

4 510. 25  
П 49

*На правах рукописи*

**ПОЛАТАЙКО Юрий Алексеевич**

**ХРОНОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АДАПТИВНЫХ  
РЕАКЦИЙ ОРГАНИЗМА ПРИ ЗАНЯТИЯХ ЦИКЛИЧЕСКИМИ  
ВИДАМИ СПОРТА.**

03.00.13 - физиология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора биологических наук

Москва - 2005

Шенювскому  
Турчаку М.С.  
"шанує", "обласно і любно"  
Ві.б. звання 13.04.2006  
Юрий

Работа выполнена на кафедре спортивных специализаций  
Прикарпатского национального университета им. В. Стефаника

**Научный консультант**

Заслуженный деятель науки РФ,  
академик РАМН, доктор медицинских наук,  
профессор Агаджанян Николай Александрович

**Официальные оппоненты:**

академик РАМН, доктор медицинских наук,  
профессор Комаров Федор Иванович  
доктор биологических наук, профессор Кислицын Юрий Леонидович  
доктор биологических наук, профессор Архипенко Юрий Владимирович

**Ведущая организация:** Российский государственный университет  
физической культуры, спорта и туризма

Защита диссертации состоится « 8 июля 2006 г. в 13 часов  
на заседании диссертационного совета Д 212.203.10 при Российском  
университете дружбы народов по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-  
Маклая, д. 8.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке  
Российского университета дружбы народов по адресу: 117198, г. Москва,  
ул. Миклухо-Маклая, д. 6.

Автореферат разослан « 26 » декабря 2005 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор медицинских наук, профессор Н.В. Ермакова



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Разработка теоретических основ и физиологических механизмов адаптации человека к воздействию различных факторов среды приобретают в наши дни исключительно важное значение. Адаптация целостного организма к новым условиям среды, в том числе к высоким физическим нагрузкам обеспечивается скоординированными в пространстве и времени специализированными функциональными системами. Одним из важнейших предпосылок поддержания высокой работоспособности является выработанная всем ходом эволюции временная последовательность физиологических процессов. Известно, что одним из механизмов, обеспечивающих максимальную экономизацию ресурсов организма в приспособлении к постоянно меняющимся условиям внешней среды являются биологические ритмы, которые рассматриваются как способ и мера адаптации и как эффективный инструмент для практического их использования. Как показали обстоятельные исследования отечественных и зарубежных авторов хронофизиологические проблемы являются перспективным научным направлением для более глубокого изучения ряда теоретических и практических вопросов в разных сферах человеческой деятельности (Ф.И. Комаров, 1960-2005; Н.А. Агаджанян, 1967-2005; Ю.А. Романов 1975-2005;; Р.М. Заславская, 1979-2005; F. Halberg, 1960-2005; J. Aschoff, 1960-1996; и др.). Эта проблема приобретает особую актуальность в современной спортивной физиологии.

По мнению ученых многие компоненты, из которых слагаются функциональные резервы организма, практически уже достигли своего предела и возможности дальнейшего повышения объема и интенсивности физических нагрузок порою связаны с риском нанести ущерб состоянию здоровья человека. При этом постоянно возникает конфликт между природой самого человека и нарастающими спортивными требованиями (В.С. Мищенко и др., 1999; М.М. Булатова, В.Н. Платонов, 2000; А. Радзиевский и др. 2002).

Предельный уровень физических нагрузок, сочетающийся с высоким психо-эмоциональным напряжением, часто приводит к перенапряжению жизненно важных функциональных систем и снижению дееспособности организма. В связи с этим перед физиологией и всей медико-биологической наукой поставлена фундаментальная задача — добиться значительной гармонизации взаимодействия людей с окружающей средой обитания, чтобы взаимодействие между эколого-физиологическими и социальными факторами жизнедеятельности способствовало, оптимальной адаптации.

В современных условиях спорт высших достижений предъявляет особые требования к процессу структуризации и индивидуализации тренировочного процесса. Достижение высоких спортивных результатов всегда базируется на достаточном развитии и совершенствовании функциональных возможностей спортсмена и на максимальной реализации их в процессе соревновательной деятельности. Адаптация человека к физическим нагрузкам характеризуется напряжением регуляторных механизмов и проявляется, в частности, изменениями структуры биологических ритмов различных функциональных систем организма. Закономерные, регулярно повторяющиеся изменения условий



среды (сезонные колебания уровня освещенности, температуры и влажности воздуха, геомагнитного поля и др.) обуславливают способность организма к «предупредительному реагированию». В условиях средних широт сезонные изменения окружающей среды оказывают значимое влияние на динамику физиологических, биохимических и иммунологических процессов. Тем самым осуществляется модулирующее влияние сезонных изменений условий среды на функциональное состояние, уровень физической работоспособности, состояние адаптационных возможностей и резистентности организма, а также на уровень тренировочных мероприятий (А.П. Голиков, П.П. Голиков, 1973; Н.А. Агаджанян, Н.Н. Шабатура, 1989; Н.А. Агаджанян и др., 1982, 1998, 2005; А.Н. Разумов, И.Е. Оранский, 2004; F. Halberg et al., 2003; и др.).

Актуальность проведения исследований по использованию сезонных ритмов для оптимизации тренировочных процессов обуславливается тем, что в настоящее время еще сохраняется необходимость наращивания физических нагрузок для достижения высоких спортивных результатов. Постепенное приближение нагрузок к пределу человеческих возможностей, требует поиска новых путей совершенствования тренировочного процесса. Есть основания полагать, что учет биологических ритмов, в частности сезонных, может служить в качестве эффективного средства, к тому же наиболее «естественного» для организма. Разумеется, подобный путь оптимизации тренировочного режима требует дальнейшего изучения сезонных ритмов жизнедеятельности как биологической закономерности и их взаимосвязи с мышечной деятельностью (В.П. Рыбаков, 2001; В.И. Шапошникова, 2003; В.А. Колупаев и др., 2004; и др.).

Согласно современным представлениям современная спортивная тренировка в своей основе представляет собой процесс рационального использования специально подобранных тренировочных средств воздействия определенной направленности для достижения необходимого результата. Такое положение является особенно актуальным для циклических видов спорта с преимущественным проявлением выносливости, в которых объемы и интенсивность выполняемых тренировочных и соревновательных нагрузок достигли своего максимально допустимого предела (В.Н. Платонов, 1997). Их бессистемное использование без учета последствий воздействия на организм может негативно отразиться на процессе адаптации организма спортсменов в годичном цикле подготовки, что в итоге не позволит им в полной степени реализовывать свои возможности в условиях соревновательной деятельности. Поэтому изучение физиологических механизмов адаптации квалифицированных спортсменов к выполняемым нагрузкам на основе исследования физиологической реактивности таких жизненноважных для проявления выносливости систем организма как кардиореспираторная система способствует более глубокому пониманию нейрогуморальных механизмов изменения реактивности в годичном цикле подготовки (В.С. Мищенко, 1990, 1997). Актуальность данного подхода является очевидной, так как открывает новые возможности для проведения количественного определения взаимосвязи характера воздействий тренировочной нагрузки на организм и ее влияния на достигнутый тренировочный эффект. Принимая во внимание существующие представления о временной организации физиологических функций как о

чувствительном и достаточно информативном и объективном индикаторе, характеризующем дееспособность организма при чрезмерных физических воздействиях, изучение структуры биологических ритмов и критериев оценки адапционных сдвигов кардиореспираторной системы при различных функциональных нагрузках в годичном цикле тренировки спортсменов приобретает важное научно-практическое значение.

**Целью работы** явилось изучение хронофизиологических особенностей адаптивных реакций организма при занятиях циклическими видами спорта.

**Задачи исследования.**

1. В годичном цикле подготовки высококвалифицированных спортсменов изучить динамику адаптивных реакций кардиореспираторной системы на физические нагрузки.
2. Изучить в разные сезоны года хронофизиологические особенности variability сердечного ритма у спортсменов.
3. Выявить у квалифицированных спортсменов в разные сезоны года особенности реакции кардиореспираторной системы на воздействие гипоксии и гиперкапнии различной интенсивности.
4. Дать сравнительную характеристику реакции кардиореспираторной системы спортсменов при выполнении различных функциональных нагрузок.
5. Разработать научно обоснованные средства и мероприятия по оптимизации методов подготовки квалифицированных спортсменов занимающихся циклическими видами спорта.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Хроноструктура биоритмов кардиореспираторной системы у спортсменов характеризуется их цирканнуальной ритмичностью с эндогенной и экзогенной синхронизацией.
2. Мощность функциональных резервов организма обеспечивающий гомеостаз системы дыхания и кровообращения в процессе годичного цикла подготовки высококвалифицированных спортсменов зависит не только от исходного функционального состояния и физической работоспособности, но и сезона года.
3. Хронофизиологические характеристики реакции кардиореспираторной системы в ответ на действие гипоксии и гиперкапнии в годичном цикле подготовки спортсменов зависят от морфофункциональных и индивидуальных особенностей организма и уровня парциального давления дыхательных газов.
4. На различных этапах годичного цикла подготовки спортсменов динамика сохранения физической работоспособности и уровень снабжения организма кислородом зависят от природно-климатических и временных (сезонных) факторов. При этом реакция организма и уровень функциональных резервов кардиореспираторной системы в ответ на действие гипоксии и гиперкапнии определяются синергизмом и антагонизмом дыхательных газов.
5. В процессе годичного цикла подготовки квалифицированных спортсменов закономерным изменением реактивности кардиореспираторной



системы на физическую нагрузку является снижение в летний период реакции дыхания и повышение - кровообращения.

**Научная новизна.** В результате комплексных хронофизиологических исследований функции внешнего дыхания, кровообращения, физической работоспособности в условиях интенсивных физических нагрузок в течение годового цикла подготовки высококвалифицированных спортсменов впервые были выявлены физиологические закономерности формирования сезонных адаптивных реакций организма человека, направленность которых определялась индивидуальными функциональными особенностями обследуемых.

В сравнительно-физиологических исследованиях было выявлено, что при физических нагрузках состояние легкоатлетов характеризовалось оптимальным функциональным напряжением регуляторных систем, а у пловцов наблюдалось умеренное напряжение системы регуляции. Обследуемые не занимающиеся спортом на протяжении года испытывают более значительное напряжение регуляторных систем организма, особенно в зимний период года, что обусловлено не только хронобиологическими факторами среды, но и физиологическими особенностями регуляторных систем организма человека.

Было показано, что при выполнении нагрузок максимальной интенсивности соотношение анаэробных креатининфосфатных и гликолитических механизмов энергообеспечения у спортсменов высокой квалификации зависит от сезона года и особенностей долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам. При этом у пловцов высокий уровень физической работоспособности при выполнении кратковременных нагрузок максимальной интенсивности, в большей степени зависит от мобилизации анаэробного креатинфосфатного механизма энергообеспечения, а у легкоатлетов - от мобилизации анаэробных гликолитических механизмов.

Установлено, что при отсутствии напряженных соревновательных нагрузок эффективность методов тренировки относительно их воздействия на уровень  $VO_{2max}$  спортсменов в значительной мере находится под модулирующим влиянием сезонной ритмичности. Соревновательная деятельность вне зависимости от вида и способа состязаний, а также периода годового цикла сопровождается повышением уровня  $VO_{2max}$ .

В сравнительно-физиологических исследованиях было показано, что соотношение реакции внешнего дыхания и гемодинамики ( $\Delta МОД/\Delta МОК$ ) на действие гипоксии у пловцов достоверно ниже, чем в группе легкоатлетов. Об этом свидетельствует прежде всего увеличение объемных характеристик гемодинамики в реакциях кардиореспираторной системы на действие гипоксического стимула, изменение сопряженности реакций внешнего дыхания и кровообращения преимущественно за счет снижения минутного объема легочной вентиляции у спортсменов, что особенно значительно проявлялось у пловцов.

Изменение легочной вентиляции у пловцов на действие  $CO_2-H^+$ -стимула происходило преимущественно за счет увеличения дыхательного объема, что показывает о напряжении функции кислородтранспортной системы организма и о чем свидетельствуют более низкие значения соотношения  $\Delta МОД/\Delta ДО$ .

Наблюдаемый у спортсменов, особенно у пловцов, относительно более низкий прирост легочной вентиляции на единицу увеличения дыхательного объема в начале соревновательного периода свидетельствует о сниженной чувствительности рефлекса Геринг-Брейера на действие  $\text{CO}_2\text{-H}^+$ -стимула.

**Научно-практическое значение работы.** На основании комплексного хронофизиологического исследования выявлены закономерности цирканнуальной динамики показателей кардиореспираторной системы у спортсменов высокой квалификации в годичном цикле подготовки.

Полученные экспериментальные данные углубляют и расширяют представления о влиянии сезонных факторов на механизмы лежащие в основе эффективного использования основных энергообеспечивающих систем и обеспечивающие формирование адаптивно-приспособительных реакций организма спортсменов в условиях интенсивной мышечной деятельности.

Выявлено, что наиболее выраженная чувствительность циркуляторной реакции на гиперкапнический стимул ( $\Delta\text{ЧСС}/\Delta\text{P}_\text{A}\text{CO}_2$ ) у спортсменов наблюдалась в зимний период года, а вентиляторной ( $\Delta\text{ЧСС}/\Delta\text{P}_\text{A}\text{CO}_2$ ) – весенний.

Материалы настоящего исследования используются в учебном процессе на кафедре спортивных специализаций Прикарпатского университета им. В. Стефанька и нормальной физиологии Российского университета дружбы народов, а также в тренировочном процессе Государственного научно-исследовательского института физической культуры и спорта для подготовки спортсменов высокой квалификации.

**Апробация работы.** Материалы диссертации доложены и обсуждены на VII, IX, X и XI Международном симпозиуме «Эколого-физиологические проблемы адаптации», Москва, 1994, 2001, 2003, 2004 гг.; на II Всерос. науч. конференции «Медико-биологические, культурологические и психолого-педагогические аспекты адаптации зарубежных студентов», Волгоград, 2001 г.; на конференции «Кінезіологія в системі культури, Івано-Франківськ, 2001 г.; на Междунар. науч. конгрессе «Современный олимпийский спорт и спорт для всех», Варшава, 2002 г., на науч. конференции «Физическая культура и спорт, проблемы и перспективы», Казань, 2002 г.; на XII конференции по космической биологии и авиакосмической медицине», Москва, 2002 г.; на конференции «Молода спортивна наука України», Львів, 2002, 2005 гг.; на Третьей и Четвертой международной научно-практической конференции «Здоровье и образование в XXI веке», Москва, 2002, 2003 гг.; на I и II Всерос. научно-практ. конф. «Здоровьесберегающие технологии в образовании», Оренбург, 2003, 2005 гг.; на Международной научно-практ. конф. «Хрономедицина практике», Белгород, 2003 г.; на Междун. научного симпоз. «ЮГРА-ГЕМО», Ханты-Мансийск, 2004 г., на 2-м Междун. симпоз. «Проблемы ритмов в естествознании», Москва, 2004 г.

Диссертационная работа апробирована на заседании кафедры спортивных специализаций Прикарпатского университета им. В. Стефанька

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 44 работы, в том числе 2 монографии и 3 учебных пособия.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, методики, результатов исследования и их обсуждения, выводов, практических рекомендаций и указателя литературы. Текст изложен на 288 страницах машинописного текста, иллюстрирован 43 рисунками, и 33 таблицами. Указатель литературы содержит 315 источников, из которых 99 иностранных авторов.

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Методы и объем исследований.** Выбор методических приемов и объем исследований определялись целью и задачами работы.

Для решения поставленных задач были проведены три серии хронофизиологических исследований с участием 158 обследуемых с высоким уровнем спортивной квалификации (КМС–МС) в возрасте 18-24 лет. Как известно, от рационального построения тренировочного процесса в подготовительном периоде зависит результат выступления спортсмена на ответственных соревнованиях сезона. Согласно данным календарных диспансерных обследований, все обследуемые были практически здоровы.

В первой серии исследования принимали участие 56 пловцов на короткие и средние дистанции (50 м, 100 м, 400 м) со спортивным стажем 5-8 лет.

Во второй серии обследовано 49 спортсменов-бегунов на короткие и средние дистанции (100 м, 400 м, 800 м) со спортивным стажем 5-8 лет.

И, наконец, в третьей серии исследования принимали участие 52 практически здоровых обследуемых – студентов обучающихся в Прикарпатском университете и не занимающихся спортом (контрольная группа).

Обследование спортсменов в пределах годичного цикла спортивной подготовки проводилось в четыре этапа:

- 1-й этап – переходный период (сентябрь-октябрь);
- 2-й этап – начало подготовительного периода (декабрь-январь);
- 3-й этап – конец подготовительного периода (март-апрель);
- 4-й этап – начало соревновательного периода (май-июнь).

Обследование нетренированных лиц проводилось в те же временные периоды года, что и спортсменов: осенью – сентябрь-октябрь, зимой – декабрь-январь, весной – март-апрель и летом – май-июнь.

Обследования спортсменов высокой квалификации и нетренированных лиц проходили в стандартизированных лабораторных условиях в состоянии относительного покоя (в положении лежа и сидя) и при функциональных тестах (активная ортостатическая проба, физические нагрузки и воздействию гипоксии и гиперкапнии).

Для оценки у обследуемых процессов вегетативной регуляции сердечной деятельности использовали математический метод анализа variability сердечного ритма в покое и при активной ортостатической пробе. При этом вычислялись и оценивались следующие показатели: мода ( $M_o$ , с); амплитуда моды ( $A_{M_o}$ , %), вариационный размах динамического ряда R-R интервалов ( $\Delta X$ , с), индекс напряжения (ИН, усл. ед.); индекс вегетативного равновесия (ИВР, усл. ед.); вегетативный показатель ритма (ВПР, усл. ед.); показатель адекватности процессов регуляции (ПАРП, усл. ед.); дыхательные волны (ДВ,



мс<sup>2</sup>); медленные волны 1-го порядка (МВ<sub>1</sub>, мс<sup>2</sup>); медленные волны 2-го порядка (МВ<sub>2</sub>, мс<sup>2</sup>), индекс централизации (ИЦ, усл. ед.), адаптационный компонент оргостатической реакции (АКО, усл. ед.).

Метод вариационной пульсометрии позволяет регистрировать сдвиги нейрогуморального равновесия, степень участия симпатического и парасимпатического, нервного и гуморального звеньев в регуляции ритма сердечных сокращений, степень централизации его управления. Характер регуляции имеет индивидуальные особенности и зависит от возраста, пола, тренированности организма, силы и характера внешнего воздействия (Р.М. Баевский, 1979-2005; Л.В. Шпак, 2002).

Исследования реакции кардиореспираторной системы организма на физические нагрузки аэробного и анаэробного характера у обследуемых проводилось в стандартизированных лабораторных условиях с использованием методов велоэргометрии, спирометрии, газоанализа, пульсометрии и биохимических методов.

Изучались динамика и уровень работоспособности спортсменов, а также реакция системы дыхания, кровообращения и показатели крови на предельные (максимальные) нагрузки, позволяющие определить аэробные и анаэробные возможности организма при выполнении физических нагрузок (В.В. Матов, Ф.А. Иорданская, 1979; В.М. Зациорский, 1982; А.З. Колчинская, 1989; И.В. Аулик, 1990; И.И. Волков и др., 1998). Такой комплексный подход является наиболее эффективным для оценки функциональных возможностей жизненно важных систем организма спортсменов высокой квалификации при выполнении физических нагрузок (В.А. Запорожанов, 1982).

Применение метода велоэргометрии при проведении комплексных функциональных обследований спортсменов позволило получить более полную адекватную информацию, об уровне и мощности функциональных резервов организма (В.Н. Платонов, 1997; J.S. Thoden, 1991). Эта методика обеспечивает идентичность проведения исследований на всех этапах подготовки спортсменов (M. Carriques, J.L. Navarro, 1984), что очень важно для сравнительной оценки полученных результатов.

Тестирующие нагрузки проводились на велоэргометре «Монарк» (Швеция).

Выполнялись следующие физические нагрузки:

1. 15-секундное максимальное ускорение с нагрузкой 5,0-6,0 кг на колесо велоэргометра (старт с места). Спортсмену требовалось выполнить за 15с максимальное количество оборотов. Для расчета принималось количество оборотов, достигнутое в течение тех 10с работы, когда развивалась её наибольшая мощность. Тестирующая нагрузка максимальной интенсивности (W15с, Вт. Вт/кг) характеризует анаэробные креатинфосфатные (алактатные) возможности энергообеспечения (Р.И. Ленкова и др., 1993; Н.И. Волков и др., 1998).

2. 60-секундное максимальное ускорение (старт с места, нагрузка 4,0 кг на колесо велоэргометра) – спортсмену требовалось выполнить максимальное количество оборотов за 60с. Для расчета принималось количество оборотов за начальные 45с работы, когда развивалась наибольшая ее мощность.

Тестирующая нагрузка субмаксимальной интенсивности ( $W_{60c}$ , Вт, Вт/кг) использовалась для определения максимальных анаэробных гликолитических (лактатных) возможностей энергообеспечения (G.P. Vandewalle, H. Monod, 1987; A. Katz, K. Sahlin, 1990).

3. Тестирующая нагрузка ступенчатовозрастающей мощности (через каждые 2 мин) без интервалов отдыха между ступенями с постоянной частотой педалирования (80 об/мин). Начальная мощность нагрузки равнялась 150 Вт, прирост мощности на каждой ступени – 20 Вт. Тестирование проводили до момента волевой усталости произвольного отказа испытуемого от продолжения работы или до невозможности поддержания заданной частоты педалирования в пределах  $\pm 5\%$ . Тест ориентированный на определение максимальной аэробной мощности ( $W_{max}$ , Вт, Вт/кг) (А.А. Виру, Я.П. Пярнат, 1971; Н.И. Волков и др., 1998; J. D. Mac Dougal et al., 1991; P.-O. Astrand 1992; J.H. Wilmore, D.L. Costill, 1994).

Концентрацию лактата в капиллярной крови определяли энзиматическим методом («Dr. Lange-400») на 3 минуте восстановительного периода после выполнения нагрузок.

Чувствительность дыхательного центра к гипоксии определялась по методу Вейла. С этой целью использовали изокапническую гипоксическую стимуляцию, которая создавалась с помощью метода возвратного дыхания в диапазоне  $P_AO_2$  от 135 до 45 мм рт. ст. (В.С. Мищенко, 1990). Испытуемый осуществлял возвратное дыхание в системе «мешок в ящике» с постепенным снижением содержания  $O_2$  в мешке от его исходного нормального уровня в атмосферном воздухе. При этом обеспечивалась стабилизация  $P_ACO_2$  системой поглощения  $CO_2$ , т.е. создавалась нарастающая изокапническая гипоксическая стимуляция.

Реакцию кардиореспираторной системы на нарастающий гиперкапнический стимул ( $CO_2$ - $H^+$ -стимул) изучали используя метод возвратного дыхания (Р.С. Виницкая, Н.А. Коганова, 1967; Л.А. Иванов, 1981; Н.А. Агаджанян и др., 1983-2005; A.S. Rebusk, 1976; и др.).

В покое и во время проведения гипоксической, гиперкапнической пробы и физической нагрузки с помощью быстродействующего газоаналитического комплекса "Охусон Alpha" ("Jaeger", Германия), каждые 30 сек регистрировалась легочная вентиляция (МОД, л/мин), частота дыхания (ЧД, дых./мин), дыхательный объем (ДО, мл), концентрация  $O_2$  и  $CO_2$  в выдыхаемом ( $F_{E}O_2$ ,  $F_{E}CO_2$ , %) и альвеолярном воздухе ( $F_{A}O_2$ ,  $F_{A}CO_2$ , %). Рассчитывались следующие показатели газообмена: потребление  $O_2$  ( $VO_2$ , л/мин), выделение  $CO_2$  ( $VCO_2$ , л/мин), дыхательный коэффициент (ДК, ед.), коэффициент использования кислорода (КИО<sub>2</sub>, мл/л), вентиляционные эквиваленты для  $O_2$  ( $V\dot{E}O_2$ , усл.ед.) и для  $CO_2$  ( $V\dot{E}CO_2$ , усл.ед.), кислородный пульс ( $O_2$ -пульс= $VO_2/ЧСС$ , мл/уд), показателем кислородного эффекта дыхательного цикла (КЭДЦ, мл/цикл), интегрального показателя эффективности кардиореспираторной системы (ИПЭ, усл. ед.).

Изучались показатели, характеризующие физиологическую реакцию кардиореспираторной системы на гипоксический и  $CO_2$ - $H^+$ -стимулы: чувствительность вентиляторной и циркуляторной реакции на  $CO_2$ - $H^+$ -стимул

( $\Delta\text{МОД}/\Delta\text{SaO}_2$ ;  $\Delta\text{МОД}/\Delta\text{P}_A\text{CO}_2$ , л/мин/мм рт. ст.), ( $\Delta\text{ЧСС}/\Delta\text{SaO}_2$ ;  $\Delta\text{ЧСС}/\Delta\text{P}_A\text{CO}_2$ , уд/мин/мм рт.ст.) и ( $\Delta\text{МОК}/\Delta\text{SaO}_2$ ;  $\Delta\text{МОК}/\Delta\text{P}_A\text{CO}_2$ , мл/мин/мм рт. ст.). Порог чувствительности вентиляторной реакции на  $\text{CO}_2$  (параметр В, мм рт. ст.) – «точка апноэ», как известно, отражает величину  $\text{P}_A\text{CO}_2$  при которой легочная вентиляция теоретически была бы равна нулю (Г.Г. Исаев, 1990; В.С. Мищенко, 1990).

Кроме того, исследовались показатели характеризующие состояние сердечно-сосудистой системы: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), ударный объем сердца (УО, мл), минутный объем кровообращения (МОК, л/мин), артериальное давление (мм рт.ст.) систолическое (САД), диастолическое (ДАД), среднединамическое (СДД), общее периферическое сопротивление ОПС ( $\text{дин}/\text{см}/\text{сек}^5$ ), двойное произведение (ДП, усл. ед.). Артериальное давление измерялось методом Короткова.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием программы «Microsoft Excel XP», «Statistica 6.0» и включала описательную статистику, оценку достоверности различий по Стьюденту и корреляционный анализ с оценкой достоверности коэффициентов корреляции.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты комплексных физиологических исследований спортсменов высокой квалификации свидетельствуют о том, что происходящие в процессе подготовки спортсмена изменения реактивных свойств способствующих проявлению специальной работоспособности систем связаны с изменением чувствительности реакций к адекватным для системы дыхания нейрогуморальным раздражителям (стимулам). Это дает основу для определения количественных критериев оптимизации адаптации в процессе напряженной мышечной деятельности по исследованию взаимосвязи изменений чувствительности реакций системы к сдвигам дыхательного гомеостаза с проявлением функциональных возможностей организма. Мерой адаптации в этом случае может выступать определенный диапазон количественных изменений показателей и их границы, пределы которых отражают качественные изменения функциональных возможностей организма.

#### Хронофизиологические особенности variability сердечного ритма в покое и при активной ортостатической пробе в годичном цикле подготовки спортсменов

Сравнительный анализ полученных результатов и основных характеристик математического анализа variability сердечного ритма показал, что у всех обследуемых в покое максимальные значения  $\text{Mo}$ ,  $\Delta\text{X}$  приходятся на летний период, а  $\text{AMo}$ ,  $\text{ИН}$ ,  $\text{ИВР}$ ,  $\text{ПАРП}$  и  $\text{ВНР}$  – на зимний. У спортсменов на протяжении года достоверно выше значения  $\text{Mo}$  и  $\Delta\text{X}$ , а у лиц не занимающихся спортом –  $\text{AMo}$ ,  $\text{ИН}$ ,  $\text{ИВР}$ ,  $\text{ПАРП}$  и  $\text{ВНР}$  ( $p < 0.001$ ). При этом у пловцов значения  $\text{Mo}$  и  $\Delta\text{X}$  выше, чем у легкоатлетов, а значения  $\text{AMo}$ ,  $\text{ИН}$ ,  $\text{ИВР}$ ,  $\text{ПАРП}$  и  $\text{ВНР}$  наоборот выше у легкоатлетов, а не у пловцов ( $p < 0.05$ ).



Следовательно, увеличение  $\Delta X$  у пловцов на протяжении года можно рассматривать как смещение вегетативного баланса в сторону усиления активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, а также как стабилизацию регуляторных процессов.

Как известно, вариационный размах отражает диапазон колебаний кардиоинтервалов и степень активности автономного контура регуляции сердечного ритма, а также характеризует тонические парасимпатические влияния на синусный узел, поскольку влияние блуждающих нервов на дыхательные изменения суточного ритма обычно преобладают над «недыхательными», обусловленными активностью подкорковых центров (Л.В. Шпак, 2002).

На величине вариационного размаха сказываются соотношения активности центральных и автономных механизмов регуляции. У пловцов выявлена более сильная ваготония (особенно на 4-м этапе) и выраженность дыхательных волн и дыхательной аритмии (особенно на 2-м этапе), что свидетельствует о большей активности автономного контура регуляции со сдвигом в сторону преобладания парасимпатической системы на протяжении года, по сравнению с легкоатлетами и контрольной группой. При этом у них выявлены более низкие значения ВНР и ПАПР ( $p < 0.001$ ), по сравнению с другими группами обследуемых (рис. 1).

Анализ полученных данных показал, что среднегодовые значения ИН у спортсменов находятся в пределах 40-50 усл. ед., поэтому обнаруженные особенности позволяют признать наличие у них ваготонического типа регуляции, а также наблюдается оптимальное взаимодействие регуляторных механизмов. Наблюдаемая при этом брадикардия и развитие гиперфункции и гипертрофии особенно левого желудочка, связано с оптимизацией и экономизацией вегетативных функций у спортсменов (Н.М. Амосов, А.Я. Бендет, 1989).

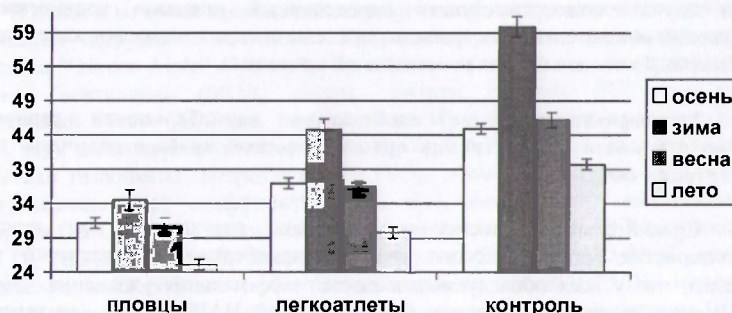


Рис. 1. Динамика ПАПР ( усл. ед.) в годичном цикле подготовки спортсменов высокой квалификации.

В настоящее время принято считать, что более точно определить тип вегетативной регуляции и характер вегетативного дисбаланса позволяет спектральный анализ variability сердечного ритма с оценкой его частотных характеристик (Г.В. Рябыкина, А.В. Соболев, 1998).

Результаты исследования спектрального анализа сердечного ритма показали, что у пловцов в покое преобладают дыхательные волны, которые отражают более высокую активность вагусной регуляции ритма сердца, по сравнению с легкоатлетами и обследуемыми контрольной группы. Наблюдаемое у обследуемых контрольной группы, особенно в летний период, уменьшение дыхательной компоненты мощности спектра свидетельствует о преобладании эрготропного звена вегетативного регулирования синусового узла сердца, что согласуется с данными Р.М. Баевского (2002).

Анализ полученных данных показал, что наиболее высокие значения мощности спектра  $MB_1$  у обследуемых контрольной группы наблюдались весной, что свидетельствует о более сильном симпатическом влиянии на сердечный ритм. У легкоатлетов значения мощности спектра  $MB_1$  выше, чем у пловцов. При этом наиболее низкие значения мощности спектра  $MB_1$  у легкоатлетов установлены в весенний период года, а у пловцов – в летний.

Как известно, мощность спектра медленных волн 2-го порядка отражает степень активации церебральных симпатoadреналовых (эрготропных) систем, а их снижение свидетельствует об уменьшении активности ренин-ангиотензиноподостероидной системы (Г.В. Рябыкина, А.В. Соболев, 2001; Л.В. Шпак, 2002). Эти волны связаны с колебаниями АД и другими гуморально-метаболическими медленными процессами – филогенетически низкими, неспособными быстро обеспечивать гомеостаз.

Сравнительный анализ показал, что наиболее высокие значения мощности спектра медленных волн 2-го порядка наблюдались у спортсменов в летний период года. У пловцов значения мощности спектра  $MB_2$  выше, чем у легкоатлетов (рис. 2). Это свидетельствует о более сильном влиянии высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр обследуемых в этот период подготовки. Доминирование мощности спектра  $MB_2$  является чувствительным индикатором управления метаболическими процессами и хорошо отражает энергодифицитные состояния. Следовательно, если параметры спектра  $MB_2$  характеризуют влияние высших вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр, они могут использоваться как надежный маркер степени связи автономных уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, в том числе с гипофизарно-гипоталамическим и корковым уровнями. Активация центрального контура регуляции проявляется усилением мощности спектра медленных волн сердечного ритма у обследуемых контрольной группы, по сравнению со спортсменами, что проявляется в достоверном повышении ИЦ ( $p < 0,001$ ).

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что в покое для спортсменов высокого класса, особенно пловцов, характерной особенностью является преобладание парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в регуляции ритма сердца и гуморальный путь центральной стимуляции, по сравнению с контрольной группой. Однако в целом состояние

регуляторных механизмов управления кардиоритмом в покое у спортсменов высокой квалификации позволяет констатировать высокую степень экономизации вегетативных реакций, что является закономерным результатом долговременных тренировочных воздействий в процессе годичного цикла подготовки спортсменов.

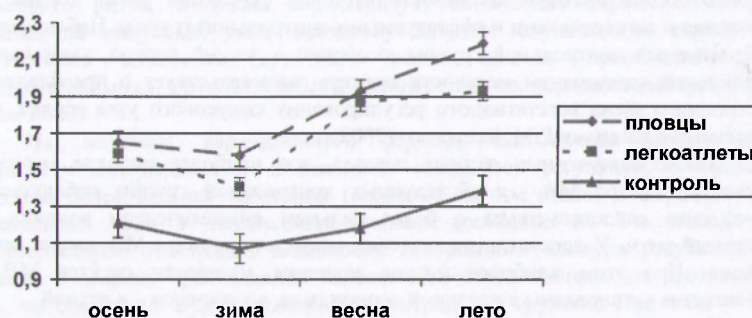


Рис. 2. Динамика МВ<sub>2</sub> (мс<sup>2</sup>) в годичном цикле подготовки спортсменов высокой квалификации.

Как известно ортостатическая проба является одним из наиболее информативных методов выявления скрытых изменений со стороны сердечно-сосудистой системы и механизмов ее регуляции (Р.М. Баевский, А.П. Берсенева, 1997). Особый интерес представляет применение ортостатического тестирования у спортсменов циклических видов спорта, поскольку с одной стороны важна простота и высокая информативность этого метода, с другой стороны проведение этой пробы служит надежным средством для оценки особенностей регуляции сердца при проведении тренировочного процесса в процессе годичного цикла подготовки квалифицированных спортсменов, а также для прогнозирования их готовности к соревновательной деятельности. В видах спорта с циклической структурой движений, требующих высокого уровня выносливости, главным фактором ограничения специальной работоспособности является адаптационная возможность сердечно-сосудистой системы спортсмена. потому чаще других используются методы изучения сердечного ритма как в покое, так и при функциональных пробах, особенно, активной ортостатической пробе (В.В. Аксенов и др., 1986).

Результаты статистического анализа показателей вариабельности сердечного ритма у спортсменов при выполнении активной ортостатической пробы свидетельствуют, что у всех обследуемых реакция механизмов управления сердечным ритмом при ортопробе проявляется в усилении влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы, особенно зимой, а у лиц не занимающихся спортом только весной.



При ортопробе у всех обследуемых отмечалось уменьшение абсолютных значений вариационного размаха, КДА и увеличение АМо, ВПР, ИВР, ПАПР и ИН, особенно, у контрольной группы, что вероятнее всего связано с высокой активностью у них высших вегетативных центров. Самый высокий прирост ИН наблюдался в группе контроля в зимний период года (рис. 3). Величина ИН в данном случае свидетельствует о перенапряжении регуляторных систем (Р.М. Баевский, 1984; А.А. Богатов, 2003), а значения ИВР и ВПР говорят о значительном преобладании влияния симпатического звена на регуляцию сердечного ритма у обследуемых контрольной группы. Выявленные особенности отражают состояние гиперсимпатикотонии и перенапряжения центральных механизмов управления в данной группе. Наличие гиперсимпатикотонии свидетельствует и о более высоких значениях ПАПР у них. Прирост ИН у пловцов достоверно ниже, чем у легкоатлетов ( $p < 0.05$ ). В данном случае величина ИН, отражающая степень напряжения центральных регуляторных механизмов сердечного ритма в группе спортсменов на протяжении года не выходила за условные границы нормы и находилась в зоне адаптации. Выявленные низкие значения ВПР, ИВР и ПАПР в начале соревновательного периода у пловцов в данном случае могут быть обусловлены тем, что активация более высоких уровней управления тормозит симпатотоническую реакцию на ортопробу. Возможно, именно благодаря повышенной активности высших вегетативных центров у них отмечается относительно более низкая сосудистая реактивность.

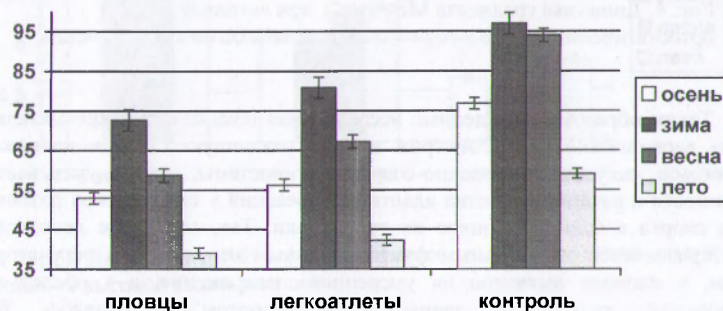


Рис. 3. Динамика градиента ИН (усл. ед.) при активной ортостагической пробе в годичном цикле подготовки спортсменов.

Спектральный анализ сердечного ритма при ортопробе показал, что у всех обследуемых отмечается уменьшение абсолютных и относительных значений мощности спектра дыхательных волн и увеличение медленных волн 1-го порядка. У пловцов наблюдалась более активная реакция вазомоторного центра на ортостагическую пробу, достоверный прирост относительных значений мощности спектра медленных волн 1-го порядка, по сравнению с легкоатлетами,

особенно в начале соревновательного периода (рис. 4). Это свидетельствует о более высокой физической подготовке обследуемых в летний период года.

В контрольной группе наблюдалось практически полное отсутствие изменений мощности спектра медленных волн 2-го порядка. Поскольку активация подкоркового сердечно-сосудистого центра в определенной мере отражается на мощности медленных волн второго порядка, то высокая активность симпатического отдела вегетативной нервной системы в ответ на ортопробу вполне объяснима.



Рис. 4. Динамика градиента  $MB_1$  ( $ms^2$ ) при активной ортостатической пробе в годичном цикле подготовки спортсменов.

Таким образом, проведенные исследования показали, что сравнительный анализ вариационной пульсометрии выявил различную степень напряжения механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы, что указывает на особенности и различия течения адаптивных реакций у спортсменов различных видов спорта в годичном цикле их тренировки. Так, состояние легкоатлетов характеризовалось оптимальным функциональным напряжением регуляторных систем, у пловцов выявлено их умеренное напряжение, а у обследуемых контрольной группы не занимающиеся спортом наблюдалось более значительное функциональное напряжение, особенно в зимний период года.

#### **Хронофизиологические особенности реакции кардиореспираторной системы в покое и при выполнении физических нагрузок в годичном цикле подготовки спортсменов**

В результате проведенных комплексных исследований функционального состояния кардиореспираторной системы было установлено, что величины большинства изучаемых показателей подвержены сезонным колебаниям. При этом сезонные ритмы показателей КРС обследуемых характеризуются внутренней и внешней синхронизацией. Установлено, что в условиях покоя при

дыхании атмосферным воздухом у всех обследуемых максимальные значения таких физиологических показателей как ЧД, ДО, МОД, ЧСС, МОК, САД, ДАД, СДД и ДП приходится на зимний период года, тогда как ЖЕЛ, МВЛ и УО – на летний. Сезонные различия МОД в покое обусловлены, в первую очередь, за счет повышения дыхательного объема в зимний период (на 16,1%), по сравнению с летним периодом ( $p < 0,001$ ). Повышенный энергообмен достигается зимой главным образом посредством увеличения уровня вентиляции легких. При этом было показано, что потребление кислорода повышается и сохраняется на высоком уровне до апреля месяца.

Анализ полученных результатов показал, что значения ЖЕЛ у пловцов на протяжении года достоверно выше, чем у легкоатлетов и обследуемых контрольной группы ( $p < 0,01$ ). Как известно, ЖЕЛ отражает максимально возможную глубину дыхания и поэтому является важным показателем функциональных возможностей внешнего дыхания (Н.Н. Канаев, 1980). Сравнительные физиологические данные свидетельствуют о более экономичном уровне функции внешнего дыхания и газообмена у пловцов, по сравнению с легкоатлетами и нетренированными обследуемыми контрольной группы (рис. 5).

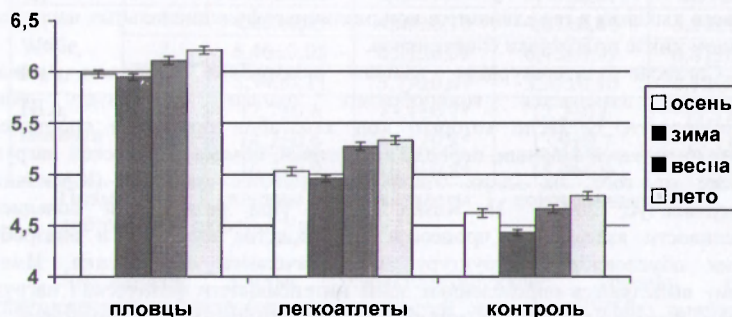


Рис.5. Динамика ЖЕЛ (л) в процессе годичного цикла подготовки спортсменов высокой квалификации

Значения ЖЕЛ и МВЛ у спортсменов от переходного до начала соревновательного периода достоверно увеличивались ( $p < 0,01$ ), однако достоверное увеличение МВЛ этого показателя на протяжении года наблюдалось только у легкоатлетов ( $p < 0,001$ ).

Эффективность дыхания ( $KIO_2$ ) и кислородный пульс ( $VO_2/ЧСС$ ) у обследуемых достигали максимума в летний период года.

Сезонная динамика частоты сердечных сокращений у всех обследуемых в покое характеризуется более высокими значениями этого показателя в зимний период, что, вероятно, связано с изменением вегетативной регуляции сердечной деятельности, т.е. преобладанием симпатических влияний на сердечный ритм. При этом установлен достоверно низкий уровень частоты сердечных



сокращений у спортсменов в условиях покоя, по сравнению с нетренированными лицами, что является результатом систематических спортивных тренировок и связан с изменением более экономичной вегетативной регуляции сердечной деятельности и преобладанием парасимпатических влияний на сердечный ритм (Б. Фолков, Э. Нил, 1976). Величины УО и МОК у спортсменов достоверно выше, чем у контрольной группы ( $p < 0,05$ ), что согласуется с данными ряда авторов (В.Р. Ильин, 1983; В.И. Тхоревский, Ф.П. Беляев, 1996; Ю.А. Буков, 1998). У пловцов значения этих показателей на протяжении года выше, чем у легкоатлетов ( $p < 0,01$ ). При этом систолическое и диастолическое артериальное давление у пловцов оказалось достоверно ниже, чем у легкоатлетов и обследуемых контрольной группы, что косвенно свидетельствует о снижении периферического сосудистого сопротивления ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, было показано, что в условиях покоя при дыхании атмосферным воздухом у всех обследуемых параметры кардиореспираторной системы подвержены влиянию сезонных ритмов, большинство максимумов приходится на зимнее и летнее время года.

Отмеченные сезонные различия функционального состояния обследуемых явились основой для последующего изучения особенностей изменений функции внешнего дыхания и гемодинамики при различных функциональных нагрузках в годичном цикле подготовки спортсменов.

Согласно литературным данным анаэробная мощность каждого спортсмена изменяется волнообразно, однако существуют общие закономерности, согласно которым ход адаптации организма спортсменов зависит от их квалификации, периода подготовки, объема физической нагрузки, а также от того, на каких этапах выполняется нагрузка (К.Милашюс, Ю.Скернавичус, 2002; Н. Rusko, 1992). При развитии и повышении выносливости взаимосвязь процессов производства аэробной и анаэробной энергии обуславливает структуру метаболического обеспечения. Именно поэтому выделяются определенные зоны интенсивности физической нагрузки, пределы физиологических и метаболических изменений, возникающие при обеспечении энергией работающих мышц (З.Б. Белоцерковский и др., 2004; J.L. Chicharro et al., 1997). Известно, что максимальная скорость креатинфосфокиназной реакции достигается уже на первых секундах от начала работы. Поскольку общие запасы креатинфосфата в мышцах невелики, скорость этого процесса быстро понижается (Н.И. Волков, И.А. Савелев, 2002). Именно с этих позиций может рассматриваться динамика величин мощности нагрузки во время выполнения напряженной мышечной работы.

В таблице 1 приведена динамика показателей алактатной (W15с) и лактатной (W60с) анаэробной мощности у квалифицированных спортсменов в процессе годичного цикла подготовки. Из представленных данных видно наличие достоверных различий между группами обследуемых по абсолютным и относительным показателям алактатной анаэробной мощности ( $p < 0,001$ ). Наименьшие величины этих показателей на протяжении года отмечаются в группе нетренированных лиц, а наибольший уровень – в группе спортсменов-

бегунов ( $p < 0,001$ ). При этом уровень алактатной анаэробной мощности у бегунов достоверно выше, чем у пловцов ( $p < 0,001$ ).

Анализ результатов полученных данных показал, что в период достижения высокого уровня физической работоспособности спортсменов (начало соревновательного периода) у легкоатлетов наблюдалось достоверное повышение алактатной анаэробной мощности на 11,1%, а у пловцов – на 8,9%, по сравнению с переходным периодом ( $p < 0,05$ ).

Таблица 1.

Динамика показателей алактатной (W15с) и лактатной (W60с) анаэробной мощности у спортсменов в процессе годового цикла подготовки (M±m)

Показатели	Группы	Этапы годового цикла подготовки			
		осень 1-й этап	Зима 2-й этап	весна 3-й этап	лето 4-й этап
W15с, Вт/кг	1	6,46±0,16	6,27±0,15	6,86±0,13	7,09±0,15*
	2	8,82±0,19	8,69±0,14	9,14±0,15	9,93±0,16*
	3	5,35±0,11	4,84±0,09	5,39±0,09	5,65±0,12*
HLа, ммоль/л	1	6,67±0,12*	7,04±0,15	6,61±0,13	5,84±0,15
	2	7,25±0,17*	7,56±0,19	6,85±0,11	6,48±0,18
	3	9,15±0,26	10,3±0,3*	9,45±0,17	8,67±0,19
W60с, Вт/кг	1	4,85±0,09	4,69±0,10	4,87±0,08	5,14±0,10*
	2	6,46±0,05	6,21±0,07	6,45±0,09	6,81±0,08*
	3	3,94±0,11	3,79±0,09	3,97±0,10	4,15±0,09*
HLа, ммоль/л	1	12,7±0,6	13,1±0,7*	12,2±0,6	11,7±0,5
	2	14,2±0,6	14,5±0,8*	13,9±0,7	13,1±0,8
	3	16,3±0,9	16,9±0,8*	15,9±0,9	15,3±0,7

Примечание: 1 - пловцы; 2 - легкоатлеты; 3 - контрольная группа достоверные отличия \*  $p < 0,05$ ;

Анализируя данные характеризующие уровень развития гликолитических анаэробных возможностей организма (W60с) выявлено, что наиболее высокий уровень отмечался в группе легкоатлетов по сравнению с другими группами ( $p < 0,001$ ). Наблюдаемые у нетренированных лиц наименьшие величины мощности нагрузки на протяжении года свидетельствуют в первую очередь о недостаточном совершенстве компенсаторно-приспособительных механизмов, меньшем содержании энергетических субстратов в мышцах, а также о низком уровне анаэробной производительности и о снижении у них скоростных качеств, по сравнению с тренированными спортсменами.

При достижении высокого уровня работоспособности спортсменов наблюдалось повышение лактатной анаэробной мощности у легкоатлетов на 3,5%, а у пловцов – на 5,1%, по сравнению с переходным периодом ( $p > 0,05$ ).

В тех случаях, когда тренировочный процесс налажен правильно, то с повышением адаптационных возможностей организма на уровне анаэробной мощности выполняемой работы на каждом последующем этапе подготовки все более увеличивается их мощность, по окончании которой концентрация лактата в крови изменяется незначительно. Чем выше уровень подготовки спортсменов,



тем при более низкой концентрации лактата в крови достигается максимальное потребление кислорода ( $VO_{2max}$ ) (G.P. Vandewalle, H. Monod. 1987; K. Bergh, A. Forsberg, 1992).

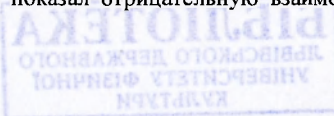
Выявленные различия между спортсменами по уровню физической работоспособности в тестах различной направленности согласуются с литературными данными по изучению мощности и емкости разных источников энергообеспечения и их значения при выполнении физических нагрузок различного характера (Н.И. Волков и др., 1998). При этом существует некоторый разнобой мнений по поводу характера энергообеспечения кратковременной нагрузки максимальной интенсивности. Принято считать, что при выполнении кратковременной нагрузки максимальной интенсивности (до 20с) подавляющая часть энергии определяется резервом аденозинтрифосфата (АТФ) и креатинфосфата (КФ), а активации анаэробных гликолитических процессов не происходит. Однако, проведенные в последние годы лабораторные исследования с использованием метода биопсии в условиях нагрузки максимальной интенсивности показали, что гликолитические процессы активизируются уже через 6 секунд такой нагрузки (Л. Спрайт, 1998).

Наблюдаемые изменения показателей концентрации лактата в крови на 3-ей минуте восстановительного периода после выполнения кратковременных максимальных тестирующих нагрузок у спортсменов свидетельствуют о том, что активизация анаэробных гликолитических механизмов энергообеспечения отмечается у них как при выполнении W60с, так и при W15с, особенно в зимний период года. Установлено, что у спортсменов-бегунов концентрация лактата в крови выше, чем у пловцов, но ниже, чем у обследуемых контрольной группы ( $p < 0,001$ ). Вместе с тем, представленные нами результаты не согласуются с данными о том, что величина накопления лактата в крови зависит от уровня тренированности организма - чем выше квалификация спортсмена, тем больше резервы ресинтеза АТФ креатинкиназным путем, тем меньше на дистанции подключается гликолиз (В.С. Мищенко и др., 1997; O. Inbar et al., 1996).

Нами выявлено, что в начале соревновательного периода отмечалось достоверное снижение на 10,6% концентрации лактата в крови у легкоатлетов при выполнении нагрузки W15с и на 7,7% при – W60с, а у пловцов – на 12,4% и 8,5%, соответственно, по сравнению с переходным периодом ( $p < 0,05$ ).

Сравнительный анализ индивидуальных уровней максимальной мощности тестирующих нагрузок анаэробного алактатного и гликолитического характера с концентрацией лактата в крови свидетельствует, что высокие показатели физической работоспособности у обследуемых разных видов спорта достигаются разными путями. Так, в группе легкоатлетов отмечался больший прирост концентрации лактата в крови после выполнения W15с и W60с тестирующих нагрузок максимальной интенсивности, чем у пловцов, для которых характерны меньшие показатели мощности нагрузок анаэробного характера. Для нетренированных лиц, показывающих низкий уровень анаэробных возможностей после выполнения тестирующих нагрузок, отмечается наибольший прирост концентрации лактата в крови.

Проведенный корреляционный анализ в начале соревновательного периода в группе пловцов показал отрицательную взаимосвязь концентрации





лактата в крови с максимальной мощностью нагрузки анаэробного алактатного (W15c  $r=-0,62$ ,  $p<0,001$ ) и гликолитического (W60c  $r=-0,73$ ,  $p<0,001$ ) характера, а в группе легкоатлетов, соответственно, (W15c  $r=-0,56$ ,  $p<0,001$ ) и (W60c  $r=-0,65$ ,  $p<0,001$ ). У нетренированных лиц в летний период года отмечалась также обратная закономерность – низкие показатели мощности максимальных W15c и W60c тестирующих нагрузок сочетались с высоким уровнем лактата в крови на 3-ей минуте восстановительного периода (W15c  $r=-0,41$ , W60c  $r=-0,38$ ,  $p<0,05$ ). Рост уровня тренированности у спортсменов высокой квалификации идет в основном за счет совершенствования креатинкиназного механизма ресинтеза АТФ.

В результате сравнительного физиологического исследования было показано, что при выполнении нагрузок максимальной интенсивности соотношение анаэробных креатининфосфатных и гликолитических механизмов энергообеспечения у спортсменов высокой квалификации зависит от сезонов года и особенностей долговременной адаптации к тренировочным нагрузкам. При этом высокий уровень физической работоспособности у пловцов при выполнении кратковременных нагрузок максимальной интенсивности, в большей степени зависит от мобилизации анаэробного креатинфосфатного механизма энергообеспечения, а у легкоатлетов - от мобилизации анаэробных гликолитических механизмов.

Известно, что скрытые возможности организма спортсмена при выполнении максимальных физических нагрузок превышают таковые у лиц, не занимающихся спортом, к тому же адаптированный к большим физическим нагрузкам спортсмен продуктивнее расходует их во время работы. В процессе адаптации, связанной с длительной спортивной тренировкой особую актуальность приобретают индивидуальные особенности эффективной реализации энергетических возможностей организма при напряженной физической нагрузке. Достижение конечного результата зависит от мощности функциональных резервов организма и, прежде всего, кардиореспираторной системы. Характер оптимизации физиологической реактивности в процессе адаптации связан не только с характером и видом тренировки, но и с сезоном года. Полученные результаты дают основание полагать, что от этих факторов и «цена адаптации» (А.П. Авцын, 1972; Н.А. Агаджанян, 1982). Используя различные спортивные дисциплины, можно определить диапазон отличий физиологической реактивности организма и особенности реализации энергетических и функциональных возможностей организма при выполнении физических нагрузок (В.Н. Платонов, 1997; Ю.Л. Кислицын, 1998; Л.П. Матвеев, 1999; A. Viru, 1995; и др.).

Выполнение физических нагрузок максимальной аэробной мощности (с дистанционным  $VO_{2max}$  90-100% от индивидуального  $VO_{2max}$ ) требует максимальной мобилизации аэробных процессов в работающих мышцах. В энергообеспечении максимальной нагрузки преобладает аэробный компонент, который составляет до 70-80%, а также отмечается значительное усиление анаэробных гликолитических процессов, т.к. локализация анаэробного порога у спортсменов обычно обнаруживается на уровне около 65-70% от индивидуального  $VO_{2max}$  (В.С. Мищенко, 1990; Э. Коген, Б. Уильямс, 1998).

В таблице 2 приведена динамика показателей кардиореспираторной системы при выполнении физических нагрузок максимальной аэробной мощности в процессе годичного цикла подготовки спортсменов. Как видно из приведенных данных, в процессе годичного цикла подготовки спортсменов наблюдается достоверное увеличение уровня физической работоспособности по  $W_{\max}$  и  $VO_{2\max}$  от переходного к началу соревновательного периода ( $p < 0,001$ ). Уровень  $VO_{2\max}$  может существенно изменяться под влиянием спортивной тренировки. Из приведенных в табл. 2 данных видно, что у легкоатлетов среднегодовой уровень  $VO_{2\max}$  достоверно выше, чем у пловцов ( $p < 0,01$ ). При этом характерно, что величина различий уровня  $VO_{2\max}$  у пловцов и легкоатлетов максимальна во время максимальных и минимальна во время минимальных значений сезонной фотопериодичности, приходящихся на соревновательный и на начало подготовительного периода цикла подготовки спортсменов с соответственно максимальными и минимальными уровнями их физической работоспособности. Следовательно, именно соревновательный характер физических нагрузок вне зависимости от уровня сезонной освещенности в период их выполнения приводил к значительному повышению уровня аэробной работоспособности спортсменов (В.Л. Карпман и др., 1988; В.А. Колупаев и др., 2004; и др.).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что в условиях отсутствия напряженных соревновательных нагрузок эффективность методик тренировки относительно их воздействия на уровень  $VO_{2\max}$  спортсменов в значительной мере находится под модулирующим влиянием сезонной динамики солнечного освещения, питания, температуры и геофизических факторов. При этом соревновательная деятельность у спортсменов вне зависимости от вида и способа состязаний, а также периода годичного цикла сопровождается повышением уровня  $VO_{2\max}$ .

Известно, что функциональное состояние системы внешнего дыхания тесно связано с характером метаболических процессов. Усиление или ослабление обмена веществ отражается на продукции углекислоты, вызывая определенные изменения показателей газообмена, величины ДК. Динамика выделения  $CO_2$  при постепенно возрастающих нагрузках в аэробном режиме изменяется следующим образом, с увеличением мощности работы наблюдается прогрессивный прирост  $CO_2$ , кроме того, выделение  $CO_2$  через легкие находится в прямой зависимости от интенсивности нагрузки и в обратной зависимости от физической подготовленности спортсмена (Я. Яшанин и др., 2002).

Анализ полученных данных показал, что у спортсменов при больших физических нагрузках не выявлены достоверные различия по уровню выделения  $CO_2$ . Максимальный уровень этого показателя у всех обследуемых наблюдался в зимне-весенний период года. Зимой установлен относительно сниженный уровень физической работоспособности и высокие значения ДК, особенно у пловцов, что свидетельствует о более высоком уровне активности анаэробных гликолитических процессов в их энергообеспечении. Столь значительное нарастание дыхательного коэффициента свидетельствует о развитии гипервентиляции, приводящей к дополнительному выделению эндогенного  $CO_2$  и формированию в организме состояния гипокапнии, которая может являться

одним из лимитирующих факторов физической работоспособности, фактором снижения эффективности функций КРС (Н.А. Агаджанян и др., 1995, 2001).

Таблица 2.

Динамика показателей кардиореспираторной системы при выполнении физических нагрузок максимальной аэробной мощности в процессе годового цикла подготовки спортсменов ( $M \pm m$ )

Показатели	Группы	Этапы годового цикла подготовки			
		осень 1-й этап	зима 2-й этап	весна 3-й этап	лето 4-й этап
$W_{\max}$ , Вт/кг	1	3,13±0,07	3,04±0,05	3,26±0,06	3,47±0,05*
	2	3,48±0,06	3,47±0,07	3,55±0,05	3,74±0,06*
	3	2,67±0,03	2,45±0,03	2,74±0,04	3,11±0,05
МОД, л	1	102,6±0,3	109,3±0,2	115,8±0,3	99,7±0,2*
	2	115,8±0,2	124,6±0,3	129,2±0,4	113,2±0,2*
	3	94,6±0,7	99,3±0,5	104,7±0,8	91,6±0,3*
$VO_{2\max}$ , мл/кг/мин	1	51,8±0,5	50,2±0,4	54,7±0,6	55,3±0,5*
	2	53,2±0,4	51,1±0,3	56,1±0,5	57,6±0,4*
	3	40,7±0,6	39,5±0,4	44,1±0,5	44,7±0,3*
ДК, усл. ед.	1	0,98±0,01	1,04±0,01	1,01±0,01	0,95±0,01
	2	0,95±0,01	1,01±0,01	0,99±0,01	0,93±0,01
	3	1,13±0,01	1,18±0,01	1,07±0,01	1,01±0,01
КИО <sub>2</sub> , мл/л	1	40,8±0,3	37,4±0,2	38,4±0,2	44,4±0,3*
	2	38,5±0,3	34,6±0,2	36,5±0,3	41,9±0,2*
	3	35,8±0,7	33,4±0,6	35,6±0,5	40,2±0,4*
КЭДЦ, мл/цикл	1	104,6±0,6	96,5±0,8	106,6±0,7	115,6±0,9*
	2	102,4±0,8	94,3±0,6	104,9±0,5	112,9±0,8*
	3	74,7±0,9	72,2±0,5	74,9±0,7	77,7±0,6*
ВЭО <sub>2</sub> , усл. ед.	1	27,8±0,2	29,5±0,3	29,4±0,2	26,5±0,3
	2	29,9±0,3	30,4±0,3	30,2±0,3	27,7±0,2
	3	27,7±0,6	28,4±0,5	29,4±0,7	27,6±0,5
ЧСС, уд/мин	1	184,5±0,9	188,6±1,0	183,4±0,9	177,8±0,8*
	2	188,2±0,7	193,6±0,9	186,3±0,8	181,8±0,7*
	3	191,6±0,8	195,8±0,9	189,2±1,0	186,6±1,1
МОК, л	1	24,9±0,1	24,1±0,1	25,2±0,1	25,4±0,1*
	2	23,8±0,1	23,1±0,1	24,1±0,1	24,5±0,1*
	3	19,1±0,2	18,2±0,1	19,4±0,2	19,7±0,2

Примечание: 1 - пловцы; 2 - легкоатлеты; 3 - контрольная группа  
Достоверные отличия \*  $p < 0,05$ ;

В начале соревновательного периода у спортсменов наблюдался более высокий уровень физической работоспособности и в это же время отмечалась относительно сниженная продукция  $CO_2$ , особенно, у легкоатлетов. При этом наблюдаемая динамика дыхательного коэффициента и концентрация лактата в



крови свидетельствовала о преобладании в энергообеспечении мышечной деятельности спортсменов данного типа реактивности аэробных факторов при меньшей роли анаэробных, а также малой выраженности дыхательной компенсации метаболического ацидоза. Кроме того, было установлено, что в летний период года у спортсменов наблюдается более низкая кислородная стоимость работы ( $\Delta V O_2 / \text{Вт}$ ), особенно у легкоатлетов. При этом меньше выделялось  $\text{CO}_2$ , как метаболического, так и «неметаболического» происхождения, связанного с буферированием ацидемических сдвигов.

Данные о синергизме и антагонизме дыхательных газов ( $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$ ) приведены в работах отечественных авторов (Н.В. Саноцкая, 1966; Л.Л. Шик, 1973; А.И. Елфимов, 1996; Н.А. Агаджанян, А.Я. Чижов, 2003; и др.).

Известно, что резервы эффективности дыхательной системы, отражающие энергетическую стоимость легочной вентиляции, объективно характеризуются коэффициентом использования кислорода (КИО<sub>2</sub>) и показателем кислородного эффекта дыхательного цикла (КЭДЦ). При этом коэффициент использования кислорода зависит от объема легочной вентиляции, диффузионной способности легких и уровня тканевого метаболизма. В наших исследованиях отмечалось достоверное увеличение значений КИО<sub>2</sub> от переходного к началу соревновательного периода ( $p < 0,001$ ), что отражало повышение экономизации и функциональной эффективности внешнего дыхания, особенно выраженное у пловцов. В зимний период года наблюдались самые низкие значения КИО<sub>2</sub>, это свидетельствует о том, что на каждый литр вентилируемого воздуха приходилось гораздо меньшее количество потребляемого кислорода, особенно у легкоатлетов. Динамика КЭДЦ в полной мере отражает динамику коэффициента использования кислорода.

Результаты анализа показателей вентиляционного эквивалента для  $\text{O}_2$  на уровне  $\text{VO}_{2\text{max}}$  показали, что на всех этапах годичного цикла подготовки спортсменов уровень эффективности легочной вентиляции у пловцов был выше, чем у легкоатлетов ( $p < 0,05$ ).

Кислородный пульс, как интегральный показатель, характеризующий функциональный резерв кардиореспираторной системы у пловцов увеличился на 11,3% от переходного к началу соревновательного периода и на 9,9% - у легкоатлетов, что было связано с более низкими значениями ЧСС в этот период (рис. 6). При этом эффективность каждого сердечного цикла по кислороду к весенне-летнему периоду года возрастала, что свидетельствует о повышении эффективности функции КРС в целом.

Выполнение продолжительной нагрузки ступенчато возрастающей мощности (до «отказа») характеризует способность спортсмена в течение достаточно длительного времени выполнять мышечную работу на выносливость, т.е. дает возможность судить об эффективности функционирования сердечно-сосудистой системы.

В условиях выполнения физической нагрузки отмечаются существенные сдвиги в деятельности аппарата кровообращения. Это выражается в увеличении частоты сердечных сокращений, как наиболее лабильном и реактивном кардиодинамическом показателе. Адаптационная реакция сердечно-сосудистой системы зависит от интенсивности и характера мышечной работы. Так,

максимальные значения прироста ЧСС при выполнении физической нагрузки приходились на зимний период года, а минимальные – на летний. При этом было установлено, что у пловцов значения ЧСС достоверно ниже, чем у легкоатлетов ( $p < 0,01$ ).

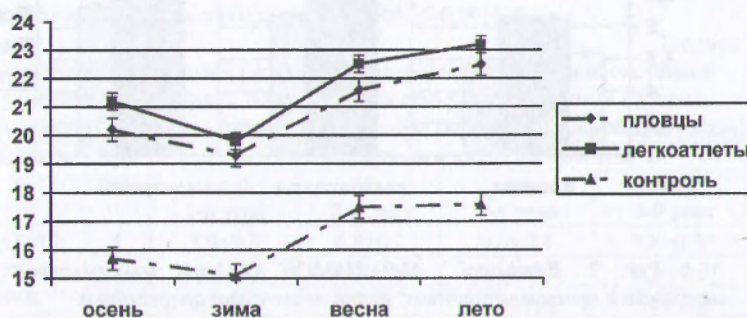


Рис. 6. Динамика  $VO_2/ЧСС$  при физической нагрузке максимальной аэробной мощности в разные периоды годичного цикла подготовки спортсменов

Данные полученные при изучении сезонной динамики соотношений реакции внешнего дыхания и гемодинамики при физической нагрузке позволили выявить отчетливое снижение у всех обследуемых значений  $\Delta MOД/\Delta MOК$  (рис. 7) в летний период, что свидетельствует о более высоких резервных возможностях кардиореспираторной системы в начале соревновательного периода ( $p < 0,01$ ). На это указывают прежде всего наблюдаемые в наших исследованиях признаки повышения роли объемных характеристик внешнего дыхания и гемодинамики в реакциях кардиореспираторной системы при физической нагрузке, изменение сопряженности реакций внешнего дыхания и кровообращения преимущественно за счет снижения минутного объема легочной вентиляции.

Результаты корреляционного анализа выявили в начале соревновательного периода отрицательную взаимосвязь объема выполненной работы, максимальной мощности нагрузки ( $W_{max}$ ) с показателями, характеризующих активность анаэробных гликолитических процессов (ДК,  $HL_a$ ) и положительную взаимосвязь с показателями, характеризующих уровень аэробных возможностей организма  $VO_{2max}$ . Коэффициенты корреляции между  $W_{max}$ , с одной стороны, и ДК и  $HL_a$ , с другой стороны, составляли у легкоатлетов  $r = -0,53$ , ( $p < 0,01$ ) и  $r = -0,59$ , ( $p < 0,01$ ), а у пловцов, соответственно,  $r = -0,51$ , ( $p < 0,01$ ),  $r = -0,49$ , ( $p < 0,05$ ). Величина коэффициентов корреляции между  $W_{max}$ , с одной стороны, и  $VO_{2max}$  с другой стороны, составляли у легкоатлетов  $r = 0,77$ , ( $p < 0,001$ ), а у пловцов  $r = 0,73$ , ( $p < 0,001$ ).

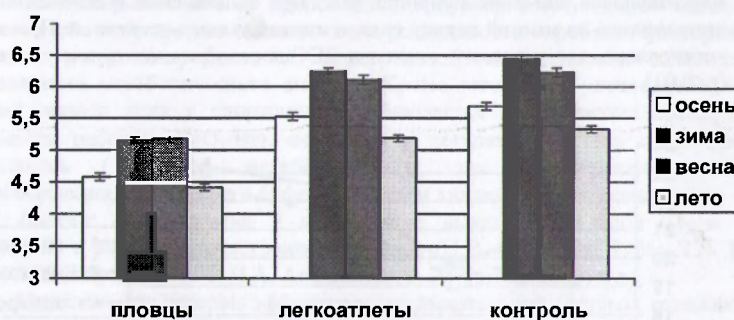


Рис. 7. Динамика  $\Delta\text{МОД}/\Delta\text{МОК}$  (л) при максимальной аэробной мощности в процессе годичного цикла подготовки спортсменов

Таким образом, при выполнении тестирующей нагрузки постепенно повышающейся мощности «до отказа» квалифицированные спортсмены отличаются как по максимально достигнутому уровню физической работоспособности, так по и максимальному уровню функционирования кардиореспираторной системы. Полученные результаты свидетельствуют том, что научно обоснованные и хорошо продуманные систематические тренировки в течение годового цикла повышают и оптимизируют функциональные резервы организма спортсменов к началу соревновательного периода.

#### Хронофизиологические особенности реакции кардиореспираторной системы при действии гипоксии в годичном цикле подготовки спортсменов

Как известно, возможность человека переносить влияние различных экстремальных факторов в значительной мере зависит от реактивности индивидуальных особенностей организма, скорости включения и эффективности деятельности механизмов срочной адаптации. Снижение  $p\text{O}_2$  в крови приводит к изменению многочисленных процессов, протекающих на тканевом и клеточном уровнях. При этом устойчивость к гипоксии позволяет судить об общей или неспецифической резистентности организма к факторам различной физической природы (Ю.В. Архипенко, 1999; Н.А. Агаджанян, 2001, 2003).

Результаты исследования динамики показателей реактивности кардиореспираторной системы у обследуемых в разные сезоны года в условиях нарастающей изокапнической гипоксии приведены в табл. 3.

Как видно из приведенных данных сезонная динамика парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе у спортсменов высокой квалификации в разные периоды годичного цикла подготовки в условиях нарастающей гипоксической стимуляции зависит от специализации



обследуемых. В группе спортсменов-бегунов наибольшая степень изменения  $P_{A}O_2$  на единицу времени ( $\Delta P_{A}O_2/t^{-1}$ ) отмечается в весенний период года, в контрольной – наименьшая, а промежуточное положение занимают пловцы. При этом установлено, что у пловцов и обследуемых контрольной группы максимальная степень изменения  $\Delta P_{A}O_2/t^{-1}$  наблюдается летом. Различия достоверны для всех групп обследуемых ( $p < 0,05-0,001$ ).

Таблица 3.

Динамика показателей реактивности кардиореспираторной системы в условиях нарастающей гипоксической стимуляции в разные периоды годового цикла подготовки спортсменов высокой квалификации (М+м)

Показатель и	Группы	Этапы годового цикла подготовки			
		осень 1-й этап	зима 2-й этап	весна 3-й этап	лето 4-й этап
$\Delta P_{A}O_2/t^{-1}$ мм рт.ст./мин	1	7,9±0,3	8,8±0,2	9,4±0,4	9,8±0,3*
	2	10,4±0,5	10,9±0,4	12,4±0,5	11,9±0,3*
	3	6,5±0,3	6,8±0,2	7,3±0,3	7,8±0,3*
МОД <sub>84</sub> , л	1	11,5±0,2	13,2±0,2*	10,8±0,2	9,1±0,1
	2	13,2±0,2	15,6±0,3*	12,7±0,2	11,5±0,2
	3	15,6±0,8	17,5±1,1	18,3±1,1*	14,4±0,8
$\Delta$ МОД/ $\Delta SaO_2$ , л/мин/%	1	0,31±0,01	0,35±0,01*	0,19±0,01	0,16±0,01
	2	0,35±0,01	0,39±0,01*	0,25±0,01	0,24±0,01
	3	0,38±0,02	0,58±0,02*	0,42±0,03	0,43±0,03
$\Delta$ МОД/ $\Delta$ ДО, л	1	29,9±1,4	24,2±0,9	22,5±1,2	21,8±0,9
	2	22,1±1,1	23,2±1,1	22,8±0,8	21,4±0,8
	3	31,6±1,1	36,6±1,3*	30,4±0,9	26,8±0,8
МОК <sub>84</sub> , л/мин	1	5,55±0,12	5,68±0,13	5,57±0,15	5,45±0,11
	2	5,67±0,11	5,78±0,16	5,65±0,12	5,50±0,14
	3	4,74±0,07	4,99±0,08	4,71±0,11	4,58±0,09
$\Delta$ ЧСС $\Delta SaO_2$ , уд/мин/%	1	1,03±0,01	1,23±0,01	1,01±0,01	0,87±0,01
	2	1,21±0,01	1,28±0,01	1,13±0,01	0,98±0,01
	3	1,24±0,01	1,39±0,02	1,21±0,02	1,09±0,01
$\Delta$ МОК $\Delta SaO_2$ , мл/мин/%	1	67,8±1,5	70,1±2,4	68,9±1,8	72,7±2,9*
	2	57,7±3,1	59,5±1,9	57,9±1,7	68,8±2,5*
	3	56,1±1,5	39,6±1,4	48,6±1,6	57,4±1,7
$\Delta$ МОД/ $\Delta$ МОК, л	1	3,84±0,02	4,80±0,03*	2,26±0,02	2,01±0,01
	2	4,06±0,03	4,63±0,04*	2,94±0,03	2,65±0,02
	3	10,7±0,05	16,4±0,07*	13,1±0,06	12,5±0,05

Примечание: - пловцы; 2 - легкоатлеты; 3 - контрольная группа  
Достоверные отличия \*  $p < 0,05$ ;

Известно, что дефицит кислорода сопровождается увеличением легочной вентиляции. При действии изокапнической гипоксии у всех обследуемых отмечается существенное изменение временных значений показателей системы дыхания независимо от сезонов года. Закономерно, что к концу пробы величины

МОД в различные периоды года увеличивались в среднем в 1,2-1,6 раза. Наиболее высокий прирост значений МОД наблюдался у обследуемых в весенний период года.

Анализ результатов исследования реакции сердечно-сосудистой системы на действие изокапнической гипоксии у обследуемых в разные периоды года показал, что при стандартной величине насыщения крови  $O_2$  равным 84% ( $СаO_2$  84, %) максимальный прирост ЧСС отмечался зимой, а минимальный – летом.

При действии гипоксии у всех обследуемых отмечается существенное изменение временных значений показателей кардиореспираторной системы на протяжении года. Установлено, что наиболее высокий уровень чувствительности вентиляторной реакции на действие гипоксии, который оценивался по приросту МОД на единицу изменения насыщения крови  $O_2$  ( $\Delta МОД/\Delta СаO_2$ ) отмечался на 2-м этапе подготовки спортсменов, а наиболее низкий – на 4-м. В начале соревновательного периода изменение легочной вентиляции происходило преимущественно за счет увеличения дыхательного объема, что свидетельствует о повышении уровня функционирования кислородтранспортной системы обследуемых, что подтверждается наиболее низкими значениями соотношения  $\Delta МОД/\Delta ДО$ . Известно, что повышение роли дыхательного объема в реализации минутного объема дыхания указывает на повышение резервных возможностей системы внешнего дыхания (Л.Л. Шик, 1973; И.С. Бреслав и др., 1979; В.А. Сафонов и др., 1980; Г.Г. Исаев, 1990).

Анализ полученных данных показал, что чувствительность вентиляторной реакции к гипоксическому стимулу у легкоатлетов на протяжении года достоверно выше, чем у пловцов ( $p < 0,001$ ). Так, в начале соревновательного периода в группе легкоатлетов она составила  $0,24 \pm 0,01$  л/мин/%, а у пловцов –  $0,16 \pm 0,01$  л/мин/% ( $p < 0,001$ ). В переходный период значения этих показателей составляли, соответственно,  $0,35 \pm 0,01$  л/мин/% и  $0,31 \pm 0,01$  л/мин/% ( $p < 0,001$ ). Достижение максимальных функциональных возможностей дыхательной системы при этом отражают степень напряженности и характер направленности процесса подготовки и связаны с увеличением работоспособности спортсменов и повышением функциональных возможностей системы дыхания в начале соревновательного, по сравнению с переходным периодом. При этом у пловцов выявлена более низкая общая производительность дыхательных реакций на гипоксический стимул, чем у легкоатлетов.

Сравнительный анализ данных показал, что у пловцов в начале соревновательного периода чувствительность циркуляторной реакции на гипоксический стимул ( $\Delta ЧСС/\Delta СаO_2$ ) составила  $0,87 \pm 0,01$  уд/мин/%, а у легкоатлетов  $0,98 \pm 0,01$  уд/мин/%. Установлено, что соотношение реакции внешнего дыхания и гемодинамики ( $\Delta МОД/\Delta МОК$ ) на действие гипоксии у пловцов достоверно ниже, чем в группе легкоатлетов ( $p < 0,01$ ). На это указывают прежде всего повышения объемных характеристик гемодинамики в реакциях кардиореспираторной системы на действие гипоксического стимула, изменение сопряженности реакций внешнего дыхания и кровообращения преимущественно за счет снижения у спортсменов минутного объема дыхания, особенно у пловцов.

Таким образом, в начале соревновательного периода, когда спортсмены демонстрировали наиболее высокий уровень физической работоспособности, происходит увеличение вариативности большинства исследуемых показателей реактивности кардиореспираторной системы. Высокая тренированность спортсменов характеризуется, прежде всего, снижением уровня чувствительности и реактивности кардиореспираторной системы на действие гипоксического стимула. При этом важная роль принадлежит также углекислоте. Еще в 1911 г. П.М. Альбицкий указывал, что организм избавляется от избытка  $\text{CO}_2$  и в тоже время с удивительным совершенством сохраняет необходимый физиологический уровень для регуляции жизненно важных функций. Уровень функциональных резервов кардиореспираторной системы в ответ на гипоксический и гиперкапнический стимул определяется синергизмом и антагонизмом дыхательных газов (Н.А. Агаджанян, 1968).

#### **Хронофизиологические особенности реакции кардиореспираторной системы при воздействии гиперкапнии в годичном цикле подготовки спортсменов**

Известно, что при увеличении объема альвеолярной вентиляции снижается уровень  $\text{PCO}_2$  в легких, поскольку за счет снижения уровня дыхания возникают условия для дополнительного выделения метаболического  $\text{CO}_2$  через легкие, что приводит к гипокапнии.

Резервный объем выдоха как бы выступает в роли своеобразного механизма шлюзования, позволяющего постепенно снижать напряжение кислорода во вдыхаемом воздухе до уровня альвеолярного и, наоборот, препятствовать резкому снижению  $\text{PCO}_2$  в легких до уровня атмосферного. Обстоятельные данные о физиологической роли  $\text{CO}_2$  приводятся в работах М.Е. Маршака (1969), Н.А. Агаджаняна с соавт. (2002-2004) и др.

У высококвалифицированных спортсменов в процессе тренировки формируется низкий уровень дыхания – 0,58-0,62, тогда как у обследуемых не занимающихся спортом этот показатель составляет 0,81 (Е. В. Шестаков, 1958; Н. А. Агаджанян, А.И. Елфимов, 1986).

Гиперкапническая стимуляция периферических и центральных хеморецепторов приводит к повышению возбудимости дыхательного центра и, как известно, является основным механизмом, устанавливающим соответствие легочной вентиляции интенсивности метаболических процессов в организме. Чувствительность человека к гиперкапническим сдвигам дыхательного гомеостаза в значительной мере отображает общую физиологическую реактивность организма, скорость и уровень соответствующей реакции функциональных систем на действие раздражителей различного характера. Степень реактивности различных функциональных систем независимо от типа раздражителя тесно связана в большей мере с величиной вентиляторного ответа на гиперкапнический стимул и, в меньшей - с гемодинамическим (В.А. Березовский, Т.В. Серебровская, 1988). Причем, одним из основных регуляторов дыхательной системы выступает  $\text{CO}_2\text{-H}^+$ -стимул и потому влияние многих факторов, которые стимулируют дыхание у человека, может быть вызвано



изменением соответствующей реакции кардиореспираторной системы на  $\text{CO}_2\text{-H}^+$ -стимул (Н.А. Агаджанян и др., 2001).

В таблице 4 приведена динамика показателей вентиляторной и циркуляторной чувствительности кардиореспираторной системы у спортсменов при прогрессирующей гиперкапнической стимуляции в разные периоды годового цикла подготовки.

Таблица 4.

Динамика показателей вентиляторной и циркуляторной чувствительности кардиореспираторной системы при нарастающей гиперкапнической стимуляции в разные периоды годового цикла подготовки спортсменов (М±m)

Показатели	Группы	Этапы годового цикла подготовки			
		осень 1-й этап	зима 2-й этап	весна 3-й этап	лето 4-й этап
$\Delta\text{МОД}/\Delta$ $\text{P}_A\text{CO}_2$ , л/мин/ мм рт. ст.	1	1,77±0,07	1,89±0,07	2,04±0,09*	1,74±0,08
	2	1,92±0,09	2,10±0,08	2,36±0,06*	1,82±0,09
	3	2,66±0,08	2,60±0,07	2,89±0,09*	2,42±0,06
$\Delta\text{МОД}/\Delta$ ДО, л	1	18,7±0,5	19,9±0,6	19,4±0,4	17,8±0,3
	2	20,5±0,6	21,3±0,6	23,3±0,5	19,6±0,5
	3	26,9±1,0	27,9±1,1	30,8±1,4	26,7±1,1
$\Delta\text{МОК}/\Delta$ $\text{P}_A\text{CO}_2$ , мл/мин/ мм рт. ст.	1	73,4±2,2	74,9±2,4	92,1±3,1	96,3±2,8*
	2	66,5±1,4	73,1±2,5	88,6±2,9	92,4±2,7*
	3	68,4±1,3	59,9±1,4	67,1±1,2	68,2±1,1
$\Delta\text{ЧСС}/\Delta$ $\text{P}_A\text{CO}_2$ , уд/мин/ мм рт. ст.	1	0,85±0,02	0,92±0,03*	0,72±0,02	0,64±0,01
	2	0,88±0,03	1,02±0,02*	0,81±0,03	0,66±0,02
	3	1,13±0,02	1,21±0,03*	0,97±0,02	0,95±0,02
V (точка «апноэ»), мм рт. ст.	1	33,7±0,5	34,6±0,8	36,8±0,7	37,5±0,8*
	2	32,9±0,4	33,2±0,5	35,3±0,5	36,8±0,7*
	3	29,6±0,3	29,9±0,4	30,9±0,4	31,3±0,4

Примечание: 1 - пловцы; 2 - легкоатлеты; 3 – контроль  
Достоверные отличия \*  $p < 0,05$ ;

Сравнительный анализ сезонных колебаний показателей КРС на действие  $\text{CO}_2\text{-H}^+$ -стимула показал, что максимальные значения ДО (кроме пловцов), ЧСС, САД, ДАД, СДД и ОПС (кроме контроля) у всех обследуемых наблюдались в зимний период года. ЧД, МОД и МОК (кроме контроля) – весенний, а УО – летний. При этом в контрольной группе на протяжении года выявлены достоверно выше показатели ЧД, МОД, ЧСС, САД, ДАД и СДД, чем в группе спортсменов ( $p < 0,001$ ). В группе легкоатлетов значения ЧД, МОД, ЧСС, САД, ДАД и СДД достоверно выше, чем у пловцов ( $p < 0,05$ ).

При действии прогрессирующей гиперкапнической стимуляции у всех обследуемых на протяжении года отмечается существенное изменение

временных значений показателей системы дыхания. Следует отметить, что к концу пробы значения МОД увеличивались в среднем в 4,5-5 раз. Наиболее выраженная реакция респираторной системы на гиперкапнический стимул у спортсменов отмечалась весной. У обследуемых контрольной группы «коэффициент усиления» реакции, т.е. увеличение легочной вентиляции при приросте  $P_A\text{CO}_2$  на 1 мм рт. ст. ( $\Delta\text{МОД}/\Delta P_A\text{CO}_2$ ) достоверно выше, по сравнению со спортсменами ( $p < 0,001$ ). В группе пловцов отмечались более низкие значения этого показателя, чем в группе легкоатлетов ( $p < 0,05$ ).

Изменение легочной вентиляции у пловцов на действие  $\text{CO}_2\text{-H}^+$ -стимула происходило преимущественно за счет увеличения дыхательного объема, что показывает о повышении функционирования кислородтранспортной системы организма и о чем свидетельствуют более низкие значения соотношения  $\Delta\text{МОД}/\Delta\text{ДО}$ . Относительно более низкий прирост легочной вентиляции на единицу увеличения дыхательного объема у спортсменов, особенно у пловцов в начале соревновательного периода свидетельствует о сниженной чувствительности рефлекса Геринг-Брейера на действие  $\text{CO}_2\text{-H}^+$ -стимула.

Анализ полученных данных показал, что более высокий прирост МОК на действие  $\text{CO}_2\text{-H}^+$ -стимула наблюдается в летний период года. При этом прирост МОК в группе пловцов на протяжении года кроме осеннего периода достоверно выше, чем у легкоатлетов. Установлено, что наиболее выраженная чувствительность циркуляторной реакции на гиперкапнический стимул ( $\Delta\text{ЧСС}/\Delta P_A\text{CO}_2$ ) наблюдалась у обследуемых контрольной группы в зимний период года. В группе пловцов отмечались более низкие значения этого показателя, чем в группе легкоатлетов ( $p < 0,05$ ).

Известно, что параметр В (точка «апноэ») условно отражает величину  $P_A\text{CO}_2$ , при которой в данных условиях уровень легочной вентиляции становится равной нулю. Это так называемая точка «апноэ», характеризующая порог чувствительности вентиляторной реакции на  $\text{CO}_2$  (И.С. Бреслав, В.Д. Глебовский, 1981; Г.Г. Исаев, 1990).

Анализ полученных данных показал, что между группами спортсменов не выявлены достоверные различия ( $p > 0,05$ ) по величине пороговой концентрации углекислоты в альвеолах, при которой происходит усиление вентиляторной реакции (точка «апноэ» – параметр В). В контрольной группе отмечается достоверно более низкая  $P_A\text{CO}_2$  в точке «апноэ» ( $p < 0,05$ ). При этом в начале соревновательного периода происходит достоверное увеличение этого параметра ( $p < 0,001$ ), что свидетельствует о расширении зоны нечувствительности дыхательного центра (медулярных хеморецепторов) к действию  $\text{CO}_2\text{-H}^+$ -стимула.

На рис. 8 приведена общая схема характеризующая переносимость интенсивных стрессовых физических нагрузок в годичном цикле тренировки спортсменов, которая зависит от эндогенных и экзогенных факторов приводящих к активации регуляторных механизмов в ответ на нарушение гомеостаза при стрессе, а также активации функциональных резервов организма при гипоксической и гиперкапнической стимуляции. Показано, что эффективность адаптации к циклическим видам спорта зависит от сезонов года,

интенсивности и продолжительности тренировки, но и от профессиональности и волевых качеств.



Рис. 8. Общая схема действия физических нагрузок на регуляторные механизмы в годичном цикле подготовки спортсменов

Таким образом, в условиях покоя при дыхании атмосферным воздухом и при действии прогрессирующей гиперкапнической стимуляции у всех обследуемых параметры кардиореспираторной системы подвержены влиянию сезонных ритмов, большинство максимумов которых приходится на зимнее время года. Полученные результаты показали, что в начале соревновательного периода, когда спортсмены демонстрировали наиболее высокий уровень физической работоспособности, происходит снижение вариативности большинства исследуемых показателей реактивности кардиореспираторной системы. Высокая тренированность спортсменов характеризуется, прежде всего, снижением – экономизацией общей производительности дыхательных реакций на гиперкапнический стимул.

## ВЫВОДЫ

1. В результате комплексных хронофизиологических исследований установлены особенности адаптивных реакций организма при занятиях циклическими видами спорта. Цикличность физиологических процессов свидетельствует о важной роли временной организации в поддержании



функционального состояния организма спортсмена в процессе годового цикла подготовки. В зимнее время года в покое и при функциональной нагрузке у всех обследуемых отмечается уменьшение абсолютных значений вариационного размаха и увеличение АМО, ВПР, ИВР, ПАПР и ИН, что связано с высокой активностью у них высших вегетативных центров. Самый высокий прирост ИН наблюдался у обследуемых контрольной группы в этот период года. Выявленные низкие значения ВПР, ИВР и ПАПР в начале соревновательного периода у пловцов обусловлены тем, что активация более высоких уровней управления тормозит симпатотоническую реакцию на оргопробу. Благодаря повышенной активности высших вегетативных центров у них отмечается относительно более низкая сосудистая реактивность.

2. Спектральный анализ сердечного ритма показал, что у всех обследуемых при оргопробе отмечается уменьшение абсолютных и относительных значений мощности спектра дыхательных волн и увеличение медленных волн. При этом более высокие значения мощности спектра медленных волн 1-го порядка наблюдались у пловцов, а у легкоатлетов мощности спектра медленных волн 2-го порядка. В начале соревновательного периода отмечалось достоверное повышение мощности спектра медленных волн 1-го порядка у пловцов на 27,9%, а у легкоатлетов – на 23,7% и волн 2-го порядка на – 24,3% и 26,4%, соответственно, по сравнению с переходным периодом ( $p < 0,05$ ).
3. Выявлены достоверные различия между группами обследуемых по абсолютным и относительным показателям алактатной анаэробной мощности ( $p < 0,001$ ). Наименьшие величины этих показателей на протяжении года отмечаются в группе нетренированных лиц, а наибольший уровень – в группе спортсменов-бегунов ( $p < 0,001$ ). При этом уровень алактатной анаэробной мощности у бегунов был достоверно выше, чем у пловцов ( $p < 0,001$ ). Показано, что в период высокого уровня физической работоспособности спортсменов (начало соревновательного периода) отмечалось достоверное повышение алактатной анаэробной мощности у легкоатлетов на 11,1%, а у пловцов – на 8,9%, по сравнению с переходным периодом ( $p < 0,05$ ). При этом наблюдалось повышение лактатной анаэробной мощности (у легкоатлетов – на 3,5%, пловцов – на 5,1%), по сравнению с переходным периодом ( $p > 0,05$ ). Показано, что в начале соревновательного периода отмечалось достоверное снижение концентрации лактата в крови у легкоатлетов на 10,6% при выполнении нагрузки W15с и на 7,7% при – W60с, а у пловцов – на 12,4% и 8,5%, соответственно, по сравнению с переходным периодом ( $p < 0,05$ ).
4. Выявлены особенности сезонных ритмов кардиореспираторной системы у спортсменов, а также установлена зависимость реакции систем дыхания и кровообращения на действие физических нагрузок, гипоксии и гиперкапнии. При физической нагрузке в летний период у всех обследуемых наблюдалось отчетливое снижение значений  $\Delta\text{МОД}/\Delta\text{МОК}$ , что свидетельствует о более высоких резервных возможностях кардиореспираторной системы в начале соревновательного периода ( $p < 0,01$ ). На это указывают прежде всего признаки повышения роли объемных характеристик внешнего дыхания и гемодинамики при физической нагрузке, изменение сопряженности реакций внешнего

дыхания и кровообращения преимущественно за счет снижения минутного объема легочной вентиляции.

Наблюдаемая в начале соревновательного периода динамика дыхательного коэффициента и концентрация лактата в крови свидетельствовала о преобладании в энергообеспечении физической нагрузки спортсменов данного типа реактивности аэробных факторов при меньшей роли анаэробных и меньшей выраженности дыхательной компенсации метаболического ацидоза. Кроме того, в летний период года у спортсменов наблюдалась более низкая кислородная стоимость работы ( $\Delta V O_2 / B t$ ), особенно у легкоатлетов, и, следовательно, меньше выделялось  $CO_2$ , как метаболического, так и «неметаболического» происхождения, связанного с буферированием ацидемических сдвигов.

5. В результате комплексных хронофизиологических исследований установлены сезонные различия в реактивности кардиореспираторной системы на действие нарастающей гипоксии. Показано, что чувствительность вентиляторной реакции к гипоксическому стимулу у легкоатлетов на протяжении года достоверно выше, чем у пловцов ( $p < 0,001$ ). Так, в начале соревновательного периода в группе легкоатлетов она составила  $0,24 \pm 0,01$  л/мин/%, а у пловцов –  $0,16 \pm 0,01$  л/мин/% ( $p < 0,001$ ). В переходный период значения этих показателей были, соответственно,  $0,35 \pm 0,01$  л/мин/% и  $0,31 \pm 0,01$  л/мин/% ( $p < 0,001$ ). Эти показатели отражают степень напряженности жизненно важных систем организма, связаны с увеличением физической работоспособности спортсменов и повышением функциональных возможностей системы дыхания в начале соревновательного периода. При этом у пловцов выявлена более сниженная общая производительность дыхательных реакций на гипоксический стимул, чем у легкоатлетов.
6. Установлено, что у пловцов в начале соревновательного периода чувствительность циркуляторной реакции на гипоксический стимул ( $\Delta ЧСС / \Delta SaO_2$ ) составляла  $0,87 \pm 0,01$  уд/мин/%, а у легкоатлетов  $0,98 \pm 0,01$  уд/мин/%. При этом соотношение реакции внешнего дыхания и гемодинамики ( $\Delta МОД / \Delta МОК$ ) на действие гипоксии у пловцов достоверно ниже, чем в группе легкоатлетов ( $p < 0,01$ ). На это указывают прежде всего уровень повышения объемных характеристик гемодинамики в реакциях кардиореспираторной системы на действие гипоксического стимула, изменение сопряженности реакций внешнего дыхания и кровообращения преимущественно за счет снижения у спортсменов минутного объема дыхания, особенно у пловцов.
7. Изменение легочной вентиляции у пловцов на действие  $CO_2-H^+$ -стимула происходило преимущественно за счет увеличения дыхательного объема, что свидетельствует о напряжении функции кислородтранспортной системы организма, о чем свидетельствуют более низкие значения соотношения  $\Delta МОД / \Delta ДО$ . Наблюдаемый у спортсменов, особенно у пловцов, относительно более низкий прирост легочной вентиляции на единицу увеличения дыхательного объема в начале соревновательного периода свидетельствует о сниженной чувствительности рефлекса Геринг-Брейера на действие  $CO_2-H^+$ -стимула.

Выявлено, что наиболее выраженная чувствительность циркуляторной реакции на гиперкапнический стимул ( $\Delta\text{ЧСС}/\Delta\text{P}_A\text{CO}_2$ ) наблюдалась у обследуемых в зимний период года, а точка «апноэ» - в летний.

8. При долговременных тренировочных воздействиях в процессе годового цикла подготовки квалифицированных спортсменов под воздействием адекватных стимулов происходит отчетливое изменение реактивности кардиореспираторной системы, что выражается в снижении чувствительности реакций в процессе адаптации. Это отражает повышение устойчивости эффективности и оптимизации регуляции функций в процессе напряженной мышечной деятельности, связанной с особенностями вида физических нагрузок и условий их выполнения.

#### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

Результаты комплексных исследований указывают на необходимость учета сезонной ритмичности физиологических показателей в процессе подготовки квалифицированных спортсменов к ответственным соревнованиям и могут быть использованы при отборе высококвалифицированных спортсменов для участия в соревнованиях.

С целью повышения уровня физической работоспособности и оптимизации тренирующего эффекта в условиях интенсивной мышечной деятельности следует учитывать наряду с индивидуальными особенностями спортсменов также роль сезонных факторов.

Материалы настоящего исследования используются в учебном процессе на кафедре спортивных специализаций Прикарпатского университета им. В. Стефаника и нормальной физиологии Российского университета дружбы народов, а также в тренировочном процессе Государственного научно-исследовательского института физической культуры и спорта для подготовки спортсменов высокой квалификации.



## ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Мищенко В.С., Полатайко Ю.А. Физиологические особенности и критерии адаптации кардиореспираторной системы юных спортсменов. // Сборник трудов «Управление процессом адаптации организма спортсменов высокой квалификации». –Киев, 1992. –С. 74-81.
2. Полатайко Ю.А. Взаимосвязь показателей кардиореспираторной системы у пловцов как критерии динамики функционального состояния организма в процессе тренировочных занятий // Материалы VII Междунар. симпоз. «Эколого-физиологические проблемы адаптации» –М. :Изд-во РУДН, 1994. – С. 214-215.
3. Полатайко Ю.А. Особенности взаимодействия гипоксического и гиперкапнического стимулов дыхания как метод прогноза резервов адаптации спортсменов // Материалы VII Междунар. симпоз. «Эколого-физиологические проблемы адаптации» –М.: Изд-во РУДН, 1994. – С. 214-216.
4. Полатайко Ю.А., Полатайко В.К. Использование аутокорреляционного анализа для выявления биоритмических колебаний функций организма юных пловцов //Материалы VII Междунар. симпоз. «Эколого-физиологические проблемы адаптации» –М. :Изд-во РУДН, 1994. – С. 216-217.
5. Полатайко Ю.А. Физическая активность как способ поддержания и улучшения здоровья. //Материалы IX Междунар. симпоз. «Эколого-физиологические проблемы адаптации» –М. Изд-во РУДН, 2001. – С. 60-61.
6. Полатайко Ю.О. Хронофізіологічні аспекти адаптації студентів до фізичних навантажень в умовах середньогір'я. //Материалы науч. конф. «Кінезіологія в системі культури». – Івано-Франківськ, 2001. –С. 58-59.
7. Полатайко Ю.О. Динаміка варіаційної пульсограми у студентів плавців в підготовчому періоді. //Материалы науч. конф. «Кінезіологія в системі культури». –Івано-Франківськ, 2001. –С. 59-60.
8. Полатайко Ю.А. Особенности и критерии адаптации кардиореспираторной системы юных спортсменов // Спорт. медицина и здоровье. –2001. №2. –С.52-56.
9. Полатайко Ю.О. Медико-біологічні дослідження біоритмічних коливань рухових і вегетативних функцій у плавців і використання їх у навчально-тренувальному процесі. // Збірник наукових праць в галузі фізичної культури та спорту «Молода спортивна наука». – Львів, 2002. – С.360-363.
10. Полатайко Ю.О. Динаміка варіаційної пульсограми у студентів плавців в підготовчому періоді // Збірник наукових праць в галузі фізичної культури та спорту «Молода спортивна наука». – Львів, 2002. –С. 363-366.
11. Полатайко Ю.А. Взаимосвязь показателей вариационной пульсограммы и специальной работоспособности у юных пловцов при

- ежедневном наблюдении // Материалы науч. конф. «Физическая культура и спорт, проблемы и перспективы». –Казань, 2002. – С. 237-239.
12. Полатайко Ю.А. Использование биоритмических колебаний двигательных и вегетативных функций у пловцов для управления тренировочным процессом. // Материалы науч. конф. «Физическая культура и спорт, проблемы и перспективы». –Казань, 2002. –С. 320-323.
  13. Polatajko Y.A. Chronophysiological problems adaptation of the cardiorespiratory system in sportsmen. // Intentional conference «Physical education and sport». – Warshawa, 2002. –V. 46. –P. 163-164.
  14. Myshchenko V.S., Polatajko Y.A., Pavlyk A.I. Physiological Criteria of the long-term adaptation of the cardiorespiratory system of sportsmen. // Intentional conference «Physical education and sport». –Warshawa, 2002. –V. 46. –P. 504-505.
  15. Полатайко Ю.А. Взаимосвязь показателей кардиореспираторной системы у пловцов как критерии динамики функционального состояния организма в процессе тренировочных занятий. // Материалы XII конференции по космической биологии и авиакосмической медицине. –М., 2002. –С. 277-278.
  16. Полатайко Ю.А., Ткачук В.Г. Критерии адаптации сердечно-сосудистой и дыхательной систем юных спортсменов. //Вестник Балтийской педагогической академии. – 2002.– Т. II. Вып.47. –С. 64-69.
  17. Полатайко Ю.А. Адаптация кардиореспираторной системы юных спортсменов в годичном цикле тренировки. // Материалы 2-й науч. конф. «Медико-биологические и психолого-педагогические аспекты адаптации и социализации человека». –Волгоград, 2002. – С.128.
  18. Агаджанян Н.А., Полатайко Ю.А. Экология, здоровье, спорт. – Ивано-Франковск –Москва: «Плай», 2002. –305 с.
  19. Полатайко Ю.А. Особенности адаптации кардиореспираторной системы спортсменов в годичном цикле тренировки. // Материалы 3-й науч. конф. «Медико-биологические и психолого-педагогические аспекты адаптации и специализации человека». –Волгоград, 2003. – С. 179-180.
  20. Полатайко Ю.А. Адаптация спортсменов к нагрузкам в период годичного тренировочного цикла. // Материалы XI Международного симпозиума «Эколого-физиологические проблемы адаптации». –М. : Изд-во РУДН, 2003. – С.425-426.
  21. Полатайко Ю.А. Особенности адаптации кардиореспираторной системы пловцов в период годичного тренировочного цикла. // Материалы XI международного симпозиума «Эколого-физиологические проблемы адаптации». –М.: Изд-во РУДН, 2003. – С. 426-427.
  22. Полатайко Ю.А. Особенности физиологической реактивности кардиореспираторной системы спортсменов. –Вестник РУДН. –2003. № 2. – С. 82-88.
  23. Полатайко Ю.А. Особенности реакции кардиореспираторной системы на гиперкапнические сдвиги дыхательного гомеостазиса у квалифицированных пловцов в годичном цикле тренировок. // Материалы IV Международной научно-практ. конф. «Здоровье и образование в XXI веке». –М.:Изд-во РУДН, 2003. –С. 495-496.

24. Полатайко Ю.А. Физиологическая реактивность кардиореспираторной системы в годичном цикле подготовки квалифицированных спортсменов. // Материалы IV Международной научно-практ. конф. «Здоровье и образование в XXI веке». –М.:Изд-во РУДН, 2003. –С. 497.
25. Полатайко Ю.А. Особенность реактивности кардиореспираторной системы спортсменов в годичном тренировочном цикле // Науч. труды I Всероссийской научно-практической конференции «Здоровье-сберегающие технологии в образовании». –Оренбург, 2003. – С.92-94.
26. Радыш И.В., Краюшкин С.И., Полатайко Ю.А., Старшинов Ю.П., Ходорович А.М. Сезонная ритмичность напряжения кислорода в артериальной крови при физической нагрузке. // Науч. труды I Всероссийской научно-практической конференции «Здоровье-сберегающие технологии в образовании». –Оренбург, 2003. – С.97-99.
27. Ткачук В., Коробейников Г., Петрович Б., Полатайко Ю. Вариативность процесса адаптации биосистемы [Электрон. ресурс]. // Педагогіка, психологія та мед. -біол. пробл. фіз. виховання і спорту. – 2003. № 2. – С. 73-82.
28. Павлік А.І., Полатайко Ю.О. Побудова процесу підготовки кваліфікованих спортсменів у циклічних видах спорту з урахуванням удосконалення провідних факторів структури функціональної підготовленості. // Збірник наук. праць «Актуальні проблеми фізичної культури і спорту». – Київ, 2003. – С. 104-109.
29. Полатайко Ю.А., Радыш И.В. Роль спортивной тренировки в улучшении функции кардиореспираторной системы. // Фізіологічний журнал. –2003. –Т. 49. № 3. –С. 134-138.
30. Полатайко Ю.О. Фізіологія дихання при спортивному плаванні: Навчально-методичний посібник. –Івано-Франківськ: "Тіповіт", 2004. – 61с.
31. Полатайко Ю.О. Плавання: Навчально-методичний посібник. –Івано-Франківськ: "Тіповіт", 2004. – 263 с.
32. Полатайко Ю.А. Сезонная особенность variability ритма сердца у спортсменов. // Материалы 2-го Международного симпозиума «Проблемы ритмов в естествознании». –М.: Изд-во РУДН, 2004. – С. 321-322.
33. Радыш И.В., Полатайко Ю.А., Старшинов Ю.П., Ходорович А.М. Сезонная variability сердечного ритма у студентов при ортопробе. // Материалы 2-го Международного симпозиума «Проблемы ритмов в естествознании». – М.: Изд-во РУДН, 2004. – С. 349-350.
34. Полатайко Ю.А. Особенности реакций кардиореспираторной системы человека на воздействие гипоксии в различные сезоны года. // Збірник наукових праць Волинського державного університету ім. Л. Українки. – Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2005. –С. 95-99.
35. Полатайко Ю.А. Динамика физиологической реактивности организма спортсменов в годичном цикле подготовки. –Вестник новых медицинских технологий. –2005. –Т. XII. №1. –С. 79-80.
36. Полатайко Ю.А. Уровень анаэробной работоспособности у спортсменов в различные сезоны года. –Вестник РУДН. –2005. № 2 (30). –С. 134-139.



37. Полатайко Ю.А., Радыш И.В. Хронофизиологические особенности вариабельности сердечного ритма у спортсменов в процессе годичной подготовки. –Вестник новых медицинских технологий. –2005. –Т. XII. №1. – С. 44-47.
38. Полатайко Ю.А. Реактивность кардиореспираторной системы у спортсменов при физической нагрузке максимальной мощности. –Вестник РУДН. –2005. № 2 (30). –С. 140-145.
39. Полатайко Ю.А. Хронофизиологические особенности реакции кардиореспираторной системы у спортсменов на воздействие гипоксии. – Вестник РУДН. –2005. № 2 (30). –С. 197-199.
40. Полатайко Ю.А. Критерії адаптації серцево-судинної і дихальної систем спортсменів. // Мат. конф. «Молода спортивна наука України». –Львів, 2005. – С. 210-215.
41. Полатайко Ю.А., Радыш И.В. Вариабельность сердечного ритма у спортсменов в годичном цикле подготовки. // Вестник Оренбургского государственного университета. –2005. №2. –С. 138-140.
42. Радыш И.В., Полатайко Ю.А., Краюшкин С.И., Старшинов Ю.П. Особенности реакции кардиореспираторной системы человека на воздействие гипоксии в различные сезоны года. –Вестник ВолГМУ. –2005. №2 (14). –С.50-52.
43. Радыш И.В., Полатайко Ю.А., Старшинов Ю.П., Юсупов Р.А., Ходорович А.М. Сезонная реактивность кардиореспираторной системы у человека на воздействие гиперкапнии. // Вестник Оренбургского государственного университета. –2005. –С. 99-102.
44. Агаджанян Н.А., Полатайко Ю.А., Радыш И.В. Хронофизиологическая реактивность кардиореспираторной системы у спортсменов. –Экология человека. –2005. №7. –С.3-6.

**Полатайко Юрий Алексеевич (Украина)**  
**Хронофизиологические особенности адаптивных реакций организма при занятиях циклическими видами спорта**

Работа посвящена изучению физиологической реактивности кардиореспираторной системы на действие физической нагрузки, гипоксии и гиперкапнии у квалифицированных спортсменов занимающимися циклическими видами спорта в различные сезоны года.

Установлено, что при выполнении тестирующей нагрузки постепенно повышающейся мощности «до отказа» спортсмены отличаются как по максимально достигнутому уровню физической работоспособности, так и по максимальному уровню функционирования кардиореспираторной системы.

Показано, что чувствительность вентиляторной реакции к гипоксическому стимулу у легкоатлетов на протяжении года достоверно выше, чем у пловцов.

Выявлено, что наиболее выраженная чувствительность вентиляторной реакции на гиперкапнический стимул наблюдалась весной, а циркуляторной – зимой.

**Yury A. Polataiko (Ukraine)**  
**Chronophysiological features of the adaptiv reactions of the organism by engaged cyclic kinds of sports**

The thesis is devoted to study physiological reactivity cardiorespiratory system on performance loadings, hypoxic and hypercapnic stimulus in the qualified sportsmen by engaged cyclic kinds of sports in the different seasons of year.

Is established, that performance of loadings of the maximal intensity ratio of anaerobic alactic and lactic mechanisms of energy in the qualified sportsmen depends on features of long-term adaptation to training loadings and from seasons of year.

Is revealed, that the sensitivity respiratory reaction on hypoxic stimulus was most expressed in the athletes, than – the swimmer.

Is established, that the most expressed sensitivity respiratory reaction on hypercapnic stimulus in the spring and circulatory – winter was observed.