2 человека с 1-м взрослым разрядом; биатлона – 2 мастера спорта; вольной борьбы – 2 человека с 1-м взрослым разрядом). Средний возраст спортсменов составил 23±5,6 года.

Этапы проведенной клинико-экспериментальной оценки эффективности БАС МТ, реализованной при помощи созданного портативного АПК БАС МТ, и их содержание представлены в таблице 8.2.

На рисунках 8.8-8.10 представлены аппарат «Лазма-МЦ», при помощи которого осуществлялась регистрация показателей микроциркуляции (рисунок 8.8), роботизированный комплексе КОН-ТРЕКС, при помощи которого проводилось измерение скоростно-силовых характеристик мышц нижних конечностей (рисунок 8.9) и АПК «Диамед-МБС», при помощи которого проводилась оценка соматического и психоэмоционального состояния спортсменов (рисунок 8.10), использованные при проведении клинико-экспериментальной оценки эффективности БАС МТ, реализованной при помощи созданного портативного АПК БАС МТ.

Таблица 8.2 - Этапы клинико-экспериментальной оценки эффективности БАС МТ, реализованной при помощи созданного портативного АПК БАС МТ

№ п/п	Содержание этапа исследования. Режим БАС МТ	Методы исследования	Количество испытуемых
1 этап	Проведение экспертизы методики БАС МТ. БАС МТ с частотой 10-30 Гц, временем сканирования 5 с, длительностью 10 мин (воздействие на мышцы голени, бедра и воротниковой зоны)	1. Экспертная оценка. 2. Регистрация показателей микроциркуляции аппаратом «Лазма-МЦ» (10 мин до, 10 мин во время, 10 мин после БАС МТ)	1 эксперт
2 этап	Оценка эффективности однократного одновременного комплексного воздействия БАС МТ голени, бедра и воротниковой зоны. БАС МТ в частотном диапазоне от 10 до 30 Гц, временем сканирования 5 с, длительностью 10 мин (одновременно на 3 зоны: голень, бедро и воротниковая зона)	1. Регистрация показателей микроциркуляции аппаратом «Лазма-МЦ» (10 мин до, 10 мин во время, 10 мин после БАС МТ). 2. Оценка скоростно-силовых характеристик мышц нижних конечностей на роботизированном комплексе КОН-ТРЕКС (до и после БАС МТ). 3. Оценка соматического и психоэмоционального состояния на АПК «Диамед-МБС» (до и после БАС МТ). 4. Ведение дневника самооценки состояния	5 (спортсмены-испытуемые 1...5)
3 этап	Оценка эффективности трехкратного одновременного комплексного воздействия БАС МТ голени, бедра и воротниковой зоны. БАС МТ в частотном диапазоне от 10 до 30 Гц, временем сканирования 5 с, длительностью 10 мин, трехкратно с интервалом 30 мин (одновременно на 3 зоны: голень, бедро и воротниковая зона)	1. Регистрация показателей микроциркуляции аппаратом «Лазма-МЦ» (10 мин до, 10 мин во время, 10 мин после БАС МТ). 2. Оценка скоростно-силовых характеристик мышц нижних конечностей на роботизированном комплексе КОН-ТРЕКС (до и после БАС МТ). 3. Оценка соматического и психоэмоционального состояния на АПК «Диамед-МБС» (до и после каждой стимуляции). 4. Ведение дневника самооценки состояния	3 (спортсмены-испытуемые 6…8)

Диагностика микроциркуляции на АПК «Лазма-МЦ» проводилась по расчетным показателям перфузии М, σ и Kv, которые позволяют осуществлять общую оценку состояния микроциркуляции крови [126]:

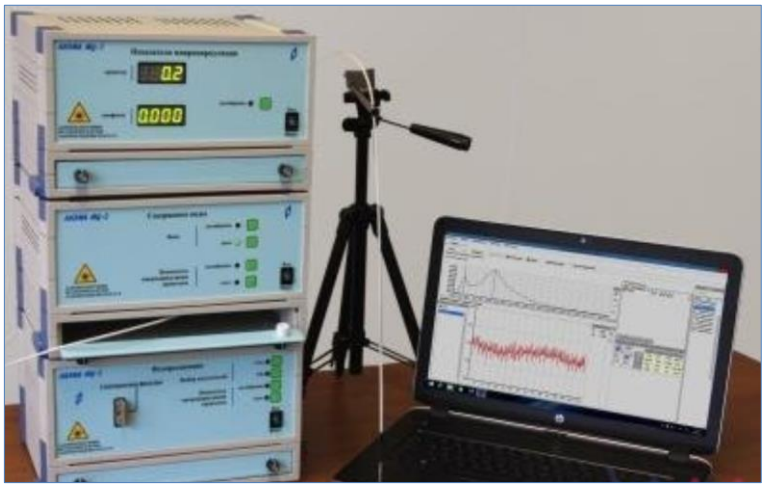


Рисунок 8.8 – Внешний вид АПК «Лазма МЦ»



Рисунок 8.9 – Тестирование на роботизированном комплексе КОН-ТРЕКС



Рисунок 8.10 – Внешний вид АПК «Диамед-МБС» для оценки соматического и психоэмоционального состояния и пример проведения обследования спортсмена

- параметр М (перфузионные единицы, п.е.) – показывает величину средней перфузии крови в границах времени регистрации или среднеарифметическое значение показателя микроциркуляции;

- параметр σ (перфузионные единицы, п.е.) – среднее колебание перфузии относительно среднего значения потока крови М, вычисляется по формуле для среднеквадратического отклонения;

- параметр Kv (%) – коэффициент вариации, который отражает напряженность функционирования регуляторных систем микрососудистого русла и рассчитывается по формуле $Kv = \sigma/M \cdot 100\%$.

Расположение лат на мышцах голени, бедра и воротниковой зоны спины, а также положение испытуемого при комплексном одновременном проведении БАС МТ, осуществлявшейся при помощи портативного макета АПК БАС МТ в ходе исследования, представлены на рисунке 8.11.



Рисунок 8.11 – Расположение лат и положение испытуемого при комплексном одновременном проведении БАС МТ, осуществлявшейся при помощи портативного макета АПК БАС МТ в ходе исследования

В ходе проведения первого этапа исследования (проведение экспертной оценки методики БАС МТ) после проведения стимуляции мышц голени, бедра и воротниковой зоны спины экспертом были отмечены следующие положительные стороны БАС МТ:

- со стороны нижних конечностей - комфортное положение ноги при

проведении процедуры; приятные ощущения во время стимуляции, легкий охлаждающий эффект; было достигнуто расслабление мышц нижней конечности; после стимуляции эффект легкости сохранялся на протяжении как минимум 20 минут; более быстрое и удобное одевание «лат» после усовершенствования; в процессе стимуляции, благодаря расположению «лат» по окружности конечности, охватывается большая поверхность кожи и мышц;

- со стороны воротниковой зоны - снятие мышечного спазма в воротниковой зоне; приятные ощущения в начале воздействия;

- общие эффекты - за счет того, что «латы» практически на всем своем протяжении не касаются кожи, их можно использовать даже в случае повреждения кожных покровов спортсменов (мелкие трещины на коже, мацерация, опрелости, потница, солнечная эритема, ссадины, раны), а также данная конструкция способствует наименьшей травматизации волосяных луковиц, особенно у мужчин, по сравнению с ручным массажем; положительный эффект вибрации для заживления микротравм в мышцах.

При этом у эксперта объективно было зарегистрировано на аппарате «Лазма-МЦ» локальное увеличение кровотока на бедре по показателю М (показатель микроциркуляции) в 2,2 раза с 7,18 до 15,84 п.е. (рисунок 8.12).

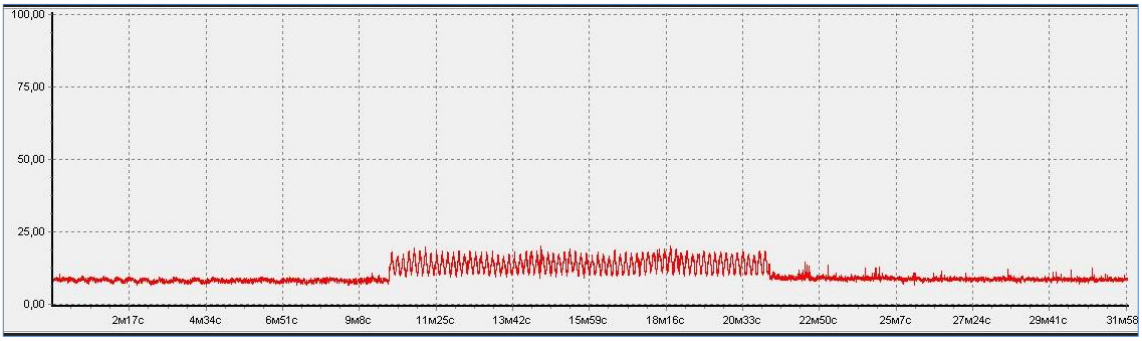


Рисунок 8.12 – Динамика показателей микроциркуляции во время проведения БАС МТ бедра (с 10 по 21 мин) у эксперта (п.е.)

Несмотря на общее положительное мнение о методике БАС МТ, эксперт в тоже время отметила следующие проблемные вопросы: легкое пережатие манжетами во время стимуляции на ногах (особенно голень); легкое кратковременное ощущение парестезий («мурашек») после снятия «лат» с ног;

неудобное вынужденное положение головы при надетых латах на воротниковую зону; давление на 2-3 шейные позвонки, которое приводит к увеличению шейного лордоза.

Эксперт также отметила универсальность метода БАС МТ и возможность его использования не только в спортивной медицине, но и в клинической практике и рекомендовала изменить время стимуляции с 10 до 15 минут, принятых и рекомендованных специалистами в области реабилитации, физиотерапии, массажа; изучить вопрос положительного влияния данного воздействия на суставы; для исключения вероятного тромбоза вен перед проведением стимуляции проводить УЗИ сосудов нижних конечностей; рассмотреть вопрос о возрастной универсальности данного аппарата, возможность его применять как у взрослых, так и у детей, а также рассмотреть вопрос о применении аппарата как у здоровых лиц, так и у пациентов с онкологией в стадии ремиссии, у послеоперационных больных, которым показаны лимфодренаж, мягкие щадящие методики (например, после мастэктомии рекомендуется лимфодренаж уже на 3-5 сутки).

Результаты оценки эффективности однократного комплексного применения БАС МТ (одновременной стимуляции мышц голени, бедра и воротниковой зоны) у 5 спортсменов представлены в таблицах 8.3 и 8.4, а также на рисунках 8.13-8.15.

Анализ представленных в таблице 8.3 результатов обследования не выявил у спортсменов до и после БАС МТ достоверных различий значений показателей вариабельности сердечного ритма, компрессионной осциллометрии, биоимпедансометрии и биоэлектрограммы, что свидетельствовало о локальном воздействии акустической стимуляции и отсутствии при этом отрицательных общих реакций организма.

На рисунке 8.13 в качестве примера представлена биоэлектрограмма спортсмена-испытуемого 3 до и после БАС МТ, которая в совокупности с данными таблицы 8.3 наглядно демонстрирует вышеуказанное отсутствие отрицательных общих реакций его организма на БАС МТ – изменений психоэмоционального и соматического состояний данного спортсмена-испытуемого.

Таблица 8.3 – Результаты обследования спортсменов-испытуемых 1…5 до и после однократного комплексного применения БАС МТ (одновременной стимуляции мышц голени, бедра и воротниковой зоны)

Показатель	Спортсмен-испытуемый 1		Спортсмен-испытуемый 2		Спортсмен-испытуемый 3		Спортсмен-испытуемый 4		Спортсмен-испытуемый 5	
	До БАС	После БАС	До БАС	После БАС	До БАС	После БАС	До БАС	После БАС	До БАС	После БАС
Вариабельность сердечного ритма										
ЧСС, уд./мин	82	86	76	106	73	102	69	80	70	87
Индекс напр., Si	87	137	161	614	61	448	47	92	116	573
ИПРС	3,91	3,67	3,31	1,89	3,56	1,58	3,91	2,38	3,58	0,61
Биоэлектрограмма										
S_общий, справа, без фильтра	17737	9740	21194	24962	22220	25030	26340	23371	19773	20377
S_общий, фронт., без фильтра	17821	6633	21563	24611	22445	26553	26598	23219	20756	21608
S_общий, слева, без фильтра	22026	10431	22411	24047	21390	26256	25184	22878	20613	21393
S_общий, справа, с фильтром	26066	23251	22519	25262	22492	24469	25721	23388	21899	22919
S_общий, фронт., с фильтром	25645	22386	22503	25441	25002	25665	24802	23609	22980	23335
S_общий, слева, с фильтром	24073	21870	21822	25158	25125	24450	23347	23123	22177	22719
Симметрия, без фильтра, %	83	42	93	97	94	95	98	96	93	95
Симметрия, с фильтром, %	98	93	98	98	98	98	98	98	97	98
Биоимпедансометрия										
Основной иск	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Связанный риск	1	2	0	3	1	3	1	3	1	1
Кол-во вых. за ± 40	2	4	0	57	6	38	0	8	0	0
Отведение 9,10	59	33	37	68	74	91	36	47	82	76
Компрессионная осциллометрия										
АД сист.	119	138	143	116	139	115	134	140	120	120
АД диаст.	70	74	61	60	71	68	74	72	70	80
Роботизированный комплекс КОН-ТРЕКС – оценка максимальной силы (режимы: Р1…Р4)										
Разгиб. пр. / Сгиб. лев. – Р1	1654	1248	1874	1707	1191	1390	1508	1295	1528	1649
Разгиб. пр. / Сгиб. лев. – Р2	1285	1172	1364	1250	1130	1215	1299	1266	1343	1298
Разгиб. пр. / Сгиб. лев. – Р3	883	923	1015	939	883	938	1027	1020	1011	1077
Разгиб. пр. / Сгиб. лев. – Р4	1134	836	1025	1037	823	1087	1133	1101	947	987
Разгиб. лев. / Сгиб. пр. – Р1	1450	1040	1539	1309	853	1103	1475	1438	1484	1325
Разгиб. лев. / Сгиб. пр. – Р2	1174	1092	1207	1102	959	1129	1300	1287	1252	1138
Разгиб. лев. / Сгиб. пр. – Р3	847	852	984	919	815	892	1013	1007	933	932
Разгиб. лев. / Сгиб. пр. – Р4	925	829	707	700	878	957	1160	962	762	890

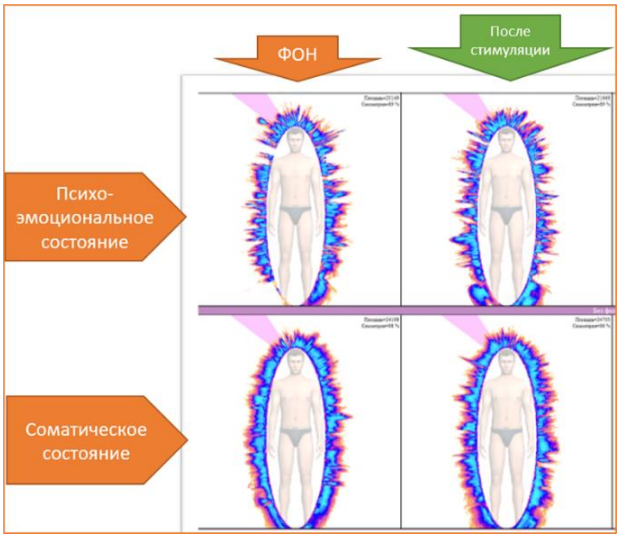


Рисунок 8.13 – Биоэлектрограмма спортсмена-испытуемого 3 до и после БАС МТ

Анализ динамики значений максимальной силы при различных режимах тестирования на комплексе КОН-ТРЕКС (таблица 8.3) выявил у двоих спортсменов увеличение физической работоспособности на 4-18 %, у двоих спортсменов – ее снижение на 3-15 % и у одного спортсмена – отсутствие ее изменений (в большинстве случаев значения максимальной силы практически не изменились).

В то же время, судя по данным, представленным в таблице 8.4, в процессе БАС МТ у спортсменов-испытуемых отмечалось достоверное ($p<0,05$) в среднем по группе по показателю М (величине средней перфузии крови в границах времени регистрации) увеличение на ~ 25-125 % регионального кровообращения (микроциркуляции), которое сохранялось в последующие 10 мин на уровне ~2-15 % (рисунок 8.14). По показателю микроциркуляции σ (среднее колебание перфузии относительно среднего значения потока крови) также во время БАС МТ наблюдалось достоверное ($p<0,05$) в среднем по группе увеличение микроциркуляции. Наиболее выраженные изменения микроциркуляции в процессе БАС МТ наблюдались у спортсменов-испытуемых 1 и 2. Так, у спортсмена-испытуемого 1 значение показателя микроциркуляции М во время стимуляции увеличилось с 8.36 до 16,06 п.е. (на 92,1 %), а у спортсмена-испытуемого 2 – с 7.88 до 17.91 п.е. (на 127,3 %). У спортсменов-испытуемых 3, 4 и 5 увеличение значений показателя микроциркуляции М во время стимуляции было менее выражено и составило 24,3-49,1 %, что наглядно продемонстрировано на рисунке 8.15.

Таблица 8.4 – Значения показателей микроциркуляции у спортсменов-испытуемых 1…5 до, во время и после однократного комплексного применения БАС МТ

Спортсмен-испытуемый	Время регистрации показателей	Показатели микроциркуляции		
		M, п.е.	σ, п.е.	Kv, %
1	До БАС МТ	8,36	1,19	14,22
	Во время БАС МТ	16,06	3,18	19,77
	После БАС МТ	8,55	1,06	12,43
2	До БАС МТ	7,88	0,89	11,29
	Во время БАС МТ	17,91	5,54	30,93
	После БАС МТ	8,73	0,99	11,31
3	До БАС МТ	10,4	1,14	10,91
	Во время БАС МТ	14,73	2,94	19,99
	После БАС МТ	11,88	1,01	8,46
4	До БАС МТ	8,93	0,8	8,97
	Во время БАС МТ	12,67	1,39	10,96
	После БАС МТ	10,02	0,96	9,61
5	До БАС МТ	12,98	0,51	3,9
	Во время БАС МТ	16,13	1,09	6,77
	После БАС МТ	14,07	0,76	5,43
Среднегрупповое значение	До БАС МТ	9,71±2,06	0,91±0,27	9,86±3,82
	Во время БАС МТ	15,5±1,94*	2,83±1,77*	17,68±9,35
	После БАС МТ	10,65±2,33	0,95±0,11	8,44±2,72

Примечание: * - достоверно отличаются от тестирования "До БАС МТ" ($p<0,05$).

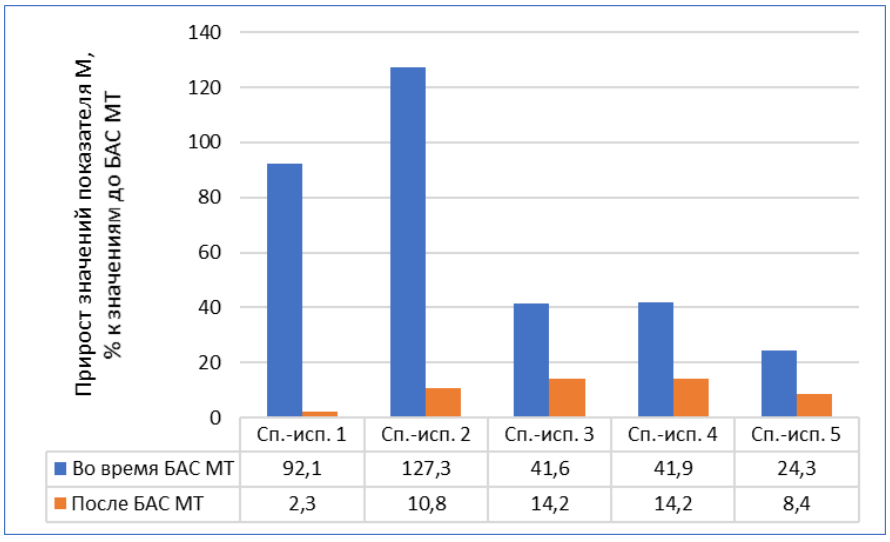


Рисунок 8.14 – Прирост значений показателя микроциркуляции М (в % к значениям до стимуляции) во время и после БАС МТ у спортсменов-испытуемых 1…5 (сп.-исп. 1 … сп.-исп. 5)



Рисунок 8.15 – Динамика изменений микроциркуляции у спортсменов-испытуемых 1…5 до, во время и после однократного комплексного применения БАС МТ (одновременная стимуляция мышц голени, бедра и воротниковой зоны) (А – спортсмен-испытуемый 1, Б – спортсмен-испытуемый 2, В – спортсмен-испытуемый 3, Г – спортсмен-испытуемый 4, Д – спортсмен-испытуемый 5) (по оси абсцисс – время оценки; по оси ординат – показатель перфузии, п.е.)

Таким образом, однократное комплексное применение БАС МТ (одновременная стимуляция мышц голени, бедра и воротниковой зоны) обусловило у всех участвовавших в исследовании спортсменов-испытуемых достоверное ($p<0,05$) увеличение микроциркуляции в местах наложения лат при отсутствии отрицательного влияния на общее состояние их организма.

Результаты оценки эффективности трехкратного комплексного применения БАС МТ (одновременной стимуляции мышц голени, бедра и воротниковой зоны) у 3 спортсменов-испытуемых представлены в таблицах 8.5 и 8.6, а также на рисунках 8.16-8.18.

Анализ представленных в таблице 8.5 результатов обследования не выявил у спортсменов-испытуемых достоверных различий значений показателей компрессионной осциллометрии, вариабельности сердечного ритма, биоимпедансометрии и биоэлектрограммы до и после трехкратного комплексного применения БАС МТ (одновременной стимуляции мышц голени, бедра и воротниковой зоны) БАС МТ, что свидетельствовало о локальном воздействии акустической стимуляции и отсутствии при этом отрицательных общих реакций организма. Значимых изменений физической работоспособности, оцененной по изменениям максимальной силы при различных режимах на комплексе КОН-ТРЕКС (таблица 8.5), также не было выявлено.

В то же время, судя по данным, представленным в таблице 8.6, в процессе всех трех сеансов БАС МТ у спортсменов-испытуемых отмечалось достоверное ($p<0,05$) в среднем по группе по показателю М (величине средней перфузии крови в границах времени регистрации) увеличение на ~ 25-135 % регионального кровообращения (микроциркуляции) , которое в большинстве случаев сохранялось в последующие 10 мин на уровне ~1-25 % (рисунок 8.16). При этом у спортсменов испытуемых 6 и 8 было отмечено, что значения показателя М после третьего сеанса стимуляции были больше значений до первого сеанса на 93,9 % и 47,5 %, соответственно, что свидетельствовало о выраженной кумуляции эффекта БАС МТ, например, у спортсмена-испытуемого 6 (рисунок 8.17).

Таким образом, трехкратное комплексное применение БАС МТ во время всех трех сеансов обусловило у всех участвовавших в исследовании спортсменов-испытуемых достоверное ($p<0,05$) увеличение микроциркуляции в местах наложения лат при отсутствии отрицательного влияния на общее состояние их организма и наличии кумуляции эффекта стимуляции.

Таблица 8.5 - Результаты обследования спортсменов-испытуемых 6…8 до и после трехкратного комплексного применения БАС МТ (одновременной стимуляции мышц голени, бедра и воротниковой зоны)

Показатель	Спортсмен-испытуемый 6		Спортсмен-испытуемый 7		Спортсмен-испытуемый 8	
	До БАС МТ	После 3-х кратной БАС МТ	До БАС МТ	После 3-х кратной БАС МТ	До БАС МТ	После 3-х кратной БАС МТ
Вариабельность сердечного ритма						
ЧСС, уд./мин	90	87	71	64	78	97
Индекс напряжения регуляторных систем, Si	148	140	50	94	150	1621
ИПРС	3,31	3,62	3,58	4,19	2,67	1,80
Биоэлектрограмма						
S_общий, справа, без фильтра	22690	23480	24460	26462	21384	23807
S_общий, фронтальный, без фильтра	23594	24063	26287	25990	23823	25227
S_общий, слева, без фильтра	23370	23433	25874	24301	24218	22510
S_общий, справа, с фильтром	24898	24954	26894	27926	27627	33338
S_общий, фронтальный, с фильтром	25857	25322	28390	27824	28598	34731
S_общий, слева, с фильтром	25594	24958	26930	25661	27526	31959
Симметрия, без фильтра, %	97	97	97	97	94	97
Симметрия, с фильтром, %	98	97	98	98	98	99
Биоимпедансометрия						
Основной иск	1	1	1	1	1	1
Связанный риск	1	1	1	1	1	1
Количество выходов за ± 40	11	1	11	0	0	1
Отведение 9,10	94	86	61	73	73	58
Компрессионная осциллометрия						
АД сист.	141	120	130	120	110	110
АД диаст.	75	85	90	80	70	70
Роботизированный комплекс КОН-ТРЕКС - – оценка максимальной силы (режимы: Р1…Р4)						
Разгиб. пр. / Сгиб. лев. – Р1	1390	1461	1295	1036	1649	1660
Разгиб. пр. / Сгиб. лев. – Р2	1215	1244	1266	1189	1298	1279
Разгиб. пр. / Сгиб. лев. – Р3	938	886	1020	952	1077	1077
Разгиб. пр. / Сгиб. лев. – Р4	1087	1059	1101	952	987	917
Разгиб. лев. / Сгиб. пр. – Р1	1103	1185	1438	1142	1325	1209
Разгиб. лев. / Сгиб. пр. – Р2	1129	1147	1287	1123	1138	1069
Разгиб. лев. / Сгиб. пр. – Р3	892	865	1007	931	932	957
Разгиб. лев. / Сгиб. пр. – Р4	957	1123	962	1061	890	879

Таблица 8.6 – Значения показателей микроциркуляции у спортсменов-испытуемых 6…8 до, во время и после каждого сеанса трехкратного комплексного применения БАС МТ (одновременной стимуляции мышц голени, бедра и воротниковой зоны)

Спортсмен-испытуемый	Сеанс	Время регистрации показателей	Показатели микроциркуляции		
			M, п.е.	σ, п.е.	Kv, %
6	Первый	До БАС МТ	10,4	1,14	10,91
		Во время БАС МТ	14,73	2,94	19,99
		После БАС МТ	11,88	1,01	8,46
	Второй	До БАС МТ	10,38	0,53	5,06
		Во время БАС МТ	19,68	4,08	20,73
		После БАС МТ	10,49	0,52	4,93
	Третий	До БАС МТ	17,73	0,86	4,85
		Во время БАС МТ	21,8	2,09	9,58
		После БАС МТ	20,17	0,68	3,37
7	Первый	До БАС МТ	15,74	1,83	11,63
		Во время БАС МТ	20,66	1,71	8,27
		После БАС МТ	19,59	0,96	4,88
	Второй	До БАС МТ	16,27	2,43	14,95
		Во время БАС МТ	20,32	2,75	13,52
		После БАС МТ	15,49	1,26	8,13
	Третий	До БАС МТ	8,87	0,32	3,64
		Во время БАС МТ	15,59	2,62	16,78
		После БАС МТ	9,6	0,37	3,85
8	Первый	До БАС МТ	6,27	1,13	18,09
		Во время БАС МТ	14,84	2,92	19,68
		После БАС МТ	6,18	1,05	17,01
	Второй	До БАС МТ	10,67	0,88	8,23
		Во время БАС МТ	18,64	2,67	14,35
		После БАС МТ	10,86	1,56	14,38
	Третий	До БАС МТ	9,83	1,6	16,3
		Во время БАС МТ	18,29	3,09	16,91
		После БАС МТ	9,25	1,65	17,86
Средне-групповые значения	Первый	До БАС МТ	10,80±4,75	1,37±0,40	13,54±3,95
		Во время БАС МТ	16,74±3,39*	2,52±0,70	15,98±6,68
		После БАС МТ	12,55±6,73	1,01±0,05	10,12±6,23
	Второй	До БАС МТ	12,44±3,32	1.28±1.01	9.41±5.05
		Во время БАС МТ	19,55±0,85*	3.17±0.79	16.20±3.94
		После БАС МТ	12,28±2,79	1,11±0,54	9,15±4,81
	Третий	До БАС МТ	12,14±4,87	0,93±0,64	8,26±6,99
		Во время БАС МТ	18,56±3,11*	2,15±0,92*	14,42±4,19
		После БАС МТ	13,01±6,20	0,90±0,67	8,36±8,23

Примечание: * - достоверно отличаются от тестирования "До БАС МТ" ($p<0,05$).

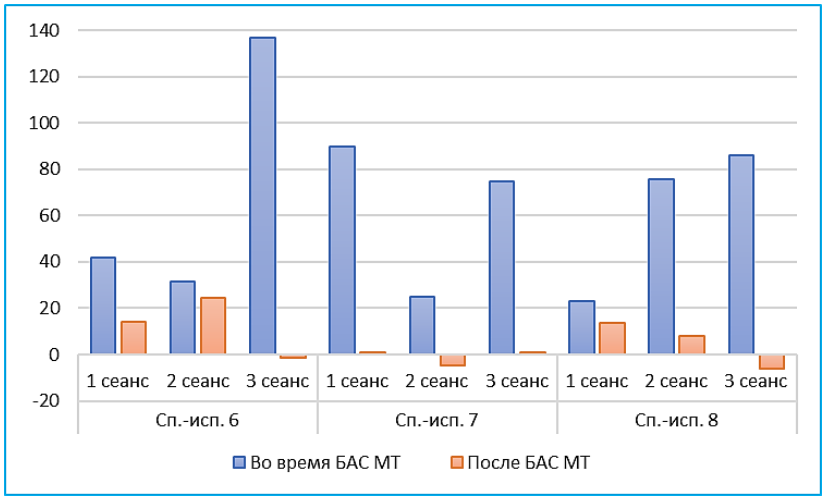


Рисунок 8.16 – Прирост значений показателя микроциркуляции М (в % к значениям до стимуляции) во время и после БАС МТ у спортсменов-испытуемых 6…8 (сп.-исп. 6 … сп.-исп. 8)

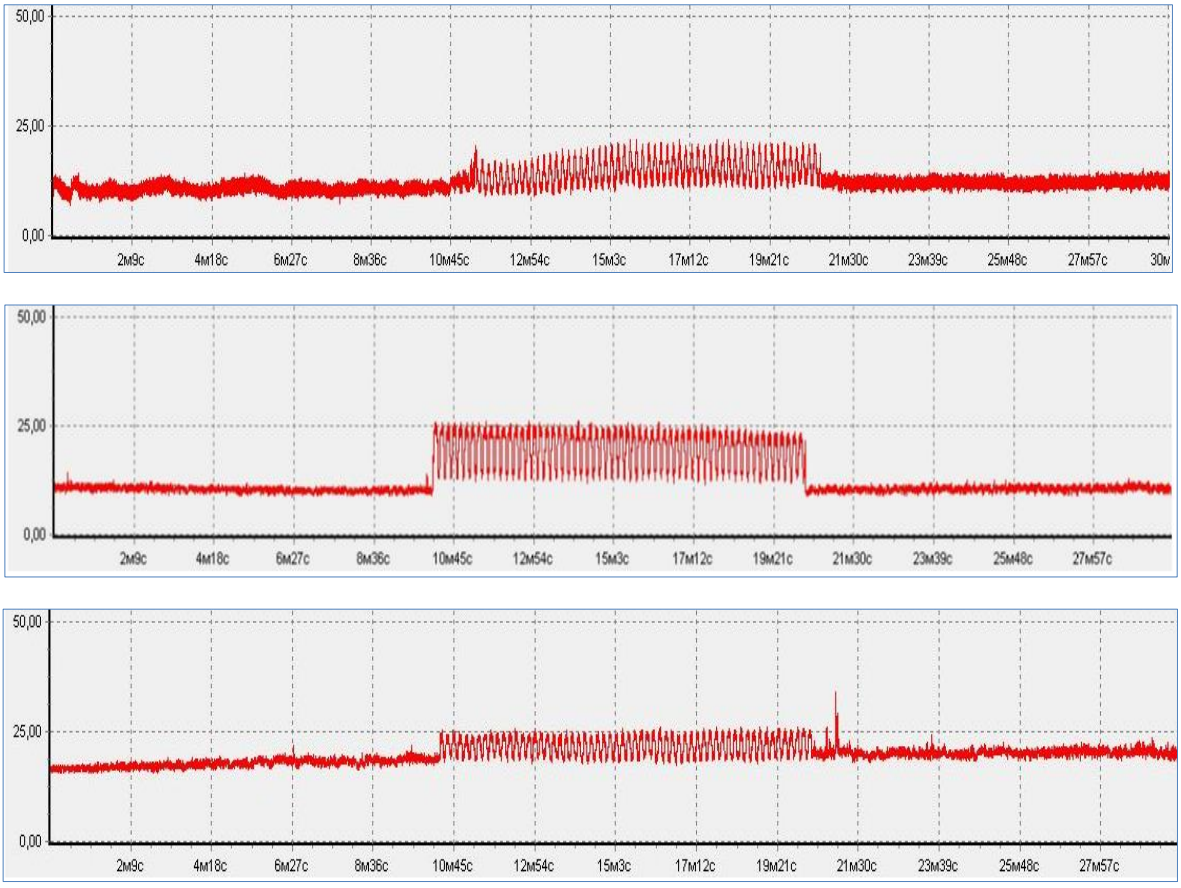


Рисунок 8.17 – Динамика изменений микроциркуляции у спортсмена-испытуемого 6 при трехкратном комплексном применении БАС МТ (три сеанса одновременной стимуляции мышц голени, бедра и воротниковой зоны)
(А – до, во время и после первого сеанса, Б – до, во время и после второго сеанса, В – до, во время и после третьего сеанса БАС МТ)
(по оси абсцисс – время оценки; по оси ординат – показатель перфузии, п.е.)

На основании вышеизложенного в главе 8 в целом представляется возможным заключить, что в настоящее время, исходя из ряда теоретических, методических и практических положений обоснованной в работе концепции повышения функциональных резервов организма человека при помощи БСДС, обоснована и разработана новая физиотерапевтическая технология на основе БАС МТ высокоинтенсивными звуками низкой частоты, позволяющая достоверно повышать региональный кровоток (микроциркуляцию) в местах акустического воздействия, не вызывая отрицательных изменений состояния организма человека, как при однократном, так и при трехкратном комплексном применении (одновременной стимуляции мышц голени, бедра и воротниковой зоны). Для практического применения БАС МТ создан, прошел технические испытания и клинико-экспериментальные исследования по оценке его применения по предназначению портативный аппаратно-программный комплекс. По мнению высококвалифицированного специалиста - эксперта, участвовавшего в исследовании, БАС МТ, реализуемая при помощи портативного АПК БАС МТ может рекомендована для использования не только в спортивной медицине, но и в клинической практике при различных заболеваниях в комплексе реабилитационных мероприятий. Для решения этого вопроса в перспективе необходимо проведение качественных рандомизированных контролируемых клинических исследований по оценке возможности и эффективности БАС МТ при различных состояниях и заболеваниях, а также государственной регистрация АПК БАС МТ как медицинского изделия.

В целом результаты настоящего исследования по обоснованию, разработке и оценке эффективности технологий БСДС и, на перспективу, БАС МТ позволяют сделать вывод о перспективности эффективного использования высокоинтенсивных звуков индивидуально подобранной низкой частоты в качестве преформированного фактора при разработке и реализации новых физических методов коррекции функционального состояния и медицинской реабилитации человека (спортсмена, пациента) в спортивной и восстановительной медицине, физиотерапии и курортологии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты анализа доступных сведений, содержащихся в отечественных и зарубежных источниках информации, о разрабатываемых и используемых в области восстановительной медицины, спортивной медицины, физиотерапии и курортологии профилактических и лечебно-реабилитационных немедикаментозных технологий сохранения, восстановления и повышения функциональных и адаптационных резервов организма человека, в частности, его кардио-респираторной системы, убедительно показали, что в настоящее время в ряду указанных технологий применительно к повышению функциональных резервов дыхательной системы организма человека ведущее место занимают физические методы и средства. При этом, несмотря на широкий спектр этих существующих и обладающих доказанной эффективностью технологий, потребность в новых средствах и методах, основанных на использовании различных физических факторов, в частности, акустических колебаний низкочастотного диапазона, остается актуальной и ее удовлетворение в связи с современными достижениями науки и техники является целью целого ряда научных исследований и практических работ.

В связи с этим, основываясь на результатах проведенных в последние десятилетия многочисленных физических и клинико-экспериментальных исследований, в том числе, собственных, по изучению влияния НЧАК на дыхательную систему организма экспериментальных животных и человека в настоящем исследовании была предпринята попытка разработки и научного обоснования концепции повышения функциональных резервов организма человека при помощи БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты для направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией.

При этом, системообразующим фактором являлось повышение функциональных резервов дыхательной системы и в целом организма человека (спортсмена, пациента) и, как следствие, улучшение (устранение нарушений) функции внешнего дыхания и повышение физической работоспособности

(повышение толерантности к физической нагрузке) за счет улучшения (устранения нарушений) легочной вентиляции и газообмена в легких в результате увеличения ЖЕЛ, обусловленного открытием резервных альвеол и увеличением площади поперечного сечения альвеолярных ходов и дыхательных бронхиол, вызываемых непосредственным воздействием высокоинтенсивных звуков индивидуально подобранной низкой частоты на респираторный тракт.

Для достижения указанной цели, исходя из принятой методологии разработки новых медицинских технологий и определения, что концепция - это систематизация всех идей (взглядов), выработанных для понимания направления достижения намеченной цели и определяющих замысел (стратегию действий) для решения поставленной задачи (проблемы), были определены основные направления и планируемые к последовательному и/или параллельному решению задачи исследования (рисунок 1.1), обуславливающие системное выполнение исследования от теоретического обоснования предлагаемой концепции повышения функциональных резервов организма человека при помощи БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты до ее практической реализации в комплексе профилактических и лечебно-восстановительных технологий восстановительной медицины, спортивной медицины, физиотерапии и курортологии. Кроме этого, в исследование, исходя из результатов обоснования, разработки и практического применения указанной концепции повышения функциональных резервов организма человека при помощи БСДС, было включено определение перспективности использования биоакустической стимуляции указанными звуками других органов и тканей организма для повышения функциональных резервов спортсмена/пациента – обоснование возможности использования БАС МТ высокоинтенсивными звуками низкой частоты в качестве перспективной немедикаментозной технологии повышения функциональных резервов организма человека.

Для реализации указанных направлений и решения поставленных задач в 2012-2021 годах в тесном взаимодействии и совместно с целым рядом специалистов органов управления, научно-исследовательских учреждений и

медицинских организаций Минздрава России, Минспорта России, Минобороны России, Минпромторга России, ФМБА России, Российской академии наук (руководителей, научных сотрудников, математиков, инженеров, врачей, психологов, тренеров, спортсменов и др.), которым автор искренне благодарен за их активное и бескорыстное участие в исследовании и обсуждении его результатов, оказанные при этом неоценимые помощь и поддержку, были проведены теоретические, физические, технические, экспериментальные и клинические исследования и испытания, в которых приняло участие 328 добровольцев-испытуемых (274 спортсмена, 38 пациентов, 16 экспертов). В указанных исследованиях и испытаниях при помощи 30 математических, физических, клинико-диагностических, функциональных, психологических и иных методов был получен большой массив расчетных, клинико-экспериментальных и медицинских данных. Статистическая обработка этих данных была проведена с использованием принятых компьютерных программ обработки данных.

Научное обоснование и разработка концепции повышения функциональных резервов организма человека при помощи БСДС как достижение цели исследования были выполнены в несколько последовательно и/или параллельно проведенных этапов, в целом соответствующих выбранным направлениям и поставленным задачам.

На первом (начальном) этапе исследования – первом (теоретическом) этапе обоснования концепции на основании научно-методических предпосылок, выявленных при анализе доступной информации, таких как данные о механизмах и положительном влиянии в определенных условиях НЧАК на дыхательную систему животных и человека, физические и математические представления о дыхательной системе как резонансном звукопоглотителе, метод акустической импедансометрии дыхательного тракта и др., было проведено теоретическое обоснование необходимости и возможности разработки технологии повышения функциональных резервов организма человека на основе БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты в качестве новой немедикаментозной технологии в области спортивной и восстановительной

медицины, физиотерапии и курортологии и, исходя из модельных представлений о дыхательной системе как резонансном звукопоглотителе типа резонатора Гельмгольца, была построена и рассмотрена математическая модель легкого в виде резонатора Гельмгольца сложной формы как теоретическая составляющая обосновываемой в работе концепции.

В результате проведенных теоретических исследований было установлено, во-первых, что вид частотной зависимости резистанса (активной компоненты импеданса дыхательной системы) может быть использован в качестве диагностического критерия при оценке состояния дыхательного тракта; во-вторых, что увеличение ЖЕЛ за счет открытия резервных альвеол и/или увеличения диаметра бронхиол можно достичь при воздействии высокоинтенсивных звуков низкой частоты с уровнем звукового давления до 130 дБ (63,2 Па) на резонансных (индивидуально подобранных) частотах (22-36 Гц), когда сопротивление минимально, давление в падающей волне с небольшим затуханием переносится по воздушным каналам на всю глубину воздушной полости и градиент давления между легкими и плевральной полостью составляет ≈ 10 %.

Физиологическое обоснование эффекта увеличения ЖЕЛ, возникающего в соответствии с данными теоретическими положениями, может быть дано, исходя из того, что на протяжении всего вдоха в плевральной полости поддерживается отрицательное давление, что позволяет альвеолам расправляться и заполнять дополнительное пространство в лёгочной ткани, возникающее при расширении грудной клетки. Давление в плевральной полости приблизительно на 3-4 мм рт. ст. (400-533 Па) ниже, чем в лёгких. При увеличении давления в альвеолах, обусловленном воздействием высокоинтенсивных звуков низкой частоты на резонансных частотах, возрастает градиент давления между плевральной полостью и лёгкими, что, в свою очередь, приводит к раскрытию резервных альвеол, которые ранее не участвовали в дыхательном процессе.

На основании указанных результатов, во-первых, были обоснованы и запатентованы способ диагностики состояния дыхательного тракта и устройство для импедансных исследований функции внешнего дыхания, а, во-вторых, были

сформулированы медико-технические требования к биоакустической системе, обеспечивающей необходимое для увеличения ЖЕЛ воздействие звуков низкой частоты на дыхательную систему человека, и предложено и запатентовано устройство для звуковой стимуляции дыхательной системы, технически реализующее данную систему.

На последующем подэтапе выше указанного этапа исследования указанная биоакустическая система была технически реализована в виде макетного образца АПК БСДС и с его помощью было проведено клинико-экспериментальное обоснование режимов и параметров БСДС человека.

Результаты проведенного клинико-экспериментального исследования показали, что применение шестикратного биоакустического воздействия сканирующим тональным сигналом с УЗД 130 дБ в диапазоне частот 22-36 Гц приводит к изменениям акустических показателей дыхательного тракта у добровольцев-испытуемых (резонансная частота увеличивается; коэффициент поглощения снижается; сопротивление увеличивается), свидетельствующим об открытии резервных альвеол и увеличении площади поперечного сечения альвеолярных ходов и дыхательных бронхиол, т.е. были убедительно подтверждены ранее определенные теоретические положения о воздействии высокоинтенсивных акустических колебаний низкой частоты на дыхательную систему человека.

Следующий (второй) этап исследования был посвящен разработке АПК БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты как технологического аспекта (составляющей) обосновываемой в работе концепции и проведению его технических и клинических испытаний в целях государственной регистрации как медицинского изделия.

В результате проведенных научных исследований и практических работ был создан серийный образец АПК БСДС – аппарат акустической стимуляции легких по ТУ 26.60.12002-18954585-2019, который как показали его технические и клинические испытания соответствует требованиям нормативной документации, технической и эксплуатационной документации разработчика (производителя),

конструктивно адаптирован к заданным условиям эксплуатации и транспортировки, обеспечивает необходимую степень защиты персонала и пациентов в соответствии с требованиями нормативной документации, а также соответствует своей области медицинского назначения и может безопасно применяться в соответствии с показаниями к применению в целях повышения функциональных резервов дыхательной системы человека в спортивной и восстановительной медицине.

Данное заключение было сделано на основании того, что БСДС, реализованная при помощи созданного серийного образца АПК БСДС, обусловила у добровольцев-испытуемых, участвовавших в клинических испытаниях, значимое повышение функциональных резервов дыхательной системы, достоверно ($p<0,05$) увеличив ЖЕЛ и экскурсию грудной клетки за счет фазы выдоха, не оказывая при этом негативного влияния на клинические, гематологические и биохимические показатели состояния организма.

Указанный серийный образец АПК БСДС – аппарат акустической стимуляции легких и определенная техническая процедура проведения стимуляции при его применении были использованы для БСДС добровольцев-испытуемых (спортсменов, пациентов, экспертов) на последующих этапах исследования – при разработке и обосновании методики БСДС человека (спортсмена, пациента), обосновании и оценке эффективности применения БСДС для повышения физической работоспособности и выносливости спортсменов циклических видов спорта, оценке эффективности БСДС для повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсменов различных видов спорта при практическом применении в реальных условиях спортивной деятельности, а также при обосновании возможности и оценке эффективности применения БСДС в клинической практике при бронхолегочной патологии.

Исследования по разработке и обоснованию методики БСДС человека (спортсмена, пациента) (третий этап исследования – этап разработки положений методической составляющей обосновываемой в работе концепции) включали оценку возможности использования БСДС для повышения функциональных

резервов дыхательной системы у людей, регулярно не занимающихся физическими упражнениями; определение индивидуальных особенностей дыхательной системы спортсменов в зависимости от физического состояния и оценку влияния различных режимов БСДС на показатели функционального состояния спортсменов.

В результате проведенных исследований были получены данные, которые свидетельствовали об достоверном ($p<0,05$) увеличении ЖЕЛ после БСДС у спортсменов и у людей, регулярно не занимающихся физическими упражнениями; в целом положительном влиянии БСДС на психологическое и соматическое состояние организма человека при условии правильного подбора частотного спектра и адекватных режимов воздействия звуков низкой частоты, генерируемых АПК БСДС, а также учете индивидуальных особенностей воздействия указанных акустических колебаний на дыхательную систему и индивидуальных психологических особенностей человека; возможности проведения БСДС в любой период спортивной деятельности в удобное для спортсмена время; положительном влиянии БСДС на физическую работоспособность спортсменов, которое характеризовалось увеличением времени выполнения физической нагрузки, снижением уровня МПК, увеличением дыхательного объема и снижением максимальной частоты дыхательных движений, были обоснованы и сформулированы основные положения методики БСДС организма человека высокоинтенсивными звуками низкой частоты – целевой методики повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсмена с использованием БСДС.

Основные положения указанной целевой методики включали предназначение методики; основные показания и противопоказания к применению БСДС; описание технического средства, позволяющего адекватно требованиям нормативной и эксплуатационной документации безопасно и достаточно эффективно проводить БСДС; техническую процедуру проведения сеанса БСДС при помощи используемого технического средства; описание и порядок проведения курса и сеансов БСДС, рекомендуемых к назначению спортсменам/пациентам, включая амплитудно-временные параметры

акустической стимуляции в процессе отдельных сеансов проводимого курса; содержание и порядок обследования спортсмена/пациента для определения его состояния до и после сеанса и в целом курса БСДС.

Указанные методические положения были использованы при разработке методических рекомендаций по применению биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты для повышения функциональных резервов органов дыхания и профилактики бронхоспазма (МР ФМБА России 69-2017), а также на их основе был предложен и запатентован способ повышения функциональных резервов организма.

В целом результаты первого-третьего этапов исследования позволили определить следующий механизм развития заданного эффекта БСДС: повышение функциональных резервов организма человека при помощи БСДС обусловлено тем, что при непосредственном и целенаправленном воздействии на респираторный тракт высокоинтенсивных звуков низкой частоты на индивидуально подобранных резонансных частотах происходит увеличение давления в альвеолах, что приводит к возрастанию градиента давления между плевральной полостью и лёгкими и, как следствие, к раскрытию резервных альвеол, и расширение диаметра дыхательных бронхиол, вследствие стимулирующего действия звуков на проприорецепторы гладких мышц, в результате чего происходит увеличение жизненной емкости легких и, как следствие, за счет увеличения площади альвеоло-капиллярного барьера и объема вентиляции, а также повышения диффузного давления, увеличение газообмена в легких, которое обуславливает увеличение кислородной емкости, буферных свойств крови и величины максимального потребления кислорода организмом, что, соответственно, повышает адаптацию организма к физическим нагрузкам и активизирует восстановительные процессы.

Следующий (четвертый) этап исследования, посвященный оценке эффективности применения БСДС для повышения физической работоспособности и выносливости спортсменов циклических (лыжных) видов спорта, включал исследования по подтверждению эффективности разработанной методики

проведения БСДС для повышения функциональных резервов дыхательной системы спортсменов циклических (лыжных) видов спорта по изменениям значений ЖЕЛ после трех и шести сеансов БСДС; исследования по оценке влияния БСДС на аэробную работоспособность указанных спортсменов по изменениям после трех и шести, двух и четырех и одного сеансов БСДС показателей, характеризующим работоспособность спортсмена при выполнении нагрузочного теста на беговой дорожке со ступенчато возрастающей нагрузкой «до отказа»; исследования по оценке влияния БСДС на анаэробную работоспособность спортсменов по изменениям после трех и шести, двух и четырех и одного сеансов БСДС показателей, характеризующим физическую работоспособность спортсмена при выполнении на велоэргометре нагрузочного 30-секундного Вингейт-теста.

В результате проведенных исследований было показано, что курсовое применение БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты, проводимой в соответствии с разработанной методикой, даже курса, состоящего из одного-трех сеансов, значимо повышает функциональные резервы дыхательной системы спортсменов циклических видов спорта, вызывая у них не менее чем в 70 % случаев достоверное ($p<0,05$) и достаточно длительное (до трех недель) увеличение ЖЕЛ на 5-15 %, улучшение субъективного состояния в 90-100 % случаев, и, судя по изменениям основных функциональных показателей физической работоспособности при выполнении спортсменами аэробных и анаэробных физических нагрузок, достоверное ($p<0,05$) и достаточно длительное (до 7 дней) повышение в 80-90 % случаев физической (аэробной и анаэробной) работоспособности и выносливости, что позволило рекомендовать данный метод, реализуемый при помощи разработанного АПК БСДС, в качестве немедикаментозной технологии направленной коррекции функционального состояния указанных спортсменов в системе их медико-биологического обеспечения. То есть, в ходе выполнения четвертого этапа исследования была показана правомерность применения для направленной коррекции функционального состояния спортсменов вышеуказанных теоретических, технологических и методических положений разрабатываемой концепции

повышения функциональных резервов организма человека при помощи БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты, обоснованных в ходе выполнения первого-третьего этапов исследования.

В последующем при практическом применении БСДС в комплексе мероприятий медико-биологического обеспечения спортивной деятельности в тренировочный период (в реальных условиях спортивной деятельности) (пятый этап исследования – этап обоснования прикладной составляющей обосновываемой в работе концепции) было показано, что БСДС эффективно повышает функциональные резервы дыхательной системы спортсменов различных видов спорта - циклических, сложнокоординационных и игровых, у 70-100 % из них увеличивая ЖЕЛ в среднем на 4,1-6,7 % и по субъективным оценкам облегчая дыхание, что, по субъективным данным, полученным от тренеров указанных спортсменов, у 80-100 % спортсменов значимо повышает физическую выносливость в период тренировок и существенно сказывается на спортивной результативности в соревновательный период.

В связи с вышеизложенным отдельным подэтапом пятого этапа исследования явилось определение роли и подтверждение заключения об эффективности применения БСДС в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта, для чего были проведены исследования по сравнительной оценке эффективности различных методов повышения функциональных возможностей организма спортсмена, активно используемых или настоятельно рекомендуемых к использованию при реализации комплекса мероприятий медико-биологического обеспечения спортсменов при проведении тренировочной, реабилитационно-восстановительной и рекреационной программы у спортсменов в условиях лечебных учреждений и спортивных центров – фармакологической поддержки спортсменов (прием продукта специализированного спортивного питания) и одной из методик (техник) мануальной терапии (постизометрической миорелаксации купола диафрагмы), применяемой у спортсмена при нарушениях тонуса диафрагмы и миофасциальных болях в местах ее крепления.

В результате указанных исследований было показано, что БСДС представляется возможным использовать вместо фармакологической поддержки, особенно при необходимости получения эффекта в более ранние сроки, или в комплексе с ней для достижения выраженного эффекта повышения физической работоспособности спортсменов в течение всего тренировочного периода, а метод постизометрической миорелаксации купола диафрагмы по эффективности повышения функциональных резервов дыхательной системы уступает БСДС, даже при ее однократном применении, по частоте случаев увеличения значений ЖЕЛ, выраженности указанных изменений и, что чрезвычайно важно для практической деятельности, сложности проведения процедуры воздействия на дыхательную систему. При этом было отмечено, что, совместное и/или сочетанное применение метода постизометрической миорелаксации купола диафрагмы и БСДС в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния спортсменов может обеспечить выраженное повышение функциональных резервов их организма.

На основании представленных выше результатов исследования (результатов клинико-экспериментальных исследований и практических работ) на седьмом этапе работы были обоснованы и сформулированы основные положения методических рекомендаций по практическому применению БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта.

На шестом этапе исследования, посвященном обоснованию возможности и оценке эффективности применения БСДС в клинической практике при бронхолегочной патологии, на основании выше представленных результатов использования БСДС для решения задач спортивной медицины, было выдвинуто предположение, что применение БСДС в качестве одного из методов медицинской реабилитации пациентов после COVID-пневмонии позволит у данных пациентов увеличить ЖЕЛ и, как следствие, улучшить газообмен в легких и повысить толерантность организма к физическим нагрузкам, а также улучшить

психоэмоциональное состояние, снизить выраженность посттравматических стрессовых расстройств.

В связи с этим было проведено клиническое исследование, целью которого явилось изучение влияния БСДС на динамику функциональных показателей системы дыхания и сердечно-сосудистой системы, а также показателей психоэмоционального и соматического состояний, выраженности посттравматических стрессовых расстройств и когнитивных возможностей у пациентов, перенесших COVID-19, и обоснование возможности и целесообразности использования БСДС в комплексной медицинской реабилитации на санаторно-курортном этапе пациентов, перенесших COVID-пневмонию, и при других заболеваниях органов дыхания, в частности, при ХОБЛ.

В результате указанного исследования было установлено, что применение БСДС в комплексе реабилитационных мероприятий, судя по полученным субъективным и объективным данным, характеризующим изменения функциональных показателей системы дыхания и сердечно-сосудистой системы, показателей психоэмоционального и соматического состояний, выраженность посттравматических стрессовых расстройств и когнитивных возможностей, значимо повышает эффективность медицинской реабилитации пациентов, перенесших COVID-пневмонию, что позволило рекомендовать данную технологию в качестве эффективной немедикаментозной (физической) технологии для включения в комплексную медицинскую реабилитацию на санаторно-курортном этапе пациентов, перенесших COVID-пневмонию, а также, исходя из схожести нарушений дыхательной функции и направленности решаемых реабилитационных задач, при лечении и медицинской (пульмонологической, легочной) реабилитации пациентов с другими заболеваниями органов дыхания, в частности, при ХОБЛ. То есть, в ходе выполнения шестого этапа исследования была показана правомерность применения для медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией теоретических, технологических, методических и прикладных положений разрабатываемой концепции повышения функциональных резервов организма человека при помощи БСДС

высокоинтенсивными звуками низкой частоты, обоснованных в ходе выполнения первого-пятого этапов исследования.

На основании вышеуказанных результатов клинического исследования по оценке эффективности и безопасности применения БСДС в комплексной реабилитации пациентов, перенесших COVID-пневмонию и данных об аппаратурной реализации, эффективности и безопасности применения БСДС у спортсменов различных видов спорта на седьмом этапе работы были разработаны методические рекомендации по применению БСДС (акустической стимуляции легких) в комплексе мероприятий медицинской реабилитации пациентов при диагнозе «Другая хроническая обструктивная легочная болезнь», включающие определение предназначения и области применения рекомендаций; основные показания и противопоказания к применению БСДС; описание технического средства, позволяющего адекватно требованиям нормативной и эксплуатационной документации, безопасно и достаточно эффективно проводить БСДС; техническую процедуру проведения сеанса БСДС при помощи используемого технического средства; описание и порядок проведения курса и сеансов БСДС, рекомендуемых к назначению пациентам, включая амплитудно-временные параметры акустической стимуляции в процессе отдельных сеансов проводимого курса; содержание и порядок обследования пациента для оценки его состояния до и после сеанса/курса БСДС.

На завершающем (восьмом) этапе исследования, исходя из научных и практических результатов обоснования и реализации БСДС, как технологии, и в целом результатов обоснования концепции повышения функциональных резервов организма человека при помощи БСДС для направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией (первый-шестой этапы исследования), а также имеющихся в настоящее время данных об эффектах воздействия НЧАК на организм человека, полученных при выполнении по данной проблеме широкого спектра теоретических и клинико-экспериментальных исследований, была рассмотрена возможность использования индивидуально

определенных высокоинтенсивных звуков низкой частоты для биоакустической стимуляции, помимо дыхательной системы, также других органов и тканей организма человека с целью повышения его функциональных резервов.

В результате теоретической и экспериментальной проработки данного вопроса с позиций эффектов взаимодействия высокоинтенсивной низкочастотной звуковой волны с различными тканями организма, в частности, с мышечной тканью, а также исходя из теоретических, методических и технологических решений по обеспечению целевого и безопасного воздействия высокоинтенсивных звуков низкой частоты на дыхательную систему организма человека, была выдвинута и доказана гипотеза обеспечения возможности массажа мышечной ткани конечности за счет реализации воздействия на эту ткань звукового давления, проводимого низкочастотными колебаниями индивидуально подобранной частоты через замкнутую в ограниченном объеме воздушную среду, для достижения восстановительного эффекта за счет повышения интенсивности кровотока в мелких сосудах мышечной ткани конечности.

В итоге была обоснована и разработана новая физиотерапевтическая технология на основе БАС МТ высокоинтенсивными звуками низкой частоты, позволяющая достоверно повышать региональный кровоток (микроциркуляцию) в местах акустического воздействия, не вызывая отрицательных изменений состояния организма человека, как при однократном, так и при трехкратном комплексном применении (одновременной стимуляции мышц голени, бедра и воротниковой зоны). Для практического применения БАС МТ был создан, прошел технические испытания и клинико-экспериментальные исследования по оценке его применения по предназначению портативный аппаратно-программный комплекс.

Полученные результаты позволили предложить и запатентовать способ повышения интенсивности кровотока в сосудах мышечной ткани, средство для акустической стимуляции мышц конечности, акустический стимулятор кровотока в мышцах рук, биомеханическое устройство для акустической стимуляции мышц ног, акустическое устройство для стимуляции мышечной ткани конечностей и

биомеханическое средство для акустической стимуляции мышечной ткани конечности.

Кроме этого, результаты исследования по обоснованию, разработке и оценке эффективности БАС МТ, проведенного на основе теоретических, методических и технологических решений, полученных при обосновании БСДС, позволили сделать вывод о перспективности эффективного использования высокоинтенсивных звуков индивидуально подобранной низкой частоты в качестве преформированного фактора при разработке и реализации новых физических методов персонализированной коррекции функционального состояния и медицинской реабилитации человека (спортсмена, пациента) в восстановительной и спортивной медицине, физиотерапии и курортологии.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, в целом, в результате проведенного исследования была научно обоснована, разработана и реализована как ведущий замысел, конструктивный принцип, система взглядов концепция повышения функциональных резервов организма человека при помощи БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты для направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией, включающая системно связанные между собой и вытекающие один из другого теоретические, технологические, клинико-экспериментальные и практические представления и данные о механизмах, эффектах и методиках непосредственного воздействия низкочастотных акустических колебаний индивидуально подобранной (персонализированной) частоты на дыхательную систему для целенаправленного повышения функциональных резервов организма человека (спортсмена, пациента), а, именно:

- теоретические представления о резонансном взаимодействии НЧАК с респираторным трактом - математическая модель легкого в виде резонатора Гельмгольца сложной формы;

- обоснованные технологические решения по обеспечению целевого и безопасного персонализированного воздействия высокоинтенсивных звуков

низкой частоты на дыхательную систему организма человека - аппарат акустической стимуляции легких, техническая процедура проведения БСДС;

- клинико-экспериментальные данные об эффектах и механизмах биоакустического воздействия на дыхательную систему организма человека – данные об изменениях ЖЕЛ и их динамике при различных режимах воздействия высокоинтенсивных звуков персонализированной низкой частоты, биофизические механизмы развития этого эффекта, эффективные и безопасные режимы БСДС;

- методологию и целевые методики БСДС организма спортсменов различных видов спорта и пациентов с бронхолегочной патологией – порядок и методики проведения БСДС у спортсменов и пациентов для направленной коррекции функционального состояния организма и медицинской реабилитации;

- оценки эффективности применения БСДС для повышения функциональных резервов дыхательной системы и физической работоспособности спортсменов различных видов спорта в модельных и реальных условиях спортивной деятельности – данные об изменениях субъективного состояния, функциональных резервов дыхательной системы и физической (аэробной и анаэробной) работоспособности спортсменов при применении различных курсов БСДС в модельных и реальных условиях спортивной деятельности;

- обоснование возможности, профиля безопасности и оценки эффективности применения БСДС при бронхолегочной патологии – обоснование возможности решения при помощи БСДС части задач реабилитации органов дыхания; безопасный режим применения БСДС у пациентов с бронхолегочной патологией; данные об изменениях у пациентов с бронхолегочной патологией при курсовом применении БСДС функциональных показателей дыхательной и сердечно-сосудистой систем, психоэмоционального и соматического состояний, выраженности ПТСР и когнитивных возможностей;

- практические рекомендации по применению БСДС в системе медико-биологического обеспечения спортсменов и клинической практике при бронхолегочной патологии – основные показания и противопоказания к применению БСДС; описание технического средства, позволяющего безопасно и

эффективно проводить БСДС; техническая процедура проведения сеанса БСДС при помощи используемого технического средства; описание и порядок проведения курса и сеансов БСДС, рекомендуемых к назначению спортсменам/пациентам, включая амплитудно-временные параметры акустической стимуляции в процессе отдельных сеансов проводимого курса; содержание и порядок обследования спортсмена/пациента для определения его состояния до и после сеанса и в целом курса БСДС;

- перспективные направления развития разработанной концепции в интересах восстановительной и спортивной медицины, физиотерапии и курортологии – обоснование перспективности эффективного использования высокоинтенсивных звуков индивидуально подобранной низкой частоты в качестве преформированного фактора при разработке и реализации новых физических методов персонализированной коррекции функционального состояния и медицинской реабилитации человека (спортсмена, пациента) на примере разработки и оценки эффективности БАС МТ как новой физиотерапевтической технологии.

Схематично концепция представлена на рисунке 31.

Указанная концепция является новой, до этой работы никем не обоснованной и в приведенном выше формате никем не представленной, а некоторые ее теоретические, технологические, клинико-экспериментальные и практические положения, как это указано во введении, не были ранее известны и были определены впервые.

В тоже время, указанная концепция, конечно, основана на целом ряде научных положений, вытекающих из результатов ранее проведенных исследований – теоретических положений, концептуальных взглядов, отдельных научных и практических результатов и т.п., определенных и полученных различными исследователями, которые занимались проблемой воздействия НЧАК на дыхательную систему организма подопытных животных и человека, и развивает эти положения, существенно дополняя имеющиеся в них представления об эффектах и механизмах воздействия НЧАК на организм человека.



Рисунок 31 - Концепция повышения функциональных резервов организма человека при помощи БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты для направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией (блок-схема)

Так, во введении и литературном обзоре уже отмечалось, что в настоящей работе изучение возможности повышения функциональных резервов организма человека (спортсмена, пациента) при помощи воздействия на респираторный тракт высокоинтенсивными звуками низкой частоты и обоснование концепции использования БСДС в качестве немедикаментозной технологии в комплексе методов и средств направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с

бронхолегочной патологией проводились на основе результатов исследований по изучению механизмов и оценке эффектов воздействия НЧАК на дыхательную систему подопытных животных и человека, выполненных Г.Н. Пономаренко (1993, 2006), В.И. Свидовым (1994), И.М. Ахметзяновым (2002), В.Н. Зинкиным (2011, 2016), С.П. Драганом (1988, 1998, 2015), А.В. Богомоловым (2015, 2018) и целым рядом других исследователей.

Научные положения, вытекающие из результатов указанных исследований, в частности, перспективность использования НЧАК в качестве основы физиотерапевтических технологий, модельные представления о дыхательной системе как резонансном звукопоглотителе типа резонатора Гельмгольца, математическое обоснование и разработка метода акустической импедансометрии дыхательного тракта, экспериментальные данные о положительном влиянии НЧАК в определенных условиях на дыхательную систему животных и человека и т.д., в наибольшей степени явились научно-методическими предпосылками и основой для формулирования гипотезы, постановки и выполнения исследования по обоснованию, разработке и реализации вышеприведенной концепции повышения функциональных резервов организма человека при помощи БСДС высокоинтенсивными звуками низкой частоты для направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией, а также получили дальнейшее развитие в настоящей работе.

Так, были получены новые научные данные, существенно дополняющие ранее имевшиеся представления об эффектах и механизмах воздействия НЧАК на организм человека; разработана математическая модель легкого в виде резонатора Гельмгольца сложной формы; создан и испытан аппарат акустической стимуляции легких, безопасно реализующий персонализированное воздействие НЧАК на дыхательную систему организма человека; разработана методология и целевые методики БСДС организма человека высокоинтенсивными НЧАК; обосновано применение БСДС для повышения функциональных резервов организма человека в комплексе методов повышения физической работоспособности спортсменов и

медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией; получены оценки эффективности применения БСДС у спортсменов в модельных и реальных условиях спортивной деятельности и у больных с бронхолегочной патологией при проведении комплекса реабилитационных мероприятий. На основе этих и других результатов исследования, была обоснована вышеуказанная концепция.

Конечно, как справедливо может быть расценено, и как это было выше указано в работе при определении ее цели и характеристике основных направлений исследования, в настоящем исследовании была предпринята лишь попытка разработки и научного обоснования указанной концепции, т.е. попытка систематизации полученных в исследовании представлений и решений в интересах достижения цели работы, исходя из определения понятия «концепция» и, исходя из него, предъявляемых требований (рекомендаций) по содержанию концепции как ведущего замысла, конструктивного принципа, системы взглядов при решении поставленной задачи (проблемы) в определенной области, а также понимания автором полученных в исследовании научных результатов и имеющихся у него знаний в рассматриваемой области.

Насколько удачной явилась эта реализованная в настоящее время попытка, покажет дальнейшее приятие/неприятие вышеприведенной концепции научным и врачебным сообществом и использование/неиспользование ее в спортивной и восстановительной медицине, но уже сейчас представляется возможным заключить, что определенные положения этой обоснованной в исследовании концепции – теоретические, технологические, клинико-экспериментальные и практические представления и данные о механизмах, эффектах и методиках непосредственного воздействия НЧАК персонализированной частоты на дыхательную систему для целенаправленного повышения функциональных резервов организма человека (спортсмена, пациента), в совокупности с результатами других исследований по рассматриваемой проблеме сохранения, восстановления и повышения функциональных резервов организма человека при помощи немедикаментозных (физических) технологий, могут послужить основой для разработки валидных клинических рекомендаций по применению технологий

на основе БСДС и БАС МТ и других физических методов и средств в комплексе профилактических и лечебно-реабилитационных мероприятий, реализуемых в восстановительной медицине, спортивной медицине, физиотерапии и курортологии при различных изменениях функционального состояния и заболеваниях человека.

Кроме этого, также следует отметить, что уже сейчас основные результаты настоящей работы по обоснованию вышеуказанной концепции были использованы при разработке утвержденных на федеральном уровне методических рекомендаций, предназначенных для использования в области восстановительной и спортивной медицины, а разработанная технология БСДС практически используется при проведении профилактических и лечебно-восстановительных мероприятий у спортсменов и пациентов в Центре спортивной медицины и реабилитации ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (г. Москва), Центре прикладных проблем токсикологии и фармакологии ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России (г. Санкт-Петербург), Филиале «Клинический санаторий «Волга» ФГБУ «СКК «Приволжский» Минобороны России (г. Самара).

ВЫВОДЫ

1. Разработка обладающих доказанной эффективностью новых немедикаментозных методов и средств сохранения, восстановления и повышения функциональных резервов организма человека, основанных на применении в качестве искусственного физического фактора низкочастотных акустических колебаний, исходя из результатов анализа современных достижений медицинской науки и практики, является в настоящее время одним из активно развиваемых и востребованных направлений развития и совершенствования системы диагностических, профилактических и лечебно-восстановительных технологий восстановительной медицины, спортивной медицины и физиотерапии.

2. Высокоинтенсивные звуки низкой частоты с уровнем звукового давления до 130 дБ (63,2 Па) на индивидуально подобранных (персонализированных) резонансных частотах (22-36 Гц), исходя из модельных представлений о дыхательной системе как резонансном звукопоглотителе типа резонатора Гельмгольца и основываясь на результатах проведенных физических и клинико-экспериментальных исследований, при непосредственном и целенаправленном воздействии на респираторный тракт приводят к открытию резервных альвеол и увеличению площади поперечного сечения альвеолярных ходов и дыхательных бронхиол, т.е. к увеличению жизненной емкости легких, улучшению газообмена и, соответственно, к повышению функциональных резервов дыхательной системы и в целом организма человека.

3. Разработанный в ходе исследования аппаратно-программный комплекс биоакустической стимуляции дыхательной системы – аппарат акустической стимуляции легких соответствует требованиям нормативной, технической и эксплуатационной документации, конструктивно адаптирован к заданным условиям эксплуатации и транспортировки, обеспечивает необходимую степень защиты персонала и пациентов, соответствует своей области медицинского назначения и позволяет безопасно проводить биоакустическую стимуляцию дыхательной системы человека высокоинтенсивными звуками низкой частоты с целью восстановления и повышения функциональных резервов его организма.

4. Повышение функциональных резервов организма человека при помощи биоакустической стимуляции дыхательной системы обусловлено тем, что при непосредственном и целенаправленном воздействии на респираторный тракт высокоинтенсивных звуков низкой частоты на индивидуально подобранных резонансных частотах происходит увеличение давления в альвеолах, что приводит к возрастанию градиента давления между плевральной полостью и лёгкими и, как следствие, к раскрытию резервных альвеол, и расширение диаметра дыхательных бронхиол, вследствие стимулирующего действия звуков на проприорецепторы гладких мышц, в результате чего происходит увеличение жизненной емкости легких и, как следствие, за счет увеличения площади альвеоло-капиллярного барьера и объема вентиляции, а также повышения диффузного давления в альвеолах, увеличение газообмена в легких, которое обуславливает увеличение кислородной емкости, буферных свойств крови и величины максимального потребления кислорода организмом, что, соответственно, повышает адаптацию организма к физическим нагрузкам и активизирует восстановительные процессы.

5. Биоакустическая стимуляция дыхательной системы организма человека высокоинтенсивными звуками низкой частоты для повышения функциональных резервов его организма методологически должна проводиться по определенным показаниям, с учетом установленных противопоказаний и в соответствии с отработанной целевой методикой в виде курса стимуляции, состоящего в зависимости от состояния пациента (спортсмена) и решаемых при этом задач из определенного количества сеансов, включающих по три-пять процедур стимуляции, проводимых при изменении частоты тонального сигнала от минимального до максимального значения резонанса респираторного тракта и обратно за время дыхательного цикла, индивидуально определенного для пациента (спортсмена), в диапазоне индивидуально подобранных частот.

6. Курсовое применение биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты, проводимой в соответствии с разработанной целевой методикой, даже курса, состоящего из одного-трех сеансов значимо повышает функциональные резервы дыхательной системы спортсменов

циклических видов спорта, вызывая у них не менее чем в 70 % случаев достоверное ($p<0,05$) и достаточно длительное (до трех недель) увеличение жизненной емкости легких на 5-15 %, улучшение субъективного состояния в 90-100 % случаев и достоверное ($p<0,05$) и достаточно длительное (до 7 дней) повышение в 80-90 % случаев физической (аэробной и анаэробной) работоспособности и выносливости.

7. Биоакустическая стимуляция дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты при практическом применении в комплексе мероприятий медико-биологического обеспечения спортивной деятельности в тренировочный период эффективно повысила функциональные резервы дыхательной системы спортсменов циклических, сложнокоординационных и игровых видов спорта, у 70-100 % из них увеличив жизненную емкость легких в среднем на 4,1-6,7 % и по субъективным оценкам облегчив дыхание, что, по субъективным данным, полученным от тренеров указанных спортсменов, у 80-100 % спортсменов значимо повысило физическую выносливость в период тренировок и существенно сказалось на спортивной результативности в соревновательный период.

8. Проведение биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты оказывает сравнимое с фармакологической поддержкой и более выраженное по сравнению с постизометрической миорелаксацией купола диафрагмы положительное влияние на физическую работоспособность и состояние дыхательной системы спортсменов, что позволяет предположить возможность использования данной технологии вместо фармакологической поддержки и постизометрической миорелаксации купола диафрагмы, особенно при необходимости получения эффекта в более ранние сроки, или в комплексе с ними (совместно и/или сочетанно) для достижения эффекта повышения физической работоспособности и улучшения состояния дыхательной системы спортсменов в течение всего тренировочного периода.

9. Применение биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты в комплексе реабилитационных мероприятий значимо и достоверно ($p<0,05$) повысило эффективность медицинской реабилитации у 70-80 % пациентов, перенесших COVID-пневмонию,

что позволяет рекомендовать данную технологию в качестве эффективной немедикаментозной (физической) технологии для включения в комплексную медицинскую реабилитацию на санаторно-курортном этапе пациентов, перенесших COVID-пневмонию, а также, исходя из схожести нарушений дыхательной функции и направленности решаемых реабилитационных задач, при лечении и медицинской (пульмонологической, легочной) реабилитации пациентов с другими заболеваниями органов дыхания.

10. Практическое применение биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты как новой немедикаментозной технологии в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией должно осуществляться в соответствии с разработанными и утвержденными методическими рекомендациями по применению биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты для повышения функциональных резервов органов дыхания и профилактики бронхоспазма (2017) и методическими рекомендациями по применению акустической стимуляции легких в комплексе мероприятий медицинской реабилитации пациентов при диагнозе «Другая хроническая обструктивная легочная болезнь» (2022).

11. Разработанная физиотерапевтическая технология на основе биоакустической стимуляции мышечной ткани высокоинтенсивными звуками индивидуально подобранной низкой частоты, реализуемая при помощи созданного портативного аппаратно-программного комплекса, прошедшего технические испытания и клинико-экспериментальные исследования по оценке его применения по предназначению, позволяет достоверно ($p<0,05$) повышать региональный кровоток (микроциркуляцию) в местах акустического воздействия, не вызывая отрицательных изменений состояния организма человека, как при однократном, так и при трехкратном комплексном применении (одновременной стимуляции мышц голени, бедра и воротниковой зоны), и после проведения целенаправленных клинических исследований может быть рекомендована для использования в

спортивной медицине и клинической практике в комплексе коррекционных и реабилитационных мероприятий.

12. Научно обоснована, разработана и реализована концепция повышения функциональных резервов организма человека на основе биоакустической стимуляции дыхательной системы для направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации больных с бронхолегочной патологией и показана перспективность использования высокоинтенсивных звуков индивидуально подобранной низкой частоты, непосредственно и целенаправленно воздействующих на различные органы и ткани организма, в качестве преформированного фактора при разработке и реализации новых физических методов персонализированной коррекции функционального состояния и медицинской реабилитации человека (пациента, спортсмена) в восстановительной медицине, спортивной медицине и физиотерапии.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. БСДС рекомендуется в качестве немедикаментозной технологии повышения функциональных резервов организма человека в комплексе методов и средств направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта и медицинской реабилитации пациентов при бронхолегочной патологии и должна проводиться при помощи АПК БСДС – аппарата акустической стимуляции легких по ТУ 26.60.12-002-18954585-2019.

2. БСДС должна проводиться в соответствии с технической процедурой, включающей подготовительный (включение и подготовка АПК БСДС к работе; установление амплитудных, частотных и временных параметров режима, реализуемого при проведения БСДС) и исполнительный (размещение спортсмена/пациента перед АПК; инструктаж спортсмена/пациента; проведение БСДС в соответствии с определенным режимом; контроль специалистом, проводящим БСДС, состояния спортсмена/пациента и правильности чередования им фаз дыхания; выполнение завершающих БСДС технических процедур) этапы.

3. БСДС рекомендуется в качестве немедикаментозной технологии направленной коррекции функционального состояния спортсменов различных видов спорта для повышения функциональных резервов дыхательной системы и физической работоспособности спортсменов в тренировочно-соревновательный период спортивной деятельности и после перенесенных острых заболеваний органов дыхания. Основными показаниями к применению БСДС у спортсмена является снижение функциональных резервов дыхательной системы организма в процессе профессиональной (спортивной) деятельности или после перенесенных им острых заболеваний органов дыхания, а также повышение физической работоспособности в тренировочный период спортивной деятельности в комплексе методов направленной коррекции функционального состояния.

4. Курс БСДС, рекомендуемый к назначению спортсменам различных видов спорта для повышения функциональных резервов дыхательной системы, в зависимости от состояния спортсмена и решаемых при этом коррекционных или реабилитационных задач должен включать 1-6 сеансов, которые при повторе должны проводиться через 1-2 дня. Каждый сеанс должен включать 3 процедуры стимуляции длительностью 3 минуты с интервалом между ними 1 минута. Стимуляция должна осуществляться при длительности фазы вдоха/выдоха, индивидуально определенной для пациента (спортсмена) и составляющей 2-3 с, в диапазоне индивидуально подобранных частот 23-38 Гц при амплитуде полигармонического звукового сигнала, составлявшей 130 дБ (63,2 Па). Повторные курсы стимуляции, при необходимости, должны проводиться с интервалом 4-6 недель.

Для достоверного повышения функциональных резервов системы дыхания и аэробной работоспособности и выносливости спортсмена различных видов спорта минимально достаточным является проведение 3-4 сеансов БСДС с интервалом в 1-2 дня, а для повышения анаэробной работоспособности и выносливости – одного сеанса БСДС. При проведении одного сеанса БСДС с целью экстренного повышения функциональных резервов системы дыхания и анаэробной работоспособности спортсмена стимуляцию рекомендуется проводить за сутки до

предполагаемой (планируемой) анаэробной нагрузки. Проведение 4-6 сеансов БСДС обеспечивает повышение функциональных резервов системы дыхания, аэробной и анаэробной работоспособности спортсмена на срок не менее 3-4 недель после завершения курса БСДС.

5. БСДС рекомендуется в качестве лечебно-восстановительной технологии для включения в схемы (программы) лечения и реабилитации пациентов с заболеваниями органов дыхания с целью восстановления нарушений функций внешнего дыхания, транспорта и утилизации кислорода, восстановления толерантности организма к физическим нагрузкам. Показаниями к применению БСДС у пациентов с заболеваниями органов дыхания являются нарушение механизма дыхательного акта; наличие дыхательной недостаточности I-II степени тяжести; снижение толерантности организма к физическим нагрузкам; оптимизация результатов медикаментозной терапии.

6. Курс БСДС, рекомендуемый к назначению пациентам с заболеваниями органов дыхания в комплексе мероприятий их медицинской реабилитации, должен включать 5 сеансов, которые проводятся через день. Каждый сеанс должен включать 5 процедур стимуляции длительностью 1,5 мин. с интервалом между ними 30 секунд. Стимуляция должна осуществляться при длительности фазы вдоха/выдоха T_f = 3 с в диапазоне частот 23-38 Гц при амплитуде полигармонического звукового сигнала, составлявшей 70 % от максимального уровня стимулирующего звукового давления равного 130 дБ (63,2 Па). Повторные курсы стимуляции, при необходимости, должны проводиться с интервалом 4-6 недель.

7. До (перед) и после сеанса БСДС специалистом, проводящим стимуляцию, должно проводиться обследование спортсмена/пациента для определения его состояния до и после воздействия, включающее опрос для выявления отклонений в состоянии здоровья, измерение ЧСС, АД, ФЖЕЛ, ОФВ1, SpO_2, а также спортсменом/пациентом должна проводиться субъективная оценка эффективности процедуры по шкале от 0 до 10 баллов, где 5 баллов - нейтрально. На основании результатов данного обследования специалистом, проводящим стимуляцию, и/или

лечащим врачом должна проводиться экспресс-оценка эффективности и безопасности назначения БСДС спортсмену/пациенту, исходя из результатов которой, должно приниматься решение о продолжении (завершении) курса БСДС, назначенного спортсмену/пациенту.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Перспективными направлениями разработки темы исследования являются:

проведение рандомизированных контролируемых открытых параллельных проспективных клинических исследований по оценке эффективности разработанных технологий повышения функциональных резервов организма человека на основе БСДС и БАС МТ при различных изменениях функционального состояния и заболеваниях человека (спортсмена, пациента);

разработка на основе результатов дополнительных исследований валидных клинических рекомендаций по применению разработанных технологий на основе БСДС и БАС МТ в совокупности с другими методами и средствами повышения функциональных резервов организма человека в комплексе профилактических и лечебно-реабилитационных мероприятий, реализуемых в спортивной и восстановительной медицине;

разработка и практическая реализация новых немедикаментозных технологий коррекции функционального состояния и медицинской реабилитации человека (спортсмена, пациента), основанных на использовании НЧАК, для применения в спортивной и восстановительной медицине, физиотерапии и курортологии, исходя из доказанной в ходе настоящего исследования перспективности эффективного использования высокоинтенсивных звуков индивидуально подобранной низкой частоты в качестве преформированного физического фактора для повышения функциональных резервов организма человека.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АД - артериальное давление;
АПК - аппаратно-программный комплекс;
АЧХ - амплитудно-частотная характеристика;
БСДС - биоакустическая стимуляция дыхательной системы;
БАС МТ - биоакустическая стимуляция мышечной ткани;
ЖЕЛ - жизненная емкость легких;
ИВС - игровые виды спорта;
МКД - максимальный кислородный долг;
МОС - максимальная объёмная скорость при выдохе;
МПК - максимальное потребление кислорода;
НЧАК - низкочастотные акустические колебания;
ОФВ1 - объем форсированного выдоха за первую секунду;
ПАНО - порог анаэробного обмена;
ПОС - пиковая объемная скорость выдоха;
ПТСР - посттравматическое стрессовое расстройство;
СКВС - сложнокоординированные виды спорта;
СОС - средняя объёмная скорость при выдохе;
УЗД - уровень звукового давления;
ФЖЕЛ - форсированная жизненная емкость легких;
ХОБЛ - хроническая обструктивная болезнь легких;
ЦВС - циклические виды спорта;
ЧСС - частота сердечных сокращений;
covid - коронавирусная инфекция;
SpO_2 - насыщение крови кислородом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамович, С.Г. Физиотерапия. Национальное руководство. / С.Г. Абрамович, В.В. Адилов, П.В. Антипенко [и др.]. Под ред. проф. Г.Н. Пономаренко. - М.: Издательская группа "ГЭОТАР-Медиа", 2009. - 860 с. - ISBN 978-5-9704-1184-1.

2. Агаджанян, Н.А. Адаптация к гипоксии и биоэкономика внешнего дыхания / Н.А. Агаджанян, В.В. Гневушев, А.Ю. Катков. - М.: Изд-во Университета Дружбы народов, 1987.

3. Аикин, В.А. Современные тенденции применения медико-биологических средств для повышения работоспособности и восстановления спортсменов в биатлоне и шорт-треке (по материалам зарубежной печати) / В.А. Аикин, Ю.В. Корягина, Е.А. Сухачев, Е.А. Реуцкая // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2013. – № 7(115). – С. 43-50.

4. Айсанов, З.Р. Рекомендации Российского респираторного общества по проведению функциональных исследований системы дыхания в период пандемии COVID-19. Версия 1.1 от 19.05.2020 г. / З.Р. Айсанов, Е.Н. Калманова, М.Ю. Каменева [и др.] // Практическая пульмонология. - 2020. - № 1. - С. 104-106.

5. Алекперов, С.И. Низкочастотный техногенный шум и здоровье человека (очерки изучения проблемы): монография / С.И. Алекперов, Н.С. Андросов, Э.Р. Божедомова [и др.]. – СПб.: ГНИИИ ВМ МО РФ, 2017. – 200 с. – ISBN 9785990415058.

6. Александрова, Н.П. Патогенез дыхательной недостаточности при коронавирусной болезни (COVID-19) / Н.П. Александрова // Интегративная физиология. - 2020. - Т. 1. - № 4. - С. 285-293.

7. Алёхин, М.Д. Методики анализа паттернов дыхания при бесконтактном мониторинге психофизиологических состояний операторов эргатических систем / М.Д. Алёхин, А.В. Богомолов, Ю.А. Кукушкин. // Авиакосмическая и экологическая медицина. - 2019. - Т.53. - № 2. - С.99-101.

8. Анохин, П.К. Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем / П.К. Анохин. - М.: Наука, 1971. - 256 с.

9. Анохин, П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы / П.К. Анохин. - М., 1980. - 196 с.

10. Антипов, И.В. Влияние гипоксических и гипоксически-гиперкапнических смесей на функциональные резервы организма человека: автореф. дис. … канд. биол. наук / И.В. Антипов. - Ульяновск, 2006. - 22 с.

11. Апанасенко, Г.Л. Охрана здоровья здоровых: некоторые проблемы теории и практики / Г.Л. Апанасенко // Валеология: Диагностика, средства и практика обеспечения здоровья. - СПб, 1993. - С. 49-60.

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

13. Ахметзянов, И.М. Неспецифическое действие шума на организм / И.М. Ахметзянов, И.В. Вобликов, О.П. Ломов [и др.]. - СПб., 2003. - 218 с.

14. Ахметзянов, И.М. Шум и инфразвук. Гигиенические аспекты / И.М. Ахметзянов, С.В. Гребеньков, О.П. Ломов. - СПб.: Бип, 2002. - 100 с.

15. Ачкасов, Е.Е. Лечебная физическая культура при заболеваниях органов дыхания / Е.Е. Ачкасов, Е.А. Таламбум, А.Б. Хорольская, С.Д. Руненко, О.А. Султанова, Т.В. Красавина, Л.В. Мандрик. - М.: Триада-Х, 2011. - 100 с. - ISBN 978-5-8249-01165-8.

16. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний: монография / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. - М.: Медицина, -1997. - 265 с.

17. Бакулин, В.С. Спортивная медицина (учебное пособие) / В.С. Бакулин, И.Б. Грецкая, В. В. Петрова. - Волгоград: ФГОУВПО «ВГАФК», 2011. - 140 с.

18. Беленький, А.Г. Дорсалгии при воспалительных заболеваниях позвоночника / А.Г. Беленький, Е.Л. Насонов // Русский медицинский журнал. - 2003. – Т. 11, № 7. - С. 379-381.

19. Беленький, А.Г. Дорсалгии при дегенеративных заболеваниях позвоночника / А.Г. Беленький // Русский медицинский журнал. - 2002. - Т. 10. - № 22. - С. 1003-1005.

20. Белоцерковский, З. Б. Сердечная деятельность и функциональная подготовленность у спортсменов. Норма и атипичные изменения / З.Б. Белоцерковский, Б.Г. Любина. - М.: Советский спорт. - 2012. - 544 с.

21. Белоцерковский, З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности спортсменов / З.Б. Белоцерковский. - М.: Советский спорт, 2005. – 312 с.

22. Беляева, С.Н. Реабилитация больного, перенесшего COVID-19, на Южном берегу Крыма (реальная клиническая практика) / С.Н. Беляева, Л.Ш. Дудченко, М.Е. Пирогова // Практическая пульмонология. -2020. - № 3. - С. 56-60.

23. Биличенко, Т.Н. Легочная реабилитация при хронической обструктивной болезни легких (обзор данных рандомизированных клинических исследований, национальных и международных рекомендаций) / Т.Н. Биличенко // Вестник восстановительной медицины. – 2020. № 5 (99). – С. 26-37. – DOI: 10.38025/2078-1962-2020-99-5-26-37.

24. Бобровницкий, И.П. Принципы персонализации и предсказательности в восстановительной медицине / И.П. Бобровницкий // Вестник восстановительной медицины. - 2013. - № 1. - С. 2-6.

25. Бобровницкий, И.П. Методологические аспекты разработки и внедрения новых технологий оценки и коррекции функциональных резервов / И.П. Бобровницкий. - Курортные ведомости. - 2007. - №3 (42). - С. 27-33.

26. Богомолов, А.В. Математическое моделирование акустической импедансометрии дыхательного тракта / А.В. Богомолов, С.П. Драган // Обозрение прикладной и промышленной математики. - 2015. - Т. 22. - № 1. - С.61-63.

27. Богомолов, А.В. Математическая модель поглощения звука лёгкими при акустической стимуляции дыхательной системы / А.В. Богомолов, С.П. Драган, Г.Г. Ерофеев // Доклады Академии наук. - 2019. - Т. 487. - №1. - С.97-101.

28. Богомолов А.В. Математическое обоснование акустического метода измерения импеданса дыхательного тракта / А.В. Богомолов, С.П. Драган // Доклады Академии наук. - 2015. - Т. 464. - № 5. - С. 623-625.

29. Богомолов, А.В. Математическое моделирование акустической импедансометрии дыхательного тракта / А.В. Богомолов, С.П. Драган // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2015. Т. 22. - № 1. - С. 61-63.

30. Богомолов, А.В. Диагностика состояний человека: математические подходы / А.В. Богомолов, Л.А. Гридин, Ю.А. Кукушкин. - М: Медицина, 2003. - 464 с.

31. Борисова, О.Н. Диагностика эффективности немедикаментозных методов лечения в клинике внутренних болезней: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.51. - Тула, 2004. - 266 с.

32. Брагин, М.А. Опыт применения биоакустической стимуляции дыхательной системы для медицинской реабилитации в санатории пациентов после COVID-пневмонии / М.А. Брагин, Е.В. Голобородько, Г.Г. Ерофеев, К.В. Золотарева, И.В. Михлик, И.А. Прудников // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. - 2021. - Т. 98. - № 3. - Вып. 2. - С. 52.

33. Брагин, М.А. Прогноз физической работоспособности спортсменов-легкоатлетов по параметрам вариабельности сердечного ритма / М.А. Брагин, Т.В. Матюшев, И.В. Федотова, Г.Г. Ерофеев, А.А. Киш // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. - 2018. - № 8. - С. 64-70.

34. Бубнова, М.Г. Реабилитация после новой коронавирусной инфекции (COVID-19): принципы и подходы / М.Г. Бубнова, А.Л. Персиянова-Дуброва, Н.П. Лямина, Д.М. Аронов // CardioСоматика. - 2020. - Т. 11. - № 4. - С. 6-14.

35. Быков, А.Т. Физические методы профилактики, лечения и реабилитации: прошлое, настоящее и будущее / А.Т. Быков, А.В. Чернышев, В.М. Дроздова / Вестник физиотерапии и курортологии. - 2017. - Т. 23. - № 4. - С. 78-82.

36. Виброакустическое воздействие в комплексном лечении больных: пособие для врачей / Науч. ред. А.И. Куртов. – СПб.: Вита Нова, 2003. – 96 с.

37. Волков Н.И. Современные методы гипоксической подготовки в спорте / Н.И. Волков // 3-й Международный конгресс «Теория деятельности и социальная практика». 26-29 июня 1995 г., г. Москва. – М.: Физкультура, образование, наука, 1995. – С. 27.

38. Волчек, О.Д. Использование вибрации и виброакустики в медицине / О.Д. Волчек, Л.А. Алексина // Ученые записки СПбГМУ им. академика И.П. Павлова. - 2011. - Т. 18. - № 1. - С. 12-21.

39. Временные методические рекомендации «Медицинская реабилитация при новой коронавирусной инфекции (COVID-19)». Версия 2 (31.07.2020). - М.: Минздрав России, 2020. – 150 с. - 31072020_Reab_COVID-19_v1.pdf. - URL: https://static-minzdrav.gov.ru/system/attachments/attaches/000/051/ 187/original/ 31072020_Reab_COVID-19_v1.pdf (дата обращения – 27.04.2021).

40. Гаунова, А.Х. Инфразвук в комплексном лечении неэкссудативных форм возрастной макулярной дегенерации: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.08 / А.Х. Гаунова. – М., 2008. - 122 с.

41. Гильмутдинова, Л.Т. Аспекты физической реабилитации пациентов, перенесших новую коронавирусную инфекцию / Л.Т. Гильмутдинова, А.Р. Гильмутдинов, Э.Р. Фаизова [и др.] // Медицинский вестник Башкортостана. - 2020. - Т. 15. - № 6 (90). - С. 76-80.

42. Глазачев, О.С. Повышение толерантности к физическим нагрузкам у пациентов с ишемической болезнью сердца путем адаптации к гипоксии-гипероксии / О.С. Глазачев, Ю.М. Поздняков, А.М. Уринский, С.П. Забашта // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. - 2014. - Т.13. - №1 - С.16-21.

43. Глухих, В.И., Черепок А.А. Оздоровительная физическая тренировка. Часть 2. Авторские и нетрадиционные системы оздоровления. Учебное пособие / В.И. Глухих, А.А. Черепок. - Запорожье: ЗГМУ, 2014. - 64 с.

44. Голобородько, Е.В. Некоторые подходы к оценке эффективности реабилитационных мероприятий у высококвалифицированных спортсменов (обзор) / Е.В. Голобородько, П.А. Шулепов, В.В. Петрова, С.М. Разинкин // Саратовский научно-медицинский журнал. - 2017. - Т. 13. - № 4. - С. 947-955.

45. Головачев, А.И. Современные методические подходы к повышению специальной работоспособности на основе использования тренажеров комплексного воздействия на дыхательную систему спортсменов / А.И. Головачев, С.Н. Португалов, А.Р. Воронцов [и др.] // Теория и практика физической культуры. - 2011. - № 7. - С. 26-31.

46. Гора, Е.П. Экология человека: учебное пособие для вузов / Е.П. Гора. – М.: Дрофа, 2007. - 540 с.

47. Граевская, Н. Д. Спортивная медицина: курс лекций и практические занятия (учебное пособие) / Н.Д. Граевская, Т.И. Долматова. - М.: Советский спорт, 2004. - 304 с.

48. Гридин, Л.А. Методологические основы исследования физической работоспособности человека / Л.А. Гридин, А.В. Богомолов, Ю.А. Кукушкин // Актуальные проблемы физической подготовки силовых структур. - 2011. - №1. - С.10-19.

49. Грузевич, І.В. Удосконалення фізичної підготовленості плавців на етапі попередньої базової підготовки за допомогою тренажера «Нове дихання» / І.В. Грузевич, Б. Черниш // Фізична культура, спорт та здоров'я нації. - 2017. - Т. 3. - № 22. - С. 269-274.

50. Губанищев, А.О. Обоснование применения индивидуального дыхательного тренажёра В.В. Фролова для гипоксической тренировки каратистов / А.О. Губанищев // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. - 2016. - Т. 1. - № 2. - С. 57-60.

51. Дедю, И.И. Экологический энциклопедический словарь / И.И. Дедю; Предисл. В.Д. Федорова. - Кишинев: Гл. ред. Молд. сов. энцикл., 1989. – 406 с.

52. Дембо, А. Г. Спортивная медицина / А.Г. Дембо. - М.: Знание, 1975. - 524 с.

53. Доскин, В.А. Тест дифференцированной самооценки функционального состояния / В.А. Доскин, Н.А. Лаврентьева, М.П. Мирошников, В.Б. Шарай. // Вопросы психологии. - 1973. - № 6. - С.141-145.

54. Драган, С.П. Обоснование предельно допустимых уровней звукового давления импульсного акустического воздействия для обеспечения условий безопасности обслуживающего персонала при испытаниях специальных средств / С.П. Драган, О.А. Григорьев, Г.Г Ерофеев, В.Н. Зинкин, С.В. Дроздов // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. - 2014. - № 11-12 (77-78). - С. 98-103.

55. Драган, С.П. Теоретико-экспериментальное обоснование режимов биоакустической стимуляции дыхательной системы / С.П. Драган, Г.Г. Ерофеев, С.М. Разинкин // Сборник материалов XII международной научной конференции «Системный анализ в медицине» (САМ 2018). Под общ. ред. В.П. Колосова. - 2018. - С. 66-68.

56. Драган, С.П. Метод акустической импедансометрии дыхательного тракта / С.П. Драган, А.В. Богомолов // Медицинская техника. - 2015. - № 5. - С. 19-21.

57. Драган, С.П. Метод акустической стимуляции дыхательной системы / С.П. Драган, С.М. Разинкин, Г.Г. Ерофеев // Медицинская техника. - 2020. - № 3. - С. 26-28.

58. Драган, С.П. Определение акустических характеристик в трубах с помощью двух микрофонов / С.П. Драган, И.В. Лебедева // Измерительная техника. – 1988. – № 8. – С. 52.

59. Драган, С.П. Определение интенсивности плоской звуковой волны / С.П. Драган, И.В. Лебедева // Акустический журнал. – 1992. – Т. 38. – № 1. – С. 174-178.

60. Драган, С.П. Поглощение высокоинтенсивного звука перфорированной панелью / С.П. Драган, И.В. Лебедева // Акустический журнал. - 1998. - Т. 44. - № 2. - С. 167-172.

61. Драган, С.П. Нелинейное звукопоглощение / С.П. Драган, И.В. Лебедева // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. – 1994. – Т. 35. – № 6. – С. 104-113.

62. Драган, С.П., Акустическая импедансометрия в задачах определения резонансных характеристик респираторного тракта для биоакустической стимуляции лёгких спортсменов / С.П. Драган, Г.Г. Ерофеев, А.В. Богомолов, Шулепов П.А. // Медицинская наука и образование Урала. - 2018. - Т. 19. - № 3 (95). - С. 50-55.

63. Драган, С.П. Методика измерения акустического импеданса / С.П. Драган, Е.А. Кондратьева, А.Д. Котляр-Шапиров // Системный анализ в медицине (САМ 2017): материалы XI международной научной конференции. – Благовещенск: Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания, Амурская медицинская академия, 2017. - С. 40-42.

64. Драган, С.П. Методика импедансометрических исследований акустического рефлекса / С.П. Драган, Е.А. Кондратьева, А.Д. Котляр-Шапиров // Материалы IX международной научной конференции «Системный анализ в медицине (САМ 2015)». - Благовещенск, 2015. - С. 69-72.

65. Драган, С.П. Метод акустической стимуляции мышечной ткани конечности / С.П. Драган, А.В. Богомолов, С.М. Разинкин, Е.А. Кондратьева // Медицинская техника. - 2019. - № 1(313). - С. 26-29.

66. Драган, С.П. Технология повышения функциональных резервов организма на основе биоакустической стимуляции дыхательной системы / Драган С.П., Разинкин С.М., Ерофеев Г.Г. // Биомедицина. - 2021. - Т. 17. - № 3. - С. 39-47.

67. Дубровский, С.В. Методика совершенствования физической подготовленности юных футболистов посредством направленных воздействий на дыхательную систему: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04. - Волгоград, 2000. - 144 с.

68. Дудченко, Л.Ш. Влияние физических тренировок с дыхательными тренажерами на динамику клинико-функциональных показателей больных бронхиальной астмой на санаторно-курортном этапе реабилитации / Л.Ш. Дудченко, В.И. Мизин, В.В. Ежов [и др.] // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2018. – Т. 24. – № 3. – С. 16-21.

69. Дыхательная гимнастика по методу Бутейко: методика. Под ред. А.К. Никитиной, В. Н. Лосева. – М., 1993.

70. Дышко, Б.А. Инновационные подходы к совершенствованию физической работоспособности спортсменов на основе применения тренажеров комплексного воздействия на дыхательную систему / Б.А. Дышко, А.И. Головачев // Вестник спортивной науки. – 2011. – № 1. – С. 7-11.

71. Дышко Б. Устройство для развития дыхательной системы с регулированием содержания кислорода во вдыхаемом воздухе / Б. Дышко, А. Кочергин // Теория и практика футбола. – 2001. – № 3. – С. 6-9.

72. Дышко Б.А. Индивидуальные средства для тренировки дыхательной системы / Б.А. Дышко // Медицина и спорт. – 2006. – № 5. – С. 36–37.

73. Дышко Б. Тренировка дыхательной системы в движении: биомехан. предпосылки и реализация / Б. Дышко, М. Дидур, А. Головачев // Легкая атлетика. – 2007. – № 10. – С. 22–24.

74. Дышко, Б.А. К вопросу повышения работоспособности спортсменов высшей квалификации: индивидуальные дыхательные тренажеры комплексного воздействия на дыхательную систему спортсменов / Б.А. Дышко // Доклады Международной научно-практической конференции государств – участников СНГ по проблемам физической культуры и спорта. – Минск, 2010. - С. 110 - 118.

75. Дышко, Б.А. Инновационные технологии тренировки дыхательной системы / Б.А. Дышко, А.Б. Кочергин, А.И. Головачев. - М.: Теория и практика физической культуры и спорта. - 2012. - С. 122.

76. Дышко, Б.А. Эргогенные средства «точечной» направленности в циклических видах спорта / Б.А. Дышко, А.Б. Кочергин, А.И. Головачев // Теория и практика физической культуры и спорта. - 2015. - № 6 - С.76-83.

77. Дышко, Б.А Применение дыхательных тренажеров в физической реабилитации больных с бронхолегочной и цереброваскулярной патологией / Б.А. Дышко, В.И. Мизин, В.В. Ежов [и др.] // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2020. – Т. 26. – № 4. – С. 45-47.

78. Еременко А.А., Оценка эффективности виброакустического массажа легких при самостоятельном дыхании у пациентов после кардиохирургических операций / А.А. Еременко, Т.П. Зюляева, А.А. Калинина, Н.А. Розина //

Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского. - 2020. - Т. 8. - № 4. - С. 126-134. - DOI: https:// doi.org/10.33029/2308-1198-2020-8-4-126-134.

79. Ерёмушкин, М.А. Мягкие мануальные техники. Постизометрическая релаксация мышц. Учебное пособие / М.А. Ерёмушкин, Б.В. Киржнер, А.Ю. Мочалов., 2-е изд. – СПб.: Наука и Техника, 2012. - 288 стр.

80. Ерофеев, Г.Г. Биоакустическая стимуляция дыхательной системы: практическое применение в спортивной и восстановительной медицине / Г.Г. Ерофеев, С.М. Разинкин, С.П. Драган // ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России: 75 лет на страже здоровья людей: Труды юбилейной междунар. науч.-практ. конф., Москва, 16-17 ноября 2021 г. - М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2021. - С. 91-93.

81. Ерофеев, Г.Г. Оценка влияния физической нагрузки на частотные характеристики дыхательной системы у спортсменов лыжников / Г.Г. Ерофеев, С.М. Разинкин, С.П. Драган, В.В. Петрова, П.А. Шулепов // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. - 2018. - Т. 95. - № 2-2. - С. 53-54.

82. Ерофеев, Г.Г. Исследование влияния физической нагрузки на частотные характеристики дыхательной системы у спортсменов-лыжников / Г.Г. Ерофеев, С.П. Драган, В.В. Петрова, П.А. Шулепов, Н.С. Богоявленских // Медицинская наука и образование Урала. - 2018. - Т. 19. - № 1 (93). - С. 96-100.

83. Ерофеев, Г.Г. Влияние биоакустической стимуляции дыхательной системы спортсменов на жизненную емкость легких / Г.Г. Ерофеев // Исследования и практика в медицине. - 2018. - Т. 5. - № 2. - С. 80-85.

84. Ерофеев, Г.Г. Исследование индивидуальных особенностей дыхательной системы спортсменов-лыжников в зависимости от физического состояния / Г.Г. Ерофеев // Спортивная медицина: наука и практика. - 2020. - Т.10. - №1. - С. 30-36.

85. Ерофеев, Г.Г. Новая немедикаментозная технология повышения функциональных резервов организма спортсмена на основе биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты /

Г.Г. Ерофеев, С.М. Разинкин, С.П. Драган, М.А. Брагин Сборник материалов XVI Международной научной конференции по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «СпортМед-2021», Москва, 9-10 декабря 2021 г. - М.: РАСМИРБИ, 2021. - С. 43-45.

86. Ерофеев, Г.Г. Объективная оценка стресса на этапе апробации новых медицинских технологий / Г.Г. Ерофеев, С.М. Разинкин, С.П. Драган, В.В. Петрова, П.А. Шулепов, Д.А. Сапов // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. - 2018. - № 4. - С. 76-84.

87. Ефимочкин, С.А. Экстракорпоральная ударно-волновая терапия тендопатий в области локтевого сустава: 14.00.22: дис. … канд. мед. наук. – М., 2009. – 113 с.

88. Ефименко, Н.В. Медицинская реабилитация на курорте больных, перенесших новую коронавирусную инфекцию (2019-nCoV) / Н.В. Ефименко, А.С. Кайсинова, Г.Н. Тер-Акопов, А.Н. Семухин, Д.И. Великанов, Л.С. Ходасевич, А.В. Абрамцова, Т.М. Симонова, Т.М. Товбушенко, А.Л. Леончук, С.К. Месропян // Курортная медицина. - 2020. - № 2. - С. 4-13.

89. Ефименко, Н.В. Оценка функционального состояния кардиореспираторной системы у пациентов после перенесенной COVID-19 пневмонии при проведении медицинской реабилитации на курорте / Н.В. Ефименко, А.В. Абрамцова, Т.М. Симонова, А.Н. Семухин // Современные вопросы биомедицины. - 2021. - Т. 5. - № 1 (14). - С. 2-22.

90. Жернов, В.А. Немедикаментозная восстановительная коррекция функционального состояния кардиореспираторной системы у людей пожилого и старческого возраста: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.51 / В.А. Жернов. – М., 2009. - 194 с.

91. Зеленин, Л.А. Научно-методический комплекс дыхательных тренажёров для реабилитации сердечно-сосудистой и дыхательной систем во время и после пандемии / Л.А. Зеленин, В.Д. Паначев // Современные вопросы биомедицины. - 2021. - Т. 5. - № 3(16).

92. Зинкин, В.Н. Анализ рисков здоровью, обусловленных сочетанным действием шума и инфразвука / В.Н. Зинкин, А.В. Богомолов, С.П. Драган, И.М. Ахметзянов // Проблемы анализа риска. - 2011. - Т. 8. - № 4. - С. 82-92.

93. Зинкин, В.Н. Неблагоприятное действие низкочастотных акустических колебаний на органы дыхания / В.Н. Зинкин, В.И. Свидовый, И.М. Ахметзянов // Профилактическая и клиническая медицина - 2011. - № 3. - С. 280-284.

94. Зинкин, В.Н. Биофизические основы действия акустических колебаний / В.Н. Зинкин // Системный анализ в медицине (САМ 2016). Материалы X международной научной конференции. под общей редакцией В.П. Колосова. - 2016. - С. 13-17.

95. Зинкин, В.Н. Биомеханические основы повреждающего действия низкочастотных акустических колебаний / В.Н. Зинкин // Защита от повышенного шума и вибрации: Сборник докладов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 19-21 марта 2019 г. / Под ред. Н.И. Иванова. – СПб.: ООО «Институт акустических конструкций», 2019. - С. 504-516.

96. Зинкин, В.Н. Перспективы использования низкочастотных акустических колебаний в медицине / В.Н. Зинкин // Системный анализ в медицине (САМ 2020): Материалы XIV Международной научной конференции, Благовещенск, 15-16 октября 2020 г. – Благовещенск: Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания, 2020. – С. 18-22. – DOI: 10.12737/conferencearticle_ 5fe01d9b3eeeb1.63326249.

97. Иваничев, Г.А. Мышечно-связочно-фасциальная боль / Г.А. Иваничев // Мануальная терапия. – 2001. - № 1. - С. 30-37.

98. Иванов, Н.И. Биомеханические механизмы действия низкочастотных акустических колебаний на человека / Н.И. Иванов, В.Н. Зинкин, Л.П. Сливина // Российский журнал биомеханики. - 2020. - Т. 24. - № 2. – С. 216-231.

99. Иванова, Н.Л. Дыхательные тренажёры в реабилитации и спортивной тренировке / Н.Л. Иванова // Теория и практика физической культуры. – 2010. – № 8. – С. 55.

100. Иващенко, А.С. Динамика клинико-функциональных показателей у больных с ишемической болезнью сердца под влиянием физических тренировок с дыхательными тренажерами на санаторно-курортном этапе реабилитации / А.С. Иващенко, В.И. Мизин, В.В. Ежов [и др.]. // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2018. – Т.24. – №3 – С.46-50.

101. Избранные лекции по спортивной медицине: учебное пособие / С.М. Разинкин, А.С. Самойлов, В.В. Петрова [и др.]; под общей редакцией С.М. Разинкина, А.С. Самойлова; Государственный научный центр Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна ФМБА России. – М.: Издательство «Научная книга», 2018. – 662 с.

102. Избранные лекции по спортивной медицине: монография / С.М. Разинкин, А.С. Самойлов, Е.В. Голобородько [и др.]; под ред. С.М. Разинкина, А.С. Самойлова. - 2-е изд., доп. и перераб. – М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2022. - 686 с.

103. Измеров, Н.Ф. Инфразвук как фактор риска здоровью человека (гигиенические, медико-биологические и патогенетические механизмы) / Н.Ф. Измеров, Г.А. Суворов, Н.А. Куралесин, В.Г. Овакимов. – Воронеж: Истоки, 1998. – 276 с.

104. Иорданская, Ф. А. Специальная работоспособность спортсменов в системе мониторинга текущего функционального состояния / Ф.А. Иорданская // Вестник спортивной науки. - 2004. - № 1. - С. 27-30.

105. Иорданская, Ф.А. Мужчина и женщина в спорте высших достижений (проблемы полового диморфизма): монография / Ф.А. Иорданская. - М.: Советский спорт, 2012. - 256 с.

106. Иорданская Ф.А. Гипоксия как фактор повышения работоспособности спортсменов / Ф.А. Иорданская [и др.] // Материалы Всесоюзной научно-практической конференции «Научно-методическое обеспечение системы подготовки высококвалифицированных спортсменов и спортивных резервов» / ВНИИФК; ЦНИИС. – 1990. – Ч. 2. – С. 249.

107. Исаев, В.Н. К теории мануальной терапии: монография / В.Н. Исаев. - СПб.: ЛИО Редактор, 1995. - 96 с.

108. Калинкин, Л.А. Развитие перспективных способов и средств для повышения общей и специальной работоспособности, предупреждения и лечения травм у спортсменов высшей квалификации преимущественно с помощью безмедикаментозных факторов и воздействий (обзор основных диссертационных работ в области спортивной медицины и биомедицины, защищенных в 2006-2010 гг.) / Л.А. Калинкин, В.Н. Морозов, А.Г. Пономарева [и др.]. - Вестник спортивной науки. – 2010. – № 6. – С. 41-46.

109. Каркищенко, Н.Н. Очерки спортивной фармакологии. Том 4. Векторы энергообеспечения / Н.Н. Каркищенко, В.В. Уйба, В.Н. Каркищенко, Е.Б. Шустов, К.В. Котенко, С.Л. Люблинский. Под редакцией Н.Н. Каркищенко и В.В. Уйба. - М., СПб.: «Айсинг», 2014. - 296 с.

110. Карпман, В. Л. Спортивная медицина / В.Л. Карпман. - М.: Знание, 1987. - 346 с.

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

112. Киш, А. А. Методика оценки психосоматического состояния / А.А. Киш, С.М. Разинкин // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. - 2018. - № 1. - С. 57-65.

113. Киш, А.А. Обоснование использования специфического нагрузочного тестирования в спорте высших достижений на примере циклических видов спорта / А.А. Киш, С.М. Разинкин, П.А. Фомкин, Н.С. Богоявленских // Вопросы курортологии физиотерапии и лечебной физической культуры. - 2017. - № 2. - С. 74-75.

114. Клячкин, Л.М. Медицинская реабилитация в пульмонологии / Л.М. Клячкин // Физиотерапия, бальнеология, реабилитация. - 2003. - № 1. - С.42-46.

115. Коваленко, И.Ю. Патогенетическое обоснование формирования соматической патологии при длительном воздействии низкочастотного шума / И.Ю. Коваленко, А.В. Степанов, А.Б. Селезнев, Р.Ф. Сайфуллин, Д.Б. Пономарев //

Вестник Российской Военно-медицинской академии. - 2017. - № 2 (58). - С. 249-256.

116. Колтыгина, Е.В. Вектор развития современных средств восстановления в спорте высших достижений / Е.В. Колтыгина, Д.А. Лукьянов, И.С. Гончаров // Педагогическое образование на Алтае. - 2019. - № 1. - С. 19-25.

117. Колчинская А.З. Кислород. Физическое состояние, работоспособность/ А.З. Колчинская. – Киев: Наукова думка, 1991. – 205 с.

118. Колчинская А.З. Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте / А.З. Колчинская, Т.Н. Цыганова, Л.А. Остапенко. – М.: Медицина, 2003. – 408 с.

119. Корчажкина, Н.Б. Использование современных технологий физиотерапии для повышения уровня физического здоровья студентов, активно занимающихся спортом / Н.Б. Корчажкина, И.И. Иванова, К.В. Котенко, З.М. Хусяйнов // Вестник новых медицинских технологий. Электронный журнал. – 2014. - № 1. – DOI: 10.12737/5034.

120. Котенко, К.В. О деятельности ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России по охране здоровья спортсменов сборных команд Российской Федерации / К.В. Котенко // Спортивный врач. - 2012. - № 1. - С. 9-12.

121. Котенко, К.В. Комплексное применение современных методов физиотерапии для повышения состояния антиоксидантной защиты, системы адаптации и респираторных резервов у студентов, активно занимающихся спортом / К.В. Котенко, Н.Б. Корчажкина, И.И. Иванова // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2014. – Т. 13. – № 5. – С. 31-35.

122. Кочергин, А.Б Влияние аппаратного положительного осцилляторного экспираторного давления на функцию внешнего дыхания элитных пловцов в «острый период» горной адаптации / А.Б. Кочергин, М.Д. Дидур, А.А. Кузнецов, Б.А. Дышко // Современные вопросы биомедицины. – 2021. – Т. 5. - №1. – 126-138. - DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_01_9.

123. Кравчун, П.Н. Генерация и методы снижения шума и звуковой вибрации / П.Н. Кравчун. - М.: Изд-во МГУ, 1991. - 184 с.

124. Крахмалова, Е.О. Пульмонологическая реабилитация больных хроническим обструктивным заболеванием легких / Е.О. Крахмалова, Д.Н. Калашник, И.В. Талалай // Укр. пульмонолог. журнал. - 2013. -№1. – С 63-67.

125. Кривощеков, С.И. Влияние десяти сеансов интервальной гипоксической тренировки на эффективность газообмена и уровень липидов крови у больных стенокардией в условиях санаторно-курортного лечения / С.И. Кривощеков, Н. Цзо, Т.В. Нешумова [и др.]. // Hypoxia medica J. -1996. - № 1 - С.14-15.

126. Крупаткин, А.И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем. Колебания, информация, нелинейность: руководство для врачей / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров. – М.: URSS, 2013. - 489 с. - ISBN 978-5-397-03942-0.

127. Крюков, Е.В. Влияние комплексной медицинской реабилитации на функциональные показатели системы дыхания и качество жизни у больных, перенесших COVID-19 / Е.В. Крюков, О.И. Савушкина, М.М. Малашенко [и др.] // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. - 2020. - Вып. 78. - С. 84-91. - DOI: 10.36604/1998- 5029-2020-78-84-91.

128. Крючкова, О.Н. Эффективные комплексные реабилитационные программы у больных с хронической обструктивной болезнью легких /О.Н. Крючкова, М.А. Бубнова, К.С. Требунский / Крымский терапевтический журнал. – 2015. - № 4. – С. 5-8.

129. Кукушкин, М.Л. Общая патология боли / М.Л. Кукушкин, Н.К. Хитров. - М.: Медицина, 2004. - 144 с.

130. Куралесин, Н.А. Научные основы регламентации инфразвука в медицине труда (медико-биологические аспекты): автореф. дисс. … д-ра мед. наук / Н.А. Куралесин – М., 1997. – 48 с.

131. Ларионова, И. Дыхательные практики. Избранные методики / И. Ларионова. – М.: Вектор, 2011. – 120 с.

132. Левит К. Мануальная терапия в рамках врачебной реабилитации: Пер. с чешск. - Винница: Винницкий ГМУ, 1997. - 440 с.

133. Логинов, Л.Е. Диагностика и лечение бронхолегочных заболеваний с эндобронхиальным использованием физических факторов воздействия: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.27 / Л.Е. Логинов. – М., 2005. - 211 с.

134. Магомед-Эминов, М.Ш. Новые аспекты психотерапии посттравматического стресса. Методические рекомендации - 2-е изд., дополн. и исправл. / М.Ш. Магомед-Эминов, Г.И. Кадук, А.Т. Филатов, О. Г. Квасова. - М.: АНОУМО "Инсайт, 2004. – 200 с.

135. Малявин, А.Г. Респираторная реабилитация пост-COVID-19 пациентов / А.Г. Малявин, С.Л. Бабак, М.В. Горбунова // Архивъ внутренней медицины. - 2021. - Т. 11. - № 1 - С. 22-33.

136. Малявин, А.Г. Медицинская реабилитация больных, перенесших COVID-19 инфекцию/ А.Г. Малявин, Т.В. Адашева, С.Л. Бабак [и др.] // Терапия. – 2020. – Т. 26. - № S5. – С. 1-48. - DOI: 10.18565/therapy.2020.5suppl.1-48.

137. Малявин, А.Г. Реабилитация при заболеваниях органов дыхания / А.Г. Малявин, В.А. Епифанов, И.И. Глазкова. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. - 352 с.

138. Мандриков, В.Б. Физиологические эффекты повышения функциональной подготовленности спортсменов при использовании регламентированных режимов дыхания в тренировочном процессе / В.Б. Мандриков, А.А. Шамардин // Вестник ВолгГМУ. – 2018. – Вып. 1(65). – С. 29-33.

139. Мануйлов, И.В. Сезонные реакции статических легочных объемов и емкостей у спортсменов-лыжников на европейском севере / И.В. Мануйлов // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. - 2013. - №2(31). - С.48-49.

140. Мартынов, А.И. Физиотерапия и кислородотерапия пациентов с дыхательными расстройствами и нарушением мукоцилиарного клиренса. Национальные клинические рекомендации: пульмонология / А.И. Мартынов, Т.В. Адашева, С.Л. Бабак [и др.] // Терапия. – 2019. - № 5(приложение). – С. 101-152.

141. Медведев, В.И. Экстремальные состояния в процессе деятельности / В.И. Медведев // В кн.: Физиология трудовой деятельности. - СПб.: Наука, 1993. - С. 153-161.

142. Медведев Д.В. Повышение функциональной подготовленности спортсменов посредством интервальных резистивно-респираторных нагрузок: методические рекомендации / Д.В. Медведев. – Волгоград: ВГАФК, 2005. – 20 с.

143. Международная классификация болезней 10-го пересмотра (МКБ-10) [Электронный ресурс]. - https://mkb-10.com/ (дата обращения – 25.06.2021).

144. Медицинские технологии. Физиотерапевтическое оборудование. Аппараты ударно-волновой терапии [Электронный ресурс]. - https://teh-med.ru/apparati_dlya_udarno_volnovoy_terapii (дата обращения: 25.10.2021).

145. Методические рекомендации по применению акустической стимуляции легких в комплексе мероприятий медицинской реабилитации пациентов при диагнозе «Другая хроническая обструктивная легочная болезнь»: методические рекомендации / А.С. Самойлов, А.С. Радилов, С.М. Разинкин, С.П. Драган, М.А. Брагин, Г.Г. Ерофеев [и др.]. - М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, 2022. - 29 с.

146. Методические рекомендации по применению биоакустической стимуляции дыхательной системы высокоинтенсивными звуками низкой частоты для повышения функциональных резервов органов дыхания и профилактики бронхоспазма: методические рекомендации, МР ФМБА России 69-2017 / А.С. Самойлов, Г.Г. Ерофеев, И.А. Берзин, С.П. Драган, С.М. Разинкин [и др.]. - М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2017. - 20 с.

147. Мещерякова, Н.Н. Проведение легочной реабилитации у пациентов с новой коронавирусной инфекцией (covid-19) внебольничной двусторонней пневмонии: методические рекомендации / Н.Н. Мещерякова, А.С. Белевский, А.В. Кулешов. – М, ФГОАУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова» Миндрава России, 2020. – 22 с.

148. Мизин, В.И. Применение тренажера «Новое дыхание» в медицинской реабилитации пациентов с хроническими бронхолегочными и сердечно-сосудистыми заболеваниями (методические рекомендации) / В.И. Мизин, В.В. Ежов, Б.А. Дышко [и др.] // Вестник физиотерапии и курортологии. - 2020. - Т. 26. - № 2. - С. 68-81.

149. Миронов, С.П. Основы реабилитации спортсменов и артистов балета при повреждениях и заболеваниях опорно-двигательного аппарата: монография / СП. Миронов, М.Б. Цыкунов. - М.: ГНИИВЦУДП РФ, 1998. - 100 с.

150. Мирошникова, Ю.В. К вопросу о современной концепции медицинского и медико-биологического обеспечения спортсменов спортивных сборных команд Российской Федерации / Ю.В. Мирошникова, А.И. Горячев, Т.А. Пушкина // Спортивная медицина: наука и практика. - 2014. - № 3. - С. 35-39.

151. Москаленко, Ю.Е. Фундаментальные основы краниальной остеопатии / Ю.Е. Москаленко, Т.И. Кравченко, В. Фрайман, Г.Б. Вайнштейн. – СПб., 2002 – 80 с.

152. Мурзамадиева, З.А. Морфологические изменения во внутренних органах и головном мозге при воздействии производственного инфразвука: автореф. дисс. … канд. мед. наук: 14.00.07 / З.А. Мурзамадиева. – Алматы, 1996. – 21 с.

153. Наконечный, Д.Г. Применение виброакустического воздействия при лечении больных с переломами трубчатых костей кисти (экспериментально-клиническое исследование): автореф. дис. … канд. мед. наук: 14.00.22 / Д.Г. Наконечный. - СПб., 2009. - 20 с.

154. Научно-Производственная Фирма «Мобитек-М». «МиоАктив Спорт» - продукт функционального питания для лиц, подверженных повышенным физическим и психоэмоциональным нагрузкам [Электронный ресурс]. - URL: https://npf-mobitek-m.promportal.su/goods/33483243/mioaktiv-sport-produkt (дата обращения: 22.01.2020).

155. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р ИСО 14155-2014 «Клинические исследования. Надлежащая клиническая практика».

156. Николаева, Г.В. Применение инфразвукового вакуумного пневмомассажа в офтальмологии: очки Сидоренко / Г.В. Николаева // Российская детская офтальмология. – 2012. – № 1-2. – С. 72-75.

157. Николаева, Е.П. Комплексная немедикаментозная коррекция функционального состояния спортсменов сложнокоординационного вида

деятельности на основе интегративной телесной технологии: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.51. – М., 2006.- 114 с.

158. Оленская, Т.Л. Реабилитация в пульмонологии: учебно-методическое пособие / Т.Л. Оленская, А.Г. Николаева, Л.В. Соболева – Витебск: ВГМУ, 2016. – 142 с.

159. Орлов, В.А. Измерение и оценка физического здоровья и работоспособности / В.А. Орлов, К.В. Судаков, М.А. Андрюнин // Сборник материалов научного симпозиума МГАФК. – М., 2001. - С. 20-29.

160. Остеопатическая клиника «Бонамедика» [Электронный ресурс]. - URL: http:// bonamedica.ru (дата обращения: 25.06.2021).

161. Остеопатия на этапах медицинской реабилитации. Клинические рекомендации. - СПб.: «Невский ракурс», 2015. - 20 с.

162. Отчет о НИР «Доставка-ФМБЦ-1» (заключительный) / В.А. Ивашин, С.П. Драган, С.М. Разинкин [и др.]. - ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2013. - 197 с.

163. Отчет о НИР «Доставка-ФМБЦ-2» (заключительный) / С.М. Разинкин, С.П. Драган, В.В. Петрова [и др.]. - ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2014. - 73 с.

164. Отчет о НИР «Эксплуатация-2-ФМБЦ» (заключительный) / С.М. Разинкин, С.П. Драган, В.В. Петрова [и др.]. - ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2015. - 82 с.

165. Отчет о НИР «Эксплуатация-2-ФМБЦ-2» (заключительный) / С.М. Разинкин, С.П. Драган, В.В. Петрова [и др.]. - ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2016. - 63 с.

166. Отчет о НИР «Поиск-4-ФМБЦ-2» (заключительный) / С.М. Разинкин, С.П. Драган, В.В. Петрова [и др.]. - ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2018. - 119 с.

167. Очки Панкова-Сидоренко. Инфразвук в медицине - аппараты для лечения болезней органа зрения у детей и взрослых [Электронный ресурс]. - https://pankov-ochki.ru/materiali/226-infrazvuk (дата обращения - 25.08.2021).

168. Паначев В.Д. Физиологические основы аэробной работоспособности при физической нагрузке / В.Д. Паначев, Л.А. Зеленин, И.С. Скаковец // Журнал РИНЦ НАУ. – 2020. – Т. 1. – № 60.– С. 21-23.

169. Патент № 2572750 C1 Российская Федерация, МПК A61B 5/085. Способ диагностики состояния дыхательного тракта: № 2014131753/14: заявл. 31.07.2014: опубл. 20.01.2016 / С.П. Драган, А.В. Богомолов, Г.Г. Ерофеев; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна".

170. Патент на полезную модель № 148484 U1 Российская Федерация, МПК A61B 5/085. Устройство для импедансных исследований функции внешнего дыхания: № 2014131752/14: заявл. 31.07.2014: опубл. 10.12.2014 / С.П. Драган, А.В. Богомолов, Г.Г. Ерофеев; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна".

171. Патент № 2587970 C1 Российская Федерация, МПК A61H 21/00, A61H 23/00. Способ повышения функциональных резервов организма: № 2015102474/14: заявл. 27.01.2015: опубл. 27.06.2016 / С.П. Драган, А.В. Богомолов, С.М. Разинкин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна".

172. Патент на полезную модель № 154260 U1 Российская Федерация, МПК A61B 5/085. Устройство для звуковой стимуляции дыхательной системы: № 2015102477/14: заявл. 27.01.2015: опубл. 20.08.2015 / С.П. Драган, А.В. Богомолов, С.М. Разинкин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение "Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна".

173. Патент на изобретение № 2658471 C1 Российская Федерация, МПК A61H 23/00. Способ повышения интенсивности кровотока в сосудах мышечной ткани: № 2017135337: заявл. 05.10.2017: опубл. 21.06.2018 / А.В. Богомолов, С.М.

Разинкин, С.П. Драган, А.С. Самойлов, П.А. Фомкин, Г.Г. Ерофеев; заявитель «Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна».

174. Патент на изобретение № 2672390 C1 Российская Федерация, МПК A61H 15/00. Средство для акустической стимуляции мышц конечности: № 2017135340: заявл. 05.10.2017: опубл. 14.11.2018 / С.П. Драган, А.В. Богомолов, С.М. Разинкин, А.С. Самойлов, П.А. Фомкин, Г.Г. Ерофеев; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна».

175. Патент на полезную модель № 179637 U1 Российская Федерация, МПК A61H 23/00. Акустический стимулятор кровотока в мышцах рук: № 2017135344: заявл. 05.10.2017: опубл. 21.05.2018 / С.М. Разинкин, С.П. Драган, А.В. Богомолов, А.С. Самойлов, П.А. Фомкин, Г.Г. Ерофеев; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна».

176. Патент на полезную модель № 177461 U1 Российская Федерация, МПК A61H 23/02, A61N 7/00, A61H 23/00. Биомеханическое устройство для акустической стимуляции мышц ног: № 2017135345: заявл. 05.10.2017: опубл. 26.02.2018 / С.П. Драган, С.М. Разинкин, А.В. Богомолов, А.С. Самойлов, П.А. Фомкин, Г.Г. Ерофеев; заявитель «Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна».

177. Патент на полезную модель № 177460 U1 Российская Федерация, МПК A61H 23/00, A61H 23/02, A61N 7/00. Акустическое устройство для стимуляции мышечной ткани конечностей: № 2017135343: заявл. 05.10.2017: опубл. 26.02.2018 / П.А. Фомкин, С.П. Драган, С.М. Разинкин, А.С. Самойлов, П.А. Фомкин, Г.Г. Ерофеев; заявитель «Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна».

178. Патент на изобретение № 2679821 C1 Российская Федерация, МПК A61H 15/00. Биомеханическое средство для акустической стимуляции мышечной ткани конечности: № 2017135338: заявл. 05.10.2017: опубл. 13.02.2019 / А.В. Богомолов, С.П. Драган, С.М. Разинкин, А.С. Самойлов, П.А. Фомкин, Г.Г. Ерофеев; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна».

179. Патент на полезную модель № 194961 U1 Российская Федерация, МПК A61M 16/00. Дыхательный тренажер-2: № 2019128155: заявл. 06.09.2019: опубл. 09.01.2020 / Ю.А. Шолин.

180. Патент на полезную модель № 88272 U1 Российская Федерация, МПК A61M 16/00. Дыхательный тренажер Колпикова: № 2009121243/22: заявл. 03.06.2009: опубл. 10.11.2009 / С.Н. Колпиков.

181. Патент на полезную модель № 88272 U1 Российская Федерация, МПК A61M 16/00. Дыхательный тренажер Колпикова: № 2009121243/22: заявл. 03.06.2009: опубл. 10.11.2009 / С.Н. Колпиков.

182. Патент на полезную модель № 98142 U1 Российская Федерация, МПК A63B 23/18. Физкультурный тренажер "Здоровье": № 2010112687/12: заявл. 01.04.2010: опубл. 10.10.2010 / Я.А. Рояк, А.Я. Рояк, А.Н. Рояк.

183. Патент на полезную модель № 88272 U1 Российская Федерация, МПК A61M 16/00. Дыхательный тренажер Колпикова: № 2009121243/22: заявл. 03.06.2009: опубл. 10.11.2009 / С.Н. Колпиков.

184. Патент на изобретение № 2254839 C1 Российская Федерация, МПК A61F 9/00. Способ лечения заболеваний переднего отрезка глаза: № 2003137407/14: заявл. 26.12.2003: опубл. 27.06.2005 / Е.И. Сидоренко, В.В. Филатов, Е.Ю. Павлюк; заявитель Российский государственный медицинский университет.

185. Петрова, В.В. Плацебо-контролируемая оценка эффективности применения разрешенных фармакологических лекарственных средств для повышения функциональной готовности спортсменов» / В.В. Петрова, М.А.

Брагин, И.А. Прудников, Е.В. Голобородько // Медицина. Социология. Философия. Прикладные исследования. - 2020. - № 4. - С. 41-47.

186. Пинчук, А.Н. Экстракорпоральная ударно-волновая терапия в лечении раненых с боевыми повреждениями конечностей: 14.00.22, 14.00.19: автореф. дис. … канд. мед. наук / А.Н. Пинчук. – М., 2005. – 16 с.

187. Покинь-Череда, Г.Д. Экстракорпоральная ударно-волновая терапия миофасциального пояснично-крестцового болевого синдрома у спортсменов и артистов балета: 14.01.15: автореф. дис. ... канд. мед. наук / Г.Д. Покинь-Череда. - М., 2013. - 22 с.

188. Поляев, Б.А. Зарубежный и отечественный опыт организации службы спортивной медицины и подготовки спортивных врачей: монография / Б.А. Поляев, А.Г. Макарова, И.А. Белолипецская. - М.: Советский спорт, 2008. - 336 с.

189. Пономаренко, Г.Н. Сенсорное восприятие низкочастотных акустических колебаний: автореф. дисс. … д-ра мед. наук / Г.Н. Пономаренко. - СПб., 1993. - 38 с.

190. Пономаренко, Г. Н. Биофизические основы физиотерапии / Г.Н. Пономаренко, И.И. Турковский. - М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2006. - 176 с.

191. Пономаренко, Г.Н. Применение аппарата ударно-волновой терапии BTL SWT в клинической практике: метод. рекоменд. / Г.Н. Пономаренко. – СПб., 2015 – 19 с.

192. Пономаренко, Г.Н. Общая физиотерапия / Г.Н. Пономаренко. – СПб.: Медицина, 2002. - 368.

193. Пономаренко, Г. Н. Спортивная физиотерапия / Г.Н. Пономаренко, В.С. Улащик, Д.К. Зубовский. - СПб, 2009. – 318 с.

194. Потапова, А.А. Исследование влияния инфразвуковых волн на человека / А.А. Потапова // Вестник науки. - 2019. - Т. 4. - № 4 (13). - С. 149-153.

195. Проведение экспертной оценки существующих и перспективных методов диагностики и коррекции адаптационных и функциональных резервов спортсменов сборных команд Российской Федерации: методические рекомендации

/ А.С. Самойлов, С.М. Разинкин, Е.В. Голобородько [и др.]; под редакцией д.м.н., проф. В.А. Уйба. - 2-е изд., доп. - Москва: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А. И. Бурназяна ФМБА России, 2019. - 72 с.

196. Приказ Минздрава России от 30.08.2021 г. № 885н «Об утверждении порядка проведения оценки соответствия медицинских изделий в форме технических испытаний, токсикологических исследований, клинических испытаний в целях государственной регистрации медицинских изделий».

197. Пульмонология. Национальное руководство. Краткое издание. Под ред. Чучалина А.Г. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016.

198. Разинкин, С.М. Современные методы скрининг-диагностики психофизиологического состояния функциональных и адаптивных резервов организма / С.М. Разинкин // Физиотерапевт. - 2013. - № 4. - С. 34-42.

199. Разинкин, С.М. Комплексная скрининг-диагностика оценки психофизиологического и соматического здоровья, функциональных и адаптивных резервов организма / С.М. Разинкин, Н.В. Котенко // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. - 2010. - № 11. - С. 21-34.

200. Разинкин, С.М. Диагностика психологического состояния спортсменов при проведении углубленного медицинского обследования / С.М. Разинкин, А.А. Киш, М.А. Брагин // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. - 2018. - № 4. - С. 55-69.

201. Разинкин, С.М. Разработка и обоснование критериального аппарата оценки уровня здоровья спортсмена / С.М. Разинкин, В.В. Петрова, П.А. Фомкин // Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии. - 2015. - № 2. - С. 72-80.

202. Разинкин, С.М. Диагностика резервных возможностей организма при действии факторов внешней среды на организм человека / С.М. Разинкин // Новые мед. технологии. Новое мед. оборудование. – 2010. - № 1. - С.16-25.

203. Разинкин, С.М. Объективная психодиагностика. Аппаратно-программный комплекс «Диамед-МБС» / С.М. Разинкин, А.А. Киш. - М., Научная книга, 2019. - 228 с.

204. Разинкин, С. М. Реализация концепции «Охраны здоровья здорового человека» в спортивной медицине / С.М. Разинкин // Вопросы курортологии физиотерапии и лечебной физической культуры. - 2017. - № 2. - С. 115-116.

205. Разинкин, С. М. Скрининг-диагностика в авиационной, восстановительной и спортивной медицине. Т. 2: Восстановительная медицина: монография / С.М. Разинкин. – М.: Человек, 2020. - 231 с.

206. Разинкин, С.М. Исследование индивидуальных особенностей дыхательной системы спортсменов-лыжников в зависимости от физического состояния / С.М. Разинкин, Г.Г. Ерофеев, С.П. Драган // Сборник материалов XII международной научной конференции «Системный анализ в медицине» (САМ 2018). Под общ. ред. В.П. Колосова. - 2018. - С. 142-144.

207. Разуванов, В.М. Технические и функциональные требования к проектированию современных устройств для тренировки дыхательной системы спортсменов / В.М. Разуванов // Олимпийский спорт и спорт для всех: материалы XXV Международного научного конгресса: в 2 ч., Минск, 15–17 октября 2020 года. – Минск: Белорусский государственный университет культуры и искусств, 2020. – С. 194-200.

208. Разумов, А.Н. Научные основы концепции восстановительной медицины и актуальные направления ее реализации в системе здравоохранения / А.Н. Разумов, И.П. Бобровницкий // Вестник восстановительной медицины. - 2002. -№ 1. - С. 3-9.

209. Разумов, А.Н. Медицинская реабилитация пациентов с пневмониями, ассоциированными с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 / А.Н. Разумов, Г.Н. Пономаренко, В.А. Бадтиева // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. - 2020. - Т. 97. - № 3. - С. 5-13. - URL: https://doi.org/10.17116/kurort2020970315 (дата обращения – 27.04.2021).

210. Рассулова, М.А. Система технологий медицинской реабилитации при хронической обструктивной болезни легких: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.51 / М.А. Расулова. – М., 2008. - 248 с.

211. Реабилитация в спорте высших достижений: монография / С.М. Разинкин [и др.]; под общ. ред. д.м.н., профессора С.М. Разинкина, чл.-корр., д.м.н., проф. А.С. Самойлова. – М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2022. – 443 с.

212. Резолюция круглого стола «Проблема легочных заболеваний в России» X Всероссийского конгресса пациентов «Взаимодействие власти и пациентского сообщества как основа построения пациент-ориентированного здравоохранения в Российской Федерации» (Россия, Москва, 29 ноября 2019 г.) [Электронный ресурс]. – URL: http://svspru.ru/media/853321/4.pdf (дата обращения – 25.06.2021).

213. Респираторная медицина. Руководство: в 3 т. Под ред. Чучалина А.Г. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Литтерра, 2017.

214. Ржевкин, С.Н. Курс лекций по теории звука / С.Н. Ржевкин. - М.: МГУ, 1960. - 336 с.

215. Сабиров, Д.М. Виброакустическая терапия при тяжелом остром респираторном дистресс-синдроме смешанного генеза (клиническое наблюдение) / Д.М. Сабиров, А.Л. Росстальная, Д.Р. Махсудов // Вестник экстренной медицины. – 2021. – Т. 14. – № 1. – С. 31-39.

216. Самойлов, А.С. Оптимизация системы медико-биологического обеспечения спортсменов сборных команд России зимних видов спорта (на примере подготовки и проведения XXII зимних Олимпийских игр в г. Сочи): дисс. … д-ра мед. наук: 14.03.11 / А.С. Самойлов. – М., 2016. – 257 с.

217. Самойлов, А.С. Методологические аспекты оценки эффективности технологий спортивной медицины / А.С. Самойлов, С.М. Разинкин, В.В. Петрова [и др.] // Медицина экстремальных ситуаций. - 2015. - № 4. - С. 45-55.

218. Самойлов, А.С. Обоснование методики оценки физической работоспособности спортсменов сборной России по академической гребле / А.С. Самойлов, С.М. Разинкин, А.А. Киш [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. - 2016. - № 2. - С. 46-53.

219. Самойлов, В.О. Низкочастотная биоакустика /В.О. Самойлов, Г.Н. Пономаренко, Л.Д. Енин. - СПб: Реверс, 1994. – 215 с.

220. Сверчкова, В.С. Гипоксия-гиперкапния и функциональные возможности организма / В.С. Сверчкова. – Алма-Ата: Наука, 1985.

221. Свидовый, В.И. Действие инфразвука на структуру легкого / В.И. Свидовый, В.В. Глинчиков // Гигиена и профессиональные заболевания. – 1987. – № 1. – С. 34-37.

222. Свидовый, В.И. Сочетанное воздействие шума и инфразвука на организм, проблемы гигиенического нормирования и профилактики: автореф. дис. … д-ра мед.: 14.00.07 / В.И. Свидовый. - СПб., 1994.- 50 с.

223. Сидоренко, Е.И. Возможности инфразвукового пневмомассажа в комплексном лечении возрастной макулярной дегенерации сетчатки / Е.И. Сидоренко, А.Х. Гаунова // Вестник восстановительной медицины. – 2008. - № 1. – С. 50-51.

224. Симухин, В.В. Медико-биологические эффекты импульсных шумов и особенности их гигиенического нормирования (обзор) / В.В. Симухин, А.А. Ворона, А.В. Богомолов, Ю.А. Кукушкин, С.П. Рыженков // Безопасность в техносфере. – 2012. – Т. 1. - № 6. – С. 36-43.

225. Ситель, А.Б. Мануальная терапия спондилогенных заболеваний: учебное пособие / А.Б. Ситель. - М.: Медицина, 2008. – 408 с.

226. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 20 с.

227. Соловьева, Н.В. «Коронавирусный синдром»: профилактика психотравмы, вызванной Covid-19 / Н.В. Соловьева, Е.В. Макарова, И.В. Кичук // Русский Медицинский Журнал. - 2020. - № 9. - С. 18-22.

228. Солопов, И.Н. Функциональная подготовка спортсменов / И.Н. Солопов, А.И. Шамардин. - Волгоград: ПринТерра-Дизайн, 2003. – 263 с.

229. Солопов, И.Н. Физиологические эффекты методов направленного воздействия на дыхательную функцию человека / И.Н. Солопов. – Волгоград, 2004. – 220 с.

230. Солдатов, П.Э. Физиолого-гигиеническое обоснование новых методов обеспечения организма кислородом в экстремальных условиях: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.32 / П.Э. Солдатов. - М., 2006.- 139 с.

231. Стефаниди, А.В. Эффективность применения мягких техник мануальной терапии при хронической боли в поясничной области / А.В. Стефаниди, И.М. Почтаренко, Н.В. Балабанова [и др.] // Рефлексотерапия и мануальная терапия в XXI веке: мат. межд. конгр. – М., 2006. – С. 351.

232. Суслов Ф.П. Спортивная тренировка в условиях среднегорья / Ф.П. Суслов, Е.Б. Гиппенрейтер, Ж.К. Холодов; РГАФК. – М., 1999. – 202 с.

233. Суслов Ф.П. Тренировка в условиях среднегорья как фактор повышения спортивного мастерства: автореф. дис. … д-ра пед. наук / Ф.П. Суслов. – М., 1983. – 48 с.

234. Тавровская, Т. В. Велоэргометрия. Практическое пособие для врачей / Т.В. Тавровская. – СПб., 2007.

235. Тарабрина, Н.В. Практикум по психологии посттравматического стресса / Н.В. Тарабрина. - СПб: Питер, 2001. - 272 с.

236. Тер-Акопов, Г.Н. Опыт ФМБА России по реализации технологий медицинской реабилитации в санаторно-курортных условиях больных, перенесших коронавирусную инфекцию COVID-19 / Г.Н. Тер-Акопов, Н.В. Ефименко, А.С. Кайсинова // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. - 2021. - Т. 98. - № 3. - Вып. 2. - С. 189-190.

237. Терова, И.К. Статистические методы построения обобщенных оценок воспроизводственного процесса развития хозяйствующего субъекта / И.К. Терова // Научные записки Новосибирского государственного университета экономики и управления. -2007. - № 2. - С.

238. Титова, О.Н. Клинические и фармако-экономические подходы к эффективной медицинской реабилитации больных инвалидов при хронической обструктивной болезни легких: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.51 / О.Н. Титова. - СПб., 2009. - 359 с.

239. Тихомиров, А.М. Импеданс биологических тканей и его применение в медицине / А.М. Тихомиров. - М.: РГМУ, 2006. - 12 с.

240. Торкунова, О.В. Фармакологическая коррекция неблагоприятного действия низкочастотных акустических колебаний / О.В. Торкунова, П.Д. Шабанов // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. - 2014. - Т. 12. - № 3. - С. 20-25.

241. Трегуб, П.П. Стресс эндоплазматического ретикулума нейронов при инсульте максимально ограничивается сочетанием гиперкапнии и гипоксии / П.П. Трегуб, В.П. Куликов, Ю.Г. Мотин [и др.]. // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. - 2016. - Т. 161. - №4. - С.457-461.

242. Труды четвёртой международной конференции «Виброакустика в медицине»/ Proceedings of the fourth internftional conference «Vibroacoustics in medicine» - СПб.: Вита Нова, 2007 - 113 с.

243. Тумасян, А.Р. Лечение миопии инфразвуком по методу Сидоренко - Тумасяна / А.Р. Тумасян // Охрана зрения детей и подростков на рубеже веков. Сборник научных трудов, посвященный 43-летию со дня основания кафедры глазных болезней педиатрического факультета 2-го МОЛГМИ им. Пирогова. - М., 2006. - С. 50-56.

244. Ульченко, И.Г. Рекомендации глобальной инициативы по хронической обструктивной болезни легких – GOLD 2020 и COVID-19 / И.Г. Ульченко, Е.А. Костюкова, О.Н. Крючкова, Е.А. Ицкова, Н.В. Жукова, В.В. Килесса, М.Г. Шкадова // Крымский терапевтический журнал. - 2020. - № 3. - С. 63-73.

245. Уйба, В.В. Биологическое действие инфразвука (гигиенические и медико-биологические аспекты) / В.В. Уйба, К.В. Котенко, В.С. Степанов; под ред. акад. РАМН Л.А. Ильина. - М., 2012. - 384 с.

246. Учебник по восстановительной медицине. Под ред. Разумова А.Н. - М., 2009.

247. Ушаков, И.Б. Методологические подходы к диагностике и оптимизации функционального состояния специалистов операторского профиля / И.Б. Ушаков, А.В. Богомолов, Л.А. Гридин // М.: Медицина, 2004. – 135 с.

248. Уянаева, М.А. Эффективность нелекарственных методов в комплексных лечебных и реабилитационных программах при хронической обструктивной болезни легких / М.А. Уянаева, Г.П. Арутюнов, Г.Г. Мелконян, М.А. Рассулова, Г.Ю. Мелик-Оганджанян // Московская медицина. – 2019. – Декабрь. – С. 99-100.

249. Фергюсон, Л.У. Лечение миофасциальной боли. Клиническое руководство / Л.У. Фергюсон, Р. Гервин. - М: МЕДпресс-информ, 2008. – 544 с.

250. Фесюн, А.Д. Вызовы и подходы к медицинской реабилитации пациентов, перенесших осложнения COVID-19 / А.Д. Фесюн, А.А. Лобанов, А.П. Рачин [и др.] // Вестник восстановительной медицины. - 2020. - № 3(97). - С. 3-13. – DOI 10.38025/2078-1962-2020-97-3-3-13.

251. Фефилатьев Л.П. Интервальная гипоксическая тренировка и технические средства ее реализации в спорте / Л.П. Фефилатьев, Л.П. Бровко, Н.И. Волков // Современные достижения спортивной науки. – С.-Петербург, 1994. – С. 76.

252. Физическая и реабилитационная медицина: национальное руководство / Под ред. Г.Н. Пономаренко. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. - 688 с.

253. Филатов, В.В. Инфразвуковой фонофорез в лечении офтальмопатологии: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.08 / В.В. Филатов. – М., 2004. - 184 с.

254. Филатов В.В. Исследование изменений ферментативносолевого состава, влияющего на проницаемость тканей глаза, под действием инфразвукового фонофореза / В.В. Филатов // Вестник офтальмологии. - 2005. - № 3. - С. 26-27.

255. Фролов, В.А. Атлас мануальной диагностики и мануальной терапии дистрофических заболеваний позвоночника / В.А. Фролов. - М.: АиФ-Принт, 2002. - 147 с.

256. Фудин, Н.А. Физиологические особенности гиповентиляционного дыхания в сочетании с физическими упражнениями / Н.А. Фудин, С.Я. Классина // Наука и спорт: современные тенденции. – 2018. – Т. 20. – № 3. – С. 30-34.

257. Фудин, Н.А. Гиповентиляционное дыхание как средство повышения физической работоспособности человека при физической работе до отказа / Н.А. Фудин, С.Я. Классина, Ю.Е. Вагин // Теория и практика физической культуры. – 2016. – № 12. – С. 55-57.

258. Фудин, Н.А. Газовый гомеостазис (произвольное формирование нового стереотипа дыхания) / Под общей редакцией К.В. Судакова. – Тула: «Тульский полиграфист», 2004. – 216 с.

259. Хадарцев, А.А. Медико-биологические технологии в спорте / А.А. Хадарцев, Н.А. Фудин, В.А. Орлов. - М.: Изд-во «Известия», 2011. - 460 с.

260. Хадарцев, А.А. Избранные технологии немедикаментозного воздействия в реабилитационно-восстановительной и спортивной медицине / А.А. Хадарцев. Под ред. Н.А. Фудина. - Тула: ООО РИФ «Инфра», 2009. - 398 с.

261. Хованская Г.Н. Применения медицинской реабилитации пациентов с пневмонией, обусловленной коронавирусом SARS-COV-2 / Г.Н. Хованская, Н.В. Юрчевская, В.Н. Полудень, Ю.Ч. Сирицына // Актуальные проблемы медицины: сборник материалов итоговой научно-практической конференции. - Гродно, 2021. - С. 894-898.

262. Чучалин А.Г. Тяжелый острый респираторный синдром (ТОРС) – [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rmj.ru/articles/obshchie-stati/Tyaghelyy_ostryy_respiratornyy_sindrom_TORS/. – (дата обращения 12.06.2021).

263. Шакирова, О.В. Медико-патогенетическое и фармакоэкономическое обоснование диагностики, лечения и системы организационно-реабилитационных мероприятий среди больных хронической обструктивной болезнью легких: дис. ... д-ра мед. наук: 14.00.43 / О.В. Шакирова. - СПб., 2007. – 368 с.

264. Шакула, А.В. Реализация научной идеи академика Н.А. Агаджаняна / А.В. Шакула // Вестник восстановительной медицины. - 2013. - № 1. - С. 116-120.

265. Шакула, А.В. Медицинская технология подводного вакуумного гидромассажа в комплексной программе реабилитации пациентов с новой коронавирусной инфекцией COVID-19 / А.В. Шакула, А.И. Мирошников, Т.В.

Кончугова, А.И. Павлов, Е.В. Нестерова // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. - 2021. - Т. 98. - № 3. - Вып. 2. - С. 208-209.

266. Шамардин, А.А. Дифференцированное использование регламентированных режимов дыхания в разные периоды тренировочного цикла юных футболистов / А.А. Шамардин, Д.В. Таможников, И.Н. Солопов // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11 (2). – С. 329-335.

267. Шишкин, А.А. Оценка эффективности вибрационного воздействия на постуральную мускулатуру у спортсменов / А.А. Шишкин, В.В. Кармазин, Д.А. Андреев [и др.] // Лечебная физкультура и спортивная медицина. - 2019. - № 4(154). - С. 21-26.

268. Шмонин, А.А. Медицинская реабилитация при коронавирусной инфекции: новые задачи для физической и реабилитационной медицины в России / А.А. Шмонин, М.Н. Мальцева, Е.В. Мельникова, И.Е. Мишина, Г.Е. Иванова // Вестник восстановительной медицины. - 2020. - Т. 97. - № 3. - С. 14-21. – DOI: 10.38025/ 2078-1962-2020-97-3-14-21.

269. Экстракорпоральная ударно-волновая терапия в комплексной терапии миофасциального болевого синдрома на пояснично-крестцовом уровне: методические рекомендации № 2 / ГАУЗ города Москвы «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы». - М., 2015. - 22 с.

270. Эргешова Л.А. Легочная реабилитация больных хронической обструктивной болезнью легких: дис. … канд. мед. наук / Л.А. Эргешова. – М., 2015. - 215 с.

271. Юрку, К.А. Влияние ударно-волновой терапии на качество жизни у пациентов с болью в нижней части спины / К.А. Юрку, С.А. Бондарев, М.В. Иванов, Е.В. Васильева // Вестник Всероссийского общества специалистов по медико-социальной экспертизе, реабилитации и реабилитационной индустрии. - 2021. - № 1. - С. 88-94. – DOI: 10.17238/issn1999-2351.2021.1.88-94.

272. Янышева, Г.Г. Комплексная диагностика и лечение миофасциального болевого синдрома у спортсменов: дис. ... канд. мед. наук: 14.03.11 / Г.Г. Янышева. – СПб.: 2017. – 117 с.

273. Abdullahi, A. Safety and Efficacy of Chest Physiotherapy in Patients With COVID-19 / A. Abdullahi // Critical. Review. Front. Med. (Lausanne). - 2020. - Vol. 7. - P. 454. - DOI: 10.3389/fmed.2020.00454.

274. Alves-Pereira, M. Vibroacoustic disease: biological effects of infrasound and low-frequency noise explained by mechanotransduction cellular signaling / M. Alves-Pereira, N.A.A. Castelo Branco // Progress in Biophysics and Molecular Biology. - 2007. - Vol. 93. - № 1. - P. 256–279.

275. American Thoracic Society. Pulmonary Function Laboratories: Advice Regarding COVID-19 [Электронный ресурс]. - URL: https://www.thoracic.org/professionals/clinical-resources/disease-related-resources/pulmonary-function-laboratories.php) (дата обращения: 23.07.2021).

276. Beketova, H.V. The infl uence of the health saving technologies on the health of the children of the primary-school age / H.V. Beketova, K.B. Savinova, O.D. Dybohay, H.D. Mishcherska // Modern pediatrics. - 2018. - Vol. 8(96). - P. 17-21.

277. Bogomolov, A.V. Mathematical justification of the acoustic method for measuring the impedance of the respiratory tract / A.V. Bogomolov, S.P. Dragan // Doklady Biochemistry and Biophysics. - 2015. - Vol. 464. - No 1. - P. 319-321. - DOI: 10.1134/S1607672915050130.

278. Bogomolov, A.V. Mathematical model of sound absorption by lungs with acoustic stimulation of the respiratory system / A.V. Bogomolov, S.P. Dragan, G.G. Erofeev // Doklady Biochemistry and Biophysics. - 2019. - Т. 487. - № 1. - С. 247-250.

279. Branco N., Ferreira J., Mendes C., Alves-Pereira M. Respiratory pathology in vibroacoustic disease IV – microscopy of lung and pleura // Mat. 7th int. sym. – St.-Petersburg, 2004. - P. 45-50.

280. Bragin, M. The Use of Bioacoustic Stimulation of the Respiratory System in Complex Medical Rehabilitation at a Health Resort Facility for Patients who have had COVID-associated Pneumonia / M. Bragin, E. Goloborodko, G. Erofeev, S. Razinkin,

A.V. Sukhinin, A. Kish, I. Mikhlik, K.V. Zolotareva // Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences. - 2021 Nov 21. - Vol. 9. - № B. - P. 1607-1614. - DOI: https://doi.org/10.3889/oamjms.2021.7207.

281. Branco, N. Vibroacoustic disease – current concepts / N. Branco, M. Alves-Pereira // Mat. 11th int. cong. on sound and vibration. - St. Peterburg, 2004. - P. 1775-1782.

282. Branco, N. Clinical stages of vibroacoustic disease for health professional continuous research / N. Branco // Mat. 12th int. sym. - Lisabon, 2005. - P. 145-151.

283. Cao, Y. Imaging and clinical features of patients with 2019 novel coronavirus SARS-CoV-2: a systematic review and meta-analysis / Y. Cao, X. Liu, L. Xiong, K. Cai // Journal of Medical Virology. - 2020 Sep. - Vol. 92(9). - P. 1449-1459.

284. Castelo Branco, N.A.A. Respiratory pathology in vibroacoustic disease: 25 years of research. / N.A.A. Castelo Branco, J.R. Ferreira, M. Alves-Pereira // Rev. Port. Pneumol. - 2007. - Vol. 13, № 1. - P. 129-135.

285. Castelo Branco, N.A.A. Clinical protocol for evaluating pathology induced by low frequency noise exposure // 10th European Congress and Exposition on Noise Control Engineering, Euronoise 2015, Maastricht, 31 May - 3 June 2015. - Maastricht, 2015. - P. 2653-2658.

286. Carley, D.W. Respiratory and arousal responses to acoustic stimulation / D.W. Carley, R. Applebaum, R.C. Basner, E. Onal, M. Lopata // Clinical Investigations. - 1997. - Vol. 112(6). - P. 1567-1571.

287. Clinton, A. Athlete’s respiratory monitoring equipment and some results of its application / A. Clinton, M. Jefferson // Biomedical Engineering and Applications. - 2020. - Vol.1. - №1. - P.12-18.

288. Chatwin, M. Long-Term Mechanical InsufflationExsufflation Cough Assistance in Neuromuscular Disease: Patterns of Use and Lessons for Application / M. Chatwin, A.K. Simonds // Respir. Care. – 2020. – V. 65(2). – P. 135-143. - DOI: 10.4187/respcare.06882.

289. Chen, P. Current Trends in the Physiology of Sport / P. Chen // Sports Communications. - 2019. - Vol. 5. - №1. - P.8-14.

290. Chuan, F. Sports pulmonology and sports medicine / F. Chuan, S. Kreilin // Pulmonology and physiotherapy. - 2019. - Vol. 2. - № 3. - P. 76-83.

291. Chung, B. Extracorporeal Shockwave Therapy / B. Chung, J.P. Wiley // Sports Medicine. - 2002. - Vol. 32. - P. 851-865. - DOI: 10.2165/00007256-200232130-00004.

292. Cohen, A. Acoustic transmission of the respiratory system using speech stimulation / A. Cohen, A.D. Berstein // IEEE Trans Biomed Eng. - 1991. - Vol. 38. - № 2. - P. 126-132.

293. Dale, C.M. Education Experiences of Adult Subjects and Caregivers for Mechanical Insufflation-Exsufflation at Home / C.M. Dale, D. McKim, R. Amin [et al.] // Respir. Care. - 2020. - Vol. 65(12). - P. 1889-1896. - DOI: 10.4187/respcare.07534.

294. Demchuk, A.M. Performance Characteristics of Positive Expiratory Pressure Devices / A.M. Demchuk, R.L. Chatburn // Respir. Care. - 2020. - Respcare.08150. - DOI: 10.4187/respcare.08150.

295. Donadio, M.V.F. Respiratory physical therapy techniques recommended for patients with cystic fibrosis treated in specialized centers / M.V.F. Donadio, N.E. Campos, F.M. Vendrusculo [et al.] // Braz. J. Phys. Ther. - 2019. - S14133555(19)30062-0. - DOI: 10.1016/j.bjpt.2019.11.003.

296. Dragan, S.P. A method for acoustic impedance spectroscopy of the respiratory tract / S.P. Dragan, A.V. Bogomolov // Biomedical Engineering. - 2016. - Vol. 49(5). - P. 278-282.

297. Dragan, S.P. A method for acoustic stimulation of the respiratory system / S.P. Dragan, S.M. Razinkin, G.G. Erofeev // Biomedical Engineering. - 2020. - V. 54. - № 3. - P. 190-193.

298. Dragan, S.P. A Method for Acoustic Stimulation of Muscle Tissue in Limbs / S.P. Dragan, A.V. Bogomolov, S.M. Razinkin, E.A. Kondrat'eva // Biomedical Engineering. – 2019. - Vol. 53. - № 1. - P. 36-39. – DOI 10.1007/s10527-019-09873-5.

299. Dragan, S. An innovative technology of an athlete’s organism functional reserves increase based on bioacoustical stimulation of the respiratory system / S. Dragan, A. Bogomolov, S. Razinkin, I. Berzin, G. Erofeev // BIO Web Conferences. First

International Scientific-Practical Conference «Actual Issues of Physical Education and Innovation in Sports» (PES 2020). – Vol. 26, 2020. - DOI: 10.1051/bioconf/ 20202600037.

300. Dychko B. Biomechanical regulation of sportsmen external breath characteristics with use of pneuma-vibration effect / B. Dychko, A. Kochergin // Proceeding of the XXVI International Symposium on Biomechanics in Sport (ISBS). Sequl, Korea. – 2008. – P. 343–347.

301. Eltorai, A.E.M. Perspectives on Incentive Spirometry Utility and Patient Protocols / A.E.M. Eltorai, G.L. Baird, A.S. Eltorai [et al.] // Respir. Care. – 2018. – V. 63(5). – P. 519-531. - DOI: 10.4187/respcare.05872.

302. European Respiratory Society. Lung Function Testing During COVID-19 Pandemic and Beyond [Электронный ресурс]. - URL: https://ers.app.box.com/s/ zs1uu88wy51monr0ewd990itoz4tsn2h (дата обращения: 23.07.2021).

303. Fink, J.B. Forced expiratory technique, directed cough, and autogenic drainage / J.B. Fink // Respir. Care. - 2007 Sep. – V. 52(9). – P. 1210-1221.

304. Frija-Masson, J. Functional characteristics of patients with SARS-CoV-2 pneumonia at 30 days post-infection / J. Frija-Masson, M.-P. Debray, M. Gilbert [et al.] // Eur. Respir. J. - 2020. - Vol. 56. - № 2. - Article number: 2001754. - DOI: 10.1183/13993003.01754-2020.

305. Gierke U. Effects of infrasound of man / U. Gierke // Colloq. inter. CNRS. - Paris, 1974. - P. 415-435.

306. Global initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease // NHLBI/WHO workshop Report. Last updated. – 2008.

307. Greenman, P.E. Principles of manual medicine / P.E. Greenman. - Baltimore: Williams & Wilkins, 2003. - 456 p.

308. Harms A.C. Effects of respiratory muscle work on exercise performance/A.C. Harms, T.J. Wetter, C.M. Crois et al. // J. Appl. Physiol. – 2000. – 89. – P. 131-138.

309. Heslop-Marshall, K. Randomised controlled trial of cognitive behavioural therapy in COPD / K. Heslop-Marshall, C. Baker, D. Carrick-Sen [et al.] // European Respiratory Journal Open Research. - 2018. - Vol. (4). - Publ. 00094-2018. - DOI: 10.1183/23120541.00094-2018.

310. Hooper, J. An introduction to vibroacoustic therapy and an examination of its place in music therapy practice / J. Hooper // Br. J. Music Ther. – 2001. - Vol. 5. - P. 69-77.

311. Huang, C. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China / Huang C., Wang Y., Li X. [et al.] // Lancet. - 2020. - Vol. 395. - N. 10223. - P. 497-506. - DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30183-5.

312. Huang, Y. Impact of coronavirus disease 2019 on pulmonary function in early convalescence phase / Y. Huang, C. Tan, J. Wu [et al.] // Respir. Res. - 2020. - Vol. 21. - № 1. - Article number: 163. - DOI: 10.1186/s12931-020-01429-6.

313. Iannaccone, S. Role of Rehabilitation Department for Adult Individuals With COVID-19: The Experience of the San Raffaele Hospital of Milan / S. Iannaccone, P. Castellazzi, A. Tettamanti [et al.] // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 2020. – V. 101(9). – P .1656-1661. - DOI: 10.1016/j.apmr.2020.05.015.

314. Infrasound and low frequency vibration / Ed. W. Tempest. – London: Acad. Press, 1976. – 364 p.

315. Ingham E.A. Hypoxic tent living improves runners' performance / E.A. Ingham, P.D. Pfitzinger, J. Hellemans et al. // Medicine and Science in Sports and Exercise. – 2001. – Vol. 33. – P. 5.

316. Khor, Y.H. Oxygen therapy in COPD and interstitial lung disease: navigating the knowns and unknowns / Y.H. Khor, E.A. Renzoni, D. Visca [et al.] // ERJ Open Res. – 2019. – Vol. 5(3). – P. 00118-2019. - DOI: 10.1183/23120541.00118-2019.

317. Kotta, P.A. Incentive Spirometry for Prevention of Postoperative Pulmonary Complications After Thoracic Surgery / P.A. Kotta, J.M. Ali // Respir. Care. - 2020. - Respcare.07972. - DOI: 10.4187/respcare.07972.

318. Leemans, G. A Functional Respiratory Imaging Approach to the Effect of an Oscillating Positive Expiratory Pressure Device in Chronic Obstructive Pulmonary

Disease / G. Leemans, D. Belmans, C. Van Holsbeke [et al.] // Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis. - 2020 Jun 4. - Vol. 15. - P. 1261-1268. - DOI: 10.2147/COPD.S242191.

319. Licciardone, J.C. Osteopathic manipulative treatment for low back pain: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / J.C. Licciardone, A.K. Brimhall, L.N. King // BMC Musculoskelet. Disord. - 2005. - Vol. 6. - P. 43.

320. Lomax M.E. Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200 m swim / M.E. Lomax, A.K. McConnell // J. Sports Sci. – 2003. – Vol. 21. – P. 659-664.

321. McNeary, L. Navigating Coronavirus Disease 2019 (Covid19) in Physiatry: A CAN report for Inpatient Rehabilitation Facilities / L. McNeary, S. Maltser, M. Verduzco Gutierrez // PM&R. - 2020. - Vol. 12. - № 5. - P. 512-515.

322. McIlwaine, M. Positive expiratory pressure physiotherapy for airway clearance in people with cystic fibrosis / M. McIlwaine, B. Button, S.J. Nevitt // Cochrane Database Syst. Rev. - 2019. - Vol. 2019(11). - CD003147. - DOI: 10.1002/14651858.CD003147.pub5.

323. Mo, X. Abnormal pulmonary function in COVID-19 patients at time of hospital discharge / X. Mo, W. Jian, Z. Su [et al.] // Eur. Respir. J. - 2020. - Vol. 55. - № 6. - Article number: 2001217. – DOI: 10.1183/13993003.01217-2020

324. Moses A, Franklin V. Problems of physical training of athletes-skiers // Cyclic sports. - 2020. - Vol. 2. - №4. - P.54-67.

325. 71. Note for Guidance on Good Clinical Practice. International Conference on Harmonisation (ICH) Tripartite Guidelines. CPMP/ICH/135/95.

326. Patterson, M. Changes in the immune status in the training cycle of youth skiers / M. Patterson // Biomedical problems of sports. - 2019. - Vol. 9. - № 10. - P.67-73.

327. Rapp, S.M. Researchers find evidence of multigenetic etiology for degenerative disc disease / S.M. Rapp // Orthopedics today. - 2006. - № 26. - P. 30.

328. Reychler, G. Intrapulmonary Percussive Ventilation as an Airway Clearance Technique in Subjects With Chronic Obstructive Airway Diseases / G. Reychler, E. Debier, O. Contal [et al.] // Respir. Care. – 2018. – Vol. 63(5). – P. 620-631. -DOI: 10.4187/respcare.05876.

329. Riffard, G. Ventilation à percussions intrapulmonaires: fonctionnement et modalités de réglage [Intrapulmonary percussion ventilation: operation and settings] / G. Riffard, M. Toussaint // Rev. Mal. Respir. - 2012. - Vol. 29(2). - P. 347-354. - DOI: 10.1016/j.rmr.2011.12.003.

330. Romer L. Inspiratory muscle fatigue in trained cyclists: effects of inspiratory muscle training / L. Romer, A. McConnell, D. Jones // Med. Sci. Sports Exerc. - 2002. - Vol. 34. - № 5. - P. 785-792.

331. Shukla, M. Breathing exercises and pranayamas to decrease perceived exertion during breath-holding while locked-down due to COVID-19 online randomized study / M. Shukla, D. Chauhan, R. Raj // Complement Ther. Clin. Pract. – 2020. - Vol. 41. - Publ. 101248. - DOI: 10.1016/j.ctcp.2020.101248.

332. Simpson, R. Rehabilitation following critical illness in people with COVID-19 infection / R. Simpson, L. Robinson // American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. – 2020. - Vol. 10. - P. 1097.

333. Smits, M. Could Virtual Reality play a role in the rehabilitation after COVID-19 infection? / M. Smits, J.B. Staal, H. van Goor // BMJ Open Sport Exerc Med. - 2020. Vol. 6(1). - Publ. e000943. - DOI: 10.1136/bmjsem-2020-000943.

334. Singh, S.J. British Thoracic Society survey of rehabilitation to support recovery of the post-COVID-19 population / S.J. Singh, A.C. Barradell, N.J. Greening [et al.] // BMJ Open. - 2020. - Vol. 10(12). - Publ. e040213. - DOI: 10.1136/bmjopen-2020-040213.

335. Spruit, M.A. An Official American Thoracic Society / European Respiratory Society Statement: Key Concepts and Advances in Pulmonary Rehabilitation / M.A. Spruit, S.J. Singh, Ch. Garvey [et al.] // American journal of respiratory and critical care medicine. - 2013. - Vol. 188 (8). - P. e13-e64. - DOI: 10.1164/rccm.201309-1634St.

336. Sun, P. Clinical characteristics of hospitalized patients with SARS-CoV-2 infection: a single arm meta-analysis / P. Sun, Sh. Qie, Z. Liu, J. Ren, K. Li, J. Xi // Journal of Medical Virology. - 2020 Jun. - Vol. 92(6). - P. 612-617.

337. Tedeschi, R.G. The Posttraumatic Growth Inventory: Measuring the positive legacy of trauma. / R.G. Tedeschi, L.G. Calhoun // Journal of Traumatic Stress. - 1996. -

Vol. 9. - P. 455-472. - DOI: 10.1002/jts.2490090305.

338. Tse, J. Impact of Oscillating Positive Expiratory Pressure Device Use on Post-Discharge Hospitalizations: A Retrospective Cohort Study Comparing Patients with COPD or Chronic Bronchitis Using the Aerobika® and Acapella® Devices / J. Tse, K. Wada, Y. Wang [et al.] // Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis. - 2020. - Vol. 15. - P. 2527-2538. - DOI: 10.2147/COPD.S256866.

339. Wang, Ching-Jen. Extracorporeal shockwave therapy in musculoskeletal disorders / Ching-Jen Wang // Journal of Orthopaedic Surgery and Research. - 2012. - Vol. 7. - C. 11. - DOI: 10.1186/1749-799X-7-11.

340. Xian, Y.T. The COVID-19 outbreak and psychiatric hospitals in China: managing challengesthrough mental health service reform / Y.T. Xian, Y.J. Zhao, Z.H. Liu [et al.] // International Journal of Biological Sciences. - 2020. - Vol. 16(10). - P. 1741-1744.

341. Yang, F. Pulmonary rehabilitation guidelines in the principle of 4S for patients infected with 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) / F. Yang, N. Liu, J.Y. Hu [et al.] // Zhonghua Jie He He Hu Xi Za Zhi. - 2020 Mar 12. - Vol. 43(3). - P. 180-182. - DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2020.03.007.

342. Yang, X. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARS-CoV-2 pneumonia in Wuhan, China: a single-centered, retrospective, observational study / X. Yang, Y. Yu, J. Xu [et al.] // Lancet Respir Med. - 2020. - Vol. 8(5). - P. 475-481. - DOI: 10.1016/S22132600(20)30079-5.