

На правах рукописи

СТРЕЛЫЧЕВА
Ксения Александровна

**ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ
ОРГАНИЗМА ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ШОРТ-
ТРЕКОВИКОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СПЕЦИФИЧЕСКОЙ
ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ**

03.03.01 - физиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Санкт - Петербург
2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма» на базе лаборатории кафедры биологических дисциплин

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор **Брук Татьяна Михайловна**

Официальные оппоненты:

Левшин Игорь Викторович, доктор медицинских наук, профессор, Федеральное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный институт физической культуры» Министерства обороны Российской Федерации, г. Санкт-Петербург, кафедра естественнонаучных дисциплин и медицинского обеспечения служебно-прикладной физической подготовки, профессор

Городничев Руслан Михайлович, доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта» Министерства спорта Российской Федерации, г. Великие Луки, кафедра физиологии и спортивной медицины, профессор, проректор по научно-исследовательской работе

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет физической культуры, спорта и туризма» Министерства спорта Российской Федерации

Защита диссертации состоится «___» _____ 2019 г. в _11_ часов на заседании диссертационного совета Д001.022.03 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Институт экспериментальной медицины» (197376, Санкт-Петербург, ул. Акад. Павлова, 12) по адресу: 197376, Санкт-Петербург, Каменноостровский пр., д 73/75

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Институт экспериментальной медицины» (197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д.12) и на сайте <http://iemspb.ru/science/diss/diss001-022-03/>

Автореферат разослан «___» _____ 2019 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор биологических наук Хныченко Людмила Константиновна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. На современном этапе развития российского спорта неуклонно, из года в год отмечается существенный рост уровня мастерства спортсменов, занимающихся шорт-треком. Начиная с 2014 года после успешного выступления российской сборной в Олимпийских играх, научный интерес к данному виду спорта усиливается, и как следствие, повышаются требования к достижениям высококвалифицированных спортсменов. Тренеры ищут средства и методы для улучшения спортивных результатов, непрерывно повышая объемы и интенсивность тренировочных нагрузок, которые могут достигать критических величин и лимитироваться биологическими возможностями организма (И.Л. Рыбина, 2016; В.Н. Платонов, 2010; А.П. Исаев, 2012). Вместе с тем, улучшение спортивных результатов возможно не только с внедрением и совершенствованием методов управления тренировочным процессом, но и с использованием нетрадиционных физико-терапевтических средств потенцирования и активации физиологических резервов организма высококвалифицированных шорт-трековиков. Среди таких методов, которые не являются запрещенными, можно отметить низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ).

В спортивной практике данный метод описан в работах ряда авторов (С.Е. Павлов, 2017; Т.М. Брук и соавт., 2016; А.С. Ващенко, 2013; К.Ю. Косорыгина, 2015), где отмечено, что НИЛИ положительно влияет на физиологические характеристики функционального состояния спортсменов различных специализаций.

При этом, в шорт-треке выявлены лишь фрагментарные исследования в области влияния специфической физической нагрузки на организм спортсменов. В связи с отсутствием достаточно полных комплексных исследований в данном направлении, актуальным видится изучение влияния сочетанного действия специфической физической нагрузки и НИЛИ на организм высококвалифицированных шорт-трековиков.

Степень разработанности темы исследования. Работа выполнена в рамках реализации темы НИОКР №108.330.14.14 от 14 ноября 2014 г по заказу ФМБА РФ.

Изучению особенностей функционального состояния (ФС) высококвалифицированных спортсменов в условиях конкретного вида спорта уделяется значительное внимание (Н.А. Фудин, 2012; В.П. Губа, 2013; В. Knechtle, 2002). В современном спорте для выявления состояния подготовленности атлета, влияния тренировочных нагрузок на организм используют комплекс инновационных инструментальных методик, которые раскрывают динамические изменения организма под действием тренировочных и соревновательных нагрузок. В настоящее время большое внимание уделяется изучению головного мозга с использованием таких методов, как позитронная эмиссионная томография, реэнцефалография,

электроэнцефалография, нейроэнергокартирование (О.И. Беличенко и соавт., 2014; И.С. Депутат, 2015; В.Ф. Фокин, 2004). Для изучения ФС кардиореспираторной системы применяются различные вариации нагрузочного тестирования с использованием аппаратно-программных комплексов (АПК), способных регистрировать важнейшие параметры изучаемой системы в ответ на изменение мощности нагрузки (З.Б. Белоцерковский, 2005; А.А. Бихтимирова, 2014; Н.В. Ванова, 2011). В спортивной практике также большое внимание уделяется изучению гормонального статуса и биохимических параметров крови атлетов (Н.Н. Потолицына, 2016; С.Д. Мегерян, 2015; Р.В. Тамбовцева, 2016). Для повышения функциональных возможностей организма высококвалифицированных спортсменов ряд авторов предлагает применение таких физико-терапевтических средств, как оксигенотерапия, магнитотерпия, электронейростимуляция, НИЛИ (С.Е. Павлов, 2017; В.С. Улащик, 2006). Однако в научной литературе недостаточно сведений о влиянии сочетанного действия специфической физической нагрузки и НИЛИ на организм высококвалифицированных шорт-трековиков. Данный факт определил цель и задачи исследования.

Цель исследования - выявить особенности функционального состояния высококвалифицированных шорт-трековиков при воздействии специфической физической нагрузки и курса низкоинтенсивного лазерного излучения по основным показателям кардиореспираторной системы, уровня церебрального энергообмена, концентрации нейропептидов, гормонов щитовидной железы, надпочечников, биохимических параметров крови.

Задачи исследования:

1. Определить исходное ФС высококвалифицированных шорт-трековиков при выполнении тестовой физической нагрузки «до отказа» от работы.
2. Оценить реакцию показателей церебрального энергообмена, нейропептидов, гормонов щитовидной железы, надпочечников, биохимических параметров крови, отражающих ФС высококвалифицированных шорт-трековиков, при выполнении специфической физической нагрузки.
3. Изучить влияние курсового НИЛИ на организм спортсменов, выполняющих физическую нагрузку, на основе показателей кардиореспираторной системы, уровня церебрального энергообмена, концентрации нейропептидов, гормонов щитовидной железы, надпочечников, основных биохимических параметров крови.
4. Выявить взаимосвязи между изучаемыми параметрами ФС на фоне специфической физической нагрузки и курсового лазерного воздействия, подтверждающие степень эффективности НИЛИ в аспекте оптимизации ФС и повышения физической работоспособности.

Научная новизна

Научная новизна заключается в том, что впервые:

- применен комплекс современных взаимообусловленных методов, таких как нейроэнергокартирование, оценка кардиореспираторной системы, нейроэндокринного статуса и основных биохимических показателей крови для оценки физической подготовленности высококвалифицированных шорт-трековиков;

- определен корригирующий и потенцирующий эффект НИЛИ, примененного курсом с частотой следования импульсов 1500 Гц, экспозицией 8 мин, по основным показателям сердечнососудистой, нейроэндокринной, дыхательной систем и биохимических параметров крови;

- выявлен ряд прямых и обратных, умеренных и сильных взаимосвязей между показателями энергетического обмена зон коры головного мозга, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой и гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной, опиоидной систем при сочетанном действии специфической физической нагрузки и НИЛИ

- установлен разный уровень функциональной подготовленности обследованных высококвалифицированных спортсменов, на что указывают все изученные показатели;

- доказана эффективность использования всего комплекса предлагаемых методик для объективной оценки ФС и физиологических резервов высококвалифицированных шорт-трековиков.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования

Обнаруженные особенности кардиореспираторной, опиоидной, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой (ГГНС), гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной систем (ГГТС), энергетической активности клеток коры головного мозга, биохимических параметров крови в значительной степени дополняют новыми сведениями имеющиеся в современной литературе данные о физиологических механизмах их функционирования при действии как физической нагрузки «до отказа» от работы, так и специфической физической нагрузки. Полученные результаты исследования расширяют представления о влиянии сочетанного действия НИЛИ и специфической физической нагрузки на ФС высококвалифицированных шорт-трековиков в деятельности тренера при планировании учебно-тренировочного процесса. Использование методики кардиореспираторного нагрузочного тестирования (КРНТ) дает возможность тренеру, в сочетании с оценкой нейроэндокринного статуса, энергетической активности коры головного мозга, биохимических параметров крови получить более объективную информацию о ФС и физиологических резервах организма спортсмена для рационального построения учебно-тренировочного процесса и достижения оптимального спортивного результата. Результаты, полученные после проведения курса НИЛИ, позволяют рекомендовать его в качестве средства как повышения, так и коррекции физической

работоспособности при разработке индивидуальных тренировочных программ, которые могут быть применены спортивными врачами и тренерами, работающими с высококвалифицированными спортсменами при проведении соревнований различного ранга, включая Олимпийские игры. Доступность, неинвазивность, простота, отсутствие побочных эффектов предложенного метода надвенозного облучения области крупных сосудов дают основание рекомендовать его к использованию в условиях современной спортивной деятельности.

Материалы и методы исследования. В работе использованы теоретические и методологические подходы, применяемые отечественными и зарубежными физиологами, для оценки ФС кардиореспираторной (КРНТ) и нейроэндокринной (иммуноферментный анализ) систем, уровня энергетического обмена коры головного мозга (НЭК), биохимических параметров крови (биуретовый, уреазный, глюкозооксидазный методы), статистические методы обработки данных с помощью программы Microsoft Excel 2010.

Положения, выносимые на защиту

1. Использование комплекса современных взаимосвязанных методов, определяющих уровень функциональной подготовленности и физиологических резервов организма высококвалифицированных шорт-трековиков, с целью совершенствования учебно-тренировочного процесса для получения оптимального спортивного результата.

2. Курсовое применение чрескожного НИЛИ обеспечивает более эффективное функционирование кардиореспираторной системы, нейроэндокринного статуса, а также служит как потенцирующим, так и корригирующим средством для повышения физической работоспособности спортсменов в условиях длительных тренировочных нагрузок. Специфическая физическая нагрузка анаэробно-гликолитической направленности в шорт-треке приводит к запуску физиологических механизмов стресса

3. Ряд устойчивых средних и сильных взаимосвязей между показателями энергетического обмена отдельных зон коры, опиоидной, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой и гипоталамо-гипофизарно-тиреоидной систем после применения курсового низкоинтенсивного лазерного излучения и специфической физической нагрузки позволяет объективно судить о ФС организма спортсменов, ведет к формированию новых структурно-логических зависимостей между образованиями, что необходимо учитывать при оценке физической работоспособности спортсменов.

Степень достоверности результатов и личный вклад автора. Достоверность полученных результатов в диссертации обеспечена использованием современных методов оценки ФС и работоспособности спортсменов и адекватной исследованию статистической обработкой полученных данных. Автором самостоятельно осуществлена

экспериментальная часть исследования, включавшая КРНТ «до отказа» от работы спортсменов, НЭК, иммуноферментный анализ проведен совместно с врачом-лаборантом. Результаты исследования представлены автором в научных статьях и научных докладах на конференциях.

Реализация результатов работы. Материалы исследования реализованы в научно-исследовательской деятельности преподавателей, аспирантов, тренеров ФГБОУ ВО «Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма» (ФГБОУ ВО СГАФКСТ), тренеров Смоленского государственного училища олимпийского резерва, тренеров команд по шорт-треку, в учебном процессе кафедры биологических дисциплин ФГБОУ ВО СГАФКСТ, патологической физиологии ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет». Теоретические и практические аспекты работы включены в курс лекций по физиологии, спортивной физиологии, а также используются в образовательном процессе слушателей факультета повышения квалификации ФГБОУ ВО СГАФКСТ.

Апробация результатов исследования. Теоретические положения и практические результаты работы докладывались на Международных и Всероссийских научно-практических конференциях и семинарах: XIV Международная научная сессия по итогам НИР за 2015 год «Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре, спорту и туризму» (г. Минск, 2016), Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием и российско-китайский симпозиум, посвященный 120-летию НГУ им. П.Ф. Лесгафта «Проблемы функциональных состояний и адаптации в спорте» (Санкт-Петербург, 2016) и четырех научно-практических конференциях молодых ученых СГАФКСТ (г. Смоленск, 2014-2018); XXIII съезд Физиологического общества имени И.П. Павлова (Воронеж, 18-22 сентября, 2017)

Публикации результатов исследований. Основные положения диссертационного исследования опубликованы в 10 печатных работах, из них 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, четырех глав, выводов и практических рекомендаций, приложений; изложена на 137 страницах компьютерной верстки, содержит 4 рисунка и 23 таблицы, 4 приложения, 227 источников литературы, в том числе 47 – иностранных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось в научно-исследовательской лаборатории кафедры биологических дисциплин с 2014 по 2018 гг. ФГБОУ ВО СГАФКСТ, а так же в условиях учебно-тренировочного сбора. В исследовании приняли участие 20 высококвалифицированных шорт-трековиков мужского пола. Возраст испытуемых – 19-25 лет, спортивная квалификация: мастера спорта (МС) – 16 спортсменов, мастера спорта международного класса (МСМК) – 4 спортсмена.

Этапы исследования включали в себя: оценку исходного ФС кардиореспираторной системы, энергетической активности коры головного мозга, нейроэндокринного статуса и некоторых биохимических параметров крови; исследование влияния сочетанного действия специфической физической нагрузки и НИЛИ на организм высококвалифицированных шорт-трековиков.

Оценка ФС кардиореспираторной системы проводилась во время выполнения нагрузки возрастающей мощности «до отказа» на аппарате эргоспирометрии SCHILLER CARDIOVIT CS-200. Тестирование включало два этапа: первый тест выполнялся без воздействия НИЛИ, второй тест проводился после курса лазеропроцедур. Мощность первой ступени нагрузки на велоэргометре составляла 30 Вт, мощности последующих ступеней нагрузки последовательно увеличивались с шагом 20 Вт до отказа испытуемого от продолжения физической работы (велоэргометрического тестирования). Длительность нагрузки каждой ступени составляла 1 мин, нагрузочное тестирование проводилось на фоне постоянной скорости вращения педалей 60-70 об/мин. Во время выполнения тестов измерялись следующие показатели: мощность последней ступени нагрузки (Вт), максимальная ЧСС (уд/мин), уровень МПК абс. (л/мин), уровень МПК отн. (л/мин), максимальная легочная вентиляция (л/мин), вентиляционный эквивалент кислорода (л), процент потребления кислорода (%), величина порога анаэробного обмена от максимального потребления кислорода (%), величина кислородного пульса (мл/удар).

Для оценки показателей церебрального энергообмена использовался аппаратно-программный комплекс (АПК) «Нейроэнергокартограф НЭК-5». Монтаж отведений для регистрации уровня постоянных потенциалов (УПП) производился на базе международной системы «10-20» относительно размещённого на запястье общего референтного электрода. Регистрация УПП проводили в течение 3 мин в состоянии относительного физиологического покоя, после курса НИЛИ, после специфической физической нагрузки и после сочетанного действия специфической физической нагрузки и НИЛИ.

Определение гормонов производилось при помощи наборов реактивов «Нема» (Германия) методом прямого (ТТГ) и конкурентного (АКТГ, кортизол, T_3 , T_4 – общие и свободные фракции) твердофазного

иммуноферментного анализа на фотометре вертикального сканирования “Stat Fax 303 Plus” (Германия). Определение содержания β -эндорфина проводилось методом иммуноферментного анализа с использованием наборов реактивов “Peninsula” (Италия) после лиофильной сушки, экстракции и пробоподготовки. Концентрацию общего белка определяли биуретовым методом, содержание мочевины уреазным методом с салицилатно-гипохлоритным реактивом. Содержание креатинина в крови определяли по модифицированному методу Яффе без депротенизации. Уровень глюкозы определяли глюкозооксидазным методом. Анализ крови осуществлялся на биохимическом анализаторе “Stat Fax 300” (Германия) с использованием наборов реактивов “Vital Diagnostics” (Санкт-Петербург). Биохимические показатели крови определялись на биохимическом анализаторе “Stat Fax300” (Германия).

В качестве нетрадиционного средства воздействия применялось НИЛИ курсом, ежедневно в течение 7 дней с частотой следования импульсов 1500 Гц, временем воздействия 8 мин чрескожно двумя излучателями по 4 минуты на область кубитальной вены. Облучение проводил сертифицированный специалист. В работе был использован медицинский лазерный терапевтический аппарат «Узор – ЗКС» со следующими параметрами: длина волны излучения – $0,89 \pm 0,02$ мкм, мощность импульса – 3,8 Вт.

Специфическая физическая нагрузка представляла собой полутора часовое учебно-тренировочное занятие анаэробно-гликолической направленности: подготовительная часть (бег, общеразвивающие упражнения, технико-координационные упражнения), основная часть (ледовая подготовка), заключительная часть (бег, упражнения на расслабление и растягивание мышц).

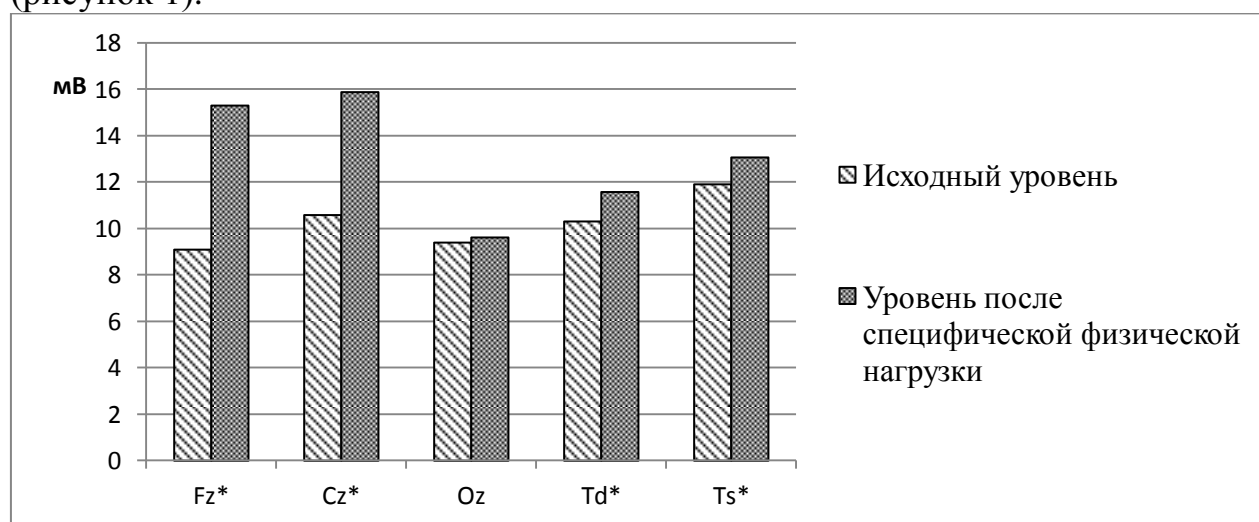
Статистическая обработка результатов исследования осуществлялась с помощью программ компьютерного тестирования и анализа данных в программе Microsoft Excel 2010. Сравнение изучаемых параметров проводилось с использованием непараметрического знакового рангового критерия Вилкоксона, критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез в данном исследовании принимали равным 0,05. Для определения корреляционных связей между параметрами применяли коэффициент линейной корреляции Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Функциональное состояние кардиореспираторной системы высококвалифицированных шорт-трековиков. У исследуемых шорт-трековиков абсолютные показатели МПК составили $3,77 \pm 0,09$ л/мин, относительные значения – $53,79 \pm 1,16$ мл/мин/кг. Данный параметр соответствовал уровню конькобежцев-разрядников (у высококвалифицированных конькобежцев мужчин относительные значения МПК по данным Е.А. Ширковца и др. (2014) – $76,7 \pm 1,6$ мл/мин/кг,

разрядников – $52,3 \pm 4,3$ мл/кг/мин). На максимальном уровне мощности ЧСС составила $190,15 \pm 1,06$ уд/мин, что не выходило за пределы нормы. Средние показатели максимальной легочной вентиляции соответствовали величине $122,37 \pm 2,68$ л/мин и оказались ниже, чем у конькобежцев-разрядников (по данным Е.А. Ширковца и др. (2014) $142,3 \pm 7,8$ л/мин). Средний показатель максимального кислородного пульса составил $19,86 \pm 0,53$ мл/уд, что также сопоставимо с показателями конькобежцев-разрядников.

Влияние специфической физической нагрузки на организм высококвалифицированных шорт-трековиков. Специфическая физическая нагрузка анаэробно-гликолитической направленности привела к изменению энергетических процессов в клетках коры головного мозга (рисунок 1).



Примечание. * результаты достоверны при $p \leq 0,05$

Рисунок 1 – Влияние специфической физической нагрузки на церебральный энергообмен

Выявлено увеличение УПП в лобной зоне (Fz) на 68,2% , в центральной зоне (Cz) – на 50,1%, правой височной области (Td) – на 12,3%, левой височной области (Ts) – на 9,7%, соответственно к смещению кислотно-щелочного равновесия в сторону ацидоза ($p \leq 0,05$). Такая ответная реакция на физическую нагрузку связана с тем, что центральная и лобная зоны коры головного мозга ответственны за выполнение двигательного акта в результате мозаичного включения возбуждения и торможения различных групп двигательных корковых нейронов при поступлении к ним моторной программы из фронтальной зоны коры головного мозга, а правая и левая височная области коры головного мозга лишь частично причастны к архитектонике двигательного акта.

Под влиянием специфической физической нагрузки у шорт-трековиков произошло увеличение концентрации общего белка крови на 17,9% по сравнению с исходным уровнем ($p \leq 0,05$), что свидетельствует об усилении процессов метаболизма белков, в то же время уровень креатинина, мочевины, глюкозы не претерпевали существенных изменений ($p > 0,05$).

Специфическая физическая нагрузка привела к достоверному увеличению уровня ТТГ на 46,2% ($p \leq 0,05$). Однако наблюдались разнонаправленные изменения в содержании тиреотропного гормона у шорт-трековиков. Так, у трех атлетов с относительно низким базальным уровнем ТТГ наблюдался наибольший рост концентрации гормона (32,1 – 46,0%). Вероятно, активация гипофиза была связана с высокой степенью мобилизации функций организма этих спортсменов, а у трех спортсменов с наибольшим исходным уровнем ТТГ зафиксировано снижение изучаемого гормона приблизительно на 50,0%. Видимо, если специфическая физическая нагрузка не обуславливает в значительной степени мобилизации организма, то активность ГГТС определяется по механизму обратной связи: высокий базальный уровень ее гормонов предотвращает дальнейшую активацию системы при работе. Выявлено также повышение свободной фракции T_4 на 13,5% ($p \leq 0,05$).

Отмечено увеличение в крови спортсменов содержания АКТГ и кортизола на 22,2 и 20,0%, соответственно ($p \leq 0,05$). Данный факт связан с тем, что специфическая физическая нагрузка, выполняемая спортсменами, была циклического характера в аэробно-анаэробном режиме и отличалась высокой интенсивностью, что позволило преодолеть порог активации ГГНС. При этом произошло достоверное увеличение β -эндорфина на 28,0% ($p \leq 0,05$), свидетельствующее о стимуляции его синтеза в структурах головного мозга непосредственно в процессе мышечной деятельности, вызывающей чувство «мышечной радости».

Влияние курса НИЛИ на физическую работоспособность и функциональное состояние кардиореспираторной системы высококвалифицированных шорт-трековиков. Согласно тому, что у шорт-трековиков при проведении КРНТ был выявлен недостаточно высокий уровень физической работоспособности, представлялось важным изучить влияние НИЛИ на ФС высококвалифицированных спортсменов (таблица 1).

По результатам первоначального максимального велоэргометрического тестирования мощность последней ступени нагрузки в группе составила $324,75 \pm 4,03$ Вт. После курса процедур НИЛИ среднегрупповая величина максимальной мощности нагрузки возросла на 7,2% ($p \leq 0,05$). Показатель ЧСС в момент отказа испытуемых от работы в группе равнялся $190,15 \pm 1,06$ уд/мин и после курса НИЛИ достоверно не изменился ($p > 0,05$). Таким образом, курсовое воздействие НИЛИ с частотой импульсации 1500 Гц привело к росту уровня общей физической работоспособности и способности длительно выполнять нагрузку возрастающей мощности. Проведенная курсовая лазеротерапия способствовала повышению на 6,1% абсолютных значений и на 6,0% относительных значений МПК ($p \leq 0,05$). Более того курс НИЛИ привел к росту и ВЭК на 4,77% ($p \leq 0,05$). Значительное увеличение ВЭК (на 14,8-22,2%) наблюдалось у 3-х человек, менее значительное (на 0,9-9,5%) – у 13 спортсменов. У 4-х шорт-трековиков отмечалось снижение ВЭК на 1,4-4,0%, что указывало на повышение эффективности легочной

вентиляции. Курс лазеропроцедур привел к снижению процента потребления кислорода на 4,8% ($p \leq 0,05$).

Таблица 1 – Влияние курса низкоинтенсивного лазерного излучения на показатели кардиореспираторной системы при максимальном велоэргометрическом тестировании высококвалифицированных шорт-трековиков, $M \pm m$ ($n=20$)

Показатели	Тестирование 1 (1)	Тестирование 2 (после НИЛИ)		p
		на уровне мощности последней ступени тестирования 1 (2)	последняя ступень тестирования 2 (3)	
Мощность последней ступени нагрузки (Вт)	324,75±4,03	324,75±4,03	348,25±5,04	1, 3 $\leq 0,05$
Максимальная ЧСС (уд/мин)	190,15±1,06	188,34±1,15	189,65±1,31	1,3 $> 0,05$ 1,2 $> 0,05$
VO ₂ абс. (л/мин)	3,77±0,09	3,92±0,08	4,00±0,09	1,3 $\leq 0,05$ 1,2 $\leq 0,05$
VO ₂ отн. (мл/мин/кг)	53,79±1,16	55,71±1,12	56,85±1,08	1,3 $\leq 0,05$ 1,2 $\leq 0,05$
VE (л/мин)	122,37±2,68	131,55±2,04	136,04±3,21	1,3 $\leq 0,05$ 1,2 $\leq 0,05$
ВЭК (л)	32,46±0,85	33,56±0,81	34,01±0,85	1,3 $\leq 0,05$ 1,2 $\leq 0,05$
% потребления O ₂	3,08±0,08	2,98±0,34	2,94±0,07	1,3 $\leq 0,05$ 1,2 $\leq 0,05$
АП от уровня МПК (%)	74,65±0,78	-----	78,03±0,66	1,3 $\leq 0,05$
O ₂ -пульс (мл/уд)	19,86±0,53	20,81±0,49	21,09±0,51	1,3 $\leq 0,05$ 1,2 $\leq 0,05$
RQ (усл.ед)	1,25±0,01	1,18±0,01	1,20±0,01	1,3 $\leq 0,05$ 1,2 $\leq 0,05$

Таким образом, курсовое воздействие НИЛИ привело к некоторому снижению эффективности легочной вентиляции и процента потребления кислорода. Однако на этом фоне отмечался рост критической мощности, а также абсолютных и относительных значений МПК, отражающих аэробную мощность. Курсовое воздействие НИЛИ привело к росту АП в процентах от МПК на 4,5%, величины кислородного пульса на 5,8% ($p \leq 0,05$), снижению

индекса обмена дыхательных газов на 4 % ($p \leq 0,05$), что может быть связано с повышением эффективности аэробного ресинтеза АТФ в клетках и уменьшением метаболических сдвигов в крови.

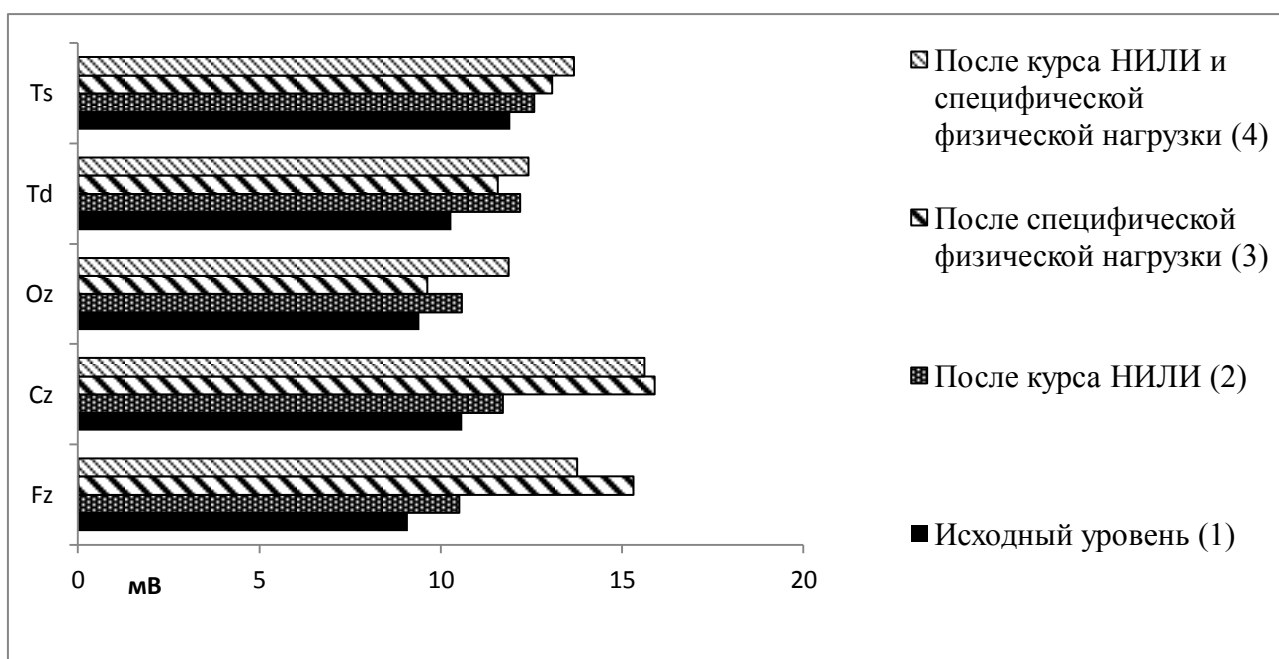
Можно полагать, что курсовое лазерное воздействие ведет к достоверному увеличению параметров кардиореспираторной системы, повышающих уровень физической работоспособности. Однако полученные данные могут также свидетельствовать и об адаптации спортсменов к тестирующей нагрузке и усилении мотивации к ее выполнению. Для того чтобы определить, является ли это эффектом НИЛИ нами были рассмотрены параметры внешнего дыхания на уровне мощности последней ступени нагрузки первого тестирования.

Установлено, что на уровне мощности последней ступени нагрузки первого тестирования после курса НИЛИ наблюдался достоверно значимый прирост таких показателей, как VO_2 абс., VO_2 отн., ВЭК, O_2 -пульс на 4; 3,8; 3,4 и 4,1% (во всех случаях $p \leq 0,05$).

Значение легочной вентиляции на мощности равной последней ступени нагрузки тестирования 1 после курса лазеропроцедур достоверно выросло на 7,4% ($p \leq 0,05$), процент потребления кислорода при этом имел тенденцию к снижению ($p > 0,05$) Индекс обмена дыхательных газов достоверно снизился на 5,6% ($p \leq 0,05$). Полученные результаты аналогичны показателям на мощности последней ступени нагрузки и доказывают, что именно НИЛИ привело к выявленным изменениям.

Влияние курса НИЛИ и специфической физической нагрузки на организм высококвалифицированных шорт-трековиков. Сочетанное действие специфической физической нагрузки и НИЛИ привело к изменению УПП (рисунок 2).

Сочетанное действие НИЛИ и специфической физической нагрузки привело к снижению УПП в лобной зоне (Fz) на 10,2% ($p \leq 0,05$) по сравнению с влиянием специфической физической нагрузки в отдельности, в то же время наблюдался прирост показателя в правой (Td) и левой (Ts) височных зонах на 23,3 и 5,5% соответственно ($p \leq 0,05$). Выявлено, что у шорт-трековиков – МСМК показатель энергетического обмена в головном мозге более стабилен, чем у спортсменов квалификации МС, у которых наблюдалось снижение УПП при сочетанном действии, приближающееся к границе физиологической нормы, по сравнению с влиянием изолированной специфической нагрузки. Данную закономерность, вероятно можно связать с положительным влиянием курса лазеропроцедур на восстановление кислотно-щелочного равновесия в тканях коры головного мозга.



Примечание. Достоверность результатов (p)

Fz: 1-2 \leq 0,05; 1-3 \leq 0,05; 3-4 \leq 0,05;

Cz: 1-2 \leq 0,05; 1-3 \leq 0,05; 3-4 $>$ 0,05;

Oz: 1-2 \leq 0,05; 1-3 $>$ 0,05; 3-4 \leq 0,05;

Td: 1-2 \leq 0,05; 1-3 \leq 0,05; 3-4 \leq 0,05;

Ts: 1-2 \leq 0,05; 1-3 \leq 0,05; 3-4 \leq 0,05.

Рисунок 2 – Влияние курса низкоинтенсивного лазерного излучения и специфической физической нагрузки на уровень церебрального энергообмена спортсменов

Сочетанное действие специфической физической нагрузки и НИЛИ привело к увеличению в крови концентрации ТТГ на 37,7%, Т₄общ – на 9,1%, Т₄св. – на 15,5%, Т₃св на 14,5%, АКТГ и кортизола на 7,2 и 15,9% соответственно по сравнению с обособленным действием нагрузки (p \leq 0,05). При этом уровень β -эндорфина в крови повысился на 23,7% (p \leq 0,05). Содержание же мочевины снизилось на 24,2%, при этом повышение липопротеидов высокой плотности составило 9,7%, (p \leq 0,05).

Корреляционная связь между параметрами функционального состояния высококвалифицированных шорт-трековиков. Для выявления действия специфической физической нагрузки и НИЛИ на организм спортсменов нами были рассмотрены корреляционные связи между изучаемыми параметрами.

Под воздействием специфической физической нагрузки отмечаются достоверные корреляционные взаимосвязи между всеми исследуемыми зонами коры головного мозга, обусловленные высокой степенью функциональной зрелости коры головного мозга и профессионализмом спортсменов, так как данный параметр отражает сформированность двигательных стереотипов (таблица 2).

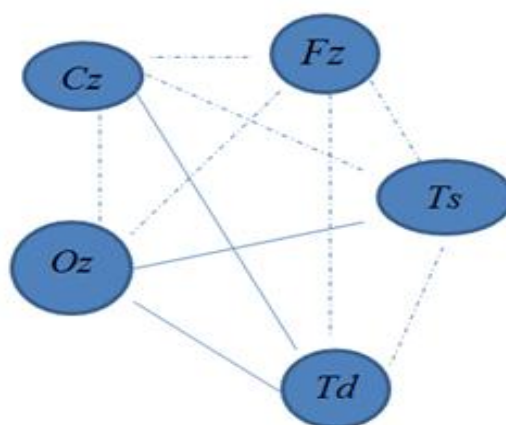
Таблица 2 – Корреляционная связь показателей энергетического обмена зон коры головного мозга высококвалифицированных шорт-трековиков после специфической физической нагрузки (r)

Показатели	<i>Fz</i>	<i>Cz</i>	<i>Oz</i>	<i>Td</i>	<i>Ts</i>
<i>Fz</i>	r=1	r=0,711**	r=0,509**	r=0,645**	r=0,709**
<i>Cz</i>		r=1	r=0,634*	r=0,344*	r=0,328**
<i>Oz</i>			r=1	r=0,456*	r=0,556*
<i>Td</i>				r=1	r=0,502**
<i>Ts</i>					r=1

Примечание. * – корреляция значима на уровне 0,05; ** – корреляция значима на уровне 0,01.

В исследуемой группе спортсменов не наблюдалось значимых корреляций между β -эндорфином и параметрами энергетического обмена в головном мозге. Однако были обнаружены сильные положительные высоко значимые корреляции между уровнем кортизола и УПП в лобной зоне коры головного мозга $r=0,713$ ($p \leq 0,01$) и средние положительные значимые корреляции между уровнем кортизола и УПП в затылочной зоне головного мозга $r=0,552$ ($p \leq 0,01$). Рост УПП связан с активацией ГНС, о чем свидетельствует выявленная зависимость между УПП и уровнем кортизола. Данные изменения происходят за счет усиления гликолиза и развития ацидоза в тканях головного мозга (В.Ф. Фокин, 2004).

После сочетанного действия специфической физической нагрузки и НИЛИ в исследуемой группе спортсменов сохранились выявленные достоверные взаимосвязи между УПП коры головного мозга (рисунок 3).



————— Корреляция значима на уровне 0,05
 - - - - - Корреляция значима на уровне 0,01

Рисунок 3 – Корреляционная связь показателей энергетического обмена зон коры головного мозга высококвалифицированных шорт-трековиков после сочетанного действия специфической физической нагрузки и низкоинтенсивного лазерного излучения.

Значения коэффициентов корреляций между зонами коры головного мозга представлены в таблице 3.

Таблица 3. Коэффициенты корреляций между зонами коры головного мозга после сочетанного действия специфической физической нагрузки и низкоинтенсивного лазерного излучения

Показатели	Fz	Cz	Oz	Td	Ts
Fz	r=1	r=0,917**	r=0,519**	r=0,711**	r=0,723**
Cz		r=1	r=0,679**	r=0,524*	r=0,306**
Oz			r=1	r=0,465*	r=0,577*
Td				r=1	r=0,579**
Ts					r=1

Примечание. * – корреляция значима на уровне 0,05; ** – корреляция значима на уровне 0,01

Можно заключить, что коэффициенты ранговой корреляции имели тот же знак, но при этом после сочетанного воздействия данных факторов на организм произошло увеличение значений. Возможно, именно НИЛИ повышает взаимосвязанность различных зон коры головного мозга, в особенности между лобной и центральной зонами, и как следствие способствует совершенствованию сложных двигательных актов спортсменов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного исследования установлено, что параметры кардиореспираторной системы, такие как МПК, легочная вентиляция, кислородный пульс, ВЭК, входили в интервал среднего уровня подготовленности согласно классификации К. Купера (1970), что обусловлено особенностями организации общей физической подготовленности шорт-трековиков, уделяющей особое внимание развитию в основном скоростно-силовых качеств, а не повышению аэробной выносливости, которая важна как на этапе подготовки, так и этапе высшего спортивного мастерства.

Выявлено, что специфическая физическая нагрузка анаэробно-гликолитической направленности ведет к повышению церебрального энергетического обмена в лобной, центральной, правой и левой височной областях коры головного мозга. Наиболее высокая функциональная активность нейронов лобной и центральной областей связана с интегративно-мнестической функцией, обеспечивающей осознанные двигательные действия атлетов. При этом достоверные корреляционные взаимосвязи между всеми исследуемыми зонами коры головного мозга также свидетельствуют о сформированности двигательных стереотипов высококвалифицированных шорт-трековиков.

Известно, что физическая нагрузка, в зависимости от интенсивности, объема и мощности, является стрессорным фактором для организма. Выяснено, что на фоне повышения УПП произошло увеличение концентрации гормонов АКТГ и кортизола, что является следствием перестройки церебрального энергетического метаболизма, ведущей к усилению гликолиза и развитию лактоацидоза в мозге, и ведет к снижению физиологических возможностей высококвалифицированных шорт-трековиков. Однако увеличение концентрации АКТГ и кортизола в ответ на физическую нагрузку, с одной стороны, говорит о ее стрессорном воздействии, с другой стороны, на основании индивидуального анализа, по нашему мнению, может свидетельствовать об адекватности физической нагрузки возможностям организма спортсменов.

К стресс-реализующим системам также относится и ГГТС. В нашем исследовании было выявлено, что специфическая физическая нагрузка приводит к увеличению уровня ТТГ, свободной фракции T_4 , которые повышают потребление кислорода тканями, активизируют процессы окисления жиров, белков и углеводов, усиливая, тем самым, выработку энергии, аккумулируемой в макроэргических связях креатинфосфата, АДФ, АТФ; регулируют деятельность других эндокринных комплексов (путем влияния на интенсивность секреции, особенности транспорта, метаболизма и физиологического действия кортикостероидов, катехоламинов и других гормонов); оказывают влияние на морфогенез, дифференцировку, рост и развитие клеточно-тканевых структур, участвуют в реализации функций нервной, сердечнососудистой и других систем организма. Полученные результаты могут свидетельствовать и о развитии профессионализма спортсменов, так как повышение тиреотропина с одновременным отсутствием изменений концентрации T_3 и небольшим ростом T_4 являются отражением адаптационных перестроек организма атлетов к воздействию специфической физической нагрузки.

Наряду со стресс-реализующей системой, в организме существует ряд стресс-лимитирующих систем, в том числе и система опиоидных пептидов. Под воздействием специфической физической нагрузки у высококвалифицированных шорт-трековиков отмечено повышение уровня β -эндорфина, определяющего реактивность всей опиоидной системы, что, на наш взгляд, способствует выходу организма из стресса, обусловленного физической нагрузкой.

Под воздействием специфической физической нагрузки у высококвалифицированных шорт-трековиков наблюдались изменения и в белково-азотистом обмене. Специфическая физическая нагрузка привела к увеличению общего белка крови, что свидетельствует об усилении процессов метаболизма белков и увеличении содержания в крови небелкового азота, что может быть связано с такими факторами, как сгущение крови вследствие потери воды через кожу с потом и дыхательные пути при увеличении

легочной вентиляции, так и с изменениями белкового метаболизма, происходящими при выполнении мышечной работы.

Таким образом, специфическая физическая нагрузка анаэробно-гликолитической направленности в шорт-треке в исследуемой группе высококвалифицированных шорт-трековиков привела к запуску физиологических механизмов стресса.

В связи с выявленным фактом и актуальностью поиска «недопинговых» средств, повышающих физическую работоспособность спортсменов высокого класса, мы изучили влияние курсового НИЛИ на основные параметры функционирования физиологических систем организма шорт-трековиков при сочетанном действии со специфической физической нагрузкой. Курс НИЛИ привел к увеличению значений критической мощности, аэробной мощности, при этом произошло снижение эффективности легочной вентиляции и процента потребления кислорода, что связано с накоплением в крови метаболитов и молочной кислоты, повышением чувствительности хеморецепторов артерий, с чем связано стимулирующее действие на дыхательный центр со стороны моторной коры головного мозга, рефлекторное влияние от рецепторов работающих мышц.

В нашем исследовании на фоне небольшого, но достоверного уменьшения эффективности аэробного энергообеспечения, за счет влияния, прежде всего на ЦНС, наблюдается статистически значимое повышение мобилизуемости и реализуемости аэробных возможностей организма, связанное с многостадийным комплексным действием НИЛИ на организм. К выявленным эффектам воздействия НИЛИ можно отнести усиление энергетического обмена в центральной и фронтальной зонах коры головного мозга, приводящее к формированию скрытой доминанты или субдоминанты, отвечающей за моторную активность, также стимулирующего влияния на ядра ретикулярной формации ствола мозга, гипоталамические ядра, контролирующие секрецию специфических гормонов и нейропептидов (β -эндорфина), определяющих активность гипофиза и щитовидной железы по показателям выделения АКТГ, ТТГ, T_4 , T_3 , опосредованно усиливающих энергетический обмен в целом, мобилизующих адаптационные резервы, повышающие устойчивость организма к экстремальным условиям, каким, в данном случае, для спортсменов является нагрузка «до отказа» от работы.

Выявлено, что использование курса НИЛИ на фоне специфической физической нагрузки сопровождается умеренным увеличением УПП во всех областях коры головного мозга, кроме лобной зоны, отвечающей за сенсомоторику, где произошло уменьшение ацидоза. Повышение же энергообмена в других областях мозга находится в пределах физиологической нормы. Также было замечено, что минимальные изменения изучаемого показателя характерны для шорт-трековиков МСМК, ФС которых характеризуется выраженной физиологической устойчивостью.

Сочетанное воздействие НИЛИ и специфической физической нагрузки привело к увеличению секреции гормонов ГГТС, которые в условиях

дефицита кислорода блокируют окислительное фосфорилирование, способствуя катаболизму в клетках, с получением энергии по липолитическому пути.

После курса НИЛИ наблюдается высокая концентрация β -эндорфина в крови, что способствует торможению механизмов стресса, являющегося причиной патологических состояний спортсменов. Усиление положительных корреляционных связей в выработке кортизола и β -эндорфина подтверждают данный факт.

Выявлено снижение концентрации мочевины и уровня общего уровня общего холестерина, что дает возможность судить об антиатерогенном действии НИЛИ.

Индивидуальный анализ результатов показал, что у МСМК адаптационный потенциал имел широкие границы, о чем свидетельствуют все изучаемые показатели оценки ФС, значения которых приближались к верхней границе физиологической нормы, что указывает на высокую степень тренированности их организма. В этом случае НИЛИ оказывает лишь корригирующее воздействие. У высококвалифицированных шорт-трековиков – МС отмечен средний уровень функциональной готовности, что отражает состояние перетренированности на изученном этапе подготовки спортсменов и НИЛИ в этом случае оказывает потенцирующее действие, повышая ФС организма спортсменов.

Таким образом, можно заключить, что выявленные закономерности действия НИЛИ положительно влияют на ФС и физиологические резервы организма и позволяют его использовать для достижения оптимального спортивного результата с учетом продолжительности его влияния и текущей функциональной готовности спортсменов.

ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что исходное ФС высококвалифицированных шорт-трековиков по показателям выполнения кардиореспираторного нагрузочного тестирования относится к среднему уровню физической подготовленности. Согласно полученным результатам исследования, при планировании учебно-тренировочного процесса атлетов больше внимания следует уделять повышению аэробной выносливости, которая важна как на этапе подготовки, так и этапе спортивного мастерства.

2. Установлено, что специфическая физическая нагрузка привела к приросту показателей УПП в лобной, центральной, правой височной, левой височной областях коры головного мозга; уровня общего белка крови, ТТГ, T_4 св., АКТГ. Следовательно, специфическая физическая нагрузка анаэробно-гликолитической направленности в шорт-треке приводит к запуску физиологических механизмов стресса. Повышение же концентрации β -эндорфина нивелирует этот процесс.

3. После курса низкоинтенсивного лазерного воздействия при выполнении КРНТ возросла мощность последней ступени нагрузки, увеличилось значение МПК, вырос ВЭЖ, но снизился процент потребления

кислорода. Обнаруженные закономерности свидетельствуют о повышении реализуемости и мобилизуемости аэробных возможностей организма. Использование курса НИЛИ на фоне специфической физической нагрузки привело к умеренному увеличению УПП во всех исследуемых областях коры головного мозга, кроме лобной зоны, где показатель достоверно снизился. Установлено достоверное повышение концентрации гормонов щитовидной железы по сравнению с действием специфической физической нагрузки, повышение β -эндорфина, снижение концентрации мочевины и общего холестерина. Причем выявлено, что курс лазерного воздействия оказывает на функциональное состояние и физиологические резервы МСМК корригирующее воздействие, а МС – потенцирующее.

4. Выявлен ряд устойчивых средних и сильных положительных взаимосвязей между показателями энергетического обмена отдельных зон коры головного мозга, нейроэндокринного статуса после сочетанного воздействия специфической физической нагрузки и НИЛИ. Установлено, что при воздействии данных факторов на организм спортсменов в значительной степени НИЛИ повышает взаимосвязанность между лобной и центральной зонами, что способствует совершенствованию сложных двигательных актов у высококвалифицированных шорт-трековиков.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для оценки функционирования кардиореспираторной системы рекомендовано применение кардиореспираторного нагрузочного тестирования «до отказа» от работы на АПК SCHILLER с газоанализатором Ganshorn Power Cube. Мощность первой ступени нагрузки на велоэргометре должна составлять 30 Вт, мощности последующих ступеней нагрузки должны последовательно увеличиваться с шагом 20 Вт до отказа испытуемого от продолжения физической работы (велоэргометрического тестирования). Длительность нагрузки каждой ступени должна составлять 1 мин, при скорости вращения педалей 60-70 об/мин.

2. Для оценки энергетической активности клеток коры головного мозга рекомендовано применять АПК «НЭК-5» с монтажом отведений по международной системе «10-20». Активность нейрометаболизма регистрируют по фоновому уровню УПП, который регистрируется в течение 3 минут.

3. Для повышения физической работоспособности высококвалифицированных шорт-трековиков рекомендовано использовать курсовое 7 - дневное низкоинтенсивное лазерное излучение с помощью лазера «Узор-ЗКС». Воздействие проводится в утренние часы на область крупных сосудов, длиной волны 0,63 нм, мощностью излучения 3,8 Вт, с частотой следования импульсов 1500 Гц в течение 8 минут (2 излучателями по 4 минуты).

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций

1. Стрелычева, К.А. Изучение показателей газообмена велосипедистов при нагрузке анаэробного характера на фоне лазерного облучения / Т. М. Брук, **К.А. Стрелычева**, О.В. Головешко [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015. – №3. – С.19-23 (авт. 40%).

2. Стрелычева, К.А. Влияние курсового низкоинтенсивного лазерного излучения на функциональное состояние кардиореспираторной системы высококвалифицированных шорт-трековиков во время выполнения нагрузочного теста «до отказа» от работы / Т. М. Брук, **К.А. Стрелычева**, Т.В. Балабохина [и др.] // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2016. – №2. – С.12-17 (авт. 40%).

3. Стрелычева, К.А. Комплексный подход в оценке функционального состояния высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта в подготовительный период / Т. М. Брук, **К.А. Стрелычева**, Н.В. Осипова [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2017. – Т.7, №1. – С.24-29 (авт. 50%).

4. Стрелычева, К.А. Оценка некоторых биохимических показателей крови у высококвалифицированных шорт-трековиков при сочетанном действии специфической физической нагрузки и низкоинтенсивного лазерного излучения / **К.А. Стрелычева**, Т.М. Брук, Н.В. Осипова // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2018. – №1 (61). – С. 108-111. (авт. 50%).

Работы, опубликованные в иных научных изданиях

5. **Стрелычева, К.А.** Индивидуальный анализ уровня постоянных потенциалов коры головного мозга шорт-трековиков на фоне сочетанного действия курса лазеропроцедур и специфической физической нагрузки / **К.А. Стрелычева**, О.В. Головешко, К.Ю. Косорыгина // Сборник научных трудов молодых ученых СГАФКСТ. – Смоленск, 2015. – Вып. 22. – С. 93-95 (авт. 50%).

6. **Стрелычева, К.А.** Влияние сочетанного курсового действия низкоинтенсивного лазера и специфической тренировки на гипоталамо-гипофизарно-тиреоидную систему высококвалифицированных шорт-трековиков / **К.А. Стрелычева** // Сборник научных трудов молодых ученых СГАФКСТ. – Смоленск, 2015. – Вып. 22. – С. 90-93 (авт.100%).

7. **Стрелычева, К.А.** Показатели функционального состояния кардиореспираторной системы высококвалифицированных спортсменов на фоне физической нагрузки и лазерного излучения / **К.А. Стрелычева**, Т.М. Брук, Т.В. Балабохина [и др.] // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре, спорту и туризму: матер. XIV Междунар. науч. сессии по итогам НИР за 2015 год (Минск, 2016 г.). – Минск, 2016. – Ч.3. – С.25-27 (авт.30%).

8. **Стрелычева, К.А.** Влияние сочетанного действия низкоинтенсивного лазерного излучения и физической нагрузки на энергообмен коры головного мозга и нейроэндокринный статус высококвалифицированных шорт-трековиков / **К.А. Стрелычева**, Т.М. Брук, П.А. Терехов // Проблемы функциональных состояний и адаптации в спорте: матер. Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. уч. и российско-китайского симпозиума, посвященных 120-летию НГУ им. П.Ф. Лесгафта (Санкт-Петербург, 27-28 мая 2016 г.). – СПб., 2016. – С.27-30 (авт.40%).

9. **Стрелычева, К.А.** Низкоинтенсивное лазерное излучение как средство, применяемое в медико-профилактических здоровьесберегающих технологиях / **К.А. Стрелычева**, Т.М. Брук // Здоровьесберегающие технологии в медицине, образовании и физическом воспитании : матер. науч. семинара (Смоленск, 15-17 апреля 2016 г.). – Смоленск, 2016. – С. 38-41 (авт.50%).

10. **Стрелычева, К.А.** Комплексная оценка функционального состояния, физиологических резервов и физической работоспособности высококвалифицированных спортсменов / Т.М. Брук, Ф.Б. Литвин, **К.А. Стрелычева** [и др.] // матер. XXIII съезда Физиологического общества им. И.П. Павлова (Воронеж, 18-22 сентября 2017 г.). – Воронеж, 2017. – С.2046-2048 (авт.20%).

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- НИЛИ – низкоинтенсивное лазерное излучение
- ФС – функциональное состояние
- ЦНС – центральная нервная система
- АПК – аппаратно-программный комплекс
- КРНТ – кардиореспираторное нагрузочное тестирование
- УПП – уровень постоянных потенциалов
- НЭК – нейроэнергокартирование
- ЧСС – частота сердечных сокращений
- МПК – максимальное потребление кислорода
- VO₂ – потребление кислорода
- VE – легочная вентиляция
- ВЭК – вентиляционный эквивалент кислорода
- O₂– пульс – кислородный пульс
- АП – анаэробный порог
- RQ – индекс обмена дыхательных газов
- ГГНС – гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система
- ГГТС – гипоталамо-гипофизарно-тиреоидная система
- T₃общ – общий трийодтиронин
- T₄общ – общий тироксин
- T₃св – свободный трийодтиронин
- T₄св – свободный тироксин
- МС – мастер спорта

МСМК – мастер спорта международного класса

Fz – лобная область

Cz – центральная область

O – затылочная область

Td – височная область справа

Ts – височная область слева