

МИНИСТЕРСТВО СПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный университет физической культуры,
спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК)»

ЗАХАРЬЕВА Н.Н., СЕРГЕЕВА Е.Г.

**МЕТОДИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ
В СПОРТИВНОЙ ПРАКТИКЕ**

Учебно-методическое пособие



Москва

ОНТОПРИНТ
СДЕЛАНО - СКАЗАНО

2021

УДК 796:612

ББК 75.0

З-38

Рекомендовано к изданию Экспертно-методическим советом
Института Научно-педагогического образования
Протокол №7 от 12 мая 2020 г.

Авторы:

Захарьева Наталья Николаевна, академик РАЕ, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры физиологии ИНПО «РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК)».

Сергеева Елена Геннадьевна, доктор медицинских наук, профессор кафедры терапия факультетская с курсом эндокринологии, кардиологии и функциональной диагностики Первый Санкт Петербургский Государственный университет им И.П. Павлова.

Рецензент:

Беличенко О.И. – Академик РАЕН, д.м.н., профессор, профессор кафедры спортивной медицины. ИНПО «РГУФКСМиТ»

Захарьева Н.Н., Сергеева Е.Г.

З-38 Методики с использованием биологической обратной связи в спортивной практике : Учебно-методическое пособие / Н. Н. Захарьева, Е. Г. Сергеева. — М. : Издательство «ОнтоПринт», 2021. — 62 с. : фото.

ISBN 978-5-00121-349-9

Учебно-методическое пособие д.м.н., профессора кафедры физиологии Н.Н. Захарьевой и д.м.н. профессора Сергеевой Е.Г.: «Методики с использованием биологической обратной связи в спортивной практике» раскрывает возможности использования методов с применением биологической обратной связи в тренировочном процессе спортсменов, в процессе рекреации и реабилитации спортсменов после травм и заболеваний.

Учебно-методическое пособие предназначено для магистрантов обучающихся по направлению 49.04.01 «Физическая культура», аспирантов и преподавателей ИНПО РГУФКСМиТ и спортивных вузов России.

УДК 796:612

ББК 75.0

ISBN 978-5-00121-349-9

© Захарьева Н.Н., Сергеева Е.Г., 2021

Содержание

Список сокращений	3
Область применения методических рекомендаций.....	4
Введение.....	5
Глава 1. Понятие «биоуправление» и «биологически обратная связь». Значение функционального биоуправления с обратной связью в спортивной практике.	7
Глава 2. Основные методические принципы проведения сеансов с биологической обратной связью	20
Глава 3. Основные направления и методы использования биологической обратной связи в спортивном тренировочном процессе	22
3.2. Вариабельность сердечного ритма и биологическая обратная связь	26
3.3. Методика кардиореспираторного тренинга	30
3.4. Методика оценки уровня тревожности спортсменов.....	31
Глава 4. Наиболее значимые результаты, полученные у спортсменов при применении методик с БОС в коррекции тренировочного процесса и функционального состояния в ИВС.....	42
Заключение	53
Список литературы	55

Список сокращений

1. БОС – биологическая обратная связь;
2. ВНС – вегетативная нервная система;
3. ВРС – вариабельность ритма сердца;
4. КГР – кожно-гальваническая реакция;
5. КПР – кожная проводимость;
6. КРГ – кардиоритмограмма;
7. РЭГ – реоэнцефалограмма;
8. СМА – сверхмедленная активность мозга;
9. США – Соединенные Штаты Америки;
10. ФБУОС – функциональное биоуправление с обратной связью;
11. ФПГ – фоноплетизмограмма;
12. ЧСС – частота сердечных сокращений;
13. ЭКГ – электрокардиография;
14. ЭМГ – электромиограмма;
15. ЭЭГ – электроэнцефалограмма;
16. ЭЭГ-БОС-тренинг – ментальный тренинг.

Область применения методических рекомендаций

Представленные учебно-методические рекомендации имеют широкий спектр применения в тренировочном процессе спортсменов. Описанные методы могут быть использованы для коррекции тренировочных нагрузок в годичном цикле подготовки: подготовительном, предсоревновательном, соревновательном периодах; для определения соответствия величины нагрузок индивидуальным адаптационным возможностям спортсменов различных специализаций и различного уровня подготовки, повышения стрессоустойчивости, уменьшения психоэмоциональной напряженности и тревожности, коррекции неблагоприятных предстартовых состояний, психорелаксации, улучшения когнитивных функций спортсменов: памяти и мышления; обеспечения и закрепления новых спортивных стратегий и творческого потенциала спортсмена; в лечебном процессе при реабилитации различных заболеваний: нарушений опорно-двигательного аппарата, синдрома нейровегетативных дисфункций, психосоматических нарушений (бронхиальная астма, гастродуоденит, и др.). Другим важным аспектом применения БОС-технологий является разработка новых физиологических и педагогических моделей приближения спортсмена к эталону спортивной формы и новых научных разработок.

Введение

Основные тенденции развития мирового спорта в настоящее время свидетельствуют «...об обострении глобальной конкуренции в соревновательной деятельности, непосредственно в спортивных состязаниях практически любого масштаба» (П.А. Виноградов (2014)). Эти направления обуславливают необходимость разработки системы специальных не допинговых, безболезненных, неинвазивных методик подготовки спортсменов при выступлениях в различных регионах, странах, континентах, что усиливает необходимость проведения научно обоснованных мероприятий по использованию и их внедрению в тренировочный процесс.

Одним из направлений повышения физической работоспособности и расширения адаптационных возможностей спортсменов является методика с применением биологической обратной связи. Представленные учебно-методические рекомендации имеют широкий спектр применения в тренировочном процессе спортсменов. Это коррекция тренировочных нагрузок в годичном цикле подготовки; повышение стрессоустойчивости, уменьшения психоэмоциональной напряженности и тревожности, коррекции неблагоприятных предстартовых состояний, психорелаксация, улучшения когнитивных функций спортсменов и параспортсменов: памяти и мышления; обеспечения и закрепления новых спортивных стратегий и творческого потенциала спортсмена; в лечебном процессе при реабилитации спортсменов после различных заболеваний: нарушений опорно-двигательного аппарата, синдрома нейровегетативных дисфункций, психосоматических нарушений (бронхиальная астма, гастродуоденит, и др.) и многое другое.

Другим важным аспектом применения БОС-технологий является разработка новых физиологических и педагогических моделей приближения спортсмена к эталону спортивной формы и новых научных разработок, что будет особенно полезно для магистрантов и аспирантов, занимающихся проблемой адаптации организма человека к физически нагрузкам.

В настоящем пособии определены характеристики понятия «биоуправление» и «биологическая обратная связь». Значение функционального биоуправления с обратной связью в спортивной практике; основные методические принципы проведения сеансов с биологической обратной связью; основные направления и методы использования биологической обратной связи в спортивном тренировочном процессе; приведены статически двигательно-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции; раскрыты методики с использованием вариабельности сердечного ритма и биологической обратной связи; методика проведения и оценки эффективности кардиореспираторного тренинга; методика оценки уровня тревожности спортсменов.

Нам показалось интересным представить научные данные и наиболее значимые результаты, полученные у спортсменов при применении методик с БОС в коррекции тренировочного процесса и функционального состояния спортсменов.

Знание методик с применением БОС поможет, занимающимся физической культурой и спортом, а также параспортсменам с отклонениями в состоянии здоровья или функционального состояния, способности выполнять запланированные нагрузки и контролировать эффективность тренировочного процесса.

Учебная работа в виде практикума может проводится в виде аудиторных и внеаудиторных занятий.

Использование методик с применением биологической обратной связи позволит получить более глубокие знания спортивным врачам, педагогам и тренерам, что может быть использовано в их профессиональной деятельности.

Глава 1. Понятие «биоуправление» и «биологически обратная связь».

Значение функционального биоуправления с обратной связью в спортивной практике.

*... функционирование нервной и эндокринной систем,
направленное на достижение
определенных полезных для организма,
приспособительных результатов.
Ведущая роль в этой саморегуляции
принадлежит так называемой обратной связи.
П.К. Анохин (1955)*

*(Общие принципы компенсации
нарушенных функций
и их физиологическое обоснование)*

Биологическая обратная связь (БОС) или **biofeedback** (англ.) – (*адаптивное или функциональное биоуправление, биореабилитация, висцеральное обучение*) – это современный метод реабилитации, направленный на активизацию внутренних резервов организма с целью восстановления или совершенствования физиологических навыков.

Физиологические механизмы БОС активируют процессы **саморегуляции**, которая наряду с работой других регуляторных систем является физиологической основой стабильности организма. При нарушении равновесия и изменениях гомеостаза организма человека под воздействием различных факторов внешней и внутренней среды (в том числе, и физической нагрузки), в результате работы саморегуляторных механизмов на принципе БОС, возникает ряд последствий, приводящих к устранению этих нарушений, что приводит к возвращению работы функциональных систем в исходное положение (например, устранение метаболического ацидоза после выполнения физической нагрузки).

Биологическая обратная связь — это физиологический саморегуляторный механизм, процесс или сигнал, который возвращается к управляющему звену внутри системы (рис. 1).

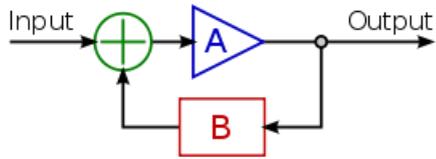
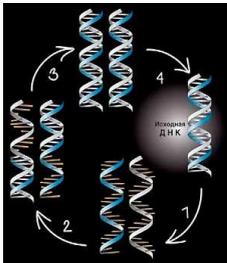
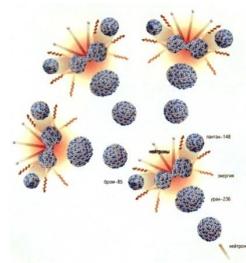


Рисунок 1. Схема биологической обратной связи.

Выделяют типы БОС: 1. **Положительная** (самовозрождающаяся) – усиливает входящий сигнал и ведет к еще большей модификации, **ускоряет процесс** (пример ядерная реакция); 2. **Отрицательная** (балансирующая) – ослабевает входящей сигнал и ведет к меньшей модификации, т.е. **замедляет процесс** (Senge P. M. (1990)) (рис. 2.А. и 2.Б.).



А. Полимерная реакция



Б. Цепная реакция

Рисунок 2. Примеры биологической обратной связи.

Примером позитивной БОС может служить эффективность педагогической методики.

Примером биологических механизмов с отрицательной обратной связью служит регуляция уровня гормонов в организме человека.

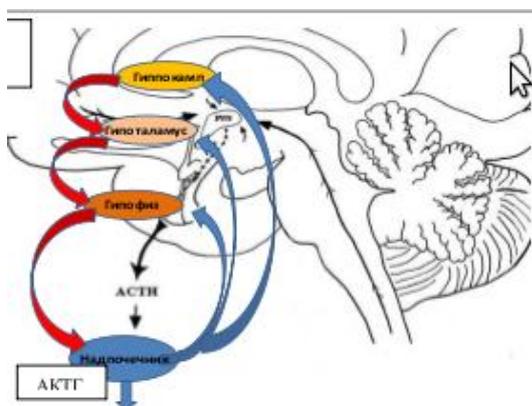


Рисунок 3. Регуляция уровня гормонов в организме человека по принципу отрицательной БОС.

Таким образом, для нормального поддержания гомеостаза организма человека используется БОС как саморегуляторного физиологического механизма стабильности поддержания функционирования биоритмически функционирующих биологических систем.

Компьютерное биоуправление – это немедикаментозная лечебно-оздоровительная технология, в основе которой лежит универсальный принцип биологической обратной связи: регистрируемый физиологический параметр, подлежащий коррекции, через интерфейс передается на монитор, и пациент, наблюдая в динамике свою физиологическую функцию, обучается изменять ее в нужном направлении, развивая навыки саморегуляции на основе условно-рефлекторного механизма.

Биоуправление – единственная медицинская технология, где пациент из пассивного объекта врачебных манипуляций превращается в активного субъекта лечебно-реабилитационного процесса (М. Штарк (Россия), Н. Шварц (США) (2002)) (схема 1).

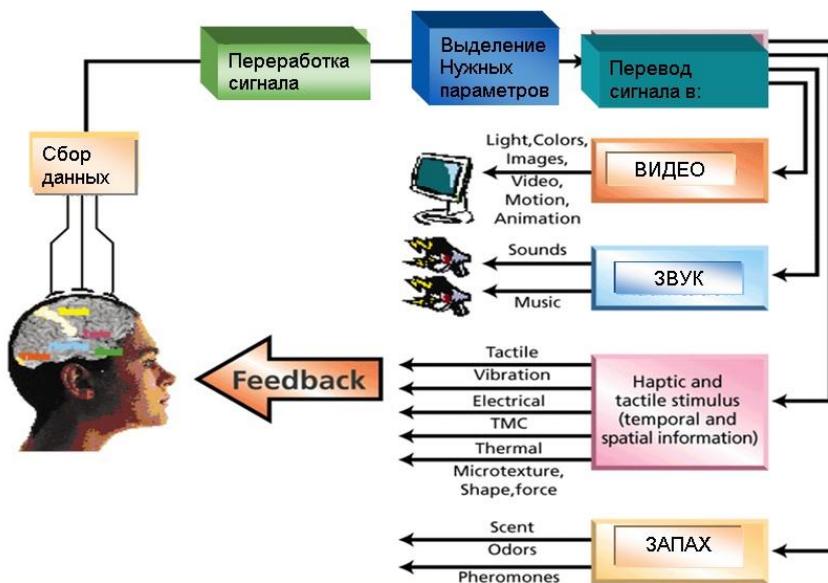


Схема 1. Схема биоуправления с биологической обратной связью.

Основная концепция биоуправления сводится к тому, что информация о собственном функциональном состоянии позволяет спортсмену обучиться саморегуляции и модификации физиологической функции. Исходя из этого, следует, что биоуправление приобретает большую ценность как метод активации состояния функциональных систем организма (И.Г. Чугаев., К.А. Лисицина (1991)).

Значение функционального биоуправления с обратной связью в спортивной практике многогранно, так как спортивная деятельность является областью предельных достижений человеческих возможностей, что предъявляет высокие требования к психике и функциональному состоянию спортсменов (Ростовцев В.Л. (2008), В.Н. Платонов (2010)). Это обстоятельство предполагает необходимость знания физических возможностей и механизмов функциональных резервов человеческого организма, действующего в режиме адаптации к возрастающим нагрузкам (Е.М. Бердническая, А.С. Гронская (2004)).

Достижение спортсменом поставленных задач происходит в условиях постоянного влияния на его функциональные системы эндо- и экзогенных стресс факторов (А.С. Солодков (1995); Р.М. Шагеев (2009)). В связи с этим встает вопрос о средствах и способах немедикаментозного воздействия на адаптационные процессы (М.А. Кузьмин (2010)).

Для эффективного результата в соревнованиях в условиях воздействия экстремальных физических и психологических нагрузок первостепенное значение имеет внедрение методик, связанных с развитием у спортсменов способностей к развитию саморегуляции (Ю.П. Денисенко с соавт. (2008); Н.Н. Сетяева, А.В. Фурсов (2010) и др.). Одной из таких методик является **биоуправление**, основанное на использовании **БОС** (С.И. Сороко, В.В. Трубачев (2010), С.Н. Кучкин (1997), А.Н. Красильников (2002) и др.).

Представление о физиологических эффектах обратной связи, как о важнейшем принципе организации и функционирования живых систем, было разработано академиком П.К. Анохиным (1968) в созданной им теории функциональных систем. Исходя из этой теории, под влиянием обратной связи происходит усиление мотивации к достижению поставленной цели и мобилизация дополнительных ресурсов, следовательно, расширение границ работоспособности человека (П.К. Анохин (1975)).

С точки зрения кибернетики, человеческий организм в целом можно сравнить с открытой информационной системой, которая включает в себя следующие элементы: 1. Источник информации. 2. Регистратор (передатчик) информации. 3. Канал передачи (проводник) информации. 4. Приемник информации. 5. Потребитель информации. 6. Источник помех.

Источниками информации являются **раздражители внешней или внутренней среды**, в качестве **регистратора** информации выступает зрительный, слуховой, тактильный или какой-либо другой **рецептор**.

Канал передачи – нервные волокна, **приемник информации** – нейрон, обрабатывающий и передающий информацию другим нейронам.

Потребитель информации – группы функционально связанных нейронов головного и спинного мозга, (по П.К. Анохину (1975))⁸ аналитико-синтетические центры, чаще всего лобная доля коры больших полушарий), оценивающие поступающую информацию и обеспечивающие осуществление соответствующего действия, результаты которого описанным путем вновь возвращаются к управляющему органу. Круг обратной связи, таким образом, замыкается.

В описываемой системе существует даже свой источник помех, в роли которого могут выступать травмы и заболевания нервной системы человека.

На принципах обратной связи построены все гомеостатические механизмы, обеспечивающие постоянство внутренней среды организма: *глубина и частота дыхания зависят от содержания углекислого газа и кислорода в крови, сердечный выброс тесно связан с интенсивностью физической нагрузки, поступление гормона инсулина контролируется уровнем глюкозы в крови и т. д.*

С теоретической точки зрения технология биоуправления различными параметрами физиологических функций организма человека применение методов БОС позволяет глубже понять физиологические механизмы саморегуляции функций, оценить роль тех или иных биологических сигналов, особенности физиологических регуляций, а именно участие и роль подкорковых структур и коры головного мозга в модуляции висцеральных и психических процессов (С.И. Сороко, В.В. Трубачев (2010)) и их функциональные резервы.

В мире выполнено значительное число исследований по разработке, теоретическому и практическому обоснованию методов биологической обратной связи и биоуправления (J.G.Arenaetal. (1991), R. Kajanderetal. (2003), S. Legg (1970), В. Muckeenzie (1998)). Биоуправление выступает как метод накопления и закрепления информации о соответствии паттернов важнейших физиологических функций определенным функциональным состояниям организма человека (М.В. Serman (1981)).

Исследования с БОС активно применяются в спортивной, медицинской, психологической и биологической практике для оценки функционального состояния человека, контроля тренировочных воздействий на организм спортсменов, предсоревновательного контроля, коррекции различных состояний при проведении тренировок с биоуправлением по опорной реакции, дифференциальной диагностики различных заболеваний, оценки эффективности лечения.

Технология, называемая: **«Функциональное биоуправление с обратной связью (ФБУОС)» или biofeedback**, появилась более 50 лет назад и занимает одно из первых мест среди немедикаментозных методов саморегуляции, реабилитации, мобилизации резервов организма спортсмена и коррекции тренировочного процесса. К настоящему времени накоплен большой и очень ценный опыт применения компьютерных, микропроцессорных, автономных комплексов, использующих фактор непрерывного контроля колебаний функций организма со стороны спортсмена. Использование технологии биологической обратной связи используется на всех этапах спортивной подготовки в Канаде и США.

Любая биологическая система обладает свойствами адаптации. Постоянно контактируя с внешними факторами, она стремится за счет внутренней подвижности выбрать такое состояние, которое обеспечит наилучший приспособительный эффект. Система, которая лишена возможности изменяться, нежизнеспособна. Напротив, она приобретает максимальную устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды при широком диапазоне колебаний физиологических функций.

Метод БОС убедительно доказал свою эффективность в спорте, стал неотъемлемой частью современного тренировочного процесса и периода реабилитации. В период активных занятий спортом постоянное напряжение регуляторных систем организма может привести к истощению адаптационных резервов, нарушению физиологических ритмов и механизмов

регуляции (Lee J. (2015)). Сейчас признано, что уровень развития колебательных и циклических форм биологической активности является важной и необходимой мерой адаптивности организма. Биологическим системам, обладающим многочисленными контурами внутренних обратных связей, свойственна активная форма поиска наиболее целесообразных состояний с биологической точки зрения. Информация, поступающая посредством обратных связей в управляющие центры организма, помогает оценить качество приспособления к условиям внутренней и внешней среды. Качество, знак, степень совершенства обратных связей оказывают решающее влияние на устойчивость и адаптивные свойства организма, которые обеспечиваются двумя алгоритмами. Первый определяет последовательность действий, второй вносит поправки в первый алгоритм в соответствии с сигналами обратной связи о результативности и оптимальности нового выработанного состояния (Захарова В.В. (1993), Naush N. (1992)).

Хроническая гиперактивация нейрогуморальной системы под влиянием неблагоприятных факторов внешней и внутренней среды организма приводит к различным нейровисцеральным нарушениям. Большое влияние на здоровье человека оказывают не только экстремальные факторы среды, но и множественные слабые факторы, которые могут вызывать мощные биологические эффекты из-за нарушения адаптационных механизмов. Известно, что ранние отклонения от нормы длительное время носят функциональный характер и проявляются в виде нарушения биоритмологических процессов. Необходимо вовремя выявлять и корректировать данные изменения и желательно не фармакологическими методами.

Методики с применением БОС, как немедикаментозные методы, повышающий резервные возможности организма спортсменов, приобретают ключевое значение в связи с ужесточением антидопинговых правил в спорте, представляют собой совокупность методов, направленных на мобилизацию

резервных возможностей организма за счет тренировки и повышения лабильности регуляторных механизмов (Суворов Н.Б., (2002)).

Экспериментальные исследования и клинические испытания многочисленных приемов БОС проводятся в течение многих лет (Баевский Р.М. (1999)). Полученные результаты заложили основу нового направления в компьютерных БОС-технологиях – *колебательное или знакопеременное биоуправление* (Василевский Н.Н. (1993)), эффективность которого установлена в программах подготовки спортсменов и человека-оператора (Гусева Н.Л., (2004), Суворов Н.Б. (2002), Яковлева Л.В., (2015)). Подобная технология в силу физиологической адекватности позволяет выявлять и восстанавливать естественные (собственные) биологические ритмы организма. Испытуемый не ставится в рамки «жесткой» инструкции, ему предлагается лишь следовать за текущей динамикой регулируемого процесса, биоритм которого нуждается в коррекции (с предъявлением «целевой» функции или без нее) (Солодков А.С. (2007)).

Большое количество физиологических функций имеют биоритмический колебательный характер (рис. 4).

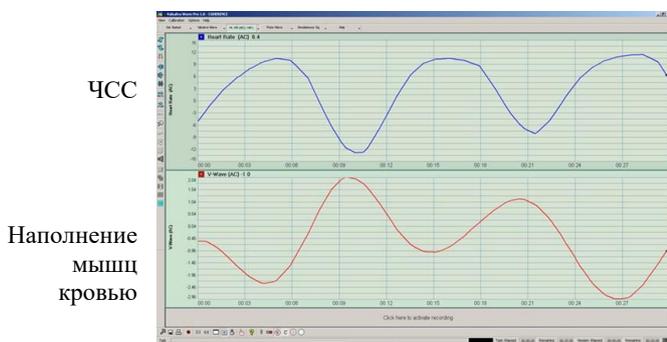


Рисунок 4. Отрицательная биологическая обратная связь частоты сердечных сокращений и миографических данных.

Особо был выделен *диапазон 8-30 с. – адаптогенные биоритмы*. Развитие адаптационных процессов в организме связывают с динамикой

биоритмов внутри этого диапазона. Периодические составляющие адаптогенного диапазона были приняты в качестве основных временных констант знакопеременной обратной связи. Изучение механизмов знакопеременного управления кардиоритмом, как информативного способа контроля состояния кардиоваскулярной системы, открыло пути к его коррекции через механизмы саморегуляции организма.

Значение функционального биоуправления с обратной связью в спортивной практике многогранно. Так как основная задача тренировочного процесса – это повышение выносливости и спортивного мастерства атлета параллельно с совершенствованием психологического настроя, нацеленного на достижение успешного результата.

БОС позволяет спортсмену: повысить чувствительность своих ощущений; оценить уровень и динамику физиологических процессов; улучшить моторную память, мышечное восприятие и координацию движений; повысить стрессоустойчивость; подойти к моменту соревнования на пике спортивной формы, быстрее восстановиться после перегрузок и травм; улучшить свои физические кондиции и спортивные показатели.

С помощью БОС проводится антистрессовая терапия, которая основана на обучении спортсмена стрессоустойчивости.

Разработаны специальные БОС-процедуры, которые моделируют стрессогенные факторы с целью обучения атлета контролю собственных эмоций для снятия соматического напряжения.

Таким образом, **главные направления использования методик с применением БОС в спорте:**

1. Развитие навыков оптимального паттерна физических тренировок для достижения **пика спортивной формы** при подготовке к соревнованиям.
2. Повышение психической устойчивости и снижение уровня тревожности.
3. Тренировка координации движений.
4. Повышение скорости реакции в игровых видах спорта.

5. Улучшение эффективности тренировок на выносливость.
 6. Формирование оптимального паттерна кардио-респираторной синхронизации.
 7. Реабилитация после травм.
 8. Обучение спортсмена навыкам стрессоустойчивости и преодоления высоких психологических нагрузок с помощью контроля вегетативных показателей – электромиографии, кровенаполнения, дыхания, температуры; формирование и совершенствование профессиональных качеств, значимых в том или ином виде спорта.
 9. Повышение скорости и качества восстановления (реабилитации) после интенсивных тренировочных и соревновательных нагрузок и травм.
 10. Разработка и внедрение новых методик, обеспечивающих достижение пика спортивной формы, наивысшего психофизиологического состояния к моменту соревнований.
 11. Формирование психологических качеств, которые позволяют достичь наивысшего спортивного мастерства при высоком уровне психосоматического здоровья спортсмена. Обучение проводится с помощью ментального тренинга (ЭЭГ-БОС-тренинга) с использованием данных электроэнцефалографии. В результате усиливается и удерживается оптимальное психофизиологическое состояние спортсмена, носящее название The Zone («состояние победителя»).
 12. Улучшение всех элементов технической подготовки – разработка и закрепление оптимальных тренировочных двигательных стереотипов, разучивание новых движений, работа над ошибками; развитие определенных спортивных навыков – реакции, скорости, выносливости.
 13. Повышение мотивации к соперничеству, победе, достижению наивысших результатов.
- Обучение спортивной релаксации появилось ещё в 1930 годах прошлого века. Именно владение методами релаксации создаёт основу для

достижения максимальной физической формы. Биологическая обратная связь является важнейшим элементом обучающих программ релаксации.

Спортивный тренировочный процесс строится на принципе периодичности, когда фазы интенсивных нагрузок чередуются с восстановительными периодами, причём расписание индивидуальных тренировок атлетов планируется на недели, месяцы и даже годы вперёд. Особое значение имеет достижение пика спортивного мастерства в соревновательный период, где немаловажное значение имеет волевой настрой атлета. БОС способствует повышению психической устойчивости в спорте высших достижений.

Биологическая обратная связь имеет большой терапевтический потенциал при сердечно-сосудистых заболеваниях как у спортсменов, так и у нетренированных людей (Maron V.J. (2006)), так как многие из этих заболеваний связаны с дисрегуляцией автономной нервной системы. БОС по кардиоритму успешно используют в реабилитации после острого нарушения мозгового кровообращения (Lehler P.M. (2014)), инфаркта миокарда (Ярмош И.В. (2009)).

Установлено, что метод БОС существенно повышает эффективность тренировки спортсменов на выносливость. Этот метод широко используется за рубежом при подготовке элитных спортсменов к соревнованиям различного уровня, в том числе и к олимпийским играм (Blumenstein, Bar-Eli, & Tenenbaum (2002); Blumenstein & Orbach (2012); Perry, Shaw, & Zaichkowsky (2011)).

На сегодняшний день в области нейрофизиологии и психофизиологии разработаны уникальные **БОС – методы**, позволяющие достоверно и стойко усилить важные психофизиологические функции спортсмена, что обеспечивает выработку умения произвольно входить и удерживаться в оптимальных ментальных состояниях, свойственных победителю.

Ведущие спортивные державы (США, Китай, Канада) включили в арсенал подготовки Олимпийских сборных команд БОС-методы и

рассматривают их как свое тайное оружие в борьбе за медали (Gruzelier J. (2009); Schak G. (2008); Wilson V. (2010)).

Глава 2. Основные методические принципы проведения сеансов с биологической обратной связью

Методика проведения сеанса с биологической обратной связью базируется на трёх основных элементах:

1. Физиологическая информация регистрируется датчиками, расположенных на различных частях тела.

2. Эта информация обрабатывается и передаётся испытуемому в режиме реального времени в форме аудио, визуальных и кинестетических сигналов (осуществляется обратная связь).

3. Концентрируясь на информации, полученной методом обратной связи, испытуемый контролирует свои физиологические функции и постепенно учится сознательно изменять и контролировать физиологическое поведение.

Большинство физиологических процессов организма не регулируются нашим сознанием, но оказывает прямое влияние на работоспособность и когнитивные функции. Однако, именно метод волевого самоконтроля является важнейшим элементом достижения пика спортивной формы. Совершенствование методов саморегуляции в различных спортивных дисциплинах достигается с помощью технологий биологической обратной связи.

Преимущества методов с применением БОС:

1. Неинвазивность.

2. Эффективно заменяет фармакологические методы коррекции различных физиологических функций.

3. Позволяет человеку самостоятельно контролировать изменения своего функционального состояния.

Группа международных экспертов FDA одобрила кардиореспираторные устройства БОС для контроля артериального давления и снижения уровня тревожности.

Методы БОС включают в себя следующие формы контроля физиологических параметров:

1. **Электроэнцефалография** – оценка электрической активности мозга, в условиях режима реального времени с возможностью самоконтроля с помощью БОС позволяет улучшить концентрацию внимания.

2. **Мониторинг частоты и характера дыхательных движений в условиях БОС** позволяет избежать синдрома гипервентиляции и поверхностного дыхания, что приводит к угнетению физической активности.

3. **Вариабельность сердечного ритма.** Возможность коррекции variability сердечного ритма с помощью БОС позволяет стабилизировать артериальное давление, предотвратить его повышения в условиях физических перегрузок, снизить уровень тревожности. Имеются данные об эффективности этого метода в профилактике нарушений ритма сердца (Ярмош И.Д. (2009)). Имеются данные, что сеансы оптимизации variability сердечного ритма с помощью биологической обратной связи эффективны в снижении первичных и вторичных последствий спортивных травм (сотрясений головного мозга).

4. **Электромиография** отражает уровень мышечного напряжения и в условиях БОС позволяет совершенствовать мышечную саморегуляцию и координацию движений.

5. **Оценка характера потовыделения** является индикатором эмоциональных реакций и уровня тревожности.

6. **Термометрия** отражает степень вазоконстрикции и состояние периферического кровообращения.

Методика БОС может быть ориентирована только на один из вышеуказанных физиологических параметров, но в последние годы создаются платформы БОС, в которые интегрально встроен мониторинг сразу несколько взаимно дополняющих показателей различных физиологических функций испытуемого.

Глава 3. Основные направления и методы использования биологической обратной связи в спортивном тренировочном процессе

Биологическая обратная связь по опорной реакции или биоуправление по опорной реакции — комплекс реакций человека на информацию, связанную с функцией управления собственным центром давления на опору, которая передается ему через специально организованный искусственный информационный канал (зрительный, акустический, тактильный, другой) (Московский консенсус по применению стабилотрии и биоуправления в опорной реакции в практическом здравоохранении и исследованиях (2017)).

В начале курса компьютерного биоуправления ***проводится функциональное или стресс-тестирование организма*** в различных режимах функционирования в покое, при умственных нагрузках, при психологическом напряжении с компьютерной ***диагностикой всех систем организма***:

- сердечно-сосудистой системы по данным эхокардиографии (ЭхоКГ) и ЭКГ с анализом ВСР;
- центральной нервной системы – по ЭЭГ;
- мышечной системы – по поверхностной ЭМГ;
- дыхательной системы по таким показателям как частота и глубина дыхания, а также паттерн дыхания;
- вегетативной нервной системы по кожно-гальванической реакции (КГР).

После проведения тестирования по данным всех регистрируемых физиологических параметров организма и исследования индивидуальных особенностей реагирования ***проводится оценка способностей организма*** к восстановлению и пациенту ***назначается комплекс тренировок компьютерного биоуправления***.

Для реализации тренировок в спортивной подготовке используются различные типы физиологических сигналов – электрокардиограмма (ЭКГ),

электроэнцефалограмма (ЭЭГ), электромиограмма и ее огибающая (ЭМГ и ОЭМГ), дыхание, температура, кожно-гальваническая реакция (КГР), кожная проводимость (КПр), фотоплетизмограмма (ФПП), сверхмедленная активность мозга (СМА), реоэнцефалограмма (РЭГ), реограмма центральной гемодинамики, двигательная активность, тремор и положение тела. Эти сигналы позволяют контролировать многие десятки физиологических показателей, характеризующих функциональное состояние ЦНС, ВНС, сердечно-сосудистой системы, нервно-мышечной системы, опорно-двигательного аппарата.

Для достижения значимого результата длительность БОС-тренингов обычно составляет 15-20 занятий продолжительностью от 10 до 30 мин. (Захаров С.И., Скоморохов А.А. (2014)).

С целью реабилитации программы БОС-тренингов составляются спортивным врачом индивидуально для каждого спортсмена с учетом характера заболевания и задач медицинской реабилитации. В дальнейшем, процедуры компьютерного биоуправления могут проводиться средним медицинским персоналом. Продолжительность каждого тренинга от 15 до 30 минут.

Общее количество тренингов зависит от поставленных задач и варьирует от 5-7 при ВСД, до 10-15 при бронхиальной астме и 20-30 при двигательных расстройствах.

Рассмотрим статически двигательно-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции. К статическим двигательно-когнитивным тестам с биологической обратной связью по опорной реакции относятся компьютеризованные тесты типа «Мишень», основанные на оценке выполнения двигательной задачи по данным стабилометрии и результату выполнения инструкции (внешней задачи) (Кубряк О.В., Гроховский С.С. (2012)). При этом испытуемому требуется осуществлять визуальный или акустический, или смешанный (визуально-акустический), или иной по типу (например, тактильный) контроль центра

давления на опорную поверхность по биологической обратной связи; оценивать состояние внимания, согласованность зрительного восприятия и мышечного контроля, общую эффективность выполнения целенаправленного действия при удержании неподвижной вертикальной позы. К достоинствам тестов данного типа следует также отнести повышенную чувствительность к изменениям функционального состояния, которые могут не проявляться явно в менее специфичных тестах. Инструментальная оценка (количественная) результатов тестирования позволяет получать объективные данные о состоянии испытуемого. При организации визуальной обратной связи, использование статических двигательного-когнитивных тестов с биологической обратной связью по опорной реакции повышается точность и надежность обследования за счет объективных измерений состояния испытуемого.

Тесты типа «Мишень» разработаны для применения в спорте: для функционального контроля и в системах допускового контроля. Статически двигательного-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции – это мощный инструмент для улучшения психофизиологических показателей атлета на различных этапах тренировочного и соревновательного процесса.

Центральной частью тестов типа «Мишень» является наличие инструкции – задания цели для испытуемого, достижение которой осуществляется управлением равновесием с использованием внешних каналов, реализующих обратную связь. Условием стандартного задания является наилучшее удержание метки контроля центра давления в заданной зоне.

Варианты данного типа тестов могут различаться видом «Мишени», типом обратной связи, реализацией методики; в зависимости от целей применения теста могут быть использованы особые настройки (компьютерных программ) или специализированные варианты программного обеспечения. В функциональной (программной) части стабилметрической

системы ST-150 тест «Мишень» может входить, например, в раздел «двигательно-когнитивные тесты» или в раздел «статические тесты», в зависимости от типа программного обеспечения.

В стандартном для медицинских стабилметрических систем ST-150 программном обеспечении Stabip интерфейс теста с визуальной обратной связью представляет собой круглую мишень с контрастными зелеными концентрическими областями (рис. 5).

При использовании акустической обратной связи центру и каждой области мишени соответствует особый звук, что позволяет испытуемому определять позицию центра давления по изменению звука. Метка центра давления перемещается на экране в зависимости от положения тела испытуемого – смещения проекции его центра тяжести на стабилоплатформу, как схематично показано на рисунке 5. Чувствительность стабилоплатформы при этом может быть постоянной (но различной для разных вариантов теста) в течение всего периода тестирования, или меняться по заданному алгоритму.

В зависимости от особенностей оснащения, целей и условий применения теста используют различные устройства для визуализации.



Рисунок 5. Внешний вид экрана с «мишенью» в программе Stabip/WinPatientExpert

Для более комфортного (удобного для исследователя) проведения теста и обслуживания техники, обычно используют в качестве экрана второй компьютерный дисплей на регулируемом штативе или проектор с проекционным экраном (рис. 6).

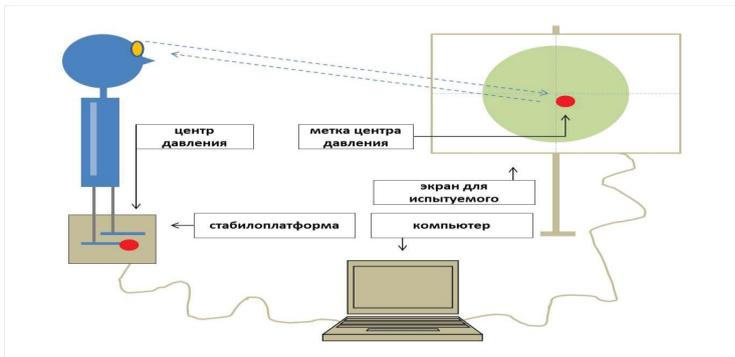


Рисунок 6. Биологическая обратная связь по опорной реакции испытуемого (вариант — визуальная) в тесте типа: «Мишень».

Сеанс биоуправления базируется на внешнем информационном контуре обратной связи, в котором физиологические сигналы регистрируются соответствующими датчиками в режиме реального времени на компьютере и затем в легкодоступной форме предъявляются обследуемому в виде аудиовизуального образа.

3.2. Вариабельность сердечного ритма и биологическая обратная связь

Участие в спортивной деятельности и регулярные физические нагрузки вызывает структурное и электрофизиологическое ремоделирование сердца, направленное на поддержание сердечного выброса в течение продолжительного периода времени. По данным мета-анализа, у каждого второго спортсмена развиваются морфофункциональные изменения сердечно-сосудистой системы (Maçon (2006)). Характер ремоделирования сердца зависит от типа нагрузок—динамических (развивающих преимущественно выносливость) или статических (развивающих преимущественно силу).

У здоровых людей интервал времени от начала цикла одного сердечного сокращения до начала другого постоянно меняется под воздействием симпатических и парасимпатических влияний на синусовый узел. Это явление называется вариабельность сердечного ритма (BCP). Особое внимание уделяется дисфункции синусового узла на фоне вагосимпатической десинхронизации у спортсменов (Maron (2003)). Это сопровождается различными нарушениями ритма и проводимости сердца. Установлено, что снижение вариабельности сердечного ритма является устойчивым и независимым предиктором внезапной смерти (Malik (2005), Bucciarelli (2009)).

Последние несколько лет активно изучаются взаимосвязи между вегетативной нервной системой (ВНС) и смертностью при сердечно-сосудистых заболеваниях, включая внезапную кардиальную смерть. С точки зрения спортивной медицины, интерес представляет изучение взаимосвязи вегетативной нервной системы и функционального состояния спортсмена, степенью адаптации к физическим нагрузкам. Самым популярным способом оценки состояния ВНС является метод оценки показателей вариабельности сердечного ритма. Будагаев Д.С. и др. используют данный метод для подготовки лыжников в соревновательном периоде, а Шлык Н.И. и Гаврилова Е.А. предложили использовать этот метод для экспресс-оценки функционального состояния спортсменов.

Физическая нагрузка, не соответствующая адаптационным возможностям спортсмена, является причиной заболеваний, в том числе связанных с дисфункцией автономной нервной системы. По данным Oliveira R.S. et al. (2013), мониторинг показателей вариабельности сердечного ритма (BCP) может помочь в определении индивидуальных адаптационных возможностей к тренировкам и ранних признаков дезадаптации. Использование биологической обратной связи, учитывающей динамику дыхательного цикла, способствует кардиореспираторной синхронизации и оптимизации показателей вариабельности сердечного ритма.

Вариабельность сердечного ритма (BCP) отражает функциональное состояние вегетативной нервной системы и позволяет оценить степень устойчивости к стрессу (Reiner (2008)). Высокий уровень вариабельности сердечного ритма свидетельствует о хорошем функциональном резерве в системе саморегуляции человека. В спортивной медицине это означает, что организм атлета будет быстро адаптироваться к различным неблагоприятным условиям, в том числе к перегрузкам, травмам, стрессам, изменениям климата. Напротив, снижение BCP связано с тревожными расстройствами, включая генерализованное беспокойство, панические атаки, а также предрасположенность к сердечно-сосудистым заболеваниям.

Суть знакопеременного кардиотренинга состоит в одновременном предъявлении на экране перед испытуемым двух функций – собственной кардиоритмограммы (КРГ) и целевой синусоиды, периоду и амплитуде которой необходимо следовать во время тренинга. Таким образом, задача периодического повышения/понижения (перемена знака колебаний сердечного ритма) частоты сердечных сокращений (ЧСС), направленная на нормализацию его биоритмологической структуры, становится реальной. Технология знакопеременной БОС предназначена для: оценки адаптационных возможностей кардиоваскулярной системы; тренировки сердечного ритма в адаптивной системе биоуправления; выработки навыков саморегуляции и расслабления; повышения уровня адаптационных возможностей и работоспособности; применения в качестве дополнительного средства предварительной диагностики. Комплекс применяется также для систематического обследования лиц, находящихся в состоянии профессионального, экологического, психологического или социального напряжения (стресса); спортсменов до и после тренировок; для аутотренинга при нервных и физических нагрузках (Суворов Н.Б. (1998)).

L. Sherlin и соавторы (2010) проводили исследование на обычных людях, подверженных кратким стрессовым воздействиям. Результаты исследования обеспечивают доказательство физиологического эффекта

биологической обратной связи по кардиоритму. Обучение респираторной синусовой аритмии посредством БОС может снизить уровень тревожности за счет уменьшения симпатической активности (Sharma S. (2002)).

Ряд ученых (Puig J. (1993); Graham J.J. (1989)) опробовали методику биоуправления по кардиоритму на группах танцоров. Они продемонстрировали, что тренировка вариабельности сердечного ритма снижает тревогу. Это снижение коррелирует с улучшением техники и артистизма в исполнении.

В настоящее время высококвалифицированные спортсмены подвергаются не только максимальным физическим нагрузкам, но и психологическим. У спортсменов существует риск развития тревоги вследствие наличия постоянных стрессовых факторов, к которым относятся тренировочная деятельность, подготовка к соревнованиям (Магазаева Е.А. (2016)).

Определенный уровень тревожности – естественная и обязательная особенность активной деятельности личности. У любого человека существует оптимальный, или желательный уровень тревожности. Так называемая полезная тревожность. Существенным компонентом самоконтроля и самовоспитания для человека является оценка состояния его тревожности.

Высокий уровень личностной тревожности оказывает негативное влияние на способность адаптации сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам, тем самым существенно увеличивая риск развития хронического перенапряжения организма спортсмена в целом.

Л. В. Яковлева и соавторы (2015) получили данные о психологических характеристиках юных хоккеистов, которые зависели от типа вегетативной регуляции. Это дало возможность дифференциации их психологического сопровождения в учебно-тренировочном процессе.

Есть данные о том, что использование БОС по кардиоритму может улучшить спортивные результаты, помогая спортсменам справиться со

стрессом. У игроков в гольф наблюдалось снижение симптомов тревоги, стресса, увеличение общей ВСР при тренировке навыков дыхания на резонансной частоте. А исследование М. Pauli соавт. (2012) показало, что БОС-тренинг может помочь приобретать контроль над своими психофизиологическими процессами, таким образом помогать спортсмену выступать с максимальным результатом (Oliveira R.S. (2013)).

3.3. Методика кардиореспираторного тренинга

Настоящее исследование проведено на базах отделения спортивного ориентирования СДЮСШОР №2 СПбГДТЮ и отделения академической гребли ГБУ ДОД СДЮСШОР «ШВСМ по ВВС» в период с 2013 по 2016 год. В исследовании приняло участие 61 человек мужского пола в возрасте от 20 до 30 лет. Из них было сформировано 2 группы. Основная группа (n=36), в которую входили спортсмены, тренирующие преимущественно выносливость, кандидаты в мастера спорта (19 человек - 52,8%), мастера спорта (16 человек - 44,4%), мастера спорта международного класса (1 человек - 8%). Обследованные спортсмены были признаны здоровыми по результатам углубленного медицинского осмотра. Исследование проводилось в подготовительный период тренировочного цикла. Группу сравнения (n=25) составили практически здоровые мужчины сопоставимого возраста с умеренным уровнем физической активности.

1. Исходно в течение 30 минут после тренировки всем спортсменам проводилось исследование ВРС на аппарате «Полиспектр», г. Иваново. Перед началом записи регистрировалось артериальное давление (АД) по методу Короткова. При анализе ВСР использовали короткие (5-минутные) записи в соответствии с Международным стандартом (Malik M. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task force of the European Society of cardiology and the North American Society of pacing and electrophysiology / M. Valik, M. D. Chairman // *Circulation*. – 1996.- № 93 (5).- P. 1043-1065).

2. Оценивались следующие показатели variability сердечного ритма:

- RR ср – средняя продолжительность RR интервалов;
- Aмо, % - амплитуда моды (число кардиоинтервалов, соответствующих значению моды, в процентах к объему выборки). Показывает степень активации симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС).

- SDNN, мс – среднее квадратичное отклонение всех RR интервалов, характеризует общую variability ритма сердца.

- pNN50 – процент соседних пар RR интервалов, отличающихся более, чем на 50 мс. Показатель степени преобладания парасимпатического звена над симпатическим.

- RMSSD – квадратный корень из средней суммы квадратов разностей между соседними RR-интервалами, характеризует активность парасимпатической ВНС.

- CV – коэффициент вариации ряда последовательных кардиоинтервалов. Показатель суммарного эффекта регуляции.

- ИН – индекс напряжения регуляторных систем характеризует активность симпатического отдела ВНС.

3.4. Методика оценки уровня тревожности спортсменов

В начале исследования все участники проходили психологическое тестирование по методике Ч. Спилбергера, адаптированной Ю.Л. Ханиным (Россия). Тест состоит из двух шкал с оценкой реактивности личности и степени ее тревожности. С помощью шкалы самооценки Ч.Д. Спилбергера в модификации Ю.Л. Ханина (1976) определяли уровень ситуативной тревожности (СТ) (тревожность в данный момент) и уровень личностной тревожности (ЛТ) как устойчивой характеристики человека. Личностная тревожность характеризует склонность воспринимать большой круг ситуаций как угрожающие, реагировать на такие ситуации состоянием тревоги. Ситуативная тревожность характеризуется напряжением,

беспокойством, нервозностью. Очень высокая СТ вызывает нарушения внимания, иногда нарушения тонкой координации, в то время как очень высокая ЛТ прямо коррелирует с наличием невротического конфликта, с эмоциональными и невротическими срывами и психосоматическими заболеваниями. Успешное выступление спортсмена на соревнованиях зависит от его психических особенностей.

Первая шкала теста (вопросы № 1-20) оценивает СТ, вторая (№ 21-40) - ЛТ. За ответ на вопросы варианта А дается 1 балл, В - 2 балла, С - 3 балла, D - 4 балла.

$$PT = \Sigma_1 - \Sigma_2 + 35$$

Где Σ_1 — сумма зачеркнутых цифр на бланке по пунктам шкалы 3, 4, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 17, 18; Σ_2 — сумма остальных зачеркнутых цифр (пункты 1, 2, 5, 8, 10, 11, 15, 16, 19, 20).

$$LT = \Sigma_1 - \Sigma_2 + 35$$

Где Σ_1 — сумма зачеркнутых цифр на бланке по пунктам шкалы 22, 23, 24, 25, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 37, 38, 40; Σ_2 — сумма остальных зачеркнутых цифр (пункты 21, 26, 27, 30, 33, 36, 39).

При интерпретации результат можно оценивать так: до 30 баллов — низкая тревожность; 31-45 баллов — умеренная тревожность; 46 баллов и более — высокая тревожность.

Высокая тревожность предполагает склонность к проявлению состояния тревоги у человека в ситуациях оценки его компетентности; необходимо формирование чувства уверенности в успехе.

Низкая тревожность требует повышения мотивации к ответственности либо является результатом активного вытеснения личностью тревоги с целью показать себя в «лучшем свете».

Кардиореспираторный тренинг проводится ежедневно. Минимальный курс состоит из 5 сеансов, каждый из которых включал 8-12 проб длительностью 120 с. каждая.

Таким образом, один сеанс длился около получаса. Первая (исходная) и последняя (контрольная) пробы являются неактивными, то есть испытуемый пребывает в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами. В промежуточных пробах спортсмен имеет возможность за счет дыхания влиять на флуктуации своей кардиоритмограммы (КРГ), визуально отслеживая представленную периодическую кривую (зрительная обратная связь) и стараясь совместить КРГ с заданной периодической кривой – целевой функцией.

Целевая функция на каждую пробу биоуправления формируется адаптивным программным модулем. Ее параметры для каждой следующей пробы задаются автоматически по результатам анализа предыдущей кардиоритмограммы.

Экспертная часть адаптивного программного модуля не позволяет вывести параметры целевой функции за пределы индивидуальных физиологических возможностей тренирующихся, обеспечивая безопасность процедуры.

Сеансы кардиотренинга проводятся в отдельном кабинете с умеренным освещением, без посторонних шумов. Перед сеансом помещение хорошо проветривается. Спортсмен (носовые ходы его должны были быть свободными, одежда не стеснять нормального дыхания и кровообращения) располагается в удобном функциональном кресле на расстоянии 1-1,5 м от экрана монитора.

На передние, обработанные обезжиривающим средством, поверхности предплечий накладываются одноразовые электроды, с которых электрокардиограмма поступает в блок биотехнической системы «Кардиотренинг» (г. Санкт-Петербург) (схема 2).

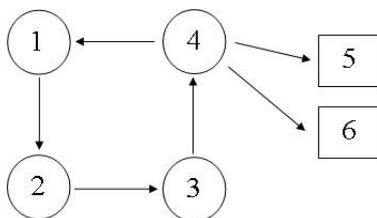


Схема 2. Структурная схема биотехнической системы для проведения кардиореспираторного тренинга.

Примечание: 1 – спортсмен; 2 – датчики для регистрации кардиоритмограммы; 3 – блоки биотехнической системы «Кардиотренинг»; 4 – монитор компьютера; 5 – задаваемая периодическая кривая (синусоида); 6 – кардиоритмограмма спортсмена.

Спортсмену отводится около 5 минут, чтобы привыкнуть к обстановке. Далее объясняют цели и задачи тренинга для того, чтобы испытуемый настроился на правильное выполнение задания, а также для поддержания мотивации. На экране монитора показывают кривую линию, которая являлась его собственной кардиоритмограммой. Акцентируют внимание на связь ее колебаний с периодичностью и глубиной дыхания. Делают акцент на максимальное расслабление во время каждой пробы.

Исходная КРГ испытуемого записывается во время первой неактивной пробы в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами. Ее параметры (постоянная составляющая, амплитуда, период) используют для построения периодической кривой (целевой функции) следующей активной пробы.

Критерием эффективности кардиореспираторного тренинга является формирование собственных гармоник в кардиоритме, которые синхронизированы с дыханием, а также сохранение этих гармоник в последних неактивных пробах в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами (рис. 7).

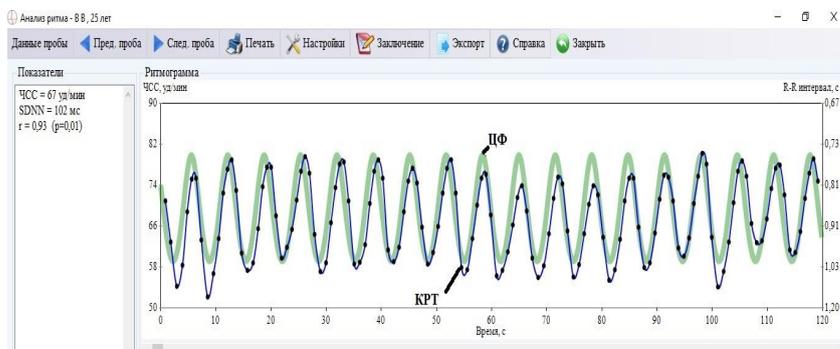


Рисунок 7. Экран компьютера. Кардиореспираторная синхронизация (респираторная синусовая аритмия) у спортсмена в 25 лет.

Примечание: по ординате слева – ЧСС (ударов в минуту), справа – длительность R-R интервалов (секунды), в рамке слева – коэффициент кросскорреляции между КРТ и ЦФ, среднеквадратическое отклонение. КРТ – кардиоритмограмма спортсмена на 48 пробе КРТ; ЦФ – заданная периодическая кривая – целевая функция.

В группу «Спортсмены» вошло 36 человек-спортсменов высокой квалификации: кандидаты в мастера спорта (КМС), мастера спорта (МС) и мастера спорта международного класса (МСМК) в подготовительном периоде тренировочного цикла. На начальном этапе исследования все спортсмены прошли эхокардиографическое обследование, измерение показателей вариабельности сердечного ритма и психологическое тестирование. Методом случайных чисел спортсмены были разбиты на три равные группы (по 12 человек). Группа 1 (основная) получала сеансы кардиореспираторного тренинга. Группа 2 (плацебо) в течение того же периода времени просматривала мотивационные видеоролики о спорте в течение 15 минут. Группа 3 (контрольная) не получала никаких вмешательств (схема 3).



Схема 3. Дизайн исследования.

По окончании исследования всем спортсменам проводилась оценка показателей ВСП и психологическое тестирование. Показатели вариабельности сердечного ритма спортсменов по группам отображены в таблице 1. Из представленных данных видно, что у спортсменов всех групп снижены показатели парасимпатической активности ВНС, такие как RMSSD и рNN50, а также повышены показатели, характеризующие симпатическую активность.

Таблица 1. Показатели вариабельности сердечного ритма спортсменов по группам, исходные данные.

Показатели ВСП	Группа 1 основная (n=20) M±SD	Группа 2 плацебо (n=14) M±SD	Группа 3 контроль (n=14) M±SD	P
RR ср, мс	824,1±105,5	832,3±147,0	769,6±159,2	0,062
Амо, %	42,1±10,1	36,6±12,9	33,2±13,3	0,072
SDNN, мс	54,1±26,1	66,1±19,3	77,9±32,5	0,177
RMSSD, мс	40,3±30,5	58±30,2	54±29,9	0,816
рNN50, %	21,1±26,1	20,2±16,8	25,9±15,1	0,756
CV, %	5,8±1,9	8,5±2,8	10,2±4,6	0,191
ИИ, у.е.	130,1±97,1	70,9±50,1	87,8±100,6	0,154

Статистическая обработка полученных данных с использованием однофакторного дисперсионного анализа выявила статистически значимые различия по показателю SDNN ($p=0,034$). Причем достоверно отличались группа 1 и группа 3. Однако по результатам однофакторного дисперсионного анализа с применением критерия Дьюки для множественных сравнений достоверность не подтвердилась ($p=0,177$). Группы 1 и 2, группы 3 и 2 между собой достоверно не различались по показателям вариабельности сердечного ритма ($p=0,666$ и $p=0,968$ соответственно).

При оценке исходных показателей психологического теста статистически значимых различий между группами обнаружено не было. Во всех группах отмечался средний уровень как ситуативной, так и личностной тревожности (таблица 2).

Таблица 2. Результаты исходной оценки показателей психологического теста

Спилбергера-Ханина.

Показатель теста	Группа 1 основная (n=20)	Группа 2 плацебо (n=14)	Группа 3 контроль (n=14)	P
Уровень ситуативной тревожности (СТ)	40,0±4,5	38,6±5,4	37,8±6,2	0,858
Уровень личностной тревожности (ЛТ)	40,8±6,0	40,5±6,1	39,5±8,2	0,925

Среди спортсменов преобладают лица со средним уровнем ситуативной тревожности (рис. 8). Однако в группе контроля 7,1% людей имеют низкий уровень ситуативной тревожности. Тогда как в остальных группах таких лиц нет. Так же в группе плацебо самый большой процент (21,4%) высоко тревожных спортсменов.

Результаты показателей личностной тревожности представлены на рисунке 9. Во всех группах преобладают испытуемые со средним уровнем личностной тревожности. Однако, процент высоко тревожных спортсменов больше по сравнению с показателями ситуативной тревожности (25%, 33,3% и 33,3% соответственно).

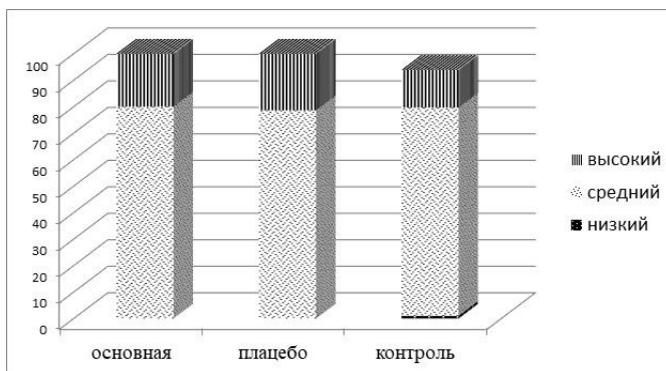


Рисунок 8. Показатели ситуативной тревожности у спортсменов по группам, исходные данные.

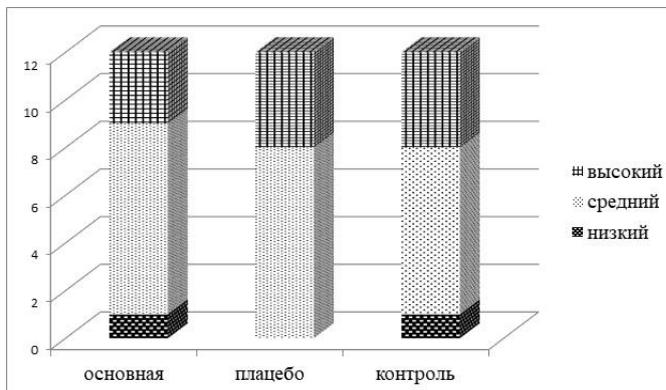


Рисунок 9. Показатели личностной тревожности у спортсменов по группам, исходные данные.

Таким образом, исходный статус спортсменов всех групп оказался сопоставим. Данные, полученные после проведения кардиореспираторного тренинга, представлены в таблице 3.

При анализе показателей variability сердечного ритма по 5-минутным записям ЭКГ было выявлено, что общая variability ритма сердца после сеансов кардиореспираторного тренинга увеличилась в среднем на 36 мс (или 39,9% от исходного, $p=0,003$).

Достоверно снижались амплитуда моды (A_{mo}) и индекс напряжения регуляторных систем (ИН) ($p=0,048$ и $p=0,01$ соответственно). RMSSD увеличился на 38,2 мс ($p=0,013$).

Преобладание парасимпатического звена в регуляции ритма достоверно увеличилось на 38% ($p=0,013$). Показатель суммарного эффекта регуляции variability ритма статистически значимо увеличился в 1,5 раза ($p=0,01$).

Таблица 3. Показатели variability сердечного ритма после кардиореспираторного тренинга.

Показатели ВСП	Группа 1 до КРТ M±SD (n=20)	Группа 1 после КРТ M±SD (n=20)	P
RR ср, мс	824,1±105,5	874,0±74,0	0,096
A_{mo} , %	42,1±10,1	32,6±11,8	0,048
SDNN, мс	54,1±26,1	90,1±32,5	0,003
RMSSD, мс	40,3±30,5	78,5±71,8	0,013
pNN50, %	21,1±26,1	34,1±25,1	0,013
CV, %	5,8±1,9	10,1±3,7	0,003
ИН, у.е.	130,1±97,1	49,1±24,7	0,01

За время тренировок устойчивую респираторную синусовую аритмию из 20 спортсменов основной группы смогли выработать 7 человек. Этих испытуемых объединили в отдельную подгруппу 1 и сравнили по двум основным показателям (SDNN и ИН) с оставшимися участниками группы 1 (подгруппа 2) (таблица 4).

Таблица 4. Сравнительная динамическая оценка показателей SDNN и ИН в подгруппах сравнения.

Показатели ВСП	Подгруппа 1 M±SD (n=7)	Подгруппа 2 M±SD (n=13)
ИН исходно	179±98,7	131,2±101,6
ИН результат	40±19,7	52,11±29,03

SDNN исходно	37,3±12,9	51,8±22,4
SDNN результат	85±25,4	80,6±26,5

Достоверных различий исследуемых показателей в подгруппах выявлено не было. Однако было отмечено, что прирост общей variability сердечного ритма в подгруппе 1 составил 127,9% против 55,6% в подгруппе 2. Индекс напряжения регуляторных систем до кардиореспираторного тренинга оказался выше почти на 50 у.е. в подгруппе 1, тогда как после КРТ показатели были практически одинаковы (рис. 10).

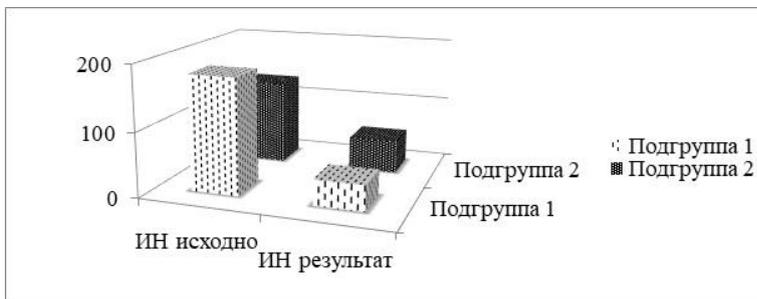


Рисунок 10. Показатели SDNN и ИН у спортсменов, выработавших кардиореспираторную синхронизацию.

Как следует из рисунка 10, у спортсменов, выработавших кардиореспираторную синхронизацию, значительно снизился индекс напряжения регуляторных систем.

Таблица 5. Результаты оценки показателей психологического теста Спилбергера-Ханина после кардиореспираторного тренинга.

Показатель теста	Группа 1 до КРТ (n=20)	Группа 1 после КРТ (n=20)	P
Уровень ситуативной тревожности (СТ)	40,0±4,5	33,3±6,5	<0,001
Уровень личностной тревожности (ЛТ)	40,8±6,0	34,1±4,9	<0,001

По сравнению с исходными данными среди спортсменов основной группы не выявлено лиц с высоким уровнем ситуативной тревожности, большинство испытуемых показало низкий уровень ситуативной тревожности.

Таблица 6. Уровень ситуативной тревожности после сеансов кардиотренинга.

Показатель теста	Группа 1 до КРТ (n=20)	Группа 1 после КРТ (n=20)	P
Уровень ситуативной тревожности (СТ)	40,0±4,5	33,3±6,5	<0,001
Уровень личностной тревожности (ЛТ)	40,8±6,0	34,1±4,9	<0,001

Среди спортсменов, выработавших кардиореспираторную синхронизацию, шесть человек имели средний уровень как личностной, так и ситуативной тревожности, у одного был высокий уровень личностной тревожности. После кардиореспираторного тренинга эти спортсмены снизили уровень тревожности почти на 10 баллов.

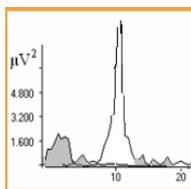
Таким образом, применение кардиореспираторного тренинга после тренировочных нагрузок ожидаемо улучшает показатели variability сердечного ритма, что улучшает процессы восстановления организма спортсмена (Сергеева Е.Г., Ибрагимов Т.В.). Также снижается уровень тревожности как ситуативной, так и личностной, результатом чего может быть улучшение самомотивации спортсмена к тренировкам.

Глава 4. Наиболее значимые результаты, полученные у спортсменов при применении методик с БОС в коррекции тренировочного процесса и функционального состояния в ИВС

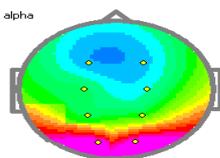
Наиболее перспективным среди методов, основанных на использовании БОС является *нейробиоуправление* (С.И. Сороко, Т.Ж. Мусуралиев (1995); А.Б. Скок, М.Б. Штарк (1999); А.И. Федотчев (2010); J.E. Leberetal (1995); EAngelakis (2007)), под которым понимается произвольное биоуправление биоэлектрической активностью **альфа** – ритмом (О.М. Базанова (2009)).

По данным ЭЭГ выделяют следующие электрофизиологические характеристика **альфа** – ритма:

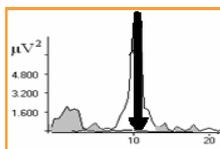
1. Волны с частотой доминантного ритма.



2. Доминирование амплитуды в теменно-затылочной области в состоянии покоя с закрытыми глазами (Berger, 1929).



3. Снижение амплитуды в ответ на зрительную стимуляцию (Berger, 1929; Adrian, 1937).



4. Веретенообразность – авторитмичность.



5. Снижение амплитуды на когнитивные и сенсорные нагрузки.

Частота альфа-волн характеризует процесс генерализации электрических импульсов. Частота альфа-волн измеряется в состоянии закрытых глаз в теменно-затылочной области в индивидуально определенном диапазоне (рис. 11).

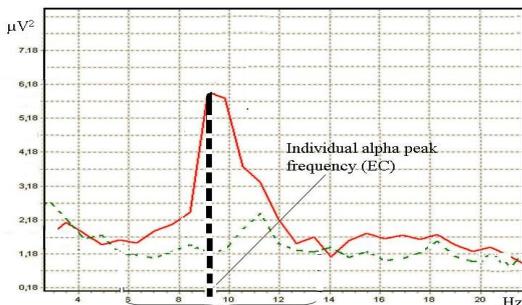


Рисунок 11. Индивидуальная частота максимального пика. Данные Niedermayr, 1999; Klimesh et al 1993; Hooper 2005; Nunez et al 2001; Doppelmayr et al 2005; Angelakis et al 2007.

Частота альфа-волн увеличивается до 25 лет и снижается у мужчин после 40 лет. Измерение альфа-волн зависит от успешности решения когнитивной задачи (рис. 12).

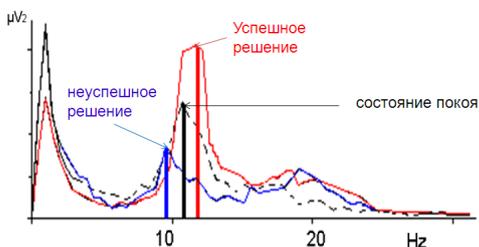


Рисунок 12. Индивидуальная частота максимального пика.

Частота альфа-волн увеличивается: с увеличением когнитивной активности (Koukkou & Lehmann (1976); Laufsetal (2006); Barryetal (2007));

после 20 мин сна (Hayashi et al (1999)); при увеличении уровня кортизола (Mantanus et al (1998)). Частота альфа-волн снижается: при дефиците внимания (Barry et al (2008)); при тревожности (Knyazev et al (2008)); при курении (Szalai et al (1986)).

В спортивной практике наблюдается различие амплитуды альфа-ритма, так, например, при вхождении с состояние эмоционального транса наблюдается снижение амплитуды альфа-ритма, а на пике формы – напротив увеличение (рис. 13).

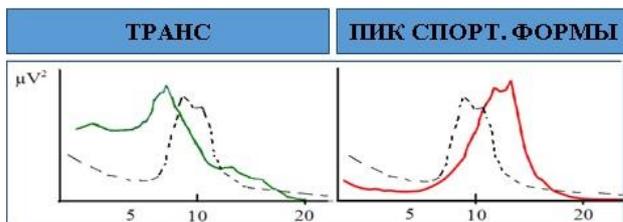


Рисунок 13. Индивидуальная частота максимального пика (данные Aftanas, 2001; Doppelmayr et al, 2001; Bazanova et al, 2010).

Нейробиоуправление дает объективную информацию о динамике психофизиологических показателей и позволяет осуществлять дополнительный сенсорный контроль над физиологическим процессом с предельной индивидуальностью и активным участием субъекта в оптимизации своего состояния (А.И. Федотчев (2010)).

Стриженовой О.Ю. (Сибирский Государственный университет физической культуры и спорта, 2012 г.) проведено исследование с использованием метода *нейробиоуправления* (программно-аппаратный комплекс **БОС - ЛАБ** в НИИ МБ СО РАМН, г. Новосибирск, по методике О.В. Погадаевой, В.Г. Тристана (2001)). До и после курса нейробиоуправления регистрировали фоновую биоэлектрическую активность мозга в записях с открытыми и закрытыми глазами в течении 5 минут. Одновременно с записью фоновой ЭЭГ фиксировали: а) электрокардиограмму во втором стандартном отведении с помощью

программно-аппаратного комплекса (ПОЛИ-СПЕКТР) с последующим анализом показательности вариабельности сердечного ритма Р.М. Баевского (1984); б) огибающая (интегрированная) интерференционная электромиограмма (ЭМГ), при регистрации которой превышение установленного по умолчанию программой (БОС-ЛАБ) порогового значения интегрированной ЭЭГ (10 мкВ) указывала на повышение тонуса лобных мышц (В.В. Захарова, О.С. Шубина (2002)); в) сложнокоординированная деятельность оценивалась с помощью пробы Ромберга (поза №3) (А.И. Григорьев с соавт. (2010)); г) тест на быстроту запоминания сложнокоординационных движений (Т.Ю. Стрижкова с соавт. (2005)); д) определение времени идеомоторного выполнения соревновательной программы и выполнения программы верхними конечностями; ж) для оценки психофизиологических показателей использовались тесты: анкета САН (О.В. Погодаева с соавт. (2002)); шкала реактивной и личностной тревожности Спилбергер-Ханин (1966); расчет коэффициента Вальнеффера на основе восьми цветного теста Люшера.

В результате исследований Стриженовой О.Ю., проведенных у 85 спортсменок высокой квалификации (СВК), занимающихся спортивной аэробикой, художественной гимнастикой, спортивной акробатикой, спортивной гимнастикой, установлено, что спортсменки лучше справляются с задачей произвольного повышения мощности альфа - ритма головного мозга в соревновательном и переходном периодах. Курс нейробиопреуправления способствует улучшению показателей сложно-координированной деятельности и психофизиологического состояния, при этом в соревновательном периоде суммарная эффективность курса БОС достигает $48 \pm 3,9\%$. В переходном периоде - $52 \pm 4,1\%$. Наименьший суммарный показатель эффективности курса нейробиопреуправления характерен для подготовительного периода ($40 \pm 3,3\%$).

Таким образом, *показатель успешности нейробиоуправления* обладает высокой прогностической информативностью результативности соревновательной деятельности высоко квалифицированных гимнасток.

Как известно, к основным факторам, детерминирующим предпатологические и патологические состояния спортсменов различного вида спорта, относятся чрезмерные, несоответствующие функциональному состоянию спортсменов, физические нагрузки, замедленные процессы восстановления, отсутствие учета направленности физических нагрузок, возраста, квалификации спортсменов, вида спорта и т.д. (Платонов В.Н. (1997); Стрелец (2005); Коган (2006)). Выполнение больших физических нагрузок, наличие элементов натуживания в скоростно-силовых видах спорта предъявляет повышенные требования к деятельности сердечно – сосудистой системы, перестройки в которой сопровождаются расходом функциональных резервов и отрицательными эффектами адаптации (Меерсон (1993); Апанасенко (2006)). С другой стороны, излишне осторожный режим тренировочных нагрузок тормозит проявление наилучших способностей спортсмена. Попытки достижения высокого уровня тренированности не в ущерб здоровью основаны на современных эффективных методах коррекции возникших дисрегуляций.

По мнению ряда авторов (Суворов, Фролова (2002)), тренировки в системе с *БОС* в виде оперативного контроля над спортивной тренировкой и полной восстановлением после соревновательных нагрузок является предпочтительней других методов.

Борисовым А.В. (2009) впервые применен *метод полифункционального биоуправления по параметрам дыхательной и сердечно–сосудистой систем* с целью профилактики и купирования развития дисфункции у борцов вольного стиля высокой квалификации. Обследованы 118 спортсменов, занимающихся вольной и классической борьбой (СКВ). Проводилась экспресс-оценка уровня здоровья по Апанасенко (1988) и уровня общей и физической работоспособности по

индексу Пинье (Аулик (1990)). Одновременно проведено исследование скрытой периодичности ритма сердца (Зингерман (1988)); оценка психологического состояния по опроснику Бассар–Дарки (Карелин (1999)). Для профилактики дисфункции применяли *метод полифункционального биоуправления по параметрам дыхательной и сердечно-сосудистой систем* общим количеством 6 сеансов с экспозицией одного сеанса 20 минут (Гондарева (1992)). Между применением ритмического дыхания испытуемым представлялся отдых с последовательной релаксацией мышц лба, глаз, рта, языка, шеи спины, рук, ног, тела и мысленных ассоциаций, которые направлены на повышение эмоциональной устойчивости и уверенности в своих силах. В результате проведенного исследования Борисовым А.В. установлено, что *метод полифункционального биоуправления по параметрам дыхательной и сердечно-сосудистой систем* у борцов СКВ мастеров спорта (МС) снижает количество внутрисистемных и увеличивает количество межсистемных связей; у спортсменов кандидатов в мастера спорта (КМС) наоборот увеличивает количество внутри системных и уменьшает межсистемные связи, что у КМС вызывает купирование развития устойчивых взаимоотношений негативных психологических проявлений с регуляторными процессами ритма сердца. У МС усиливаются авторегуляторные процессы с формированием устойчивых взаимоотношений со спортивно значимыми параметрами.

Горбачевым Д.В. (2011) изучены возможности оптимизации функционального состояния борцов с использованием метода БОС-тренинга. Средством совершенствования мышечной координации спортсменов-борцов выбрано *биоуправление активностью мышц по параметрам огибающей электромиограммы (ОЭМГ)*. Исследование проведено у борцов греко-римского стиля I взрослого разряда, КМС, МС и студентов Ульяновского Государственного университета, не занимающихся спортом. БОС-тренинг по параметрам РЭМГ проведен на реабилитационном психофизиологическом комплексе (РЕАКОР) – продукции фирмы Медиком МТД, г. Таганрог.

Процедура включала сеансы БОС 2 раза в неделю, 1 раз в день перед тренировками технико–тактической направленности. Продолжительность 1 сеанса 24 минуты 58 с. Курс составил по 10 сеансов с каждым испытуемым (по 5 сеансов на каждую руку). Во время сеанса испытуемые получали информацию об уровне напряжения исследуемой мышцы в виде ОЭМГ с монитора компьютера и регулировали на основе сигнала задание, которое было подобрано исследователем. Эффективность метода БОС-тренинга по параметрам связана с индивидуально-типологическими особенностями, к наиболее значимым из которых относятся организация межполушарной асимметрии; по способности к эффективному управлению напряжением мышц. Горбачев Д.В. выделил две группы борцов: первая группа - с более выраженным доминированием левого полушария, с хорошей способностью к релаксации; вторая группа - с менее выраженным доминированием левого полушария и пониженной способностью к релаксации. Установлено, что БОС-тренинг по параметрам ОЭМГ характеризуется выраженными оптимизирующими изменениями состояния функциональных возможностей нервной – мышечного аппарата; позволяет повысить адаптационные возможности сердечно–сосудистой системы борцов к нагрузкам специальной направленности, оптимизировать восстановление после специальной нагрузки.

Регулярные тренировки у спортсменов высокой квалификации в циклических видах спорта связана с необходимостью выполнения напряженной мышечной работы. Резко повышающей кислородный запрос и приводящей к возникновению тканевой гипоксии. Этот процесс имеет обратимый характер и сменяется значительным усилением аэробного обмена при прекращении работы или при снижении ее интенсивности. К возникновению гипоксии регионального характера приводят также необходимость поддержания фиксированных поз, затрудняющих кровотоки и дыхание и значительное эмоциональное напряжение, сопровождающее выбросом катехоламинов в кровь и увеличением метаболической

потребности тканей в кислороде (Кончинская А.З., Циганова Т.Н., Остапенко Л.А. (2003)). Это послужило основанием для внедрения в практику подготовки спортсменов специальной гипоксической подготовки (Нудельман Л.М. (2006), Ушаков И.Б. с соавт. (2003)). В то же время гипоксическая тренировка требует сложного технического оснащения и в ряде случаев имеет негативные последствия, а некоторые ее виды приравниваются к допинговым средствам (Дик Паунд, Д. Ревинский (2006)).

Последние годы получили распространения тренировки с БОС с возможностью использования в качестве обучающего параметра содержания CO_2 в выдыхаемом воздухе. Формирование у спортсменов навыков управления ритмом и глубиной дыхания с целью оптимизации содержания углекислого газа в выдыхаемом воздухе является адекватной заменой *метода интервальной гипоксической тренировки*.

Баранова Е.А. (2014) (Сибирский Государственный университет) обследовала 120 мужчин-спортсменов в возрасте 18-20 лет, из которых 60 человек занимались циклическими видами спорта. В работе использован *каннографический тренинг с БОС параметрами внешнего дыхания с помощью ультразвукового панометра КП - 01 «Еламед», производства Елатомский приборный завод, Елатьма, Россия*; фиксировали параметры пневмотахографии (аппаратно-программный комплекс Валента, производитель ООО НЕО, Санкт-Петербург, Россия); проводилась оценка физической работоспособности по результатам субмаксимального теста Валунда-Шестранда (велоэргометрия); фиксировались электроэнцефалография во время Босс-тренинга по дыханию, электромиография прямых мышц живота; реовазография мышц нижних конечностей с помощью реографа; определялся количественно лактат крови. Установлено, что у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, после *каннографического тренинга с БОС параметрами внешнего дыхания* наблюдается прирост физической работоспособности в тесте PWC_{170} ; снижается содержание CO_2 в выдыхаемом воздухе, изменяется

характер реакции физиологических систем на нагрузку: увеличивается скорость воздушного потока на всех уровнях бронхиального дерева, улучшается венозный отток в нижних конечностях. Курс *капнографического тренинга с БОС параметрами внешнего дыхания* способствует активации коры больших полушарий головного мозга, что проявляется в усилении спектральной мощности всех диапазонов (кроме бета-2 ритма) и увеличении межполушарной асимметрии. Такой эффект характерен как для простого БОС-тренинга, так и для модифицированного варианта со сниженной частотой дыхания. БОС-тренинг с усиленной частотой дыхания в меньшей степени сопровождается активацией ЦНС. А в некоторых диапазонах наблюдается угнетение активности.

Володин А.А. (2015) использовал БОС-тренинг для воспитания координационных способностей у юных стрелков - винтовочников на этапе спортивной специализации. Ведущая роль в процессе воспитания физических качеств у этой категории спортсменов принадлежит вестибулярному анализатору, задействованному в механизмах регуляции положения *«изготовка»* и *«прицеливание»*. Статическое равновесие при стрельбе из положений *«стоя»* и *«с колена»* определяется координационными механизмами управления движения, устойчивое вертикальное положение за счет активного напряжения мышц. Поэтому необходимой предпосылкой успешного роста спортивных результатов должна стать целенаправленная физическая подготовка стрелка - винтовочника (И.А. Зазулина (2001); А.С. Кривцов (2009); И.А. Сабирова (2015)) и стремление к достижению высокого уровня развития координационных способностей (А.В. Курганский (2014), В.Н. Болобан (2012)). Исследователями была использована современная компьютерная технология с БОС (Стабилан 01-02) с проекцией на экран через видеокамеру. В результате исследований установлено, что у юных стрелков – винтовочников ДЮСШ улучшилась устойчивость в вертикальной позе и выросла спортивная результативность.

Красильников А.Н. (1995) изучал применение БОС-тренинга у спортсменов различных специализаций: плавание, конькобежный спорт, баскетбол. В качестве методов изучения способностей человека к самооценке параметров физиологических функций при мышечной работе использовалась срочная обратная связь в виде информации о реальных физиологических параметрах. Использована специальная спиреоэргометрическая установка, разработанная на кафедре физиологии и химии Волгоградского Государственного института физической культуры (зав. кафедрой д.м.н., профессор Кучкин С.Н.). В результате проведенных исследований установлено, что **БОС-тренинг** через 3-5 тренировок значительно повышает точность двигательных реакций (реакции на движущийся объект (РДО)), совершенствуются сенсорные отношения

Садыкова Н.А. (2012), г. Санкт-Петербург применила метод **адаптивного биоуправления** для коррекции психофизиологического состояния и функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов-парашютистов, что привело к повышению спортивных результатов.

Метод БОС применяется **для профилактики стресс зависимых состояний** и психоэмоционального напряжения в спорте. Джафарова О.А. с соавт. (2002), г. Новосибирск, Институт молекулярной биологии и биофизики РАН, применила метод БОС в качестве игрового биоуправления для профилактики развития стресса. Использован компьютерный игровой тренажер, состоящий из нескольких сюжетов, выполненных средствами мультимедиа. Сюжет игр управлялся ЧСС с помощью специального датчика, регистрирующего сигнал и передающего его в компьютер. В результате исследования установлено, что использование БОС-технологии с применением игр формирует у человека стратегии адекватного поведения в ответ на провоцирующие факторы социальной среды. Это позволяет повысить психоэмоциональную устойчивость к стрессовым нагрузкам,

выработать систему навыков саморегуляции, обеспечивающих быстрое восстановление симпатического и вагусного баланса.

Эффективно используются **БОС-технологии и в работе тренера**, для контроля тренера за функциональным состоянием спортсмена. В работе Кузнецова В.А. (2017) использовала метод БОС, как способ коррекции негативных психоэмоциональных состояний спортсменов–велосипедистов и как метод обучения тренеров основам психологического наблюдения и контроля для динамики психоэмоционального состояния спортивной команды. Методом исследования регуляции предстартовых психоэмоциональных состояний явился комплексный метод биоакустической обратной связи (К.В. Константинов). Обнаружено позитивное влияние БОС тренинга на динамику психического состояния спортсменов - велосипедистов.

Заключение

В настоящее время как спортсмены, так и люди различных возрастов, занимающиеся физической культурой, фитнесом, принимающие участие в спортивных соревнованиях различного уровня нуждаются в простых неинвазивных, эффективных методах повышающих физическую работоспособность, снижающих стресс и напряжение, расширяющих функциональные резервы организма. Учитывая, что физические нагрузки обладают высокой степенью влияния на организм, в любом возрасте требуется индивидуальный подход к выбору и дозированию нагрузок и контроль их эффективности, поэтому необходимость внедрения новых эффективных методик чрезвычайно актуальна. Одним из таких направлений, позволяющих индивидуально подойти к коррекции тренировочного процесса, является применение методик с биологической обратной связью.

В нашем учебно-методическом пособии мы показали несколько апробированных методических подходов, с применением биологической обратной связи, позволяющих, (как показали исследования многих авторов), достоверно изменять психоэмоциональный статус, уменьшать тревожность, повышать физическую работоспособность, оптимизировать тренировочный процесс и индивидуально дозировать физическую нагрузку.

Методики с использованием БОС имеют чрезвычайно широкое поле внедрения в спорте и в оздоровительной физической культуре. Они позволяют спортсмену на зависимо от возраста: повысить чувствительность своих ощущений; оценить уровень и динамику физиологических процессов; улучшить моторную память, мышечное восприятие и координацию движений; повысить стрессоустойчивость; подойти к моменту соревнования на пике спортивной формы, быстрее восстановиться после перегрузок и травм; улучшить свои физические кондиции и спортивные показатели.

Современный скоростной век отличается программирование и точным обеспечением мышечной деятельности спортсмена, которое возможно только

при комплексном применении тренерских методик, при котором методики с применением БОС займут свое достойное место.

Мы полагаем, что учебно-методическое пособие будет интересно широкому кругу читателей и практически всем специалистам, работающим со спортсменами, и послужит разработке новаторских идей на благо России!

Список литературы:

1. Баева Н.А. Успешность и эффективность применения локального альфа-стимулирующего тренинга у спортсменов ситуационных видов спорта / Н.А. Баева // автореферат дисс. на соиск. ученой степени канд. биол. наук.- Тюмень.- 2014.- 22 с.

2. Баевский Р.М. Современное состояние исследований по вариабельности сердечного ритма в России / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Г.В. Рябыкина // Вестник аритмологии. – 1999. - № 14. – С. 71-75.

3. Баранова Е.Н. Физиологическая адаптация системы внешнего дыхания и регионарного кровотока спортсменов к интенсивным физическим нагрузкам / Е.Н. Баранова // автореферат дисс. на соиск. ученой степени канд. биол. наук.- Томск.- 2014.- 24 с.

4. Борисов А.В. Возможности профилактики дисфункции у борцов высоких квалификаций методом полифункционального биоуправления по параметрам дыхательной и сердечно-сосудистой систем / автореферат на соиск... ученой степени... канд. биол. наук.- Ульяновск.- 2009.- 19 с.

5. Василевский Н.Н. О роли биоритмологических процессов в механизмах адаптации и коррекции регуляторных дисфункций / Н.Н. Василевский, Ю.А. Сидоров, Н.Б. Суворов // Физиология человека. – 1993. – Т. 19, №1. – С. 91-98.

6. Володин А.А. Технология воспитания координационных способностей у юных стрелков-винтовочников на этапах спортивной специализации (тренировочные группы 1-2 года подготовки ДЮСШ) / А.А. Володин // автореферат на соиск. ученой степени канд. биол. наук.- Москва.- 2015.- 24 с.

7. Горбачев Д.В. Исследование возможностей оптимизации функционального состояния борцов методом БОС–тренинга по параметрам огибающей электромиограммы / Д.В. Горбачев // автореферат дисс. на соиск. ученой степени канд. биол. наук.- Ульяновск.- 2011.- 23 с.

8. Гусева Н.Л. Адаптивное биоуправление в психофизиологической подготовке операторов / Н.Л. Гусева, Д.Н. Меницкий, О.С. Булгакова [и др.] // Бюллетень СО РАМН.– 2004.– № 3.– С. 18-24.

9. Джафарова О.А. Игровое биоуправление как технология профилактики стресс-зависимых состояний / О.А. Джафарова, О.Г. Донская, А.А. Зубков, М.Б. Штарк // В Журнале Биоуправление-4: Теория и практика.- 2002.– С. 86-97.

10. Захаров С.М. Новые возможности реабилитационных комплексов с использованием биологической обратной связи «реакор» и «реакор-Т» / Захаров С.М., Скоморохов А.А. В Сборнике научных материалов конференции 17 октября 2014.- М.- С. 64-67.

11. Захарова В.В. Биоуправление. Итоги и перспективы развития (аналитико-библиографический обзор) / В.В. Захарова, Р.Колл, Э.М. Сохадзе, Штарк М.Б. // Биоуправление 2: Теория и практика.- Новосибирск.– 1993.– С. 12-19.

12. Красильников А.Н. Способность человека к самооценке параметров физиологических функций при мышечной работе и управлению ими на принципах биологической обратной связи / А.Н. Красильников автореферат на соиск. ученой степени канд. биол. наук.– г. Краснодар.- 1995.- 14 с.

13. Кубряк, О.В. Практическая стабилметрия. Статические двигательные-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции / Кубряк, О.В., Гроховский, С.С. // М.: ООО «ИПЦ „Маска“».- 2012.- 88 с.

14. Кузнецова В.А. Психолого-педагогические условия достижения успешности спортсменов группы высшего спортивного мастерства (на материале спортсменов–велосипедистов) / автореферат дисс. на соиск. ученой степени канд. психол. наук.- Москва.- 2017.- 26 с.

15. Магазева Е.А. Контроль тревожности в адаптивном спорте / Е.А. Магазева, А.Г. Братухин // Актуальные проблемы адаптивной физической

культуры и спорта. Материалы Всероссийской научно-практической конференции.- 2016.- С. 233-237.

16. Садыкова Н.А. Система поддержки принятия решений врача при коррекции психофизиологического состояния спортсменов методом адаптивного биоуправления / Н.А. Садыкова // автореферат на соиск. учен. степени канд. тех. наук.- Санкт-Петербург.- 2012.- 19 с.

17. Сергеева Е.Г. Биологическая обратная связь и коррекция variability ритма сердца у спортсменов, тренирующихся на выносливость / Сергеева Е.Г., Ибрагимова Т.В., Дидур М.Д. // Интерактивная наука.- 2018.- № 4 (26).- С. 32-36.

18. Солодков А.С. Морфофункциональные особенности ремоделирования сердца у спортсменов / А.С. Солодков, А.Х. Талибов // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2007. – № 10 (32). – С. 80 – 86.

19. Стрижкова О.Ю. Физиологическое обоснование применения нейробиоуправления у высококвалифицированных гимнасток / автореферат дисс. на соиск. ученой степени канд. биол. наук.- Краснодар.- 2012.- 20 с.

20. Суворов Н.Б. Биологическая обратная связь и эффективность управления состоянием организма человека // В кн. Биотехнические системы в медицине и биологии.- СПб.- Политехника. – 2002. – С. 13-20.

21. Суворов Н.Б. Биоуправление: ритмы кардиореспираторной системы и ритмы мозга / Н.Б. Суворов, Н.Л. Фролова // Биоуправление-4: Теория и практика / Под ред. М.Б. Штарка, М. Schwartz.- Новосибирск.- 2002.- С. 35-44.

22. Ханин Ю.Л. Личностные и социально-психологические опросники в прикладных исследованиях: проблемы и перспективы // Социальная психология и общественная практика / Под ред. Е.В. Шорохова, В.П. Левкович.– М.: Наука.- 1985.- С. 163-177.

23. Яковлева Л.В. Variability сердечного ритма и особенности психологического статуса юных хоккеистов / Л.В. Яковлева, Г.Н.

Шангареева // Казанский медицинский журнал. – 2015. – Т. 96, № 4. – С. 675-679.

24. Ярмош И.В. Влияние кардиотренинга на динамику некоторых показателей вариабельности сердечного ритма у пациентов с острым инфарктом миокарда / И.В. Ярмош, С.А. Болдуева, Н.Б. Суворов // Медицинский академический журнал. – 2009. – № 4 (34). – С. 170-172.

25. Blumenstein, B. (2002). Biofeedback applications in sport and exercise: Research findings. In B. Blumenstein, M. Bar-Eli, & G. Tenenbaum (Eds.), *Brain and body in sport and exercise: Biofeedback applications in performance enhancement* (pp. 37–54)

26. Blumenstein, B., & Orbach, I. (2012a). *Mental practice in sport: Twenty case studies*. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers.

27. Graham, J. J. Stress and cognitive functioning in sport / J. J. Graham, L. Hardy // *J Sport Science*. – 1989. – Vol. 1, №1. – P. 41 – 63.

28. Hayashi, N. Cardiac autonomic regulation after moderate and exhaustive exercises / N. Hayashi, Y. Nakamura, I. Muraoka // *Ann Physiol Anthropol*. – 1992. – №11(3). – P. 333 – 338.

29. Lee, J. The benefit of heart rate variability biofeedback and relaxation training in reducing trait anxiety / J. Lee, J. K. Kim, A. Wachholtz // *Hanguk Simni Hakhoe Chi Kongang*. – 2015. – Vol. 20, Iss.2. – P. 391–408.

30. Lehrer, P. M. Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? / P. M. Lehrer, R. Gevirtz // *Front. Psychol*. – 2014. – V. 5. – P. 1 – 9. Doi: 10.3389/fpsyg.2014.00756

31. Malik, M. Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task force of the European Society of cardiology and the North American Society of pacing and electrophysiology / M. Valik, M. D. Chairman // *Circulation*. – 1996. - №93(5). – P. 1043 – 1065.

32. Maron, B. J. The heart of trained athletes: cardiac remodeling and the risks of sports, including sudden death / B. J. Maron, A. Pelliccia // *Circulation*. – 2006. – V.114, №15. – P. 1633 – 1644.

33. Oliveira, R. S. Seasonal changes in physical performance and heart rate variability in high level futsal players / R. S. Oliveira, A. S. Leicht, D. Bishop [et al.] // *International Journal of Sports Medicine*. – 2013. - №34 (5). – P. 424 – 430.

34. Perry, F. D., Shaw, L., & Zaichkowsky, L. (2011). Biofeedback and neurofeedback in sports. *Biofeedback*, 39(3), 95–100

35. Puig, J. Spectral analysis of heart rate variability in athletes / J. Puig, J. Feitas, M. J. Carvalho [et al.] // *J Sports Med Phys Fitness*. – 1993. – №33(1). – P. 44 – 48.

36. Senge P. M. (1990). *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*. New York: Doubleday. pp. 424.

37. Sharma, S. Physiologic limits of left ventricular hypertrophy in elite junior athletes: relevance to differential diagnosis of athlete’s heart and hypertrophic cardiomyopathy / S. Sharma, B. J. Maron, G. Whyte [et al.] // *J Am Coll Cardiol*. – 2002. – Vol. 40, №8. – P. 1431 – 1436.

Интернет-источники:

38. Московский консенсус по применению стабилотрии и биоуправления по опорной реакции в практическом здравоохранении и исследованиях / НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина.- М.- 2017.- 10 с. URL: www.moscowstabilometryconsensus.ru

Об авторах:



Захарьева Наталья Николаевна – Руководитель центра спортивной медицины НИИ спорта и спортивной медицины РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК), профессор кафедры физиологии РГУФКСМиТ (ГЦОЛИФК), доктор медицинских наук. Лауреат премии университета «Ученый года», «Профессор года» 2016-2019. Имеет звания: академика РАЕ, заслуженный деятель науки РАЕ. Награждена медалью П.Ф. Лесгафта за заслуги перед отраслью «Физическая культура». Автор более 500 печатных работ, в т. ч. монографий (последние 5 лет): «Возрастная физиология спорта» (2016); «Влияние психоэмоционального напряжения на функциональное состояние танцоров» (2020), «Закаливание и физическая работоспособность человека» (2021), учебника для спортивных вузов «Физиологические основы геронтологии» (2017). Под научным руководством защищены 3 диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Контакты: zakharjeva.natalia@mail.ru



Сергеева Елена Геннадьевна – доктор медицинских наук, была профессором кафедры терапии факультетской, ведущим научным сотрудником НИИ сердечно-сосудистых заболеваний. Со студенческих лет жизнь Елены Геннадьевны неразрывно была связана с Первым Санкт-Петербургским государственным медицинским университетом им. акад. И.П. Павлова, в котором она прошла путь становления врача до педагога и исследователя. Под ее научным руководством защищены 4 диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. Автор более 100 публикаций. Была активным участником клинических международных научных исследований. Прекрасный клиницист и педагог.

Учебное издание

**Захарьева Наталья Николаевна,
Сергеева Елена Геннадьевна**

**Методики с использованием биологической
обратной связи в спортивной практике**

Учебно-методическое пособие
для магистрантов и аспирантов РГУФКСМиТ
по специальности 49.02.01 «Физическая культура»

Подписано в печать 03.03.21. Формат 60x90^{1/16}.

Усл. печ. л. 3,88. Тираж 116 экз.

Заказ № Z30.0514.007

Издательство «ОнтоПринт»
105187, Москва, Окружной проезд, д.16

Тел.: (495) 665-28-54

сайт: <https://ontoprint.ru>

Отпечатано на полиграфической базе

ИП Мархотина П. Ю.

СПб., Лермонтовский пр., д.27