

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора биологических наук, профессора, заведующего кафедрой адаптивной физической культуры Ульяновского государственного университета Балыкина Михаила Васильевича на диссертационную работу Балиоз Натальи Владимировны «Хемореактивность и межсистемная интеграция функций кардиореспираторной системы у спортсменов циклических видов спорта при различных видах физической тренированности и уровнях спортивной квалификации», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.03.01– физиология

Актуальность работы.

Изучение механизмов адаптации к факторам среды является приоритетной проблемой современной физиологии. Особое место в этой проблеме занимают вопросы адаптации к мышечной и, в частности, к спортивной деятельности. Известно, что в ходе тренировок, которые представляют собой многолетний процесс, в организме спортсменов формируются морфофункциональные изменения, сопряженные со спецификой вида спорта, характером, напряженностью, длительностью и условиями организации тренировочного процесса. В циклических видах спорта характер этих изменений связан с сопряженными зависимостями метаболизма и деятельности газотранспортных систем, эффективность которых определяет возможности кислородного обеспечения организма и пути образования энергии (аэробные и/или анаэробные), что наряду с технической подготовленностью спортсменов, влияет на уровень физической работоспособности и спортивных достижений. Интеграция отдельных звеньев газотранспортной системы при мышечной деятельности сопряжена с регуляторными влияниями вегетативной нервной системы, во взаимодействии с гуморальными изменениями, которые с участием сенсоров определяют «настройку» нейронных сетей, изменения газообмена, функций внешнего дыхания и гемодинамики в соответствии с метаболическими потребностями. В этой связи сравнительное исследование специфических особенностей регуляции функций кардиореспираторной системы, реактивности хеморецепторного аппарата и выяснение механизмов нейровисцеральной интеграции звеньев газотранспортной системы при гипоксии и мышечной деятельности у спортсменов разных видов спорта и



квалификации представляют актуальную проблему физиологии, физиологии мышечной деятельности и спорта.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Диссертационная работа Балиоз Натальи Владимировны выполнена на высоком научно-методическом уровне, с применением современного оборудования, информативных методик оценки респираторных функций, газообмена, регионарного кровотока, биоэлектрической активности мозга, устройств, моделирующих нормобарическую гипоксию и физические нагрузки. Исследование выполнено на достаточно большой выборке (140 спортсменов и лиц не занимающихся спортом), достаточной для аргументации выдвигаемых автором положений. Сформулированные в диссертации выводы обоснованы теоретически и логично вытекают из результатов собственных исследований. Достоверность полученных результатов выявлена с использованием пакета программ Statistica 6.0, Student T-test, однофакторного дисперсионного анализа Anova и непараметрических критериев Манна-Уитни, Краскела-Уоллиса, коэффициента корреляции Пирсона, Спирмена (r). Основные положения диссертационного исследования доложены на Всероссийских и международных конференциях. По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК РФ.

**Научная новизна.**

В диссертационной работе Балиоз Натальи Владимировны представлены сведения, расширяющие представления об особенностях адаптации организма спортсменов при специфической направленности тренировочного процесса в циклических видах спортивной деятельности.

При тестировании спортсменов циклических видов спорта автору удалось выделить низко- и высокореактивные типы хеморефлекторных ответов кардиореспираторной системы на гипоксию, которые связаны со спецификой и направленностью спортивной тренировки (пловцы и лыжники). При этом получены новые данные о влиянии адаптивных изменений реактивности хеморефлекторных ответов на аэробную работоспособность.

Автором получены новые данные о зависимости механизмов межсистемной интеграции функций в зависимости от уровня спортивной квалификации спортсменов, которые свидетельствуют, что у спортсменов высокого класса имеет место оптимизация хеморефлекторных ответов кардиореспираторной системы на изменения газового состава крови. Эти



данные, полученные с помощью математического анализа, открывают новые перспективы для изучения проблемы интеграции функций при воздействии разнообразных факторов внешней среды и мышечной деятельности.

### **Значимость для науки и практики полученных автором результатов.**

Полученные данные об особенностях хеморефлекторных реакций дыхания, системной и периферической гемодинамики дополняют научные знания о характере межсистемных взаимодействий, при рассмотрении их как звеньев единой кардиореспираторной системы, выполняющей функцию газообмена и приобретающей особенности в процессе специфических тренировок в различных видах спорта. Результаты комплексного обследования спортсменов циклических видов спорта при мышечных и гипоксических нагрузках (с оценкой реактивности кардиореспираторной системы, эффективности выполнения мышечной работы и периферического кровотока) позволяют оценить функциональную подготовленность спортсменов и открывают возможности целенаправленного выбора средств повышения резервов газотранспортной системы в разных видах спорта.

### **Общая оценка работы и ее соответствие требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.**

Диссертация написана в традиционном стиле, изложена на 127 страницах, содержит 15 таблиц и 17 рисунков, состоит из Введения, глав «Обзор литературы», «Материалы и методы исследования», «Результаты исследования» (четыре раздела, с описанием собственных результатов), «Обсуждение результатов», Заключение, Выводов и Списка литературы. Список литературы содержит 274 источника (188 иностранных публикаций и 86 – публикаций в отечественных изданиях).

В разделе «Введение» автор обосновывает актуальность избранной темы, новизну, научное и практическое значение работы, формулирует цель и задачи, а также положения, выносимые на защиту.

В первом разделе литературного обзора (гл. 1.1) освещаются теоретические основы адаптации к мышечной деятельности. Рассмотрены классические концепции адаптации с позиции теории стресса и общего адаптационного синдрома, формирование «структурного следа» и фазы адаптации к мышечной деятельности, концепция «функциональных резервов» организма, понятия о реактивности и функциональных системах, подробно представлена концепция аллодинамического регулятора и аллостаза, которые



явились концептуальной основой предпринятого автором диссертационного исследования. Отдельный раздел (гл. 1.2) посвящен физиологическим характеристикам циклических видов мышечной деятельности, особенностям биоэнергетики, причинам возникновения гипоксии нагрузки, представлены физиологические характеристики легкоатлетического бега, лыжных гонок и плавания. В разделе 1.3. рассмотрены современные представления о механизмах регуляции газотранспортной системы при адаптации к мышечной деятельности и гипоксии. Особое внимание уделено механизмам периферической и центральной регуляции дыхания при изменении газового состава крови, рассмотрена роль митохондриальных сенсоров, гломусных клеток аортальных и каротидных хеморецепторов в афферентации возбуждения в ответ на гипоксемию, роль гипоксией индуцированного фактора Hif 1A в срочных реакциях на гипоксические воздействия. Логическим продолжением этого раздела является анализ литературы по вопросам модуляции и пластичности вентиляторных реакций на гипоксические воздействия и физическую нагрузку (гл.1.4). В разделе представлен развернутый анализ изменения хемочувствительности и механизмы реализации пластичности ЦНС и характер регуляторных реакций на кратковременное и длительное изменение газового состава крови, возникающее при гипоксии различного генеза. В разделе 1.5 представлен достаточно подробный анализ функциональной активности мозга при занятиях спортом и при гипоксических воздействиях. Автор провела подробный анализ данных литературы, которые свидетельствуют о широких возможностях ЭЭГ в оценке функциональных состояний головного мозга у спортсменов, представлен анализ адекватных критериев оценки различных видов деятельности мозга по показателям мощности и когерентности ЭЭГ, изменениям амплитудных и частотных характеристик биоэлектрической активности мозга при гипоксических воздействиях, которые подводят теоретическую базу для проведения собственных исследований. В заключительном разделе представлены немногочисленные сведения по синхронизации деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

В главе «Материалы и методы» представлены характеристики участников, отобранных для трех серий исследования, принципах деления по группам, с учетом возраста, пола, массы тела и спортивной специализации. Автором подробно описан алгоритм проведения трех серий, изложены методические подходы проведения гипоксического и велоэргометрического тестирования, методики оценки газообмена, хемореактивности периферического кровообращения, проведения ЭЭГ-исследования, принципы



расчета межсистемной интеграции функций кардиореспираторной системы и статистической обработки данных.

Глава 3 «Результаты исследования» включает 4 раздела. В разделе 3.1 представлены результаты оценки гипоксической устойчивости нетренированных добровольцев и спортсменов различной спортивной специализации с использованием 10-ти минутного гипоксического теста. Итогом этой серии явилось выделение групп по уровням гипоксической устойчивости, в соответствии с со спортивной специализацией. В разделе 3.2 представлены результаты исследования газообмена, функций кардиореспираторной системы, мышечного и кожного кровотока, хемореактивности и биоэлектрической активности мозга у спортсменов 2-х разных видов спорта (пловцы и лыжники) при нарастающей ингаляционной гипоксии (30-ти минутное плавное снижение содержания кислорода во вдыхаемой смеси). Получены достоверные отличия между пловцами и лыжниками по ряду показателей газообмена, частоте сердечных сокращений, уровню падения сатурации, кожному и мышечному кровотоку, а также по показателям хемореактивности в гипоксическом тесте. В разделе 3.3 описаны результаты исследования газообмена и регуляции функций кардиореспираторной системы при велоэргометрических нагрузках. Показаны отличия между группами пловцов и лыжников по МПК, кислородной стоимости работы, времени достижения ПАНО. Анализ результатов при выполнении испытуемыми физической работы нарастающей мощности показал, что в условиях нормоксии ПАНО и МПК у спортсменов с аэробным типом тренировочной нагрузки (лыжники) достигаются при большей мощности мышечной нагрузки и сочетаются с более эффективными характеристиками кислородной стоимости работы по сравнению с пловцами и физически нетренированными лицами. Известно, что ПАНО при сравнительно высоком уровне потребления  $O_2$ , свидетельствует о повышенных функциональных резервах системы кислородного обеспечения мышечной деятельности. В результате дальнейшего анализа автор приходит к заключению, что специфические для каждого вида спорта тренировки приводят к становлению и закреплению специфических адаптивных изменений хеморецепторной реактивности, которые влияют на легочную вентиляцию и гемодинамику. Это сказывается на физиологических показателях как в гипоксическом тесте, так и при интенсивной мышечной нагрузке. Установлено, что для лыжников характерен низкорепактивный тип реагирования на гипоксию с доминированием парасимпатического отдела ВНС и пониженной хемореактивностью кардиореспираторной системы, тогда



как у пловцов формируется высокорезистивный тип гипоксического ответа с доминированием симпатического отдела ВНС и выраженными ответными реакциями кардиореспираторной системы, обеспечивающими сравнительно высокий уровень SaO<sub>2</sub> при гипоксии, однако повышающий кислородную стоимость работы.

Раздел 3.4 содержит результаты оценки межсистемной интеграции и хемореактивности кардиореспираторной системы у спортсменов в зависимости от уровня спортивной квалификации и включает 2 подраздела, в которых сравнение проводилось между группой «Мастера» (мс, кмс) и группой «Разрядники» (1,2 разряд). В разделе 3.4.1 показана корреляционная зависимость показателей, характеризующих отношение прироста вентиляции (dVE) в ответ на прирост CO<sub>2</sub> в конечной порции выдыхаемого воздуха (dPetCO<sub>2</sub>) в условиях гипоксии. При этом «Мастера» демонстрируют достоверные взаимосвязи для показателей, отражающих точность настройки газообменной и вентиляционной функции ( $r = -0,69$ ;  $p = 0,014$ ), тогда как в группе «Разрядники» такая взаимосвязь отсутствует: ( $r = -0,15$ ;  $p = 0,64$ ). В главе 3.4.2 представлены результаты анализа сопряженности отдельных параметров кардиореспираторной системы (ЧСС и ЧД) в гипоксическом тесте. Показано достоверное увеличение кардиореспираторной когерентности в группе «Мастеров» на частотах 0,070-0,080 Гц при гипоксии. На основании полученных фактов автор приходит к заключению, что способность усиливать сопряженность функций сердечно-сосудистой и дыхательной систем отражает совершенствование физиологических механизмов при адаптации кардиореспираторной системы к длительным интенсивным аэробным нагрузкам.

В главе 4 «Обсуждение результатов» проводится обсуждение полученных фактов и их сопоставление с данными литературы по теме диссертации. Результаты 1 серии исследования позволили автору предположить, что специфика ответных реакций на гипоксию, является отражением накопленных изменений (следов «гипоксической памяти» на уровне нейровисцеральных механизмов регуляции дыхания), которые сформировались под влиянием привычного уровня физических нагрузок. При обсуждении результатов 2-й серии автор приходит к выводу, что пловцы, сталкивающиеся в процессе спортивной деятельности с кислородным голоданием, имеют специфические особенности регуляции функции кардиореспираторной системы, которые позволяют им поддерживать более высокий уровень SaO<sub>2</sub> в крови при гипоксии, в отличие от лыжников. Обнаруженные различия реакций периферического кровотока в мышцах и



коже на гипоксию автор объясняет при их сопоставлении с показателями активности отделов вегетативной нервной системы. Обсуждая значения ПАНО, МПК в группах лыжников и пловцов автор проводит сравнения с литературными источниками и обсуждает аэробные возможности организма с позиции улучшения доставки и утилизации кислорода в активно работающих тканях.

Обсуждая исследования 3-ей серии, автор приходит к заключению, что усиление межсистемной интеграции обеспечивает оптимальность хемореактивных ответов на гипоксические возмущения газового гомеостаза организма и отражает адаптивные настройки кардиореспираторной системы у спортсменов высокого класса при интенсивных аэробных нагрузках. При этом усиление межсистемной интеграция функций кардиореспираторной системы в зависимости от уровня спортивной квалификации позволяет рассматривать этот процесс, как один из механизмов оптимизации регуляторных функций в условиях гипоксии.

По материалам проведенного исследования сформулированы 7 выводов, которые корректно сформулированы, соответствуют поставленным цели, задачам и положениям, выносимым на защиту.

Автореферат оформлен в соответствии с установленными требованиями и полностью отражает основное содержание диссертации.

**Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.** Область применения полученных результатов и выводов диссертации включает разделы физиологии спорта и мышечной деятельности. В частности, метод оценки хеморецепторной реактивности и хеморефлекторных ответов на гипоксию и физические нагрузки может быть использован при определении функционального состояния спортсменов циклических видов спорта. Гипоксическое и велоэргометрическое тестирование спортсменов и ранжирование их на «низко- и высокореперативных», обоснованное в исследовании, следует учитывать при планировании направленности тренировочного процесса в циклических видах спорта и выборе средств повышения гипоксической устойчивости, расширения функциональных резервов отдельных звеньев газотранспортной системы, аэробных и анаэробных возможностей организма спортсменов. Результаты исследования могут быть использованы при ведении курсов физиология человека, физиология спорта, врачебный контроль и спортивная медицина в специализированных ВУЗах и ВУЗах биологического и медицинского профиля.



## **Вопросы и замечания по содержанию и оформлению диссертации.**

1. При велоэргометрическом тестировании спортсменов показано, что кислородная стоимость работы у пловцов выше, чем у лыжников. Известно, что специальная тренированность (адаптация) пловцов сопряжена с мышечной деятельностью в водной среде, при горизонтальном положении тела. В этой связи: не может ли этот фактор (фактор гравитации) служить одной из причин повышения кислородной стоимости работы при неспецифической велоэргометрической пробе?

2. В работе установлена различная хемочувствительность кардиореспираторной системы при гипоксическом тестировании спортсменов разной специализации и квалификации. Считаете ли Вы целесообразным использование гипоксических тренировок (гипоксическая гипоксия) для расширения функциональных резервов кардиореспираторной системы и, с учетом ваших данных, для каких групп спортсменов целесообразно их применение?

3. Во второй серии исследования Вы использовали пролонгированный (в течении 30-ти минут) гипоксический тест. Хотелось бы уточнить, каков протокол снижения содержания O<sub>2</sub> во вдыхаемом воздухе и для всех ли групп он был одинаков?

Замечания.

1. В главе «Материалы и методы исследования» было бы целесообразно более подробное пояснение схемы пролонгированного гипоксического теста.
2. В отдельных случаях встречаются неточности: масса и/или вес (с. 46, с.55), Табл.3.3- отклонения от фона.

Указанные замечания не являются принципиальными и не влияют на общую положительную оценку работы.

**Заключение.** Диссертационная работа Балиоз Натальи Владимировны на тему: «Хемореактивность и межсистемная интеграция функций кардиореспираторной системы у спортсменов циклических видов спорта при различных видах физической тренированности и уровнях спортивной квалификации», представленная на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.03.01 – физиология, является законченной научно-квалификационной работой. По методическому уровню, новизне и научно-практической значимости работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук- п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от



24.09.2013 г. №842, (в редакции от 01.10.2018 г., с изменениями от 26.05.2020 г.), а её автор - Балиоз Наталья Владимировна заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.03.01 – физиология.

Официальный оппонент:

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой адаптивной физической культуры факультета физической культуры и реабилитации Института медицины, экологии и физической культуры ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

доктор биологических наук (по специальности - 03.00.13 - физиология),

профессор

М.В. Балыкин

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

432017, г.Ульяновск, ул.Льва Толстого, дом 42.

Т. 89603695455; balmv@yandex.ru

