

Ф. А. ИОРДАНСКАЯ

# ГИПОКСИЯ

В тренировке спортсменов

**ГИПОКСИЯ** и факторы,  
повышающие  
её эффективность



**СОВЕТСКИЙ  
СПОРТ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО**

---

Москва 2015

УДК 796/799  
ББК 75.0  
И75

**Рецензенты:**

**С. Н. Португалов** – зам. генерального директора  
ФНК ФНИИФК, профессор;

**Е. А. Ширковец** – председатель диссертационного  
ученого совета ФНЦ ВНИИФК,  
доктор педагогических наук, профессор

**Иорданская Ф. А.**

И75 Гипоксия в тренировке спортсменов и факторы, повышающие ее эффективность : монография / Ф. А. Иорданская. – М. : Советский спорт, 2015. – 160 стр. : ил.

ISBN 978-5-9718-0778-0

В работе обобщены материалы многолетних экспериментальных исследований по проблеме гипоксии в тренировке спортсменов, проведенных коллективом сотрудников отдела спортивной медицины ВНИИФК. Анализ предпринят с позиции определения факторов, обеспечивающих эффективность работы спортсменов в условиях гипоксии, позволяющих исключить ее возможные негативные последствия.

Для врачей, тренеров и специалистов, работающих со спортсменами высокой квалификации.

**УДК 796/799**  
**ББК 75.0**

ISBN 978-5-9718-0778-0

© Иорданская Ф. А., 2015  
© Оформление. ОАО «Издательство  
“Советский спорт”», 2015

## Оглавление

Введение .....	5
Список использованных сокращений .....	9
1. Гипоксический фактор в повышении функционального состояния организма спортсменов .....	10
2. Возможное повреждающее действие гипоксии на организм .....	19
3. Возраст и устойчивость к гипоксии .....	22
4. Показатели адаптации организма спортсменов и факторы, способные лимитировать их работоспособность в процессе тренировки в среднегорье .....	33
5. Электрокардиограмма спортсменов в условиях гипоксии .....	44
5.1. ЭКГ спортсменов в среднегорье .....	44
5.2. ЭКГ спортсменов в период соревнований в среднегорье и на равнине .....	53
5.3. ЭКГ спортсменов в условиях гипоксической гипоксии в барокамере и среднегорье .....	62
6. Тренировка в среднегорье в подготовке спортсменов игровых видов спорта .....	64
6.1. Тренировка в среднегорье в подготовке волейболистов .....	66
6.2. «Ступенчатое» использование среднегорья и высокогорья в подготовке футболистов .....	73
7. Об использовании задержки дыхания в тренировке бегунов на средние дистанции .....	80
8. Использование носового дыхания в структуре тренировочного процесса в видах спорта с проявлением выносливости .....	88
9. Использование тренировки с дополнительным «мертвым» пространством (маска с удлиненной трубкой) в структуре тренировочного цикла бегунов на средние дистанции .....	94

10. Гипоксическая модель тестирования как метод оценки функционального состояния и индивидуальной устойчивости к работе в гипоксии .....	100
11. Устойчивость к гипоксической гипоксии в процессе развития общей и специальной выносливости у спортсменов .....	112
12. Факторы и условия, обеспечивающие эффективность тренировок спортсменов в условиях гипоксии .....	120
12.1. Условия, обеспечивающие эффективность тренировки спортсменов в среднегорье .....	120
12.2. Условия, обеспечивающие эффективность тренировки с задержкой дыхания .....	130
12.3. Условия, обеспечивающие повышение эффективности тренировки (бег в маске с трубкой) при использовании дополнительного «мертвого» пространства .....	131
12.4. Условия, обеспечивающие эффективность использования носового дыхания в тренировке бегунов .....	133
13. Технологические инновации на службе горной подготовки в спорте и для населения .....	134

## Приложения

1. Динамика индивидуальных показателей адаптации организма волейболистов к тестирующей нагрузке до и после завершения тренировки в среднегорье .....	136
2. План работы команды футболистов в ходе турнира в Боливии на высоте от 1000 до 4000 м над уровнем моря, разработанный и реализованный Ю.П. Семиным .....	144
3. Программа тренировочной работы в беге с носовым дыханием в недельном цикле подготовки, разработанная А. М. Якимовым .....	146
4. Модели структуры беговой работы бегунов на средние дистанции с использованием ДМП, разработанные Л.М. Перминовым .....	147
Литература .....	149

## Введение

Гипоксия – фактор, прочно вошедший в тренировочный процесс спортсменов высокого класса.

Напряженные тренировочные нагрузки сопровождаются развитием двигательной гипоксии.

Олимпийские игры 1968 г. в Мехико на высоте 2200 м над уровнем моря дали мощный импульс экспериментальным исследованиям по изучению гипоксической гипоксии для обеспечения спортивной работоспособности в процессе тренировки и соревнований в условиях среднегорья. Начиная с 1960-х годов на эту тему было опубликовано большое количество работ (Алипов Д.А., 1969; Волков Н.И. и др., 1970; Вайцеховский С.М., 1986; Суслов Ф.П., Гиппенрейтер Е.Б., Холодов Ж.К., 1999; Байковский Ю.В., 2010; Платонов В.Н., 2012 и др.).

С тех пор раздел подготовки спортсменов в условиях среднегорья вошел в программы годовых планов спортсменов, тренирующихся в видах спорта на выносливость.

В них определялись сроки тренировки, продолжительность сборов, место и высота над уровнем моря, повторяемость работы в среднегорье и т.п. При этом главной целью оставалось повышение функциональных возможностей организма и спортивной работоспособности.

В настоящее время созданы новые технологические установки – гипоксантометоды, гипоксиметры, так называемые «гипоксические домики», позволяющие создавать различные варианты гипоксии и горного климата, что способствует расширению возможностей использования гипоксического фактора как в спорте, так и для населения.

В ряде видов спорта, таких как синхронное плавание, плавание, водное поло, прыжки в воду и др., актуальным является использование гипоксического фактора в виде тренировки с задержкой дыхания.

По-прежнему опытные тренеры и педагоги ищут возможности включения в тренировочный процесс инноваций, позволяющих

совершенствовать тренировочный процесс за счет гипоксически-гиперкапнического фактора, в виде масок с удлиненной трубкой, либо за счет перехода на «носовое» дыхание.

На современном этапе развития спорта высших достижений гипоксический фактор прочно занял свое место в системе подготовки спортсменов, являясь мощным средством повышения функциональных возможностей кардиореспираторного и кислородтранспортного обеспечения работоспособности и противостоянием использованию допинговых средств.

Что нового может дать предлагаемая авторами работа в совершенствовании тренировочного процесса с использованием гипоксического фактора?

Среди факторов современного этапа спорта высших достижений следует отнести: рост спортивных результатов, европейских и мировых рекордов и как необходимое условие их обеспечения – повышение объемов и усиление интенсификации тренировочных нагрузок; резкое увеличение числа соревнований (летние и зимние чемпионаты России, кубки России, лига чемпионов, Евролига, кубки Мира, разнообразные коммерческие турниры, международные соревнования и др.), проходящих в разных климатических зонах и часовых поясах; круглогодичный календарь соревнований при нарушении периодизации подготовки; снижение возраста спортсменов высокого класса; возросла психоэмоциональная ответственность за показанные результаты не только перед собой, тренером, командой, руководством федерации, Минспортом, но и перед спонсорами, и рекламодателями.

В целом интенсификация подготовки, напряженность тренировок и соревнований, их психоэмоциональная составляющая существенно возросли, усилив на финише возросших нагрузок и соревнований эффект проявления двигательной гипоксии в обеспечении работоспособности.

Высокий уровень физической и функциональной подготовленности (высокие функциональные возможности кардиореспираторных систем организма, кислородтранспортного обеспечения, вегетативной и гуморально-гормональной регуляции, достаточного метаболического обеспечения скелетных мышц, миокарда, печени, оптимального уровня минеральных солей и микроэлементов и т.д.), позволяющий обеспечить жизнедеятельность организма спортсменов в процессе работы возросшей максимальной мощности.

В сочетании с двигательной гипоксией и гипоксической гипоксией в условиях подготовки в среднегорье суммарный эффект гипоксического фактора на организм спортсмена значительно усиливается и суммируется. И в этих условиях нужно помнить, что острая гипоксия – это фактор, который может оказать повреждающие действия на организм спортсмена.

При этом важно знать и уметь диагностировать показатели тех систем и функций, неадекватно реагирующих на совокупное влияние гипоксической гипоксии в среднегорье и уровень тренировочных нагрузок, вызывающих двигательную гипоксию.

Учитывая существенное омоложение спорта высших достижений, необходимо знание влияния возраста на устойчивость к гипоксии.

Используя тренировку с задержкой дыхания, следует знать, как дозировать продолжительность задержки дыхания и как не допустить неадекватной реакции и возможные нежелательные состояния, обусловленные не четко дозированной задержкой дыхания в процессе работы спортсменов разного возраста.

И, наконец, необходимо знать и выполнять условия, обеспечивающие эффективность тренировки спортсменов с использованием гипоксического фактора.

Указанные выше позиции представлены в данной работе.

Анализируя и обобщая материалы проведенных многочисленных исследований в условиях среднегорья и при использовании гипоксических и гипоксически-гиперкапнических факторов, представим условия, обеспечивающие, с одной стороны, повышение функционального потенциала, а с другой – способные оказывать повреждающие действия на организм спортсмена и, тем самым, не привести к ожидаемому росту спортивных результатов.

Материалы исследований базируются на анализе результатов динамических наблюдений в процессе десяти экспериментальных учебно-тренировочных сборов в условиях среднегорья на высоте от 1700 до 2200 м над уровнем моря (в горах Кавказа – Цахкадзор – 4 сбора продолжительностью до 30–40 дней; Кисловодска – продолжительностью 21 день; Тянь-Шаня, Минк-Куша – 1 сбор продолжительностью 67 дней; Мехико – 2 сбора продолжительностью 30 дней; Черногории – сбор продолжительностью 21 день; Боливии – сбор продолжительностью 14 дней).

В среднегорье тренировались спортсмены высокой квалификации в беге на средние и длинные дистанции, в велоспорте, боксе, гимнастике, волейболе и футболе: 226 спортсменов мужского

го пола в возрасте от 18 до 32 лет, мастера спорта и спортсмены I разряда.

В экспериментальных исследованиях участвовали 125 спортсменов: в двухгодичной тренировке с задержкой дыхания – 28 мастеров спорта, бегунов на средние дистанции; в тренировках с использованием маски с трубкой длиной 50 см – 24 спортсмена I разряда, бегуна на средние дистанции; в беге с «носовым дыханием» – 16 спортсменов. Разработка модели оценки индивидуальной устойчивости к гипоксии изучалась на группе спортсменов в количестве 30 человек. Электрокардиологические исследования в среднегорье проведены на 115, в барокамере – на 27 спортсменах, на равнине – на 190 боксерах.

В работе участвовали высококвалифицированные специалисты – педагоги, тренеры, физиологи, медики, биохимики: С.И. Архаров, Н.И. Волков, Э.М. Матвеева, В.Г. Хволес (раздел 4); Зоран Гайич, Ю.П. Семин (раздел 6); С.И. Архаров, Е.И. Дмитриев (раздел 7); Л.М. Перминов, Н.К. Цепкова, Л.Ф. Муравьева (раздел 9); А.М. Якимов, Н.Н. Марьянов, А.Н. Некрасов (разделы 8, 10, 11).

Автор выражает благодарность всем специалистам, работающим с ним по проблеме гипоксии, и спортсменам, участвующим в экспериментальных учебно-тренировочных сборах и экспериментальных исследованиях.

## Список использованных сокращений

- АД – артериальное давление
- АДФ – аденозиндифосфат
- АЛТ (ALT) – аланинаминотрансфераза
- АСТ (AST) – аспаратаминотрансфераза
- АТФ – аденозинтрифосфорная кислота
- ВЕ – избыток кислот или оснований
- ВНС – вегетативная нервная система
- ВМК – ванилинминдальная кислота
- ДМП – дополнительное «мертвое» пространство
- ЖЕЛ – жизненная емкость легких
- КФ – креатинфосфат
- КФК – креатинфосфокиназа
- КЩР – кислотнo-щелoчное равновесие
- КЩС – кислотнo-щелoчное состояние
- МОД – минутный объем дыхания
- МПК – максимальное потребление кислорода
- НМА – нервно-мышечный аппарат
- $O_2$  – кислород
- ОРУ – общеразвивающие упражнения
- ОФП – общая физическая подготовка
- ПАНО – порог анаэробного обмена
- $CO_2$  – углекислый газ
- ССС – сердечно-сосудистая система
- ЧСС – частота сердечных сокращений
- ЭКГ – электрокардиограмма
- Нб – гемоглобин
- La – лактат
- $P_{CO_2}$  – парциальное давление углекислого газа
- $P_{O_2}$  – парциальное давление кислорода
- $PWC_{170}$  – велоэргометрическая проба
- $R-R_{max}$  – наибольшее значение величины интервала  $R-R$
- $R-R_{min}$  – наименьшее значение величины интервала  $R-R$
- $R-R_{cp.}$  – математическое ожидание  
(средняя величина интервала  $R-R$ )

## 1. Гипоксический фактор в повышении функционального состояния организма спортсменов

Для нормальной деятельности организма человека необходимо постоянное поступление кислорода ( $O_2$ ), воспроизводство энергии, а следовательно, постоянная работа газотранспортных систем (дыхания, кровообращения) и системы биологического окисления. В случае нарушения деятельности этих систем возникает **эндогенная гипоксия** (Noreen R., Henig David J., Pirson, 2000).

Гипоксия может быть обусловлена различными нарушениями.

- **Дыхательная, или респираторная, гипоксия** возникает в результате нарушения газообменной функции легких при нормальном парциальном давлении  $O_2$  ( $P_{O_2}$ ) в атмосферном воздухе, вследствие затруднения проникновения  $O_2$  в кровь через дыхательные пути либо при понижении  $P_{O_2}$  в воздухе. Практически любые тяжелые нарушения внешнего дыхания могут вызвать респираторную гипоксию. При дыхательной гипоксии развивается гипоксемия, сопровождающаяся метаболическим ацидозом. Гиперкапния способствует стимуляции внешнего дыхания и кровообращения. Однако при высокой степени увеличения двуокси углерода усугубляется респираторная гипоксия (Piiper I, 1967; Чоговадзе А.В., 1984).

- **Циркуляторная гипоксия** возникает в результате снижения объемной скорости кровотока, что приводит либо к уменьшению притока артериальной крови к тканям, либо к затруднению оттока венозной крови от тканей. Обычными причинами циркуляторной гипоксии являются сердечная недостаточность, сосудистая недостаточность или гиповолемия. Последняя может приводить к сердечной недостаточности вследствие уменьшения притока крови к сердцу и к сосудистой недостаточности вследствие несоответствия сосудистого тонуса объему циркулирующей крови. Снижение объемной скорости кровотока при циркуляторной гипоксии сопровождается уменьшением  $O_2$  в венозной крови, а также увеличенной артериовенозной разницей по  $O_2$ . Обычно

гипоксия данного типа приводит к появлению метаболического ацидоза (Рябов Г.А., 1988).

- **Гемическая гипоксия** связана с большим снижением эритроцитов либо инактивацией гемоглобина.

Гипоксия может возникать и при нормальном составе окружающей газовой среды, и при нормальной деятельности системы, транспортирующих  $O_2$  в клетки. Она развивается в том случае, если нарушается утилизация  $O_2$  в процессе биологического окисления. Кислородное голодание данного типа называется **тканевой гипоксией**. Недостаточность биологического окисления может быть следствием снижения интенсивности окислительных процессов или же уменьшения эффективности биологического окисления. Ослабление окислительных процессов возникает в результате снижения активности дыхательных ферментов, ослабления их образования, изменений свойств мембран митохондрий и др. (Koistinen O., Rusko H., Irjala K., 2000).

- **Гипоксемия** – это состояние, при котором  $P_{O_2}$  в артериальной крови меньше нормального ( $< 60$  мм рт. ст.). Гипоксемия возникает вследствие непопадания кислорода в кровь. Гипоксия тканей возникает вследствие того, что клеткам не хватает  $O_2$  для выполнения функции метаболизма. Хотя гипоксемия (слишком маленькое поступление кислорода в кровь) обычно является причиной гипоксии тканей, существуют другие состояния, которые прерывают поступление кислорода в кровь и приводят к гипоксии.

Основными механизмами гипоксемии являются: низкий уровень  $O_2$ , гиповентиляция, нарушение соотношения перфузии–вентиляции, сброс крови «справа налево».

Первый механизм гипоксемии возникает при наличии неблагоприятной окружающей среды. Низкое давление вдыхаемого кислорода возникает как результат уменьшения фракции вдыхаемого кислорода ( $FiO_2$ ) по сравнению с нормой ( $FiO_2 < 0,21$ ) при нормальном барометрическом давлении.

Гиповентиляция является вторым фактором, который приводит к гипоксемии.

Среди всех механизмов гипоксемии нарушение соотношения вентиляции и перфузии (В/П) является наиболее распространенным, хотя и самым сложным. В нормальных легких В/П равняется 1. Гипоксемия имеет место при уменьшении В/П.

Четвертым механизмом гипоксемии является сброс крови «справа налево». У здоровых пациентов физиологический сброс

5% от сердечного выброса возникает вследствие циркуляции крови через бронхи, где она скапливается непосредственно в легочных венах.

Внелегочный сброс возникает в сердечно-сосудистой системе (ССС). Внутрисердечный сброс возникает при наличии дефекта межпредсердной или межжелудочковой перегородки или незапирании артериального протока. Данные дефекты обычно приводят к сбросу крови «слева направо», так как левое сердце более мощное. Если правое сердце создает давление больше, чем в левом сердце, то кровь начинает перетекать в обратную сторону и возникает сброс «справа налево».

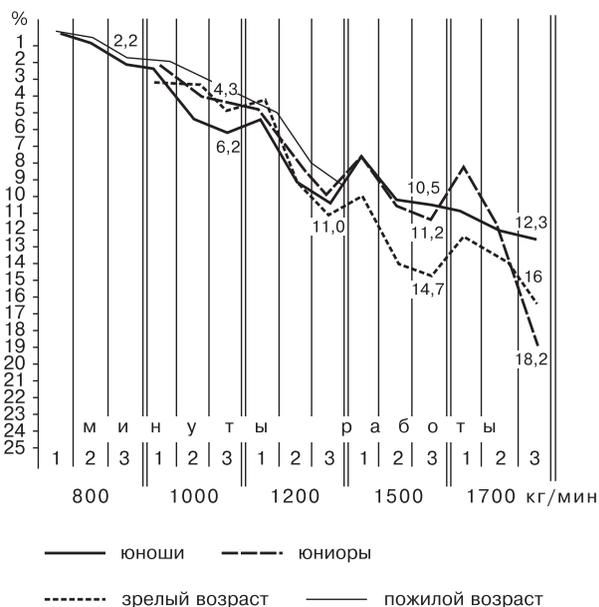
- Наряду с перечисленными видами гипоксии, была выделена и **гипоксия нагрузки**. При усилении функции мышц и недостатке кислорода сочетание гипоксии нагрузки с гипоксической гипоксией может быть эффективным и способствует повышению работоспособности спортсмена (Волков Н.И., 1990; Колчинская А.З., 1993; Платонов В.Н., Булатова М.М., 1993).

В целях изучения гипоксии нагрузки проведены исследования в лабораторных условиях динамики снижения уровня оксигенации крови в процессе работы на велоэргометре ступенеобразно повышающейся мощности от 800–1000–1200–1500–1700 кгм/мин и выше у четырех групп спортсменов (юношей, юниоров, зрелого возраста и пожилых спортсменов).

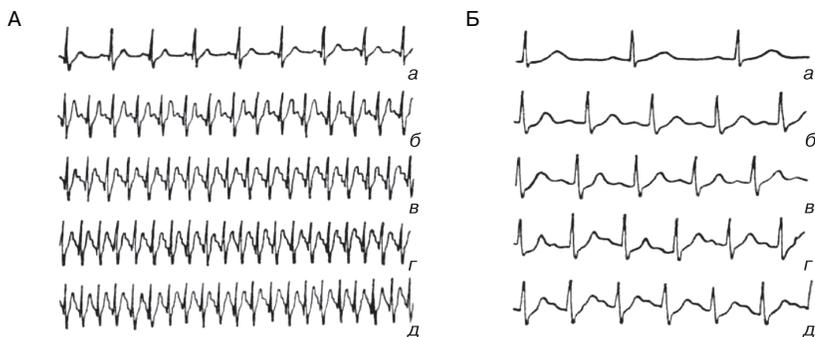
По мере повышения мощности нагрузок в диапазоне от 800 до 2000 кгм/мин происходит прогрессирующее падение оксигенации (рис. 1). Возрастные различия выявляются лишь при работе средней и большой мощности, причем у спортсменов зрелого возраста и юниоров падение выражено больше (в среднем на 18%). Имеется большой разброс индивидуальных данных.

Как видно из рисунка, в работе субмаксимальной мощности развивается гипоксия при снижении оксигенации на 18–23%. В условиях среднегорья в работе мощностью 1600 кгм/мин снижение оксигенации достигает 32–33% (табл. 3).

При индивидуальном анализе 110 динамических электрокардиограмм (ЭКГ) была выявлена связь обнаруженных ЭКГ-изменений с динамикой поглощения кислорода, особенно с величиной кислородного пульса. На рис. 2 (А, Б) приводится серия ЭКГ спортсменов разного возраста, заснятых в процессе испытания, свидетельствующая о влиянии гипоксии нагрузки на работу сердца.



**Рис. 1.** Снижение насыщения артериальной крови O<sub>2</sub> (от 96%) в процессе ступенеобразно повышающихся нагрузок



**Рис. 2.** Изменение ЭКГ в процессе работы повышающейся мощности:

А – у спортсмена Г., 18 лет:

- а – исходные данные,
- б – 3-я мин работы мощностью 800 кгм/мин,
- в – 3-я мин работы мощностью 1000 кгм/мин,
- г – 3-я мин работы мощностью 1200 кгм/мин,
- д – 3-я мин работы мощностью 1500 кгм/мин

Б – у спортсмена В., 20 лет:

- а – исходные данные,
- б – 3-я мин работы мощностью 1000 кгм/мин,
- в – 3-я мин работы мощностью 1200 кгм/мин,
- г – 3-я мин работы мощностью 1500 кгм/мин,
- д – 3-я мин работы мощностью 1700 кгм/мин

Интегральным показателем резистентности организма к измененным условиям внутренней среды является максимальная мощность работы. Согласно данным, у юношей в преобладающем большинстве случаев она находилась в пределах 1500 кгм/мин, только в 12% случаев достигала 1700 кгм/мин.

В группе спортсменов зрелого возраста увеличивался процент (68%) случаев работы мощностью 1500–1700 кгм/мин, а у отдельных спортсменов мощность работы достигала 2000 кгм/мин (14%). У лиц пожилого возраста она не превышала 1200 кгм/мин (в 24% случаев она не превосходила 800 кгм/мин).

Предельно высокая мощность работы для каждой возрастной группы отмечается у наиболее подготовленных спортсменов, отличающихся высокой выносливостью.

Рассмотренное выше разделение гипоксии на различные типы является условным. Обычно гипоксическое состояние, наблюдаемое при выполнении физической нагрузки субмаксимальной мощности, развивается вследствие различных причин и является смешанным (Агаджанян Н.А., Миррахимов М.М., 1970).

При действии гипоксических факторов в организме очень быстро возникают защитно-приспособительные реакции, направленные на предупреждение или устранение гипоксии, сохранение обмена веществ и гомеостаза на нормальном уровне.

В период экстренной адаптации гипоксия проявляет свойства сигнала, активирующего сложную по организации функциональную систему, обеспечивающую поддержание биологического окисления в тканях (Меерсон Ф.З., 1973).

Происходит активация дыхания: повышается альвеолярная вентиляция, усиливается легочный кровоток и повышается перфузное давление в легочных капиллярах, возрастает проницаемость альвеолярно-капиллярных мембран и т.д. Стимулируется кровообращение, что проявляется тахикардией, увеличением ударного объема сердца и минутного объема крови и потока  $O_2$  к мозгу и сердцу (Бреслав И.С., Иванов А.С., 1990).

Активируется система крови, происходит выброс эритроцитов из депо, усиливается эритропоэз, возрастает диссоциация оксигемоглобина в тканях и т.д.

Перестраиваются и метаболические системы, в результате чего поддерживается энергетический баланс клеток: повышается активность ферментов дыхательной цепи, может увеличиваться сопряженность биологического окисления, активируется анаэробный гликолиз (Барбашова З.И., Григорьева Г.И., 1964).

Долговременная адаптация организма к гипоксии формируется в результате периодически повторяющейся экстренной адаптации, вследствие чего организм приобретает индивидуальный опыт борьбы с гипоксией. Это состояние характеризуется повышенной устойчивостью организма к гипоксии. Адаптация к гипоксической гипоксии повышает как специфическую, так и общую резистентность организма.

Медико-биологическими исследованиями последних лет выявлено, что высокая работоспособность бегуна в условиях выраженного отклонения гомеостаза в значительной степени зависит от индивидуальной устойчивости организма к воздействию гипоксического фактора. Установлено, что спортсмены, обладающие низкой индивидуальной устойчивостью к гипоксии, не могут ускоряться на финише. Считают, что гипоксическая тренировка способствует развитию специальной выносливости бегунов на средние дистанции, это проявляется в экономизации реакции дыхания, кровообращения, энергетического обмена, и как следствие – повышается устойчивость к гипоксии (Колчинская А.З., 1991; Terrados N., 1992).

Для целенаправленного увеличения резистентности к кислородной недостаточности специалистами разработан ряд методов, а именно: тренировка в среднегорье, барокамере; искусственная задержка дыхания, дыхание смесями, обедненными кислородом, и дыхание в дополнительное «мертвое» пространство – ДМП (Алипов Д.А., 1969; Сулов Ф.П., Гиппенрейтор Е.Б., Холодов Ж.К., 1999; Платонов В.Н., 2012; Архаров С.И., Якимов А.М., 2012 и др.).

По данным Н.А. Гадзиевского, Д.А. Полищука, Р.Я. Левина, гипоксия нагрузки, отягощенная гипоксической гипоксией (тренировка в среднегорье), приводит в результате развития компенсаторных реакций к совершенствованию систем биоэнергетики, дыхания, кровообращения, тканевых механизмов, вследствие чего повышается работоспособность спортсменов.

Взаимосвязь тренировки в условиях среднегорья с повышением спортивных результатов установлена в значительном количестве исследований (Вайцеховский С.М., 1968; Иванов А.С., Зима А.Г., 1970; Фруктов А.Д., Степанова Е.С., Фарфель В.С., Головина Л.Л., 1976; Lange G., 1986; Сулов Ф.П. и др., 1999; Радченко А.С., Чургинов О.А., Шеянов О.М., 2012 и др.). Авторы считают, что в условиях среднегорья быстро образующийся кислородный долг приводит к возникновению ацидоза с дыхательной

компенсацией, в результате гипервентиляции происходит усиление вымывания углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) и выделение его через легкие, далее изменения состава крови, скорости кровотока, повышение эффективности тканевых и молекулярных механизмов энергообеспечения. Однако, по данным Д.А. Полищука, прирост спортивных результатов наблюдается лишь на 30–31-й день пребывания в среднегорье, а до 20-го дня происходит перестройка функциональных систем организма.

Таким образом, метод активной адаптации организма спортсмена к гипоксии вследствие тренировки в среднегорье приводит к значительному расширению функциональных возможностей организма и улучшению спортивно-технических результатов.

Тренировка в условиях среднегорья сопровождается увеличением способности тканей и органов утилизировать кислород из гипоксической среды:

- легочной вентиляции;
- сердечного выброса;
- содержания гемоглобина в крови;
- количества эритроцитов;
- количества миоглобулина;
- размера и количества митохондрий;
- количества окислительных ферментов.

Факторы, лимитирующие работоспособность:

- потребление кислорода и закисление (накопление лактата крови) при стабилизации или снижении частоты сердечных сокращений (ЧСС);
- дефицит макроэргов и увеличение потенциала фосфорилирования;
- усиление процессов фосфорилирования и повышение выработки митохондриями аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ).

В.В. Матов, И.Д. Суркина (1968), Н.А. Агаджанян (1983) отметили повышение функциональных возможностей спортсменов при применении метода повторных подъемов в камере низкого давления. Было установлено, что при подъеме на 5000 м минутный объем дыхания (МОД) возрастает на 90%, глубина дыхания увеличивалась на 100–400 мл, частота – на 2–3 дыхания в мин. Однако пассивная адаптация к гипоксии в барокамере дает небольшой и кратковременный эффект.

Тренировка с искусственной задержкой дыхания позволила сократить объем тренировочных нагрузок и повысить спортивные результаты при подготовке лыжников, пловцов и бегунов на

средние дистанции (Архаров С.И., 1967; Слогуб С.Л., 1998; Якимов А.М., 2009). Авторы доказали, что этот метод может быть использован на равнине для подготовки спортсменов к состязаниям в среднегорье.

Е. Каунсильмен\* (1982) также установил, что в группе пловцов, тренировавшихся с задержкой дыхания, уровень максимального потребления кислорода (МПК) возрос на 16,6%, а в контрольной группе лишь на 5,5%. При этом у испытуемых не было обнаружено изменение объема сердца, количества эритроцитов и гемоглобина в крови. Автор полагает, что повышение МПК связано с улучшением капилляризации мышц, повышением эффективности внутриклеточных обменных процессов и способности вырабатывать большое количество энергии в единицу времени.

В последнее время в практике подготовки спортсменов широко стал применяться метод вдыхания гипоксически-гиперкапнических смесей (Глазачев О.С., Дудних Е.Н., Ярцева Л.А., 2010).

Н.А. Агаджанян, А.И. Елфимов (1983) выявили, что при использовании гипоксической смеси (15–16% O<sub>2</sub>) в тренировочном процессе показатели физической работоспособности у испытуемых повышались на 29%, а в контрольной группе на 12–15%, при вдыхании гипоксически-гиперкапнической смеси (1–2% CO<sub>2</sub> и 14–15% O<sub>2</sub>) было зарегистрировано увеличение работоспособности на 34%, тогда как в контрольной группе на 15%.

Таким образом, гипоксическая гипоксия в сочетании с физической нагрузкой является наиболее перспективной в повышении адаптации резервов организма, но предлагаемый метод гипоксической тренировки (в среднегорье, барокамере) не всегда приемлем и недоступен для массового применения.

Наиболее доступен для спортивной практики метод гипоксической тренировки с применением специальных масок, создающих ДМП.

Установлено, что при дыхании через маску в организме спортсмена действуют два фактора: сопротивление дыханию и наличие «мертвого» пространства.

Исследованиями В.С. Фарфеля (1965); А.М. Перминова (1994), проведенными на взрослых спортсменах, выявлено, что

---

\* Е. Каунсильмен (один из ведущих тренеров сборной команды пловцов США) ввел гипоксическую тренировку в систему подготовки пловцов.

дыхание через ДМП во время работы значительно отягощается деятельностью дыхательного аппарата, при этом изменяется газовый состав воздуха, концентрация кислорода снижается с 13,9 до 11,3%, а содержание углекислоты увеличивается с 5,0 до 5,9%.

По данным Д.И. Тулевича, интенсивные 2–3-минутные упражнения с применением ДМП значительно более эффективны, чем длительная, но малоинтенсивная работа. Автор отметил значительное увеличение силы дыхательных мышц на вдохе и, как следствие, повышение вентиляторных возможностей респираторной системы.

М.А. Артыков в специальном исследовании установил, что на каждые 500 мл ДМП прирост легочной вентиляции составляет 10 л/мин, при этом МОД увеличивается, главным образом, за счет глубины вдоха при относительно постоянной частоте дыхательных движений.

Выявлено, что применение ДМП увеличивает механическую нагрузку на дыхательную мускулатуру. При беге в маске работа дыхательных мышц составляет 70 кг · м/мин, а без маски 52 кг · м/мин, при этом увеличивается возможность дыхательного аппарата (увеличение жизненной емкости, мощности форсированного вдоха и т.д.), что приводит к тренировке дыхательных мышц, особенно диафрагмы, при акте дыхания увеличивается ее мощность, что в конечном счете способствует увеличению «насосной» функции сердца.

Механизм приспособления к работе в условиях гипоксической гипоксии в целом заключается в ряде функциональных и морфологических изменений, направленных на удержание  $P_{O_2}$  в капиллярной крови на близком к норме уровне. Эти изменения заключаются, главным образом, в увеличении количества эритроцитов и содержании Hb, кислородной емкости крови, эффективности дыхания и кровообращения. С другой стороны, тренировка в маске способствует быстрому процессу закисления крови, в связи с чем тренируются защитные свойства организма (буферные основания). Так, по данным В.Г. Семенова, И.К. Шашкевича, Э.В. Косенкова (1978), показатели кислотно-щелочного равновесия (КЩР) при использовании ДМП имели тенденцию к углублению метаболического ацидоза. При мышечной работе положительное взаимодействие между гипоксическим и гиперкапническими стимулами явно усиливается, причем этот потенцирующий эффект гипоксии оказывается тем значимее, чем больше нагрузка, т.е. находится в прямой связи с уровнем метаболических процессов.

Месячный цикл тренировок с применением ДМП улучшает функциональное состояние ССС взрослых спортсменов, повышает резистентность к высотной гипоксии, работоспособность и переносимость интенсивности нагрузок. Установлено, что такая тренировка улучшает показатели дыхательной и гемодинамической функций, эффект сохраняется в послетренировочном периоде до 20–25 суток.

## 2. Возможное повреждающее действие гипоксии на организм

Гипоксия является одним из наиболее распространенных патологических процессов. В основе ее повреждающего действия на организм лежит уменьшение в клетках содержания АТФ при одновременном увеличении концентрации продуктов его распада. В некоторых органах (мозге, сердце) при гипоксии особенно быстро снижается уровень содержания другого макроэргического соединения – креатинфосфата (КФ). Запас АТФ в клетках практически отсутствует, и указанные выше нарушения обусловлены отставанием синтеза АТФ в процессе биологического окисления от его расходования в процессе жизнедеятельности клеток. Степень снижения уровня АТФ и КФ в клетках зависит от скорости развития и тяжести гипоксии, а также от уровня функциональной активности клеток, их потребности в  $O_2$  и энергии.

С увеличением высоты и снижением  $P_{O_2}$  нарастают гипоксические явления, снижается количество  $O_2$  в альвеолярном воздухе и ухудшается снабжение ткани  $O_2$ .

В зависимости от степени гипоксии уменьшается как  $P_{O_2}$  в крови, так и насыщение гемоглобина  $O_2$ . Уменьшается градиент давления кислорода между капиллярной кровью и тканями, ухудшается переход кислорода в ткани. Интенсивность транспорта кислорода из артериальной крови в ткани зависит от градиента давления кислорода в крови и тканях. В обычных условиях  $P_{O_2}$  артериальной крови составляет 94 мм рт. ст., а  $P_{O_2}$  тканей – 20 мм рт. ст., разница – 74 мм рт. ст. На высоте 2400 м над уровнем моря  $P_{O_2}$  тканей остается неизменным 20 мм рт. ст., а  $P_{O_2}$  артериальной крови снижается до 60 мм рт. ст. Градиент давления снижается почти в 2 раза (Wilmore, Costill, 2004).

Следствием указанных изменений энергетического баланса при гипоксии являются многообразные нарушения всех форм

обмена веществ, в тканях происходит усиление анаэробного гликолиза из-за устранения ингибирующего влияния АТФ на гликолитические ферменты и повышения их активности под влиянием продуктов распада АТФ и др.

В результате усиления гликолиза происходит истощение запаса гликогена и накопление пировиноградной и молочной кислоты в клетках. Накопление лактата в клетках и крови способствует снижению его утилизации и дальнейшему расщеплению в цикле трикарбоновых кислот, а также ослаблению ресинтеза гликогена из молочной кислоты.

Избыток молочной, пировиноградной и других органических кислот приводит к возникновению метаболического ацидоза, который становится одним из факторов повреждающего действия гипоксии на клетки и органы (Миррахимов М.М., Гольдберг В.Н., 1978).

В работе по изучению рисков для здоровья спортсменов, тренирующихся в условиях гипоксии, выполненной группой авторов (Schommer K., Menold E., Subudhi AW., Bärtsch P., 2012), показано, что основные угрозы, которые несут пребывание в условиях недостатка кислорода, – это горная болезнь.

На высотах более 4000 м могут возникать отеки мозга, а при быстрых подъемах и пребывании на этих высотах в течение 2–3 дней возможен и отек легких.

Риск развития горной болезни у спортсменов, тренирующихся на высоте 1950–2500 м, проявляется неспецифическими симптомами, такими как мигрень, потеря аппетита, тошнота, бессонница, головокружение, периферические отеки, проявляющимися в первые дни пребывания на высоте.

Авторы утверждают, что горная болезнь не представляет собой серьезной проблемы для подавляющего большинства атлетов на высоте 2000–2500 м. В то же время в работе приводятся факты проявления симптомов горной болезни у отдельных спортсменов, особенно старшего возраста.

Кислородная емкость крови при подъеме в горы увеличивается, однако с определенного уровня высоты начинает снижаться объем крови за счет уменьшения плазмы. На высоте 4000 м эта недостаточность не устраняется в течение месяца.

Возросшая вязкость крови на высоте свыше 2800 м является фактором, лимитирующим спортивную работоспособность в условиях больших высот.

МПК у высококвалифицированных спортсменов снижается уже на высоте 900 м.

В горной местности в период острой акклиматизации в течение 7–8 дней нарушается тонкая координация движений, что связано с расстройством стереотипии двигательного навыка.

Система координации нарушается прежде всего под воздействием умеренной гипоксии, а также в новых условиях разреженности воздушной среды.

Результаты наблюдений большей части специалистов, проводивших исследования на квалифицированных спортсменах, свидетельствуют о снижении работоспособности в условиях среднегорья и высокогорья в соревновательных и тренировочных упражнениях продолжительностью свыше 2 мин.

На высоте 1800 м это снижение составляет 4–6%, 2200–2300 м – 8–11% и 3300–3500 м – 18–30%.

Наряду с явлениями снижения работоспособности человека при подъеме в горы имеются сведения о патологических изменениях, вызванных напряженной мышечной работой на определенных высотных уровнях.

В условиях гипоксической гипоксии на фоне больших тренировочных нагрузок, превышающих функциональные возможности спортсмена и сопровождающихся двигательной гипоксией, указанные выше механизмы острой гипоксии могут способствовать возникновению симптомов нарушения адаптации организма спортсмена, таких как:

- снижение оксигенации крови;
- снижение аэробных компонентов энергообеспечения работы и усиление анаэробных;
- снижение кислородного пульса;
- ухудшение метаболизма миокарда, нарушение возбудимости и проводимости сердца;
- ухудшение метаболизма скелетных мышц, ферментов трансаминаз;
- нарушение координации;
- нарушение восстановления и другие нарушения, а также симптомы гетерохронизма отдельных систем и функций в реакции обеспечения работоспособности, повлекшего в итоге к снижению работоспособности.

Проведенные экспериментальные исследования и динамические наблюдения в процессе тренировки спортсменов в условиях гипоксии позволят диагностировать и определить факторы, требующие коррекции, а также определить условия, повышающие эффективность работы в условиях гипоксии.

### 3. Возраст и устойчивость к гипоксии

Реакция на гипоксию зависит от многих факторов, среди которых немаловажное значение имеют изменения функциональных свойств организма на различных этапах онтогенеза.

Еще в XIX в. Р. Vert (1878), а в дальнейшем многие современные исследователи отметили большую резистентность к гипоксии у новорожденных по сравнению с лицами зрелого возраста (Сиротинин Н.Н., 1936, 1937; Вайль В.С., 1940; Карасик В.М., 1940; Колчинская А.З., 1949; Лауэр Н.В., 1959 и др.).

Возрастная устойчивость к гипоксии широко изучается в условиях лабораторного исследования, при этом в качестве модели гипоксической гипоксии чаще всего пользуются разнообразными вариантами пробы с задержкой дыхания (на вдохе, на выдохе) и дыханием в замкнутое пространство (различного объема) с одновременной и непрерывной регистрацией уровня насыщения артериальной крови кислородом.

Контроль за состоянием обследуемых осуществляется визуально (по внешним проявлениям гипоксического состояния), по степени снижения оксигенации крови и изменениям ЭКГ. Показаниями для прекращения испытания служат выраженное урежение сердечных сокращений, иногда – сменяющее начальное учащение ритма, нарушение ритма сердца, удлинение проводимости.

Оценка устойчивости к гипоксии проводится с учетом продолжительности фаз – устойчивой, гипоксемической, восстановительной – и по изменению их соотношения, глубине падения уровня оксигенации крови, градиенту падения и восстановления, форме кривой падения.

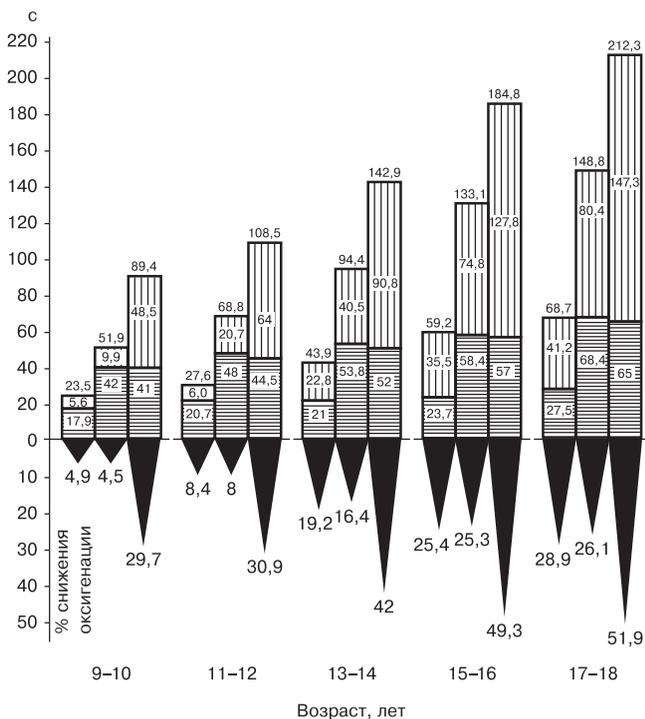
Проба с задержкой дыхания на вдохе проводится на максимальном вдохе после предварительных глубоких вдоха и выдоха; задержка дыхания на глубоком выдохе – после усиленного вдоха. Для проведения пробы с дыханием в замкнутое пространство испытуемый после глубоких вдоха и выдоха делает полный вдох, после чего выдыхает весь воздух в большой резиновый мяч (из которого воздух полностью удален) и далее продолжает дышать воздухом, находящимся в мяче.

Считают, что проба с задержкой дыхания позволяет в большей степени судить о способности к тормозным реакциям, чем о возможности переносить нарушения газового состава крови (в отношении последнего лучше ориентирует проба с дыханием в замкнутое пространство). Стремительность гипоксических сдвигов за короткое время указывает на необходимость большой

осторожности при проведении у детей пробы с дыханием в замкнутое пространство.

По нашим данным, как и по данным других исследователей, возраст оказывает существенное влияние на основные показатели устойчивости к гипоксии при проведении гипоксических проб (рис. 3). С повышением возраста детей более или менее существенно увеличивается общая продолжительность задержки дыхания и составляющих его фаз, повышается процент падения уровня оксигенации (Гандельсман А.Б. и др., 1957–1959, 1965; Саснаускайте Е.П., 1959; Эголинский Я.А., 1959; Войтешек П., 1960 и др.; Выходов Г.Ф., 1961).

Зависимость устойчивости к гипоксии от возраста определяется как у юных спортсменов, так и у детей, не занимающихся спортом.



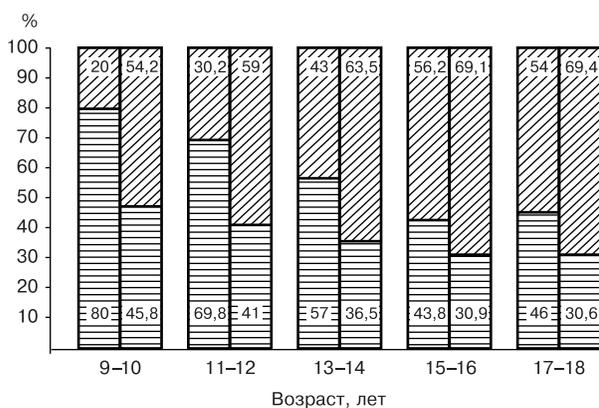
**Рис. 3.** Показатели гипоксических проб у спортсменов школьного возраста:

в каждой группе первый столбик – продолжительность пробы (с) с задержкой дыхания на выдохе, второй столбик – на вдохе, третий – с дыханием в замкнутое пространство. Внизу от нулевой линии – процент снижения уровня оксигенации;

*продольная штриховка* – гипоксемическая фаза,

*поперечная штриховка* – устойчивая фаза (по Е.И. Дмитриеву, 1967)

Согласно нашим данным, по мере повышения возраста удлинение гипоксемической фазы значительно обгоняет увеличение продолжительности устойчивой фазы, что приводит к перераспределению их удельного веса в общей продолжительности пробы (рис. 4). Такой сдвиг в сторону увеличения гипоксемической фазы можно расценить как проявление повышения устойчивости к гипоксии с возрастом. Следует, однако, подчеркнуть, что в возрасте 17–18 лет при увеличении общей продолжительности пробы соотношение фаз, по сравнению с возрастом 15–16 лет, не меняется, так как устойчивая фаза удлиняется в большей степени, чем в предыдущие периоды.



**Рис. 4.** Соотношение продолжительности устойчивой (*поперечная штриховка*) и гипоксемической фазы (*косая штриховка*) у детей разного возраста

Подростки и юноши 14–17 лет, по данным Я.А. Эголинского, не уступают лицам зрелого возраста по показателям устойчивости к гипоксии, а в возрасте 16–17 лет обладают даже несколько большей устойчивостью. Г.Ф. Выходов (1961), изучая оксигеметрию при задержке дыхания на вдохе у детей 10–15 лет, обнаружил, что чем старше дети, тем продолжительнее у них задержка дыхания, устойчивая фаза и тем больший процент снижения уровня оксигенации. А.Б. Гандельсман и Н.Б. Прокопович (1965) на основании своих исследований пришли к выводу, что способность детей переносить гипоксемические сдвиги (пробы с дыханием в замкнутое пространство) при сохранении нормального ритма дыхательных движений весьма значительна.

Согласно нашим наблюдениям, у юных спортсменов от 15 до 19 лет определяются очень значительные индивидуальные колебания: так, задержка дыхания у некоторых из них прекращается при весьма небольшом (на 2–3%) снижении уровня насыщения артериальной крови кислородом, и в большинстве случаев у них укорочена фаза устойчивого состояния. Вместе с тем в каждой возрастной группе спортсменов имеется до 10% лиц, у которых продолжительность фазы устойчивого состояния, особенно общая продолжительность задержки дыхания, значительно выше (на 100–200%), чем у остальных. Однако, по средним данным, общая продолжительность задержки дыхания и фазы устойчивого состояния у юношей от 15 до 19 лет колеблется в относительно узких пределах (при большой величине квадратического отклонения).

По сравнению с юношами группа спортсменов 20–27 лет имеет относительно более высокую продолжительность фазы устойчивого состояния, а также общую продолжительность задержки дыхания и соответственно этому глубину падения уровня насыщения артериальной крови кислородом.

У спортсменов среднего и пожилого возраста также наблюдается большой диапазон индивидуальных колебаний степени изменения оксигенации и длительности задержки дыхания; однако у них почти никогда не отмечается прекращения задержки дыхания при слабом снижении уровня насыщения артериальной крови кислородом. У них заметно выше, чем у юношей, средние величины продолжительности задержки дыхания, фазы устойчивого состояния; соответственно более значительно снижение оксигенации. Средний градиент падения уровня оксигенации, т.е. среднее снижение содержания кислорода в крови за 10 с задержки дыхания (по Е.К. Жукову), не имеет существенных различий в разных возрастных группах. Напротив, градиент восстановления несколько выше у спортсменов зрелого возраста, по сравнению с юношами, и заметно выше у пожилых спортсменов, по сравнению с лицами того же возраста, начавшими заниматься в группах общей физической подготовки (ОФП).

Проба с задержкой дыхания вызывает ряд изменений ЭКГ. Некоторые из них отражают защитно-приспособительные реакции организма к условиям гипоксии, а другие – нарушения нормального хода биохимических процессов в сердечной мышце. В частности, изменение ЧСС можно рассматривать как один из важнейших показателей приспособления и устойчивости к гипоксии.

Наиболее частый признак при гипоксической пробе – изменение ритма сердечной деятельности; направленность этих изменений неодинакова у различных возрастных групп обследованных. В возрасте от 15–16 до 20 лет замедление ритма определялось в 40–44% наблюдений, от 20–27 лет – в 28%, у спортсменов пожилого возраста – в 18%. Учащение соответственно в 23–37, 49 и 61% наблюдений. Учащение, переходящее в замедление, отмечалось у молодежи в среднем в 5% наблюдений, у пожилых – в 13%.

Не удается установить связь между характером изменения ритма сердечной деятельности и продолжительностью задержки дыхания. Так, при большой длительности задержки дыхания (превышающей 0,5–1 от средних данных для соответствующей возрастной группы) у юношей чаще было замедление ритма, а у лиц зрелого возраста – его ускорение. Точно так же при относительно короткой задержке дыхания (на 0,5–1 ниже средних данных соответствующей возрастной группы) у юношей чаще наблюдалось замедление ритма, а у спортсменов зрелого возраста – его учащение. Вместе с тем в отдельных случаях при особо длительной задержке дыхания вначале наступившее отчетливое учащение ритма сменялось его замедлением. Ритм обычно не менялся при кратковременной задержке дыхания.

Учащение ритма сердечной деятельности в связи с гипоксией объясняют угнетением парасимпатической нервной системы, а последующее замедление – ее возбуждением (Кох, 1936; цит. по А.Г. Дембо 1991; Тихвинский С.Б., Хрущев С.В., 1991; Бутченко Л.А., Кушакова М.С., 1993). Первичное учащение ритма Е.К. Жуков рассматривает как разгрузочный рефлекс, вызванный увеличенным притоком крови к правому, а затем к левому желудочку. Замедление ритма при длительной задержке дыхания может зависеть от возрастания внутригрудного давления, а также от воздействия на сердечно-сосудистые нервные центры тормозного состояния дыхательных центров. Вторичное учащение пульса в конце задержки дыхания может быть результатом рефлекса  $\beta$ -хеморецепторов сосудов, раздраженных изменением газового состава крови. А.Б. Гандельсман, отрицая факт нарастания внутрижелудочкового давления при задержке дыхания, объясняет урежение пульса уменьшением потока импульсов от рецепторов органов дыхания. При оценке изменения ритма сердечных сокращений в связи с гипоксемией нужно учесть установленную в ряде исследований связь учащения ритма с усилением

возбудительных процессов в коре головного мозга и, напротив, замедление ритма – с усилением тормозных процессов. По данным Г.В. Алтухова и В.Б. Малкина (1952), повышение ЧСС при гипоксемии совпадает по времени с усилением  $\beta$ -волн по данным энцефалограммы.

Учащение ритма сердечных сокращений (нечрезмерное) рассматривается как один из признаков хорошего приспособления к гипоксемии, а замедление с последующим появлением узлового ритма (в результате нарушения синусового ритма и смещения ведущего очага возбуждения в предсердие или атриовентрикулярный узел) – как результат нарастания вегетативных нарушений (Малкин В.Б., 1960). Менее выраженное учащение ритма у детей, чем у лиц зрелого возраста, рассматривается как проявление невысокой устойчивости к гипоксемии (Малкин В.Б., 1960). Заметное урежение ритма наряду со снижением зубцов  $T$ ,  $R$ , смещением интервала  $S-T$  и некоторыми другими признаками наблюдается при тяжелых формах гипоксии. При «подъеме» обследуемых на 5000 м Н.Г. Мищенко (1940) наблюдал у них урежение пульса, которое рассматривалось им как признак выраженной степени артериальной гипоксемии; при незначительной гипоксемии пульс не менялся, при большой – учащался, еще при бóльшей – урежался.

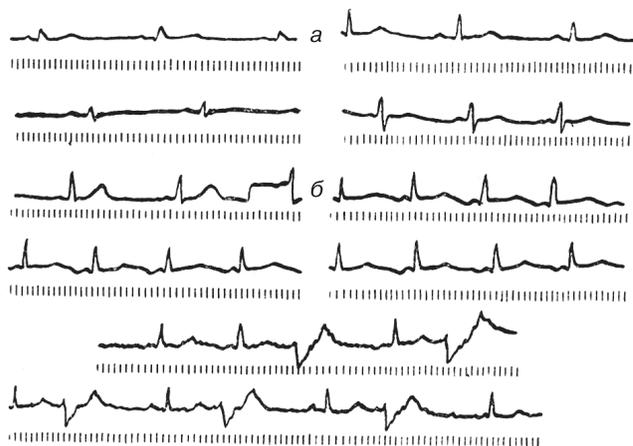
Приведенные данные позволяют думать, что намечающиеся различия в направленности изменения ритма сердечных сокращений при гипоксемической пробе у спортсменов разных групп отражают возрастные особенности приспособления к условиям гипоксии. Замедление ритма, быстрее наступающее у юношей, можно расценить с учетом общепринятой оценки как проявление меньшей устойчивости к гипоксии, чем это свойственно спортсменам зрелого возраста.

Не столь редким признаком, особенно при длительной задержке дыхания, является возникновение экстрасистол, чаще всего исходящих из левого желудочка, как у юношей (в 5% наблюдений), так и особенно у лиц пожилого возраста (рис. 5). У юношей в отдельных случаях в процессе задержки дыхания появляется аритмия, напоминающая дыхательную, с колебаниями  $RR$  от 0,80 до 1,15 с и от 0,70 до 1,16 с. Этот симптом при задержке дыхания ставится в связь с движениями диафрагмы, которые возникают при длительном апноэ (Дембо А.Г. и др., 1958).

Нарушение ритма в условиях гипоксемии рассматривается как проявление начинающегося автоматизма желудочков вследствие

угнетения центров экстракардиальных нервов (Гросс Д., 1958). В экспериментальных условиях показано, что гипоксия нарушает нормальную проводимость между различными отделами сердца и внутри них, способствуя выявлению гетеротопных источников автоматизма (Гуревич Г.И., 1960). Нэхум и Хоф (1934; цит. по М. Е. Райскиной, 1952) на основании экспериментального исследования с подавлением гликолиза и окислительных процессов пришли к выводу, что состояние узлового автоматизма проводящей системы сердца зависит главным образом от аэробного метаболизма. Понятно, что для выявления нарушений ритма сердца в условиях гипоксии большое значение имеет исходное функциональное состояние миокарда.

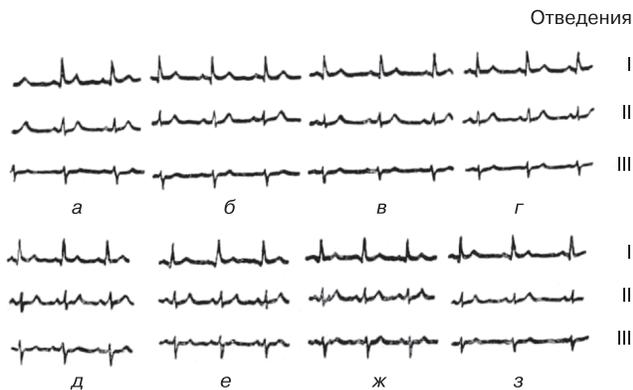
В ряде случаев определяется уменьшение продолжительности  $PQ$  и  $QT$ , соответствующее учащению ритма; увеличение же продолжительности интервалов  $P-Q$  и  $Q-T$  является частым признаком у юношей только при очень длительных задержках дыхания; изменяется также высота зубца  $T_2$  или одновременно  $T_1$  и  $T_2$ . По нашим данным, снижение зубца  $T$  отмечалось в 47–56% наблюдений у юношей разного возраста и в 37% наблюдений у лиц пожилого возраста. Кроме того, в ряде случаев, главным образом у юношей, наблюдалась инверсия зубца  $T$  – переход из положительного в отрицательный.



**Рис. 5.** Появление экстрасистолы в пробе с задержкой дыхания у конькобежца П., 63 лет (диагноз: атеросклероз аорты):

*а* – исходные данные, *б* – во время задержки дыхания до 120 с (II отведение)

Иногда определяется связь изменения зубца  $T$  (снижение или инверсия) с глубиной падения уровня насыщения артериальной крови кислородом. Так, в группах юношеского возраста в случаях выраженного снижения уровня оксигенации (на 2,4% больше средней величины падения для соответствующей возрастной группы) отчетливое снижение  $T$  было обнаружено более чем в  $\frac{1}{2}$  случаев, а переход положительного  $T_2$  в отрицательный – в  $\frac{1}{3}$ . Вместе с тем инверсия зубца  $T$  у юных спортсменов нередко совпадает со средней степенью снижения уровня оксигенации. В группе спортсменов пожилого возраста зубец  $T$ , по нашим данным, снижался в 39% наблюдений не чаще, чем у молодых, у которых этот признак наблюдался в 56% случаев. В группе лиц пожилого возраста, занимающихся общей физической подготовкой, слабое изменение зубца  $T$  совпадало с кратковременной задержкой дыхания. В группе альпинистов среднего и пожилого возраста уменьшение вольтажа зубца  $T$  отмечалось почти в  $\frac{1}{2}$  случаев отчетливого снижения уровня оксигенации, связанного с относительно продолжительной задержкой дыхания. У некоторых альпинистов вольтаж зубца  $T$  не изменялся (рис. 6).



**Рис. 6.** Слабые изменения вольтажа зубца  $T$  в пробе с задержкой дыхания у спортсмена Г., 69 лет:

*a* – исходные данные, *б* – на 15-й с задержки дыхания, *в* – на 45-й с,  
*г* – на 60-й с, *д* – на 90-й с, *е* – на 120-й с, *ж* – на 150-й с,  
*з* – после завершения пробы с задержкой дыхания

Значение, придаваемое изменениям зубца  $T$  при гипоксической пробе, соответствует современным представлениям, согласно которым именно этот зубец в наибольшей мере отражает биохимические сдвиги в сердечной мышце. Большинство авторов

находят уплощение этого зубца при артериальной гипоксемии и расценивают это явление как показатель гипоксии миокарда (Миролюбов В.Г., 1931, 1933; Миролюбов В.Г., Черногоров И.А., 1934; Цыганков В.В., 1940; Молчанов Н.С., 1941; Тур А.Ф., 1948; Ван Лир, 1947; Мандельбаум М.З., 1949; Ратнер М.Я., 1949; Бухаловский И.Н., 1951; Колбановская Е.Я., 1952; Летунов С.П., 1956; Katz L., Hamburger W., 1933; Burnett E., Nims M., Josephson E., 1942; Aschman R., Ferguson F., Gremillion E., Byer E., 1945).

В ряде исследований обнаружен переход положительных  $T_1$  и  $T_2$  в отрицательные (Лясс М.А., 1941; Мандельбаум М.Э., 1949 и др.). Важно подчеркнуть, что большинство авторов определяют в этих условиях снижение зубцов  $T$  главным образом в I и II отведениях (В.Г. Миролюбов, И.А. Черногоров, В.В. Цыганков, М.Я. Ратнер, Э.Я. Колбановская, С.П. Летунов и др.). Изменение зубца  $T$  некоторые объясняют преимущественным воздействием недостаточности кислорода именно на миокард левого желудочка (В.В. Цыганков). Следует отметить, что впервые указал на неравномерность нарушения биохимических процессов в сердечной мышце при относительной недостаточности миокарда Г.Ф. Ланг (1936). А.Г. Дембо, учитывая, что наиболее уязвимыми местами являются субэндокардиальные слои миокарда левого желудочка, также связывает возникающие ЭКГ-изменения при гипоксической пробе с неравномерностью гипоксии в миокарде. Изменения зубца  $T$  определяются и при гипоксемии, вызванной задержкой дыхания. Впервые Мау (1939) в опытах с задержкой дыхания отметил уплощение зубца  $T$ , которое было более выраженным у тренированных спортсменов, чем у лиц контрольной группы. Это явление трактовалось как результат особой чувствительности сердца спортсменов к недостатку кислорода.

Степень устойчивости к гипоксии тесно связана с уровнем общей и специальной тренированности организма. В основе приспособления к физической нагрузке и гипоксии лежат общие механизмы (С.П. Летунов, 1951).

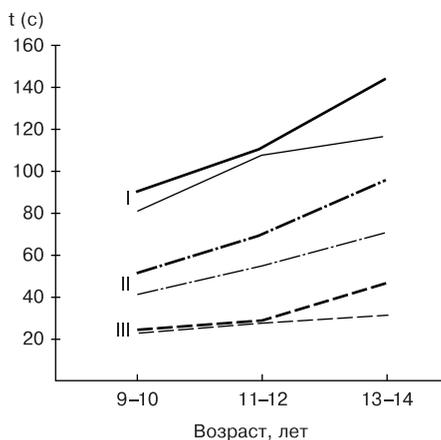
Известна высокая резистентность хорошо тренированных спортсменов к кислородному голоданию (Александров А.Ф., Егоров П.И., 1939; Владимиров Г.В., Горюхина Т.А., 1940; Фомичев А.В., 1943; Пришвина В., 1949; Попов С.Н., 1957; Гандельсман А.Б. и др., 1957–1959; Крыстев К., Илиев И., 1959 и др.). Повышенная устойчивость к гипоксии у тренированных спортс-

менов, по-видимому, обусловлена высокой резистентностью тканей, в частности клеток коры головного мозга, к кислородному голоданию (Барбашова З.И., 1950).

Влияние тренировки на повышение индивидуальной устойчивости к гипоксической гипоксии обнаружено многочисленными наблюдениями на группах лиц разного возраста.

У юных спортсменов устойчивость выше, чем у их сверстников, не занимающихся спортом. Так, по данным Е.П. Саснаускайте, различия в общей продолжительности пробы с задержкой дыхания на вдохе в возрасте от 11 до 18 лет, по средним данным, колеблются в пределах 19–28 с, в длительности устойчивой фазы – 1–5 с, а в степени падения уровня оксигенации – в пределах 1–9%. По данным К.Ф. Кун, в возрасте 11–16 лет различия между занимающимися и незанимающимися в продолжительности пробы находятся в пределах 9–30 с, а в продолжительности фазы устойчивого состояния – 3–15 с.

Согласно данным, выраженные различия в показателях устойчивости к гипоксии у юных спортсменов и незанимающихся спортом отчетливо выявляются в трех пробах: с задержкой дыхания на вдохе, на выдохе и с дыханием в замкнутое пространство. При этом степень различий повышается в возрасте от 9 до 14 лет (рис. 7).



**Рис. 7.** Общая продолжительность гипоксических проб у юных спортсменов и детей, не занимающихся спортом:

I – дыхание в замкнутое пространство; II – задержка дыхания на вдохе; III – задержка дыхания на выдохе (*толстая линия* – юные спортсмены, *тонкая линия* – не занимающиеся спортом; по Е.И. Дмитриеву, 1967)

Показано, что и в пожилом возрасте незанимающиеся спортом уступают занимающимся, а среди последних наиболее устойчивы к гипоксии спортсмены, имеющие большой стаж спортивных занятий и лучшее состояние тренированности. Определенное значение имеет и спортивная специализация. Особенно отчетливо выявляются различия между данными группы альпинистов среднего и пожилого возраста и результатами, полученными при исследовании относительно слабо тренированных лиц пожилого возраста, занимающихся в группах ОФП.

Результаты гипоксической пробы у альпинистов позволяют сделать предположение, что повышение устойчивости к условиям гипоксии связано со специальным характером тренировки. Именно у альпинистов наблюдался тот тип изменения оксигенации, который характеризуется длительной задержкой дыхания, достигаемой за счет подавления защитной реакции при постепенном значительном падении уровня насыщения артериальной крови кислородом. Специальная тренировка альпиниста, по-видимому, развивает приспособительные реакции, в частности изменение метаболизма, направленные на лучшее использование кислорода в условиях его недостаточности.

Устойчивость к гипоксии не является неизменным свойством организма, она может существенно меняться под влиянием различных факторов. Имеется возможность целенаправленного повышения резистентности к кислородной недостаточности. Для этого применяют ряд средств и методов: пребывание в среднегорье и высокогорье, «тренировку» в барокамере, дыхание смесями, обедненными кислородом, и др.

Целенаправленное использование средств, повышающих резистентность организма к кислородной недостаточности, проводится в спорте для повышения функциональных возможностей организма спортсменов и на этой основе их спортивно-технических результатов. При интенсивной мышечной работе в организме развивается относительная кислородная недостаточность, наиболее выраженная при выполнении упражнений с околопредельной интенсивностью. Ряд данных свидетельствует о том, что механизм специальной выносливости в плавании, беге на средние дистанции во многом связан с приспособляемостью организма к гипоксическим условиям. Поэтому развитие высокого уровня анаэробной работоспособности составляет важную задачу специальной подготовки спортсменов.

Исследования, проведенные Б.С. Серафимовой (1974) на группе юных пловцов 13–14 лет (мальчики и девочки) в процессе

20-дневной тренировки в среднегорье на высоте 2000 м при динамическом контроле на 4–18-й день, выявили у обследуемых в период реакклиматизации прирост работоспособности и показателей аэробной функции (аэробной емкости +21%, мощности на уровне МПК +8%; табл. 1).

Таблица 1

**Прирост спортивных результатов юных пловцов 13–14 лет в период реакклиматизации ( $M \pm \sigma$ ) на высоте 2000 м (по данным Б.С. Серафимовой, 1974)**

Группа	Прирост спортивных результатов, в %		
	28–30/I 15–17 дни	12–14/II 31–33 дни	1–3/III 49–51 дни
Девочки	1,69 ± 1,11	1,38 ± 0,95	1,74 ± 1,08
Мальчики	1,55 ± 0,95	1,55 ± 1,18	1,15 ± 0,95

Различия лучших результатов, показанных до сборов в горах и после них, были достоверны. Максимальное улучшение результата составило 5%, минимальное – 0,5%.

#### 4. Показатели адаптации организма спортсменов и факторы, способные лимитировать их работоспособность в процессе тренировки в среднегорье

Изучение особенностей адаптации сердечно-сосудистой и дыхательной систем спортсменов к физическим нагрузкам в среднегорье и динамики изменения ее под влиянием продолжительной тренировки имеет важное значение при решении проблемы подготовки спортсменов к соревнованиям в горах\*.

Известно, что в среднегорье способность человека к продолжительной мышечной деятельности заметно понижается (от 4 до 32%, по данным разных авторов). Это приводит к снижению

\* Изучая подготовку спортсменов в горных условиях, очень важно помнить о классификации уровня высоты гор:

- низкогорье – от 600 до 1200 м над уровнем моря;
- среднегорье – от 1300 до 2500 м над уровнем моря;
- высокогорье – свыше 2500 м над уровнем моря.

В рамках международной биологической программы (1964–1974) границей высокогорья было предложено считать 2500 м.

спортивно-технических результатов, особенно в видах спорта, связанных с выносливостью.

Данная работа была проведена с целью выяснить факторы, лимитирующие работоспособность спортсменов в среднегорье, и влияние продолжительной тренировки на характер адаптации аппарата дыхания и кровообращения.

В работе были поставлены задачи: определить особенности адаптации аппарата кровообращения и дыхания спортсменов к стандартной работе различной интенсивности в среднегорье по сравнению с равниной; проследить за динамикой изменения приспособляемости указанных функций под влиянием продолжительной тренировки в среднегорье; изучить адаптацию аппарата кровообращения и дыхания спортсменов к тренировочным нагрузкам и соревнованиям в среднегорье. В работе принимали участие С.И. Архаров, Е.И. Дмитриев, В.Г. Хволес.

Работа проводилась на экспериментально-тренировочном сборе на высоте 2200 м в горах Тянь-Шаня в течение 67 дней с группами бегунов на средние, длинные и сверхдлинные дистанции, боксеров и гимнастов. Всего 38 человек от 16 до 27 лет – мастеров спорта и перворазрядников. В качестве тестирующей нагрузки использовалась работа на велоэргометре мощностью от 600 до 1900 кгм/мин, каждая продолжительностью 3 мин, со скоростью 60 об./мин, с интервалом отдыха 2 мин. В процессе работы и интервалах отдыха регистрировались показатели сердечно-сосудистой (ЭКГ, фонокардиограмма, артериальное давление – АД) и дыхательной систем (оксигенация, частота дыхания, МОД, коэффициент использования  $O_2$ , потребление  $O_2$  и выделение  $CO_2$ ). На 20 спортсменах (бегунах на средние дистанции, боксерах и гимнастах) проведено 72 исследования.

Продолжительность этого сбора давала возможность поновому подойти к планированию тренировочного процесса. Весь период пребывания спортсменов в среднегорье условно был разбит на несколько этапов: период активной акклиматизации; выполнение контрольной тренировочной недели; дальнейшее увеличение объема и интенсивности работы; повторение контрольной тренировочной недели; подготовку и участие в соревнованиях (основных).

Оценка тренировочных занятий и соревнований спортсменов в среднегорье основывалась на изучении острого воздействия нагрузок и протекания восстановления. Исследовались показатели дыхания и кровообращения: частота пульса, АД, ЭКГ, частота дыхания, легочная вентиляция и газообмен.

Первое исследование в среднегорье с использованием стандартной велоэргометрической нагрузки различной мощности было проведено на 10-й день пребывания после исчезновения всех острых явлений начального периода акклиматизации. Тем не менее в состоянии покоя в среднегорье, в отличие от равнины, у спортсменов наблюдалось повышение потребления  $O_2$  ( $420 \pm 2,0$  мл), легочной вентиляции ( $11,7 \pm 0,9$  л), процента утилизации  $O_2$  ( $5,2 \pm 0,27$ ), систолического давления ( $121 \pm 3,9$  мм рт. ст.), кислородного пульса ( $6,10 \pm 0,39$ ); на равнине у бегунов соответственно  $330 \pm 4,4$ ;  $7,9 \pm 1,0$ ;  $4,26 \pm 0,13$ ;  $106 \pm 4,9$ ;  $4,5 \pm 0,52$ . ЧСС и дыхания существенно не изменялась.

Адаптация сердечно-сосудистой и дыхательной систем к стандартной работе в среднегорье протекала по-иному, чем на равнине. Существенное влияние на характер приспособляемости оказывала мощность работы. Так, работа небольшой мощности (600 кгм/мин) выполнялась спортсменами в среднегорье с бóльшим напряжением всех изучаемых показателей дыхания и кровообращения, чем на равнине; различия статистически достоверны ( $p > 0,05$ ; табл. 2).

Таблица 2

**Показатели дыхания и кровообращения спортсменов  
на последней минуте работы мощностью 600 кгм/мин  
на разных этапах тренировки**

Показатель	Вид спорта	Равнина	Среднегорье, дни	
		М ± m	10–15-й М ± m	55–65-й М ± m
Потребление кислорода, мл STPD	Бег	1334 ± 10,5	1570 ± 38,0	1405 ± 36,0
	Бокс	1480 ± 4,00	1640 ± 31,0	1400 ± 32,0
Процент утилизации кислорода	Бег	5,3 ± 0,25	6,4 ± 0,35	6,52 ± 0,19
	Бокс	5,9 ± 0,27	6,7 ± 0,18	6,56 ± 0,16
МОД, л ВTPS	Бег	27,8 ± 2,2	35,3 ± 2,1	23,9 ± 1,0
	Бокс	29,2 ± 1,07	34,6 ± 0,7	29,7 ± 1,03
Ритм сердца за 1 мин	Бег	86 ± 1,0	93 ± 2,0	96 ± 3,7
	Бокс	108 ± 3,0	110 ± 4,0	108 ± 3,8
Систолическое давление, мм рт. ст.	Бег	136 ± 2,8	147 ± 5,9	146 ± 2,8
	Бокс	138 ± 7,2	167,5 ± 6,9	157 ± 4,4
Кислородный пульс, мл/уд.	Бег	15,5 ± 0,72	15,10 ± 0,69	13,3 ± 0,72
	Бокс	15,5 ± 0,72	15,10 ± 0,69	13,3 ± 0,72
Насыщение артериальной крови $O_2$ , %	Бег	94,7 ± 0,77	85,1 ± 1,60	84,2 ± 1,26
	Бокс	93,8 ± 1,58	81,7 ± 1,92	87,4 ± 1,5

По мере увеличения мощности работы, начиная с 1600 кгм/мин, отмечалось снижение потребления кислорода и ЧСС по сравнению с величинами, полученными при аналогичной работе на равнине (в среднегорье: потребление  $O_2$  –  $2840 \pm 14,7$  мл; ритм –  $158 \pm 5$  в 1 мин; на равнине –  $3120 \pm 15,3$ ;  $174 \pm 4$  соответственно). При этом проценте утилизации  $O_2$ , систолическое давление значительно превышало данные равнины ( $5,65 \pm 0,175$ ;  $210 \pm 9,8$  мм рт. ст. против  $4,67 \pm 0,47$ ;  $191 \pm 7$  мм рт. ст.), в то время как минутный объем дыхания не повышался. Наряду с этим гипоксемия усугублялась (оксигенация снижалась на 20–29%, на равнине – 6–10%), ухудшалась приспособляемость ССС (реакция АД из нормотонического типа переходила в атипичский – 70% наблюдений), появлялись признаки ухудшения адаптации сердца (экстрасистолическая аритмия в 40% наблюдений и нарушение проводимости).

Адаптация аппарата дыхания и кровообращения к тренировочным нагрузкам осуществлялась также при значительном ухудшении времени пробегания стандартной дистанции в среднегорье, определялось возрастание показателей внешнего дыхания, энергетической стоимости работы, кислородного пульса, величины систолического давления (табл. 3).

Контрольные тестирования, проведенные тренером С.И. Архаровым, показали, что за период сбора не удалось достичь базального 1 уровня при контрольной работе ( $10 \times 400$  м с интервалом отдыха в тихом беге 3 мин).

Еще большая разница во времени, показываемом спортсменами на равнине и в среднегорье, наблюдалась в беге на 1000 и 2000 м.

Если в беге на 1000 м разница составляет 8–12 с, то в беге на 2000 м доходит до 40 с, причем небезынтересна и реакция ССС. Величина пульса во всех случаях значительно выше в среднегорье. Объективные показатели восстановления пульса к 3 мин в среднегорье идентичны тем же показателям на равнине. Разница лишь в том, что на равнине спортсмен готов к выполнению следующей пробежки без снижения запланированной скорости, а в среднегорье для достижения заданной скорости требуется более значительный отдых. Так, если в переменном беге на 400 м усилия, прилагаемые спортсменами для поддержания заданной скорости бега, достигали цели и работа переносилась вполне удовлетворительно, то в беге на 1000- и 2000-метровых отрезках спортсмены на финише выглядели крайне утомленными, несмотря на посредственные показатели. Увеличение времени отдыха между пробежками не давало желаемых результатов.

Реакция сердечно-сосудистой и дыхательной систем спортсмена К. в беге на 1200 м

Этап исследования	Время, мин	Потребление кислорода, мл STPD	Процент утилизации O <sub>2</sub>	МОД, л ВTPS	Частота дыхания за 1 мин	Кислородный пульс	Ритм сердца за 1 мин	АД, мм	Потребление O <sub>2</sub> на 1 кг массы тела
Равнина	3,17	2300	3,61	70	44	13,2	174	185/50	32,6
10-й день акклиматизации	3,55	2900	3,67	102	36	17,9	150	190/70	37,8
40-й день акклиматизации	3,17	3200	4,1	107	42	16,1	198	165/40	45,3

Подобная направленность сдвигов в реакции сердечно-сосудистой и дыхательной систем была получена при исследовании мышечной работоспособности человека на больших высотах в Гималаях, когда при легкой и умеренной велоэргометрической нагрузке потребление  $O_2$  увеличивалось, а при повышении нагрузки уменьшалось. Низкая и умеренная интенсивность работы влекла за собой относительную гипервентиляцию, а усиление ее – относительную гиповентиляцию, с увеличением высоты сердечный ритм был выше при легкой и умеренной работе, тогда как максимальный ритм при тех же условиях значительно снижался – 192 на уровне моря и 135 в работе интенсивностью 900 кгм/мин на высоте (Плауха, 1964).

Та же направленность сдвигов в наших исследованиях была получена на средних высотах только в работе значительно большей интенсивности.

В дальнейшем, наряду с повышением объема и интенсивности тренировочных нагрузок, которые к 30–40-му дню приблизились к нагрузкам в базальных условиях, отмечалось повышение спортивной работоспособности. У ряда спортсменов работоспособность к концу сбора приблизилась к равнинной, отличаясь от последней лишь на 4–6% (см. табл. 3).

Произошли определенные изменения в ряде показателей сердечно-сосудистой и дыхательной систем спортсменов в состоянии покоя, особенно у бегунов на средние дистанции; потребление  $O_2$  приблизилось к величинам, имеющим место на равнине, снизился МОД, но процент утилизации  $O_2$  возрос и дыхание стало более эффективным (у боксеров до  $5,7 \pm 0,29$ , у бегунов до  $5,45 \pm 0,55$ ), несколько понизилось систолическое давление, оставаясь, однако, еще выше равнинного, снизилась величина кислородного пульса.

Изменился и характер адаптации организма спортсменов к нагрузкам. Как показали динамические исследования в контрольных тренировочных занятиях бегунов на средние дистанции и боксеров, расширился диапазон интенсификации сердечно-сосудистой и дыхательной систем спортсменов на тренировочные и соревновательные нагрузки, возросли «потолки» всех изучаемых показателей дыхания и кровообращения: максимальный ритм сердца; потребление  $O_2$  (как общее, так и на 1 кг массы тела), МОД, кислородный пульс, процент утилизации кислорода (табл. 4). Существенно изменилась и переносимость тренировочных нагрузок:

стало легче дышать при нагрузках, исчезли жалобы на тяжесть и боль в ногах и др. ЭКГ-исследования показали, что улучшалась адаптация сердца к тренировочным нагрузкам, несмотря на возрастание их объема и интенсивности.

Если на первых этапах тренировок у 40% спортсменов имели место те или иные признаки нарушения функционального состояния сердца, то в дальнейшем у большинства они нормализовались. Улучшилось течение восстановительных процессов.

Динамические наблюдения за характером адаптации спортсменов к стандартной работе различной интенсивности выявили, что по истечении двух с половиной месяцев тренировки в среднегорье работу умеренной интенсивности спортсмены стали выполнять только по отдельным показателям примерно с таким же, как и на равнине, напряжением вегетативных систем (см. табл. 2).

Адаптация к работе большой интенсивности осуществлялась иначе, чем на равнине. Отмечалась экономизация функций организма спортсмена к работе: при возрастании процента утилизации кислорода и уменьшении МОД и кислородного пульса абсолютное и относительное (на 1 кг массы тела) потребление  $O_2$  снижалось (см. табл. 3).

Проведенные исследования показали, что, по-видимому, не следует ожидать даже после очень продолжительной тренировки в среднегорье полной адаптации к высоте всех вегетативных систем при больших физических напряжениях, имеющих место на равнине.

На основании собранных материалов можно дать некоторые рекомендации о подготовке бегунов к ответственным соревнованиям в среднегорье:

- Перенос методики тренировки из обычных условий в среднегорье не может дать ожидаемых результатов. Необходимо увеличить интервалы отдыха как внутри каждой серии бега, так и между сериями.

- В соревновательный период тренировки следует обратить особое внимание на повышение интенсивности тренировочной работы, что, в свою очередь, невозможно сделать за столь короткий срок без соответствующего фундамента горной подготовки.

- Для достижения работоспособности, показанной на уровне моря, сроки пребывания в среднегорье должны быть не менее 40–30 дней.

**Динамика показателей сердечно-сосудистой и дыхательной систем спортсменов на 3-й мин стандартной работы мощностью 1600 кгм/мин в процессе тренировки в среднегорье**

Показатель	Бегун А.				Боксер Б.			
	Рав-нина	Среднегорье, дни			Рав-нина	Среднегорье, дни		
		10-й	31-й	58-й		13-й	40-й	66-й
Потребление O <sub>2</sub> , мл STPD	3060	2300	2680	2450	3130	2550	2740	2000
МОД, л ВTPS	65	67	68	55	75	72	77	60
Процент утилизации O <sub>2</sub>	5,45	6,13	5,52	6,24	4,8	5,69	5,98	4,58
Ритм сердца за 1 мин	155	138	123	125	186	172	181	167
Кислородный пульс	21,09	20,98	21,89	19,56	17,31	14,85	15,07	12,00
Систолическое АД, мм рт. ст.	190	200	180	220	170	240	205	190
Оксигенация	91	59	66,5	51	88	55	56	61

Наши дальнейшие исследования были проведены совместно с Н.И. Волковым и Э.М. Матвеевой в условиях соревновательной деятельности на высоте 2200 м продолжительностью 30 дней на 16 спортсменах высокой квалификации.

Проведенные исследования в динамике на протяжении трех недель тренировочной и соревновательной деятельности показали следующее.

В период «острой» акклиматизации в первую неделю пребывания на высоте 2200 м максимум аэробной способности у спортсменов снизился в среднем на 19,5%. После двух недель тренировки и участия в соревнованиях в условиях среднегорья величина снижения максимума потребления уменьшилась до 14%, что точно коррелирует с изменениями предельного времени работы на велоэргометре (табл. 5).

В табл. 5 суммированы данные, характеризующие изменения работоспособности у представителей разных видов спорта. Наибольшее падение максимума аэробной способности в первую неделю пребывания в среднегорье на высоте 2200 м обнаруживается у представителей стайерских видов спорта (шоссейные велогонки, бег на длинные дистанции).

Таблица 5

## Показатели работоспособности у представителей разных видов спорта в условиях среднеторья\*

Показатель	Велотрек			Велошоссе			Гребля			Бег		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$t_{\text{цикл}}$ , МИН	14,3	11,8	11,8	16,0	11,9	13,6	13,0	11,8	12,6	12,0	10,5	11,3
	13,0–15,0	10,6–13,2	10,5–12,5	13,5–17,2	11,2–13,2	13,0–14,5	12,0–14,1	11,0–12,7	12,0–13,2	11,2–14,2	9,0–12,0	9,8–12,8
$VO_{2\text{max}}$ , мл/кг/мин	64,1	54,0	52,2	74,4	56,7	65,2	60,5	52,7	53,8	72,0	56,6	65,8
	54,9–72,2	45,0–65,3	45,6–59,0	80,6–70,0	60,2–52,0	70,0–62,5	68,3–54,3	57,5–47,8	55,0–52,2	73,4–67,5	58,0–51,6	69,0–62,0
$V$ , л/мин	136,5	135,1	126,0	148,5	131,3	161,4	155,3	151,4	159,6	148,4	133,5	159,7
	119–159	113–153	114–139	122–198	97–184	142–186	151–159	146–157	146–173	133–173	122–144	180–125
Максимальный пульс, уд./мин	180	188	170	180	184	170	167	204	171	182	186	175
	167–200	168–198	162–185	176–182	174–198	167–176	162–172	198–210	167–176	176–194	178–198	166–182
Максимальный $O_2$ -пульс, мл/уд.	29,3	23,7	25,0	31,0	23,1	28,8	30,5	21,5	26,1	24,6	19,5	23,7
	25,0–31,5	20,5–29,1	21,1–27,0	26,7–35,0	20,6–25,5	27,7–30,0	28,5–32,5	20,5–22,5	25,2–27,0	21,8–28,6	16,0–21,2	20,6–26,8

Окончание табл. 5

Показатель	Велотрек			Велосоcсе			Гребля			Бег		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Ехс. СО <sub>2</sub> , л/МИН	1,82	1,80	1,32	1,67	1,46	1,85	1,80	1,85	2,15	1,05	1,32	1,54
	1,40-2,27	1,43-2,06	1,13-1,42	1,41-2,10	1,08-1,71	1,46-2,07	1,62-1,98	1,84-1,87	1,95-2,35	0,61-1,61	1,13-1,49	0,89-2,48
PWC <sub>170</sub> , кгм/МИН	1562	1318	1667	2190	1797	2022	1925	1605	1865	1660	1362	1664
	1310-2300	980-1380	1225-2180	1820-2740	1630-2210	1730-2350	1920-1930	1570-1640	1690-2040	1460-1880	1250-1520	1400-1720
Граница выносли- вости, л/МИН	3,01	2,19	2,73	2,84	1,75	2,17	2,52	2,50	2,92	1,96	1,56	1,54
	2,47-3,50	1,95-2,60	2,20-3,20	2,20-3,50	1,30-2,40	1,30-3,07	2,05-3,10	2,35-2,65	2,55-3,30	1,30-2,30	1,20-2,00	1,10-2,05
ПАНО, л/МИН	2,55	1,66	2,12	3,12	1,70	2,10	1,90	1,30	1,40	1,67	1,30	1,37
	2,00-3,55	1,40-2,10	1,60-2,70	2,20-3,90	1,20-2,20	1,30-2,40	1,40-2,40	1,20-1,40	1,40-1,40	1,30-2,10	1,15-1,62	1,20-1,50

\* Приведены средние значения и размах вариаций: 1 – в Москве, 2 – 1-я неделя на высоте 2200 м, 3 – 3-я неделя на высоте 2200 м.

Если судить по изменениям «излишка» выделяемой  $\text{CO}_2$ , анаэробная способность спортсменов на высоте Мехико-Сити остается практически одинаковой, однако в связи с уменьшением аэробной способности уровень  $\text{O}_2$ -потребления, при котором начинает увеличиваться скорость анаэробной продукции (показатель порога анаэробного обмена – ПАНО), значительно снижается.

Уровень легочной вентиляции, соответствующий максимуму  $\text{O}_2$ -потребления, изменился незначительно: в первую неделю снизился в среднем на 7%, а на третьей неделе увеличился на 1%. Снижение максимума аэробной способности на высоте обусловлено главным образом уменьшением сердечной производительности. При этом отмечаются изменения и показатели внешнего дыхания (табл. 6). Величина максимального  $\text{O}_2$ -пульса, косвенно характеризующая ударный объем сердца, в первую неделю уменьшилась на 26,3%, в третью – на 15,5%. Показатель «границы выносливости», характеризующий уровень  $\text{O}_2$ -потребления, при котором достигается максимальный ударный объем сердца, в период «острой» акклиматизации снижается на 23%, на третьей неделе пребывания на высоте этот показатель снижен на 5,3%.

Таблица 6

**Динамика показателей внешнего дыхания гребцов на разных этапах тренировки в среднегорье**

День	ЖЕЛ, л		ЖЕЛ, в % к должной	Пневмотахометрия			МВЛ		Сила выдыхательных мышц, мм рт. ст.
				мощность выдоха, л	в % к должной	мощность вдоха, л	фактическая, л	в % к должной	
6–7-й	Средняя	5,945	117,5	5,59	87,2	6,53	211,4	146,2	156,3
	Предел колебаний	7,7–4,2	133–100	7,5–4,0	108–82	9,3–4,0	303–167	194–106	190–96
14-й	Средняя	6,270	124,4	5,8	83,2	7,71	223,3	158,7	176,8
	Предел колебаний	8,14–4,6	141–112	8,1–4,5	92–77	9,3–5,2	325–189	208–139	290–120

*Примечание.* ЖЕЛ – жизненная емкость легких; МВЛ – максимальная вентиляция легких.

В период «острой» акклиматизации уровень  $O_2$ -потребления на «критической» скорости несколько снижается, и это компенсируется усилением анаэробной продукции энергии. В дальнейшем в процессе акклиматизации и тренировок анаэробные сдвиги при беге на «критической» скорости постепенно уменьшались.

В условиях среднегорья снижение работоспособности обусловлено главным образом падением аэробной способности спортсменов. В наибольшей мере падение максимальной аэробной способности зависит от уменьшения сердечной производительности. Эффективность процесса тканевого дыхания не лимитирует аэробную способность человека в условиях среднегорья. Наибольшее снижение спортивных достижений наблюдается в тех видах спорта, где спортсмену требуется проявить максимум аэробной способности.

## 5. Электрокардиограмма спортсменов в условиях гипоксии

### 5.1. ЭКГ спортсменов в среднегорье

Функциональное состояние сердца спортсменов является важным фактором, обеспечивающим высокую работоспособность в среднегорье. Большим количеством работ, в основном проведенных в условиях покоя и под влиянием острой кратковременной гипоксии, установлено, что гипоксия оказывает влияние на изменение напряжения кислорода в мышце сердца (Коваленко Е.А., Корольков В.И., 1965), ЧСС и компоненты ЭКГ (Колчинская А.З., Лаур Н.В., Когановская М.М., Костенко О.Р., Бондаревский Е.Я., 1964; Граевская Н.Д., 1954; Алифанов В.Н., 1964; Плотников И.П.; 1963, Дембо А.Г., Тесленко Ж.Л., Тюрин А.М., 1965 и др.). Синдром дистрофии миокарда от физического перенапряжения (ДМФП), по данным ЭКГ, наблюдали Н.И. Вольнов и М.К. Христич (1977) на 13–14-й день пребывания в среднегорье. Ю.М. Погосян в Цахкадзоре в 16,7% диагностировал ДМФП у спортсменов.

В исследованиях, изучая адаптацию сердца спортсменов к гипоксии во время физических нагрузок (работы на велоэргометре при дыхании смесью с 15%-ным содержанием кислорода и бега на стадионе с задержкой дыхания), выявлены некоторые особенности приспособляемости сердца к гипоксии. Они зависят от индивидуальной переносимости гипоксии, уровня тренированности, спортивной специализации (Иорданская Ф.А., 1964–1966). Было

обнаружено, что физическая нагрузка, выполняемая спортсменами в затрудненных условиях мышечной деятельности, чаще сопровождается изменением показателей ЭКГ: экстрасистолической аритмией, замедлением предсердно-желудочковой проводимости, фазными изменениями зубца  $T$  с инверсией его в начале работы, депрессией  $S-T$ , которые в аналогичной работе при дыхании атмосферным воздухом не отмечались у этих спортсменов. Телеэлектрокардиограмма, записанная во время бега с задержкой дыхания, характеризовалась, как правило, резким замедлением ритма сердца в конце бега.

Однако врачебных наблюдений за влиянием гипоксии на сердце спортсмена в условиях среднегорья во время тренировочных и соревновательных нагрузок в литературе не обнаружено.

Было необходимо выяснить: имеются ли отличия в изменении компонентов ЭКГ спортсменов во время нагрузок в среднегорье по сравнению с аналогичной нагрузкой на равнине; а также изучить острое воздействие тренировочных и соревновательных нагрузок в среднегорье на характер ЭКГ; проследить: изменяется ли ЭКГ спортсменов в покое в процессе акклиматизации и восстановительном периоде после тренировок.

Исследование проводилось в среднегорье на высоте 2200 м на 88 спортсменах высокой квалификации (бегунах, боксерах, велосипедистах, гимнастах). Было снято и проанализировано: 755 ЭКГ в покое в 12 отведениях; около 250 ЭКГ после тренировок и соревнований; 30 радиотелеэлектрокардиограмм полного тренировочного занятия, проводимого с большой нагрузкой, 100 телеэлектрокардиограмм в экспериментах на велоэргометре.

В состоянии покоя на равнине перед отъездом в среднегорье у большинства спортсменов наблюдалась брадикардия, колебания ритма составляли 36–82 удара. Почти у всех спортсменов, за исключением пяти, ритм был правильный (у двух – ритм коронарного синуса, у двух других – синоаурикулярная блокада и у одного – единичная желудочковая экстрасистолия). Предсердно-желудочковая проводимость была в пределах 0,12–0,19 с (у четырех человек на верхней границе нормы – 0,20 с и лишь у одного боксера интервал  $P-Q$  составил 0,22 с). Внутрижелудочковая проводимость была в пределах 0,06–0,09 с, у пятнадцати человек  $QRS$  достигал 0,10 с, а у одного – 0,12 с, причем у пятнадцати из них уширение комплекса  $QRS$  сочеталось с его деформацией в отведениях III, aVL, aVF,  $V_1$ , и  $V_2$ . Вольтаж ЭКГ

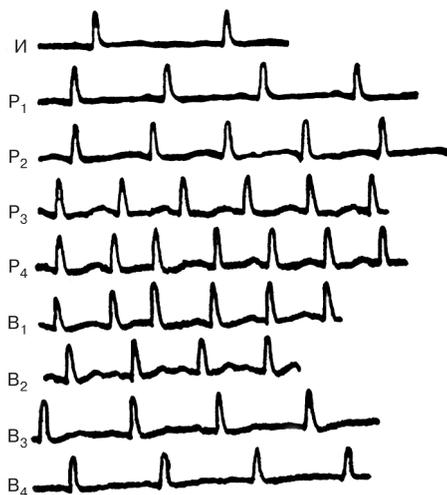
был высоким. Переходная зона у большинства была в отведении  $V_3$  и  $V_3-V_4$ . Интервал  $S-T$  в правых грудных отведениях у большинства спортсменов был приподнят.

В целях выявления различий в характере изменения отдельных компонентов ЭКГ в среднегорье были проведены специальные исследования с использованием стандартной велоэргометрической нагрузки повышающейся мощности. ЭКГ записывалась в переднем отведении по Небу в течение всей работы и в интервалах отдыха. Различия в характере адаптации аппарата кровообращения и дыхания к стандартной работе в среднегорье отчетливо выявились. Работу умеренной мощности (600 кгм/мин) в среднегорье спортсмены выполняли с большим напряжением всех изучаемых показателей кровообращения и дыхания. Так, например, у бегунов на средние дистанции в среднегорье потребление  $O_2$  составляло в этой работе  $1570 \pm 38,0$ ; процент утилизации кислорода –  $6,4 \pm 0,3$ ; МОД –  $35,2 \pm 2,1$ ; ритм сердца –  $98,0 \pm 2,0$ ; кислородный пульс –  $15,8 \pm 4,0$ ; систолическое давление –  $147 \pm 5$ ; оксигенация –  $85 \pm 1$ . На равнине эти показатели были ниже соответственно  $1334 \pm 10$ ;  $5,3 \pm 0,2$ ;  $27,8 \pm 2,2$ ;  $86 \pm 1,0$ ;  $13,5 \pm 0,6$ ;  $136 \pm 2$ ;  $94,7 \pm 0,7$  (при статистически достоверном различии). По мере увеличения мощности работы, начиная с 1300 кгм/мин, отмечалось снижение потребления  $O_2$  и ЧСС по сравнению с величинами, полученными в аналогичной работе на равнине (в среднегорье в работе мощностью 1600 кгм/мин потребление  $O_2$  –  $2840 \pm 14$ , ритм –  $158 \pm 5$ ; на равнине соответственно  $3120 \pm 15$  и  $174 \pm 4$ ), при этом процент утилизации  $O_2$  и систолическое АД значительно превышали данные равнины ( $5,6 \pm 0,1$  и  $210 \pm 9$  против  $4,6 \pm 0,4$  и  $191 \pm 7$ ).

Что касается характера изменения показателей ЭКГ, записанной в процессе выполнения стандартной велоэргометрической работы, то следует также указать на некоторые особенности приспособляемости сердца к работе в среднегорье по сравнению с равниной. Они касаются прежде всего ЧСС. Ритм сердца в работе умеренной мощности в среднегорье был чаще, чем в аналогичной работе на равнине; в работе же большой мощности, наоборот, реже. Наряду с этим были обнаружены и определенные затруднения в характере адаптации сердца к работе в первые 10 дней пребывания в среднегорье. Это проявлялось в более частом нарушении как функции возбудимости, так и проводимости. Экстрасистолическая аритмия отмечалась в 4 раза чаще в сред-

негорье по сравнению с равниной; появилось замедление атрио-вентрикулярной проводимости (до 0,20–0,23 с), причем у ряда спортсменов это удлинение интервала  $P-Q$  имело место в начале работы, свидетельствуя о затруднениях процесса вработываемости, реже стойко держалось на протяжении работы. Удлинение интервала  $P-Q$  в большинстве случаев осуществлялось за счет уширения зубца  $P$  до 0,12–0,14 с.

Электрическая систола укорачивалась соответственно с «должными» величинами. Однако весьма часто в начале работы имело место превышение фактической систолы по отношению к должной – свыше 0,04 с. Направленность в динамике изменения высоты зубцов была такой же, как и на равнине. Однако там, где работа была предельной, вольтаж зубца  $R$  в среднегорье отчетливо снижался. В отдельных случаях в начале работы имела место инверсия зубца  $T$ . У двух человек она стойко держалась на протяжении всей работы (рис. 8). Депрессия интервала  $S-T$  отмечалась редко. В начале работы и интервалах отдыха определялась отчетливая синусовая аритмия.



**Рис. 8.** ЭКГ спортсмена Б., снятая во время работы на велоэргометре с нагрузкой повышающейся мощности (450–900–1350–1800 кгм/мин): видны инверсия зубца  $T$ , предсердная экстрасистолия:

И – исходная ЭКГ; P<sub>1</sub> – 3-я минута 1-й работы; P<sub>2</sub> – 3-я минута 2-й работы; P<sub>3</sub> – 3-я минута 3-й работы; P<sub>4</sub> – 3-я минута 4-й работы; B<sub>1</sub> – 1-я минута восстановления; B<sub>2</sub> – 2-я минута восстановления; B<sub>4</sub> – 4-я минута восстановления; B<sub>5</sub> – 5-я минута восстановления

Таким образом, в среднегорье адаптация к работе сопровождалась иным характером функциональных сдвигов как дыхательной, так и сердечно-сосудистой системы спортсменов.

Изменилась ли при этом ЭКГ спортсменов в состоянии относительного покоя?

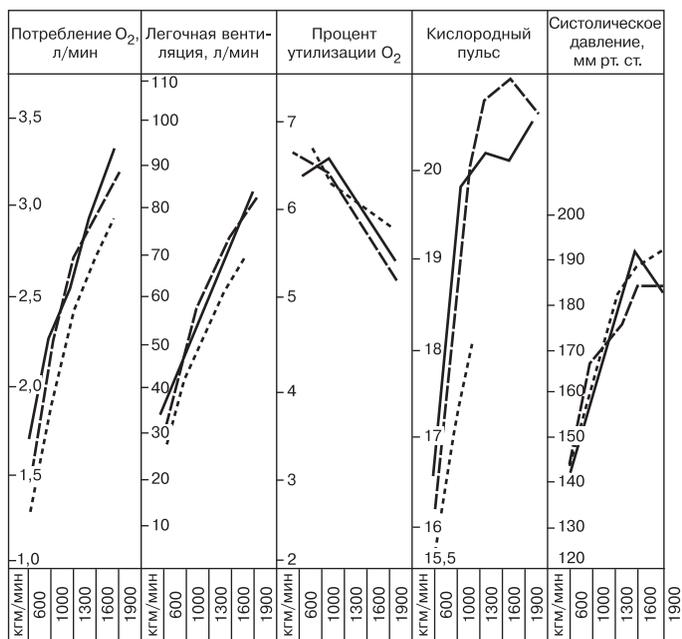
Переезд в горы и первые дни пребывания там не вызывали никаких изменений в ЭКГ спортсменов, снятой утром в состоянии покоя, несмотря на то что начальный период акклиматизации у ряда спортсменов сопровождался симптомокомплексом, указывающим на значительные перестройки организма (нарушение сна, головные боли, повышение систолического АД, ухудшение периферического сопротивления, ухудшение энергетики сердечного выброса, изменение показателей «красной» крови).

С конца первой недели акклиматизации (по прошествии острых явлений) при включении в тренировочный режим с большими нагрузками на ЭКГ отдельных (15%) спортсменов появлялись те или иные признаки изменения в функциональном состоянии сердца: экстрасистолическая аритмия, миграция водителя ритма, замедление атриовентрикулярной проводимости (до 0,21–0,22 с), признаки частичной блокады правой ножки пучка Гиса.

У одних спортсменов со второй недели акклиматизации (у большинства – с третьей) в ЭКГ появилась резкая синусовая аритмия (интервал  $R-R$  колебался 1,08:1,38; 1,10:1,62; 0,96:1,47 с), в единичных случаях выявлялась синоаурикулярная блокада. У мастеров спорта и перворазрядников синусовая аритмия наблюдалась в 83% случаев, у высококвалифицированных членов сборной команды лишь в 23%. Такая аритмия указывала на высокую лабильность в иннервации сердца.

В этом же периоде, так называемом периоде адаптации, у 16% спортсменов появлялись признаки частичной блокады правой ножки пучка Гиса. Позже, приблизительно к 25–30-му дню акклиматизации, наряду с наступлением устойчивого состояния центральной и вегетативной нервной системы (ВНС), показателей «красной» крови, наметилась и стабилизация ЭКГ: нормализовались проводимость, ритм, исчезли признаки блокады правой ножки пучка Гиса (сохраняясь лишь у тех, у кого они были стойкими на равнине). Возбудимость синусового ритма осталась повышенной, но не столь резко, как в периоде адаптации. Определялась и четкая экономизация функций организма спортсменов к стандартной работе повышающейся мощности: от этапа к этапу снижалось потребление  $O_2$  (как общее, так и на 1 кг массы тела)

при снижении МОД и кислородного пульса (различия статистически достоверны). Величины же систолического давления и процента утилизации  $O_2$  мало изменялись, оставаясь выше, чем в аналогичной работе на равнине (рис. 9).

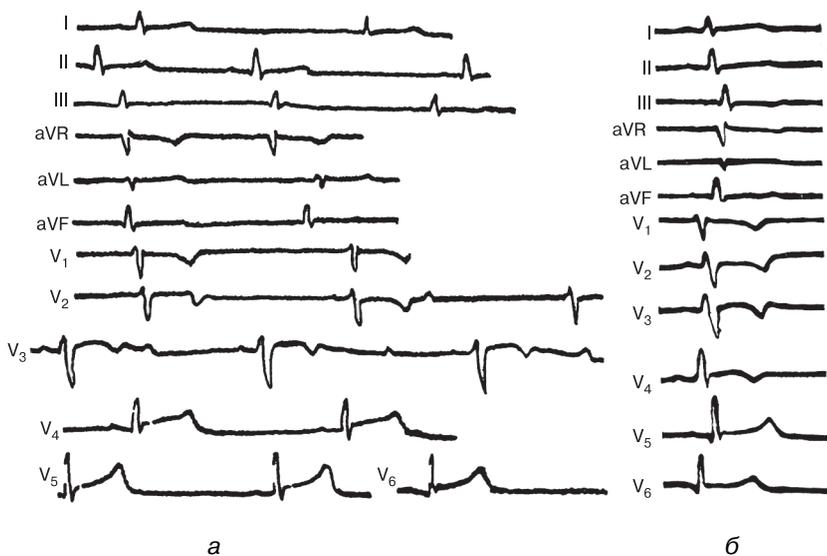


**Рис. 9.** Показатели кровообращения и дыхания бегунов на средние дистанции в процессе стандартной велоэргометрической работы повышающейся мощности на разных этапах акклиматизации:

*сплошная линия* – первое исследование в среднегорье,  
*пунктирная* – промежуточное, *точечная* – заключительное

И все-таки, несмотря на, казалось бы, устойчивое состояние организма, наступившее под влиянием довольно продолжительной тренировки в среднегорье, предельные физические напряжения в это время чреваты опасностью и могут привести к «срыву», в частности, к нарушению функционального состояния сердца. Так, у шести спортсменов из восьмидесяти восьми, находившихся под наблюдением, после предельных нагрузок (чаще соревновательного характера) возникали ЭКГ-признаки ухудшения функционального состояния сердца (причем у трех из них они сочетались с клинической симптоматикой: жалобами на боли в области сердца, вялостью, плохой переносимостью тренировочных нагрузок).

зок). На ЭКГ спортсменов определялись стойкая желудочковая экстрасистолия (у одного – типа бигеминии); стойкая блокада правой ножки пучка Гиса – у одного; признаки систолической перегрузки правого желудочка – у двух (отрицательный зубец *T* в отведениях III, aVF, V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub> и V<sub>3</sub>); атриовентрикулярная блокада II степени – у одного спортсмена (рис. 10, а, б).



**Рис. 10.** ЭКГ в покое:

*а* – атриовентрикулярная блокада II степени у стайера А.;  
*б* – явления перенапряжения миокарда правого желудочка

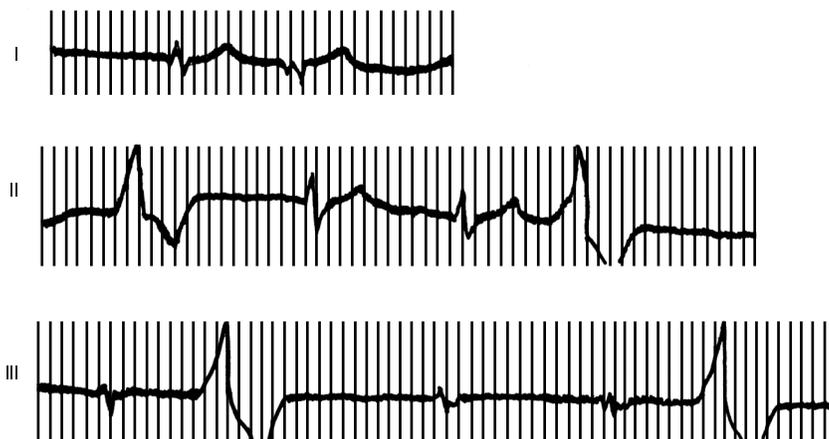
Следует указать, что у четырех спортсменов ЭКГ-нарушения носили преходящий характер, у двух других стойко держались на протяжении месяца по возвращении на равнину.

Телеэлектрокардиографические исследования, проведенные во время больших тренировочных нагрузок (переменный бег легкоатлетов 8 × 200 м, 10 × 400 м, 40 × 400 м, 15 × 800 м, 20 × 1000 м или спарринговый бой боксеров от 3 до 6 раундов), показали, что учащение ритма сердца в работе составляло от 171 до 215 уд./мин (у большинства в пределах 190–200 уд./мин). Как правило, ритм сердца в работе был правильным, лишь в отдельных случаях с экстрасистолической аритмией. И в переменной скоростной работе, и в работе на выносливость от нагрузки к нагрузке имело место устойчивое учащение ритма сердечных сокращений.

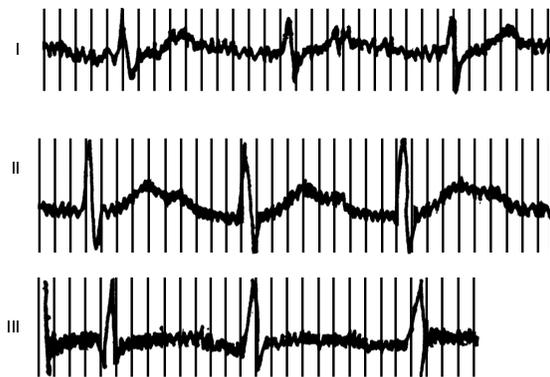
Несмотря на ухудшение времени пробегания дистанций в среднегорье, учащение ритма было не ниже, а подчас и выше, по сравнению с аналогичной беговой работой на равнине.

Анализ ЭКГ, снятых тотчас после окончания тренировочных занятий и соревнований (на 1 мин восстановления), позволил судить об остром воздействии нагрузок в среднегорье на функциональное состояние сердца. У большинства (в 74% случаев) спортсменов наблюдалась адекватная реакция показателей ЭКГ на нагрузку: умеренное учащение ритма, сдвиг электрической оси вправо, укорочение интервалов  $P-Q$  и  $Q-T$ , умеренное повышение вольтажа. У части (20%) спортсменов на ЭКГ определялись синусовая аритмия, повышение зубцов  $P_2$  (до 3–4 мм) и  $T_2$  (до 6–7 мм), инверсия зубца  $T_3$  из положительного в отрицательный, снижение вольтажа  $R$  или  $T$ , депрессия интервала  $S-T$  в пределах 1 мм.

В 6% случаев на ЭКГ были выявлены значительные изменения – нарушение функции возбудимости (почти у половины спортсменов из этих 6%), которая проявлялась в экстрасистолической аритмии, миграции зубца  $P$ , появлении ритма коронарного синуса (рис. 11). Весьма часто (у  $\frac{1}{3}$  спортсменов) наблюдались также нарушение атриовентрикулярной проводимости (удлинение интервала  $P-Q$  до 0,20–0,22 с) и внутрижелудочковая блокада (рис. 12).



**Рис. 11.** ЭКГ бегуна на средние дистанции на 1-й мин после окончания тренировки с переменной работой (12 × 200 м): экстрасистолическая аритмия



**Рис. 12.** ЭКГ бегуна на средние дистанции на 1-й мин после бега на 1200 м: замедление атриовентрикулярной проводимости до 0,22 с

Иногда имела место инверсия зубца *T*, причем порой во всех трех отведениях (рис. 13).

Под влиянием соревновательных нагрузок предельного напряжения процент ЭКГ с указанными изменениями с 6% возрастал до 38%. Через 12 ч после нагрузки ЭКГ-нарушения оставались лишь у 17% спортсменов, что свидетельствовало о преходящем характере отклонений.



**Рис. 13.** ЭКГ бегуна на длинные дистанции на 1-й мин после окончания тренировки с переменной работой ( $15 \times 800$  м): инверсия зубца *T* в I, II и III отведениях

Анализ изменений ЭКГ в связи с видом спортивной деятельности спортсменов показал, что преимущественно работа на выносливость (беговая, велоезда) сопровождалась теми или иными отклонениями ЭКГ; значительно реже они наблюдались у представителей скоростно-силовой группы спортсменов и крайне редко – у гимнастов.

О проходящем характере изменений ЭКГ под влиянием нагрузок свидетельствовали результаты ЭКГ покоя, описанные выше.

Таким образом, переезд в горы в первые дни пребывания в среднегорье не сопровождался изменениями в ЭКГ спортсменов, несмотря на наличие острых проявлений акклиматизации у части спортсменов.

Нарушения в биоэлектрической активности сердца появлялись с момента включения спортсменов в запланированный объемный тренировочный режим и отмечались у 15% исследуемых.

В периоде адаптации в ЭКГ покоя весьма часто наблюдались резкая синусовая аритмия, в 40% случаев экстрасистолия и признаки частичной блокады правой ножки пучка Гиса и замедления предсердно-желудочковой проводимости.

В периоде устойчивого состояния отмечалась нормализация ЭКГ. Однако у 6 (6,8%) из 88 спортсменов, находящихся под наблюдением в среднегорье в этот период, появились ЭКГ-признаки нарушений функционального состояния сердца.

Как показали специальные исследования с использованием стандартной велоэргометрической нагрузки, адаптация сердца к работе в условиях среднегорья протекала отлично от адаптации на равнине, чаще сопровождаемая нарушениями основных функций сердца.

## 5.2. ЭКГ спортсменов в период соревнований в среднегорье и на равнине

Анализ литературы и проведенных исследований показал, что адаптация организма человека к предельным мышечным напряжениям в среднегорье происходит при большем напряжении вегетативных, соматических функций, показателей внутренней среды организма и т.д., чем на равнине (Хуртадо, 1964; Дилл, 1966; Пью, 1967; Остранд, 1967 и др.).

В связи с этим изучение основных функций организма спортсмена и особенно сердца во время соревнований в среднегорье представляет большой интерес, что и послужило целью настоящей работы.

Исследования проводились в период ответственных соревнований в среднегорье с участниками 1-й и 3-й предолимпийской недели в Мехико на высоте 2200 м над уровнем моря и на равнине с участниками состязаний по боксу IV Спартакиады народов СССР. Под наблюдением находились 305 спортсменов, из них 190 обследованы на Спартакиаде и 115 – в Мехико. Большинство спортсменов были в возрасте от 19 до 30 лет, мастера спорта со стажем занятий от 5 до 10 лет.

Электрическая активность сердца спортсменов исследовалась методом ЭКГ. ЭКГ регистрировалась в трех стандартных отведениях, трех однополюсных и шести грудных. ЭКГ-исследования проводились как в состоянии покоя за 3 дня до участия в соревнованиях, так и непосредственно после соревнований. Динамические ЭКГ-наблюдения проводились над участниками соревнований в среднегорье в конце 1-й недели пребывания в Мехико и в конце 3-й за 3 дня до выступления в соревнованиях. Наряду с этим почти у всех спортсменов снималась ЭКГ непосредственно после окончания тренировочных занятий с большими нагрузками. Всего снято и проанализировано 246 ЭКГ участников соревнований на равнине и 350 – в среднегорье.

Боксеры прошли медицинское обследование во врачебно-физкультурном диспансере № 2, включающее антропометрию, осмотр терапевта, консультацию невропатолога и окулиста, клинический анализ крови и мочи и функциональное исследование ССС на 15-секундный бег на месте в максимальном темпе. В работе принимали участие врачи Р. Барсуков, С. Светова, С. Бочкарева.

Исследования, проведенные на равнине за 3 дня до участия в соревнованиях по боксу, показали, что ЭКГ у большинства спортсменов характеризовалась синусовой брадикардией. Лишь у 9% обследованных определялась отчетливая аритмия ( $R_{\min} - R_{\max} = 0,2 - 0,58$  с). У 6 спортсменов аритмия носила экстрасистолический характер, причем у одного – типа бигеминии; у одного боксера определялась миграция источника ритма. Предсердно-желудочковая проводимость была, как правило, в пределах нормальных величин (0,12–0,20 с). Исключение составили 5 спортсменов, у которых интервал  $P-Q$  был удлинен до 0,21–0,28 с. У 4 боксеров внутрижелудочковая проводимость достигала 0,11–0,12 с в сочетании с деформацией комплекса  $QRS$  в III отведении и  $V_1$ . У 10 спортсменов определялось нарушение процесса реполяризации миокарда, причем у 7 – миокарда левого желудочка, у 3 – правого. Таким образом, у 88% обследо-

ных спортсменов накануне участия в соревнованиях на равнине определялось нормальное протекание электрических процессов в сердце и лишь у 12% имелись те или иные нарушения основных функций сердца: у 2,1% – нарушение автоматизма и возбудимости (без синусовой аритмии), у 4,7% – нарушение процессов проведения возбуждения и у 5,2% – нарушение процессов реполяризации миокарда (в основном левого желудочка).

ЭКГ-исследования, проведенные на 115 спортсменах за 3 дня до участия в соревнованиях в среднегорье, выявили вдвое чаще, чем на равнине, нарушение основных показателей ЭКГ (табл. 7).

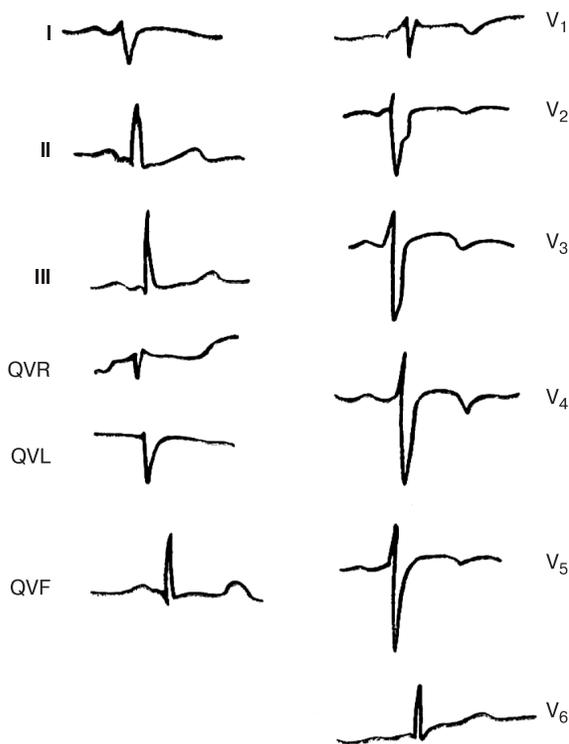
Таблица 7

**Нарушение показателей ЭКГ у спортсменов  
в предсоревновательном периоде на равнине и в среднегорье  
(количество случаев, в %)**

Показатель ЭКГ	Равнина (190 чел.)	Среднегорье – 2200 м (115 чел.)	
	за 3 дня до сорев- нования	к концу 1-й недели	к концу 3-й недели (за 3 дня до соревнования)
Резкая синусовая аритмия (свыше 0,30 с)	9	15	16,5
Миграция ритма	0,4	1,4	2,9
Ритм коронарного синуса	–	–	0,9
Синоаурикулярная блокада	–	2,1	1,8
Экстрасистолия	1,5	2,1	1,8
Замедление атриовентрику- лярной проводимости	2,5	6,7	5,6
Нарушение реполяризации:			
– миокарда правого желудочка	1,6	9,5	11,5
– миокарда левого желудочка	3,6	0,7	0,9
– миокарда правого и левого желудочка	–	1,4	1,8
Нарушение внутривентрику- лярной проводимости	2,1	–	–

Так, резкая синусовая аритмия ( $R_{\min} - R_{\max} = 0,31 - 0,70$  с) наблюдалась у 16,5% обследованных; миграция источника ритма – у 2,9%; ритм коронарного синуса – у 0,9%; экстрасистолическая аритмия – у 1,8%; у 7,4% – нарушение проведения возбуждения (синоаурикулярная блокада, замедление атрио-вентрикулярной проводимости до 0,21–0,36 с); у 14,2% – нарушение процессов реполяризации миокарда, причем у большинства – правого желудочка.

Проведенные исследования показали, что в среднегорье значительно чаще, чем на равнине, в предсоревновательном периоде отмечалось нарушение процессов автоматизма и возбудимости, проведения возбуждения по миокарду и почти втрое чаще появлялись нарушения процессов реполяризации миокарда. В качестве примера можно привести ЭКГ спортсмена У. (рис. 14).



**Рис. 14.** ЭКГ спортсмена У.: нарушение процесса реполяризации миокарда

Динамические ЭКГ-наблюдения, проведенные во время пребывания спортсменов в Мехико, показали, что перечисленные нарушения основных функций сердца имелись примерно у такого же количества спортсменов уже к концу 1-й недели пребывания в среднегорье (см. табл. 7). За 3-недельный период тренировки определялась динамика сдвигов ЭКГ. Примерно у половины спортсменов, из числа имеющих на 1-й неделе пребывания в среднегорье изменения в ЭКГ, накануне участия в соревнованиях благодаря индивидуализации тренировочного режима и применению фармакологических средств они исчезли (в 17,1 из 23,9% ЭКГ-отклонений); у 12,4% спортсменов эти изменения носили в среднегорье стойкий характер, и у 16% спортсменов они появились к концу 3-й недели.

Нарушения функции автоматизма и возбудимости определялись, как правило, у представителей скоростно-силовых видов спорта, явления же нарушения реполяризации миокарда – у спортсменов, тренирующихся на выносливость (гребля, бег, плавание, борьба).

ЭКГ-исследования острого воздействия тренировочных занятий с большими нагрузками, проведенные в среднегорье на 89 спортсменах, показали, что у 68 из них, т.е. в 76% наблюдений, определялась адекватная реакция показателей ЭКГ, свидетельствующая о хорошей адаптации сердца этих спортсменов к нагрузкам; в 8% случаев изменения ЭКГ, наблюдаемые в покое, сохранялись и после физической нагрузки, и, наконец, у 16% обследованных после тренировки появлялись те или иные изменения ЭКГ: синусовая аритмия, миграция ритма, экстрасистолическая аритмия, нарушения реполяризации миокарда. Эти изменения носили, как правило, преходящий характер, исчезая при утреннем исследовании на следующий день после тренировки.

После выступления в соревнованиях в среднегорье, как показали материалы исследований на 2-й и 3-й предолимпийских неделях, в 32% случаев появлялись признаки ухудшения электрической активности сердца.

В то же время исследование острого воздействия соревновательной нагрузки в условиях равнины, проведенное на 42 боксерах через 3–5 мин после окончания полуфинальных боев Спартакиады, показало, что у 79% обследованных определялась адекватная реакция показателей ЭКГ на нагрузку, у 7% сохранялись отмечаемые до соревнования ЭКГ-изменения и лишь у 6 боксеров, т.е. в 14% случаев, появлялись изменения ЭКГ в связи с острым

воздействием больших предельных напряжений боксерских поединков.

Клинический анализ материала по состоянию здоровья боксеров накануне участия в соревнованиях показал, что спортсмены, как правило, не предъявляли никаких жалоб на здоровье. Для большинства из них, как видно из табл. 8 и 9, характерна брадикардия, нормальные величины АД, хорошая приспособляемость ССС к нагрузке функциональной пробы при быстром восстановлении, что свидетельствовало о хорошем состоянии тренированности спортсменов накануне ответственных соревнований. В то же время было выявлено, что на функциональное состояние сердца боксеров большое влияние оказывает сгонка массы тела, порой форсированная. Об этом свидетельствовали как данные анамнеза, так и результаты клинического обследования: антропометрия, анализ крови и мочи, повторное ЭКГ-исследование.

Так, оценка показателей физического развития боксеров, проведенная на основании ростовых стандартов, разработанных Р.Е. Мотылянской, выявила у 104 спортсменов низкие показатели массы тела – в пределах от 0,5 до 3 сигм, т.е. от 3 до 18 кг ниже средних для данного роста величин (табл. 10). Наряду с этим у 10% обследованных боксеров определялся лейкоцитоз (от 9000 до 13 000), у 7% – ускоренная реакция оседания эритроцитов (до 20 мм/ч), у 9 – следы белка в моче, у 3 – единичные свежие эритроциты.

Как показал анамнез, почти все эти спортсмены накануне перед взвешиванием продолжительное время (до 3 ч) находились в бане.

Повторное ЭКГ-исследование и анализ крови и мочи, проведенные через 2–3 дня, у половины обследованных спортсменов выявили отчетливую положительную ЭКГ-динамику и почти у всех – положительную динамику в анализе крови и мочи.

В качестве примера можно привести данные медицинского освидетельствования спортсменов.

**Спортсмен Б.**, 25 лет, мастер спорта, боксом занимается 9 лет, масса тела 63,6 кг, провел 140 боев, выиграл 116. При осмотре жалоб не предъявлял. Объективно: зев чистый, границы сердца в пределах нормы, тоны чистые; дыхание везикулярное, легочный звук ясный; живот мягкий, безболезненный; печень, селезенка не пальпируются; пульс аритмичный (54 уд./мин), АД 110/60 мм рт. ст. Реакция ССС на нагрузку нормотоническая с быстрым восстановлением. Консультации специалистов (отоларинголога, невропатолога, окулиста, хирурга, стоматолога и дерматолога) не выявили никаких изменений со стороны исследуемых сфер.

Таблица 8

## Частота пульса и величина АД у боксеров в покое (количество случаев)

		Пульс, уд./мин				Систолическое АД, мм рт. ст.				Диастолическое АД, мм рт. ст.					
		41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	до 90	90-100	101-110	111-120	121-130	до 50	51-60	61-70	71-80
1	40	92	33	12	2	7	36	81	46	10	11	56	89	24	1

Таблица 9

## Реакция ССС боксеров на 15-секундный бег в максимальном темпе (количество случаев)

		Приспособляемость		Восстановление, на				Тип реакции		
		удовлетворительная	неудовлетворительная	2-й мин	3-й мин	4-й мин	не восстан. на 4-й мин	нормотонический	ступенчатый	гипертонический
111	61	8	70	34	6	170	9	1		

Таблица 10

## Оценка массы тела боксеров (в сигмах) за 3 дня до выступления в соревнованиях по ростовым стандартам (количество случаев)

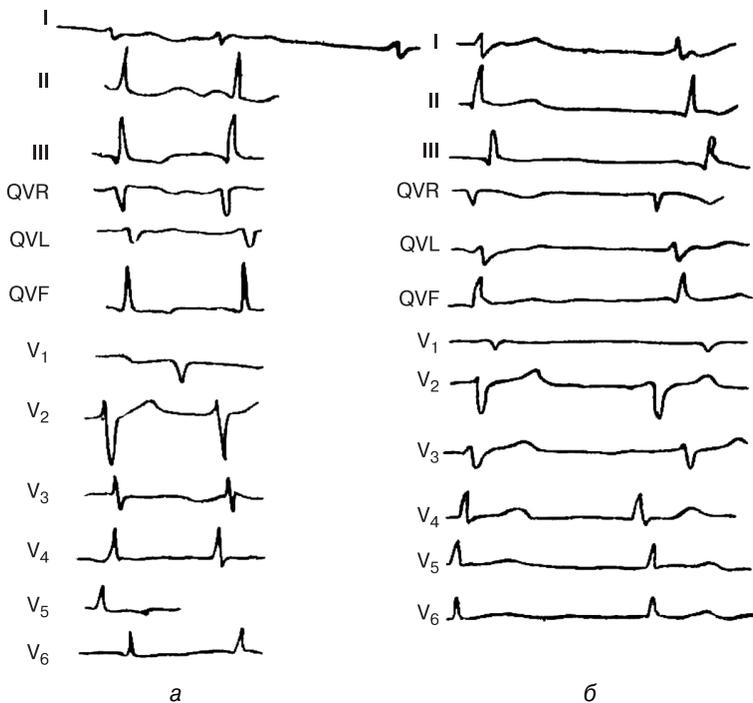
		Выше среднего						Ниже среднего					
		+3,0	+2,5	+2,0	+1,5	+1,0	+0,5	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0
2	4	-	1	7	10	10	33	33	26	10	-	2	

Анализ крови: лейкоциты – 9000, РОЭ – 9 мм/ч. На ЭКГ в покое и после нагрузки – множественная желудочковая экстрасистолия типа бигеминии. Со слов спортсмена выяснилось, что накануне он был в бане, после которой потерял 3,5 кг. Повторные ЭКГ-исследование и анализ крови, проведенные через 3 дня: ЭКГ без особенностей, с правильным ритмом и нормальное содержание лейкоцитов в крови.

**Спортсмен X.**, 28 лет, боксом занимается 15 лет, провел 255 боев, выиграл 237. При осмотре жаловался на резкую слабость, боли в животе и рвоту. Объективно: склеры и слизистая оболочка рта иктеричны, язык обложен, легочный звук ясный, дыхание везикулярное, тоны сердца приглушены, тахикардия (пульс 90 уд./мин), АД 110/70 мм рт. ст. При легкой пальпации живота появлялась болезненность. Печень увеличенная, мягкая, резко болезненная, выступающая на 1,5 см из-под края реберной дуги. Стул до трех раз в день, слизистый, температура тела 36,8°. Консультация невропатолога: выраженный астенический синдром с вестибулярной недостаточностью. На ЭКГ – нарушение процесса реполяризации миокарда левого желудочка (рис. 15, а). Из анамнеза выяснилось, что спортсмен в течение недели потерял 7 кг, используя для сгонки массы тела слабительное. В результате – явления энтероколита, астенический синдром с нарушением процесса реполяризации миокарда. К соревнованиям спортсмен не был допущен. При повторном исследовании через 4 дня, в течение которых спортсмен находился на диете и применял медикаментозную терапию, витамины, микроэлементы и водно-электролитный питьевой режим, явления энтероколита исчезли, нормализовалась ЭКГ (рис. 15, б).

Можно предположить, что сгонка массы тела у боксеров сопровождалась нарушением минерального обмена и, в том числе, равновесия ионов калия и натрия в сердечной мышце. Гипокалиемия же, как известно, сопровождается рядом изменений в ЭКГ (Ф. Пендль, 1959).

Как показали исследования Кабрера и Монрои (1952), систолическая перегрузка левого желудочка в условиях клиники, наряду с другими факторами, обусловлена гипертонической болезнью; систолическая перегрузка правого желудочка – гипертонией малого круга. Возможно поэтому в условиях среднегорья, где, как известно, возникают затруднения для работы правого желудочка в связи с гипертонией малого круга кровообращения, чаще наблюдался ЭКГ-синдром перенапряжения правого желудочка и печеночно-болевой синдром. Однако не исключена возможность нарушения ионного равновесия, поскольку гипоксия, как отмечают Крейнфилд и Гоффман (1962), вызывает повреждение мембраны, вероятным следствием которого является повышение проницаемости мембраны для ионов калия.



**Рис. 15.** ЭКГ боксера X.:

*а* – ЭКГ 1-го исследования: нарушение процесса реполяризации миокарда;  
*б* – ЭКГ 2-го исследования через 4 дня без отклонений от нормы

Таким образом, ЭКГ-исследования спортсменов во время ответственных соревнований в среднегорье и на равнине показали следующее.

Предсоревновательная подготовка спортсменов в среднегорье сопряжена со значительно большим напряжением в работе сердца, чем на равнине. Накануне участия в соревнованиях в среднегорье вдвое чаще, чем на равнине, определялось нарушение процессов автоматизма и возбудимости, проведение возбуждения по миокарду и почти втрое чаще – нарушение процесса реполяризации миокарда.

Функции автоматизма и возбудимости сердца в среднегорье нарушались, как правило, у представителей скоростно-силовых видов спорта, нарушение процесса реполяризации миокарда – у спортсменов, тренирующихся на выносливость.

В среднегорье у спортсменов чаще определяется симптом перенапряжения миокарда правого желудочка.

Важными этнологическими факторами, определяющими появление отклонений основных функций сердца, являются: в среднегорье – сроки предварительной акклиматизационной подготовки и методика тренировки спортсменов; на равнине, в условиях предсоревновательной подготовки боксеров, – форсированная стонка массы тела.

### 5.3. ЭКГ спортсменов в условиях гипоксической гипоксии в барокамере и среднегорье

Для оценки индивидуальной устойчивости спортсменов к гипоксической гипоксии важно знать диапазон адаптационных возможностей сердца к работе при разных степенях гипоксии. С этой целью проведены сравнительные исследования на одних и тех же спортсменах в барокамере и среднегорье на высоте 2200 м.

Подъем в барокамере осуществлялся по методике, разработанной В.В. Матовым и И.Д. Суркиной. Высота подъема 6000 м. В «базальных условиях» (на земле) и на высоте 5000 м проводилась работа на велоэргометре. Мощность этой работы 650 кгм/мин. Продолжительность – 5 мин. Темп – 55 об./мин. На равнине и в среднегорье эти же спортсмены выполняли ступеннеобразно повышающуюся велоэргометрическую работу, первой ступенью которой явилась нагрузка, аналогичная выполненной в барокамере. В процессе работы регистрировалась ЭКГ в переднем отведении по Небу.

Все спортсмены прошли медицинское освидетельствование, включающее рентгенокимографию сердца, анализ которой дается в работе.

Исследования проводились на 27 спортсменах, большинство из которых члены сборных команд страны, здоровых или практически здоровых, в вполне удовлетворительном состоянии тренированности.

ЧСС в покое колебалась от 40 до 84 уд./мин, мало отличаясь при исследовании на равнине (в среднем 65,6 уд./мин), в среднегорье (в среднем 63,4 уд./мин) и в барокамере на высоте 5000 м (в среднем 66,3 уд./мин). Стандартная работа мощностью 650 кгм/мин сопровождалась учащением ритма сердца, и чем большим, тем выше степень гипоксии: если на 5-й мин работы на равнине пульс учащался в среднем до 106 уд./мин, то в средне-

горье (на 10-й день пребывания) – до 119, а на высоте 5000 м – до 147 уд./мин (в процентах по отношению к исходному это составило соответственно 160, 186 и 182).

Была выявлена четкая зависимость в ЧСС как в покое, так и в работе в связи с размерами сердца спортсменов, рассчитанными по ритмокардиографии: чем меньше размер сердца, тем чаще ритм сердца. У спортсменов, относительный объем сердца которых превышал 11,5 мл/кг, достигая 17,6 мл/кг, пульс в покое на равнине составлял 58 уд./мин, в среднегорье – 56, в барокамере на высоте 5000 м – 74 уд./мин; у спортсменов с малыми размерами сердца (меньше 9,0 мл/кг) пульс был значительно чаще (79, 68 и 97 уд./мин соответственно). Подобная же закономерность сохранялась и в процессе стандартной велоэргометрической работы: у спортсменов с большими размерами сердца пульс на 5-й мин работы на равнине был 91 уд./мин, в среднегорье – 122, в барокамере на высоте 5000 м – 141 уд./мин; у спортсменов с «малыми» сердцами – чаще, соответственно 113, 139 и 168 уд./мин.

Анализ ЭКГ показал, что форма и тяжесть гипоксии оказывают существенное влияние не только на ЧСС, но и на протекание биоэлектрических процессов в сердце. Острая кратковременная гипоксия, создаваемая в барокамере, более отчетливо выявляет слабые звенья в процессе адаптации к ней. Это касается как функции возбудимости, так и протекания процесса реполяризации в миокарде.

Так, на равнине в покое у всех обследуемых спортсменов определялось нормальное течение процесса реполяризации и лишь у одного была миграция источника ритма. В среднегорье же в начальном периоде акклиматизации у 8% обследуемых нарушалось нормальное течение процесса реполяризации, а на высоте 5000 м в барокамере у большинства спортсменов снижалась высота зубцов *R* и *T*, у 18% – с инверсией его в отрицательный; у 18% обследуемых отмечалось нарушение ритма.

Стандартная работа умеренной мощности на равнине лишь в единичных случаях сопровождалась нарушением ритма, в среднегорье же в аналогичной работе у 18 обследованных нарушался нормальный ход течения процесса реполяризации. Несколько чаще появлялась экстрасистолическая аритмия. На высоте 5000 м работа у ряда спортсменов на фоне снижения амплитуды зубца *R* появлялась депрессия интервала *S–T* до 1–1,5 мм.

В то же время проводимость сердечного импульса чаще замедлялась в среднегорье. Так, атриовентрикулярная проводимость

в процессе стандартной работы умеренной мощности в среднегорье в начальном периоде акклиматизации у большинства спортсменов замедлялась, причем у отдельных лиц до 0,21–0,23 с, аналогичная работа в условиях острой гипоксии в барокамере сопровождалась либо укорочением проводимости, либо оставалась той же. Исследованиями Bagdonas'a показано, что кислородная недостаточность не оказывает большого влияния на атрио-вентрикулярную проводимость, в то время как другие факторы (задержка метаболитов, изменение рН крови и концентрации электролитов) играют существенную роль. Сопоставление ЭКГ, записанной в среднегорье в процессе работы большой мощности (1900 кгм/мин), при которой насыщение артериальной крови кислородом снижалось до 65%, с ЭКГ, записанной в покое на высоте 6000 м в барокамере на тех же спортсменах, когда оксигенация составляла  $61 \pm 0,9\%$ , показало, что частота появления ЭКГ-изменений возрастает не столько с увеличением мощности работы в условиях хронической гипоксии небольшой степени, сколько в связи с острой, хотя и кратковременной кислородной недостаточностью. Так, нарушение процесса реполяризации миокарда в виде инверсии зубца *T* при 5-минутной экспозиции на высоте 6000 м наблюдалось у 8 из 22 обследованных спортсменов, в то время как в среднегорье в работе большой мощности ни у кого из них не определялись указанные изменения. В то же время снижение вольтажа зубца *R* (у большинства на 3–5 мм), наблюдаемое у значительного большинства спортсменов в условиях острой гипоксии, весьма часто появлялось и в работе большой мощности в среднегорье (на 1–2 мм).

По мере акклиматизации спортсменов к условиям среднегорья адаптация их сердца к работе улучшилась, протекание биоэлектрических процессов нормализовалось.

В отдельных случаях при форсированной тренировке определялись ухудшение функционального состояния сердца и появление ЭКГ-нарушений.

## 6. Тренировка в среднегорье в подготовке спортсменов игровых видов спорта

Подготовка в течение 2–4 недель на высоте 1500–2200 м существенно расширяет границы функциональных возможностей организма, повышает резистентность, иммунологическую реактивность, переносимость человеком разнообразных неблагоприятных

факторов, положительно влияет на умственную и физическую работоспособность (Барбашова З.И., 1960; Суслов Ф.П., 1965, 1983, 1999; Бернштейн А.Д., 1967; Летунов С.П. и др., 1967–1970; Матов В.В., 1967–1972; Иорданская Ф.А., Архаров С.Н., Дмитриев Е.И., 1967; Березовский В.А., 1978; Иванов В.С., Иванов А.И., Орлов В.А., Усакова Н.А., 1986; Байковский Ю.В., Байковская Т.В., 2010 и др.) и включена в годичный тренировочный цикл подготовки почти большинства видов спорта на выносливость.

Подготовка в среднегорье в игровых видах спорта, как правило, не включается в годичный тренировочный план, в отличие от видов спорта на выносливость.

В спортивных играх наиболее системно и эффективно тренировка в среднегорье использовалась в баскетболе (Портных Ю.П., Хрутов А.М., Гельчинский С.Я., 1973). Начиная с 1979 г. в сборной команде по баскетболу проводились сборы по физической подготовке в условиях среднегорья перед чемпионатами Европы 1981 и 1983 гг. и Олимпийскими играми в Сеуле и Москве под руководством А.Я. Гомельского.

Тренировки проводились в Болгарии, на базе Бельмекен, на высоте 2200 м над уровнем моря. Преимущество этой базы в том, что она удалена от населенных пунктов на 50–60 км и спортсмены сосредотачиваются исключительно на тренировке. Цель – общая физическая подготовка. Построение работы составлялось с учетом предстоящего цикла и модели турнира.

Разработаны и опубликованы программы работы по этапам подготовки с индивидуальными заданиями для отдельных игроков. А.Я. Гомельский дал очень высокую оценку эффективности проведения общефизической подготовки баскетболистов в условиях среднегорья при успешной реализации проведенной работы в соревнованиях сборной команды страны.

Известно, на этапе подготовки к Олимпийским играм в Сиднее в 2000 г. сборная Югославии по волейболу под руководством Зорана Гайича использовала тренировку в среднегорье и выиграла в финале у нашей сборной.

Возглавив сборную команду России по волейболу, Зоран Гайич включил в план подготовки тренировку в Черногории на высоте 1700 м над уровнем моря. Функционально-диагностическое тестирование до и после подготовки в среднегорье и легло в обоснование его использования в волейболе.

До настоящего времени проведено очень мало исследований со ступенчатым характером использования среднегорья и высокогорья в подготовке спортсменов игровых видов спорта при сочетании тренировочных занятий и игр.

В футболе опробирован опыт выступления команды в условиях ступенчатого использования разных высот (1000, 2000, 4000 м) в процессе 14-дневного турнира и участия в 4-х играх. Турнир проводился в Боливии, где выступала команда СК «Локомотив» под руководством Ю.П. Семина.

Функционально-диагностическое тестирование также проводилось до и после завершения турнира в условиях среднегорья и высокогорья и послужило основанием для обобщения и анализа этого опыта.

### 6.1. Тренировка в среднегорье в подготовке волейболистов

Цель настоящего исследования – изучение влияния тренировки в среднегорье на уровень функциональной подготовленности волейболистов сборной команды России в олимпийском цикле подготовки к Пекину.

Программа подготовки в среднегорье разработана и реализована главным тренером сборной Зораном Гайичем, который, как указано выше, в 2000 г. руководил сборной Югославии и имел положительный опыт использования среднегорья в подготовке волейбольной команды.

Цель исследования и определение:

- ССС в исходном состоянии и после тестирования до и после тренировки в среднегорье;
- лабильности мышечной и жировой массы тела до и после тренировки в среднегорье;
- психофизиологического состояния психической напряженности и психической работоспособности;
- скорости двигательной реакции на световой раздражитель;
- общей работоспособности в велоэргометрическом тесте (начальная мощность – 75 Вт, повышение нагрузки на 75 Вт каждые 3 мин до отказа от работы) с определением функции внешнего дыхания и газообмена и построением лактатной кривой.

Исследование проводилось до и после тренировки в среднегорье.

Под наблюдением находились 19 волейболистов сборной команды России. Средний возраст команды 25,4 года (21–36 лет), спортивный стаж в среднем 14,6 лет (от 8 до 26 лет), спортивная квалификация – змс – 9 чел., мс – 10 чел. Рост в среднем по команде 201,3 см (12 чел. от 200 до 217 см). Масса тела в среднем по команде 94,28 кг (82,9–110,7 кг).

Тренировка в среднегорье в Черногории проводилась на высоте 1700 м над уровнем моря на протяжении 21 дня. Режим тренировочного микроцикла – три тренировочных дня – день отдыха (3:1) – по 2 тренировки в день с большим объемом работы аэробной направленности. Тренировочная работа осуществлялась главным тренером сборной команды России Зораном Гайичем.

После тренировки в среднегорье на 4–5-й день реакклиматизации ССС волейболистов характеризовалась:

- усилением брадикардии у большинства волейболистов;
- сохранением нормальных величин АД. Повышенное АД осталось у 3 спортсменов, у которых и до среднегорья АД было несколько повышенным;
- сохранился парасимпатикотонический тип вегетативного обеспечения, свидетельствующий о экономном характере регуляции. Исключение составили 2 спортсмена с симпатикотоническим типом регуляции;
- функциональное состояние сердца, по данным ЭКГ, оценивалось как вариант нормы (4 спортсмена) или физиологической нормы (12 спортсменов), свидетельствуя о адекватной адаптации сердца 16 спортсменов к нагрузкам в условиях среднегорья. Нарушения в функциональном состоянии сердца появились у 3 спортсменов.

Проведение ортостатической пробы с регистрацией ЭКГ на 4–5-й день реакклиматизации после тренировки в среднегорье выявило у большой группы волейболистов симптомы вегетативной ортостатической неустойчивости:

- у 8 волейболистов отмечена напряженная реакция показателей ЭКГ в процессе ортопробы с симптомами нарушения процессов реполяризации миокарда в ответ на изменения ортоположения высокорослых спортсменов;
- у 6 волейболистов реакция ЭКГ в ортопробе отчетливая с симптомами ухудшения метаболизма миокарда (при снижении ниже 20% показателя Соколова–Лайона), резкого учащения ритма сердца или удлинения интервала  $Q-T$ ;
- у 5 волейболистов реакция ЭКГ в ортопробе адекватная.

Динамика показателей мышечной и жировой массы тела после тренировки в среднегорье в целом по команде положительная:

- увеличился процент мышечной массы у 14 спортсменов (от 0,1 до 2,4 кг);

- снизился процент жировой массы тела у 18 спортсменов, в том числе у спортсменов с высокими показателями.

Вместе с тем обращают на себя внимание 2 спортсмена, у которых процент жировой массы снизился очень резко – до 6,6–6,3%, что свидетельствует о выраженном энергодефиците.

Скорость двигательной реакции на тест-сигнал «слева-справа» после тренировки в среднегорье улучшилась у всех волейболистов. Средние данные по команде после среднегорья: лучшее на тест-сигнал слева – 223,3 мс против 250,9 мс, среднее – 242,6 мс против 284,8 мс; на тест-сигнал справа соответственно 236,6 мс против 250,0 мс, 256,7 мс против 289,0 мс.

Тестирование работоспособности в максимальном велоэргометрическом тесте после тренировки в среднегорье в целом по команде оценивается положительно:

- мощность работы на кг массы тела в среднем по команде возросла до 34,7 Вт (с 31,6 Вт до среднегорья);

- МПК в среднем по команде – 44,59 мл/мин/кг (до среднегорья 42,2);

- возросла максимальная вентиляция легких – 140,26 л/мин (до сбора 131,7);

- снизилось максимальное содержание лактата в крови – 7,1 ммоль/л против 10,4 ммоль/л.

На гистограммах физиологических показателей (мощность работы, МПК и лактат крови) представлена динамика командных и индивидуальных показателей работы (рис. 16).

Индивидуальный анализ показал, что МПК повысился у 12 спортсменов, остался без изменений в достаточно высоких показателях (56,0–49,0 мл/мин/кг) у 2 и снизился у 3 спортсменов.

Максимальная вентиляция легких увеличилась у 13 и снизилась у 4 спортсменов.

Мощность работы на кг массы тела повысилась у 10, осталась без изменений у 3 и снизилась у 4 спортсменов.

При этом максимальное содержание лактата в крови снизилось у 10, осталось без изменений у 2 спортсменов и повысилось у одного.

Адаптация ССС на возросшую нагрузку у 7 спортсменов была адекватной, у 7 – отчетливой. У 5 спортсменов отмечена напряженная реакция ССС.

Клинико-биохимический анализ крови после тренировки в среднегорье показал следующее.

В исходном состоянии по показателям мочевины крови у ряда волейболистов отмечается недовосстановление после предшествующих тренировочных занятий.

Исходные показатели кортизола у всех игроков показывают достаточно хорошую базальную секрецию, за исключением двоих, у которых уровень кортизола невысокий.

Базальный уровень пролактина у всех волейболистов находится в пределах физиологической нормы. В ответ на нагрузку выраженное снижение отмечалось у 3 спортсменов, свидетельствуя о недостаточных резервных возможностях клеток – пролактотрофов гипофиза.

Значение креатинфосфокиназы (КФК) как до, так и после тестирования повышено в допустимых пределах.

Обращает на себя внимание повышение трансаминазы – аспаратаминотрансферазы (АСТ) в исходном состоянии и резкое повышение АСТ после нагрузки до отказа.

Соотношение КФК/АСТ у одного спортсмена свидетельствует о повреждении скелетной мускулатуры, тогда как у других 4 волейболиста имелись гипоксические повреждения кардиомиоцитов.

Большинство игроков после тренировки в среднегорье находились в хорошем текущем психоэмоциональном состоянии.

У большой группы волейболистов высокая психическая работоспособность поддерживалась за счет повышенной мотивации при психической напряженности.

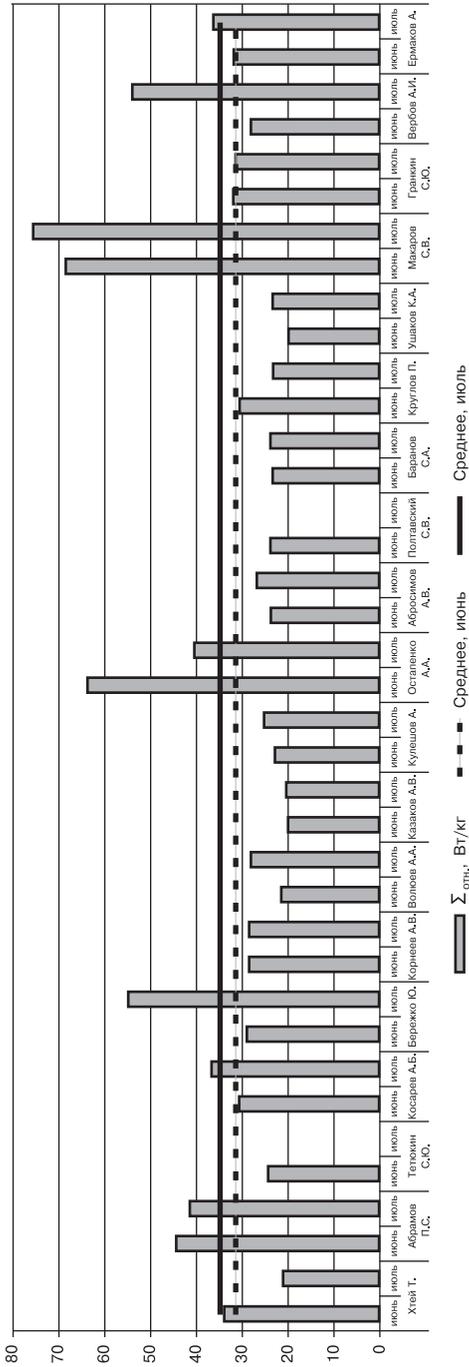
Обращает на себя внимание сниженное психофизиологическое состояние у одного спортсмена, которое возможно в связи с травмой.

Показатели кистевой динамометрии и их динамика после тренировки в среднегорье сохранились на высоком уровне у ряда игроков. В то же время средние показатели по команде снизились: правой кисти с 59,1 до 54,6 кг, левой – с 52,8 до 50,9 кг.

Таким образом, результаты динамических исследований 19 спортсменов сборной команды России, проведенные перед учебно-тренировочным сбором в среднегорье и после 21-дневной тренировочной работы в среднегорье, показали в целом положительную динамику.

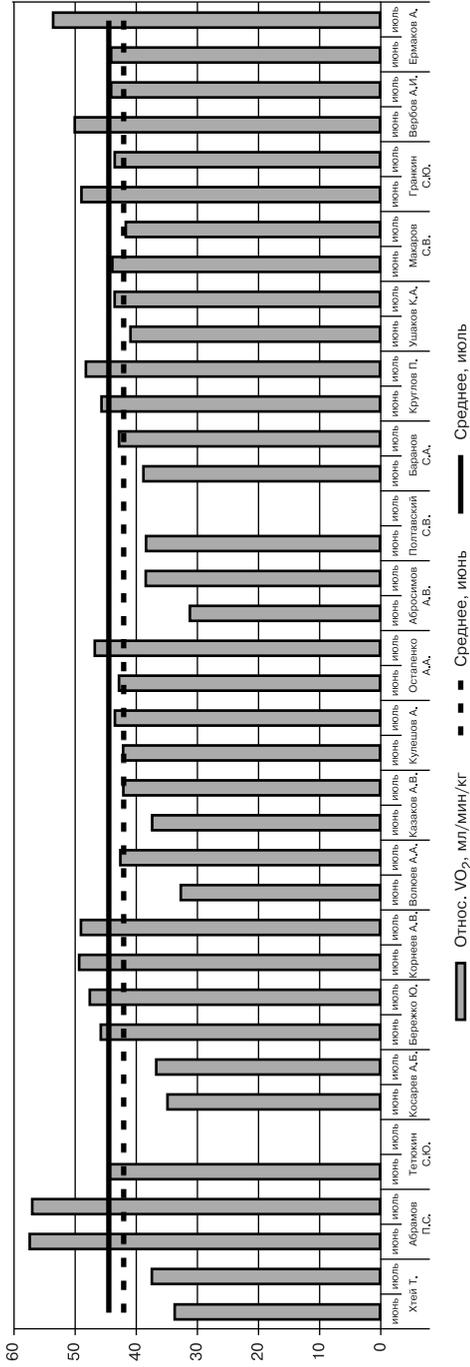
Функциональное состояние ССС у 16 спортсменов после тренировки в среднегорье оценивалось как вариант нормы или физиологической нормы.

### Мощность работы, Вт/кг

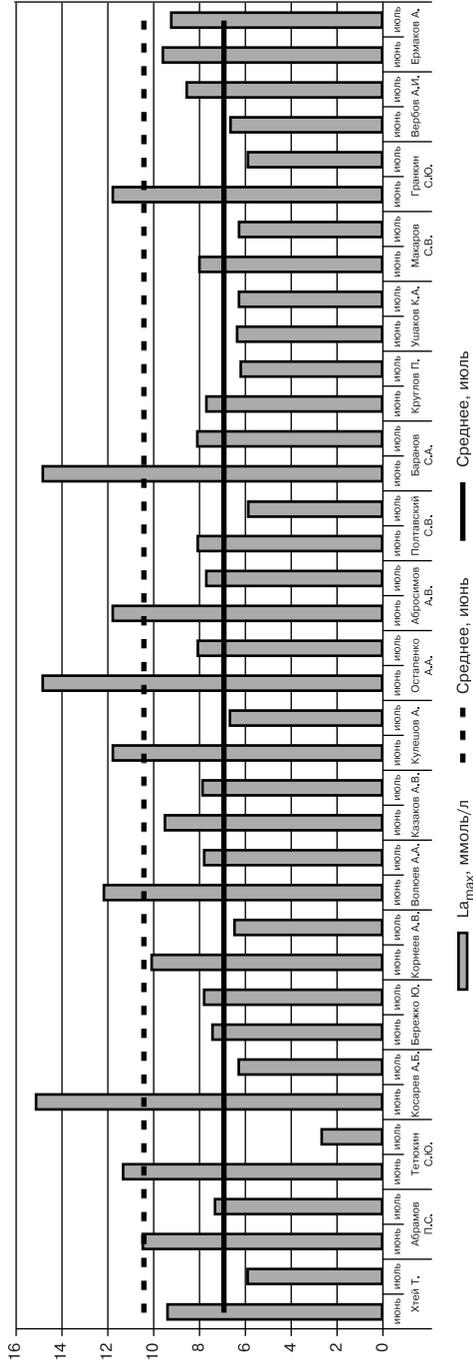


**Рис. 16.** Гистограммы физиологических показателей спортсменов сборной России по волейболу до и после тренировки в среднегорье

**МПК, мл/мин/кг**



Лактат крови, ммоль/л



В то же время у отдельных спортсменов выявлены нарушения в функциональном состоянии ССС в сочетании с напряженной реакцией АСТ, указывающие на гипоксическое повреждение кардиомиоцитов, определялись симптомы ортостатической вегетативной неустойчивости.

Следует подчеркнуть, что тренировка в среднегорье у волейболистов требует обязательного медицинского контроля в процессе учебно-тренировочной работы для своевременного выявления симптомов дизадаптации.

Чем же объяснить возросшие возможности систем дыхания и кровообращения у спортсменов, тренировавшихся в условиях гипоксии? У. Холлман и Л. Лизен полагают, что это может быть объяснено следующим: 1) более экономным внутримышечным распределением крови; 2) увеличением количества капилляров в мышечной ткани; 3) повышением эффективности внутриклеточных обменных процессов; 4) совершенствованием способности вырабатывать большее количество энергии в единицу времени.

Тренировка в условиях гипоксии совершенствуется, вероятно, как аэробные, так и анаэробные возможности организма. Рост энергетической производительности, вероятно, происходит за счет увеличения митохондрий и других структурных образований мышечных клеток, запасов гликогена в мышцах, а также количества и активности ферментов, принимающих участие в гликолизе. Все эти сдвиги в организме ведут к росту работоспособности.

В то же время следует подчеркнуть, что использование тренировки в среднегорье требует дополнительных исследований, поскольку в волейболе, наряду с ролью энергетического обеспечения работоспособности, очень важны тонкие технико-тактические связи игрока с мячом, координация, концентрация внимания и др. качества.

## 6.2. «Ступенчатое» использование среднегорья и высокогорья в подготовке футболистов

Исследований со «ступенчатым» характером использования среднегорья и высокогорья в подготовке спортсменов при сочетании тренировочных занятий и игр очень мало (Джуганян Р.А., Симонян Д.А., 1968; Байковский Ю.В., 2010).

Цель исследования – изучение влияния «ступенчатого» использования подготовки в условиях среднегорья и высокогорья на функциональную и физическую подготовленность футболистов.

Под наблюдением находились 26 футболистов команды «Локомотив» (Москва) в возрасте 18–30 лет разного игрового амплуа, со спортивным стажем от 5 лет до 21 года (из них 15 мс и 7 кмс). У всех спортсменов не было отклонений в состоянии здоровья, препятствующих выполнению тренировочных нагрузок в полном объеме.

Тренировочная программа составлена и реализована главным тренером команды Ю.П. Семиным. В работе участвовал врач команды Ю.С. Васильков.

Для определения уровня специальной тренированности футболистов применялся челночный бег в максимальном темпе – 50 м × 7 раз. Исследовались: функциональное состояние ССС (ЧСС, АД, ЭКГ), ВНС (ортостатическая проба, расчет индекса Кердо), нервно-мышечного аппарата – НМА (время двигательной реакции на световой раздражитель, мышечный тонус), биохимические параметры (КЩР крови, лактат, глюкоза, Hb, гематокрит), проводилась пульсометрия с помощью спорттестера, регистрировалось время пробегания. Эти методы использовались в исходном состоянии и сразу после выполнения бегового теста.

Проведено динамическое обследование после месячного тренировочного цикла. Часть (16 чел.) спортсменов в течение этого времени выезжала на 14 дней в Боливию, где были проведены 4 игры с местными ведущими командами этой страны и тренировочные занятия на высотах 4000, 1000, 2000, 4000 м над уровнем моря. Спортсмены обследовались в начале месячного тренировочного цикла (1-е обследование) и на 10-й день после возвращения из Боливии и завершения месячного цикла подготовки (2-е).

После подготовительного периода первый игровой цикл команды «Локомотив» состоял из 11 игр чемпионата. Период подготовки (март–апрель–май) заканчивался 22 мая перед игрой с командой премьер-лиги.

Проведенное функционально-диагностическое обследование подтвердило накопление усталости у игроков основного состава. В тренировочный процесс были внесены значительные изменения, тем более что предстоял перерыв на 40 дней в связи с чемпионатом Европы. В этот перерыв команде предстояло турне по Боливии в течение 14 дней.

С учетом результатов функционально-диагностического обследования была разработана программа подготовки:

– восстановительный, 9-дневный, сбор, коррекция психологического напряжения игр чемпионата страны. Команда перешла на одноразовые занятия, которые проводились в основном с использованием неспецифических средств (баскетбол, бег в лесу, развитие гибкости, атлетизма), индивидуальные занятия с мячом;

– второй, 8-дневный, цикл имел целью повышение физического и функционального уровня подготовленности игроков. Занятия проводились по 2 раза в день, нагрузки увеличивались по объему интенсивности и технико-тактической составляющей;

– третий, ударный, цикл подготовки проходил в Боливии на протяжении 14 дней.

Подготовка в Боливии была направлена на дальнейшее повышение функциональных возможностей игроков команды за счет использования ступенчатого пребывания на разной высоте над уровнем моря (4000, 1000, 2000, 4000 м) при сочетании тренировочных занятий и игр. За этот период проведено 4 игры. У футболистов был лишь один выходной день – день прилета. На протяжении всего периода проводилась витаминизация, использовались панангин, эссенциале, глутамевит, рибоксин, регулировались питьевой режим и минеральный обмен. Подробный план подготовки представлен в Приложении 2.

После возвращения в Москву у игроков команды в течение 7 дней проходила временная акклиматизация к условиям равнины: отмечалась вялость в тренировочной работе. Нагрузки были малыми и средними.

По нашим наблюдениям, с 8-го дня после возвращения с высокогорья состояние игроков значительно улучшилось, что нашло подтверждение в результатах медицинского обследования, проведенного на 10-й день после возвращения.

Динамические комплексные медико-биологические обследования показали, что за месячный период тренировок и соревнований в исходных данных отмечаются признаки нарастания уровня тренированности. Это выразилось в развитии брадикардии, снижении АД и нормализации его у тех спортсменов, у которых оно было несколько повышено. У всех спортсменов (за исключением одного) с изменениями на ЭКГ отмечена нормализация электрических процессов сердца с уменьшением выраженности синусовой аритмии. Наблюдавшееся при первом обследовании у 2 спортсменов нарушение процессов реполяризации миокарда нормализовалось. При проведении ортопробы отмечалось фор-

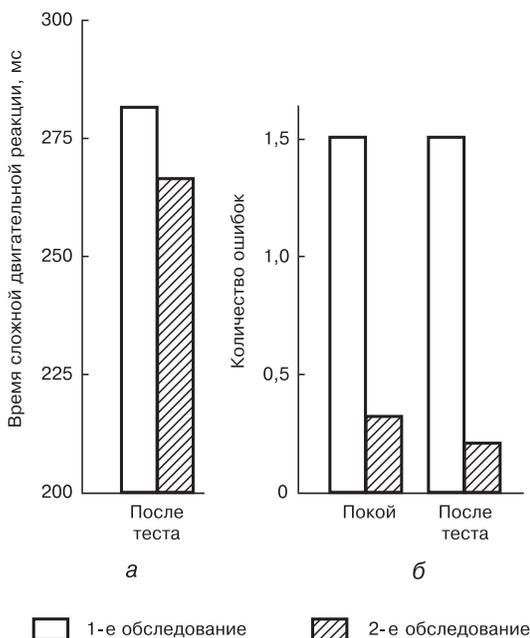
мирование ваготонии. Выявлена положительная динамика в состоянии НМА и показателей внутренней среды организма при клинико-биохимическом анализе крови.

Сопоставление результатов тестирования 16 игроков команды, выезжавших в высокогорье, показало следующее.

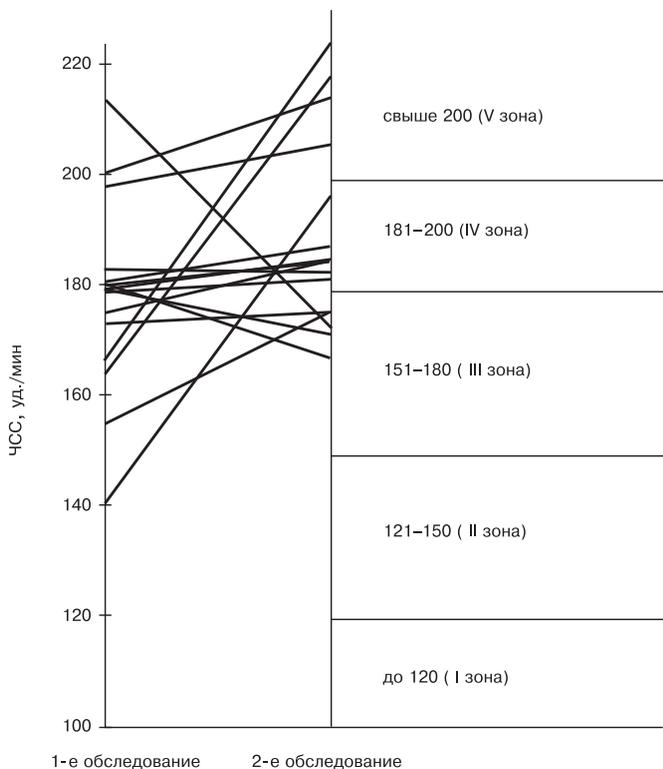
Уменьшилось время сложной двигательной реакции (реакции при изменении значения раздражителя), которое отражает способность ориентироваться в быстро изменяющейся игровой обстановке после бегового теста, и резко снизилось число ошибок при выполнении заданий, что свидетельствует об улучшении процессов корковой нейродинамики (рис. 17).

Улучшилось состояние мышечного тонуса.

Динамика частоты пульса (ЧП, уд./мин) и величины АД характеризует вегетососудистую реакцию футболистов. Расчет вегетативного индекса Кердо позволяет оценить тип вегетативного обеспечения: нормотонический тип определялся у 45,6% обследованных, симпатический – у 38,3% и ваготонический – у 16,1%.



**Рис. 17.** Время сложной двигательной реакции (а) и количество ошибок при выполнении заданий (б) у футболистов после выполнения бегового теста



**Рис. 18.** Максимальная ЧСС в процессе тестирования у футболистов в динамике месячного цикла подготовки

Для футболистов, прошедших тренировочные занятия и соревнования в условиях высокогорья, характерно снижение индивидуальных и среднекомандных величин ЧП (рис. 18). АД у большинства было в пределах 110–120/60 мм рт. ст. У 3 футболистов наблюдавшееся при первом обследовании повышение АД до 140/60 мм рт. ст. нормализовалось и составило при втором обследовании 120/60 мм рт. ст. Отмечено нарастание ваготонического типа вегетативного обеспечения.

Результат в специальном тесте: челночный бег в максимальном темпе 50 м × 7 повторений после пребывания в высокогорье улучшился у всех спортсменов и составил в среднем по команде  $57,5 \pm 0,45$  с против  $61,5 \pm 0,80$  с при первом обследовании.

При проведении специального теста использовалась пульсо-тахометрия (с помощью спорттестера), расширяющая представления о реакции ССС в процессе тестирования (табл. 11).

**Показатели пульсохаметрии и работоспособности  
в процессе тестирования у футболистов ( $M \pm m$ )**

Этап обследо- вания	ЧСС, уд./мин			Время пробегания, с	
	исход- ные данные	пред- стартовые сдвиги	макси- мальные сдвиги	абсолютные величины	$\Delta t$
Первый	66,4 ± 1,49	88,5 ± 1,83	173,7 ± 8,39	61,5 ± 0,80	4,0 ± 0,63
Второй	62,4 ± 1,49	106,0 ± 3,19	184,3 ± 8,68	57,5 ± 0,45	

Анализ полученных данных определил различия адаптации функций организма к заданной нагрузке. В 66,7% случаев базисные показатели кровообращения (ЧСС, АД) отличаются высоким уровнем устойчивости или уменьшением ЧП (переход в третью зону) при улучшении времени пробегания, что свидетельствует об экономизации адаптивных механизмов ССС. В 33,3% отмечено увеличение пульсовой стоимости работы (переход в пятую зону – ЧСС 200 уд./мин), что говорит о расширении границ функциональных возможностей ССС на нагрузку, выполняемую с большей интенсивностью.

Реакция АД чаще всего была нормотонической (от 160/60 до 180/50 мм рт. ст.). У 4 футболистов АД после нагрузки повышалось > 190/50 мм рт. ст.

По данным ЭКГ, определялись изменения основных показателей на 5 мин после тестирующей нагрузки – умеренная тахикардия, ускорение проводимости, умеренные изменения амплитуды зубцов, что расценивалось как адекватная реакция. Если при 1-м обследовании у 4 спортсменов отмечалась напряженная реакция на нагрузку по данным ЭКГ, то при 2-м – у трех из них реакция оценивалась как адекватная.

Метаболическая стоимость работы при повторном тестировании через месяц существенно уменьшилась (табл. 12).

Пребывание в условиях среднегорья и высокогорья благоприятно отразилось и на состоянии кислородтранспортной функции крови: уровень Hb крови в среднем по команде составил  $15,21 \pm 0,285$  г%, гематокрита –  $42,1 \pm 0,587$ ; глюкозы крови –  $95,0 \pm 6,46$  мг%.

Таким образом, соревновательная деятельность в условиях среднегорья и высокогорья на основе большой предварительной

тренировочной работы, проведенной в подготовительном периоде и на этапе, предшествовавшем выезду, способствовала отчетливому повышению уровня функциональной подготовленности футболистов и его успешной игровой реализации как в условиях высокогорья, так и после возвращения в равнинные условия.

Таблица 12

**Реакция кислотно-щелочного равновесия крови на специальный тест у футболистов ( $M \pm m$ )**

Этап обследования	pH	$P_{CO_2}$ , мм рт. ст.	$P_{O_2}$ , мм рт. ст.	BE, ммоль/л
Первый	7,157 ± 0,012	26,1 ± 1,24	90,3 ± 2,02	-18,4 ± 0,85
Второй	7,166 ± 0,006	34,9 ± 0,86	84,8 ± 2,30	-15,8 ± 0,416

*Примечание.* BE – избыток кислот или оснований.

Обязательные условия, как показал анализ, – индивидуальная коррекция тренировочного режима, использование средств восстановления и профилактика заболеваний. В результате индивидуальной работы тренера и врача команды с игроками заболеваемости и травм не было.

Физическая работа в условиях гипоксической гипоксии – острое средство повышения работоспособности. Механизмы повышения связаны с изменением системы кровотока, кислородтранспортной функции крови, гормонально-гуморальной регуляции, метаболизма тканей и другими физиологическими механизмами обеспечения работоспособности. Установлена индивидуальная устойчивость к гипоксической гипоксии у спортсменов.

Вместе с тем большой объем и высокая интенсивность физической работы в условиях гипоксической гипоксии могут быть чреваты отрицательными последствиями.

Важные условия рационального использования тренировки в условиях гипоксии – отсутствие отклонений в состоянии здоровья, достаточно высокий уровень исходного функционального состояния и строгая индивидуализация нагрузок с учетом адапционных возможностей организма спортсмена.

Проведенные нами исследования показали, что 14-дневная подготовка в условиях среднегорья и высокогорья при сочетан-

ном использовании тренировочных занятий и игр повысила уровень функциональной подготовленности и специальной тренированности футболистов. Это нашло свое отражение в повышении кислородтранспортной функции крови, в экономизации процессов метаболизма и реакции ССС при специальном тестировании. Повысилась скорость протекания процессов корковой нейродинамики при усложнении заданий. Достоверно возросла скорость пробегания в «челночном» тесте, имеющем отчетливую анаэробную направленность.

Последствие пребывания футболистов команды в условиях среднегорья и высокогорья, сопровождающееся высоким уровнем функциональной подготовленности и работоспособности, сохранилось, по оценке тренера, на протяжении месяца после возвращения. Это нашло отражение в способности их поддерживать высокий темп игры и результативность.

Таким образом, это нетрадиционное средство повышения функциональных возможностей и работоспособности может быть рекомендовано в подготовке спортсменов-футболистов, но при условиях, обеспечивающих хорошую физическую подготовленность перед выездом в среднегорье, рациональное использование в среднегорье средств восстановления и хорошие материально-технические условия тренировочного процесса. Вопрос использования высокогорья в подготовке спортсменов остается спорным.

## 7. Об использовании задержки дыхания в тренировке бегунов на средние дистанции

Современный уровень результатов в беге на средние дистанции очень высок. Огромен и объем тренировочных нагрузок; сильнейшие бегуны мира вынуждены пробегать за неделю до 160 км. В связи с этим неизбежно возникает вопрос: по какому пути идти дальше? Увеличивать еще объем нагрузок или искать новые подходы совершенствования методов тренировки?

Поскольку известно, что в беге на средние дистанции анаэробная производительность составляет большую долю от общей энергопроизводительности, ощутимый эффект в повышении специальной выносливости у бегунов можно ожидать прежде всего от использования в тренировках гипоксического фактора.

Подъемы в барокамере уже давно опробованы для тренировки к гипоксии с целью повышения работоспособности человека

(Стрельцов В.В., 1938; Розенблюм Д.Е., 1943; Матов В.В., Суркина И.Д., 1963; Агаджанян Н.А., 1964 и др.). Однако пассивная адаптация к гипоксии в барокамере, как указывает Н.Н. Сиротинин (1965), давала небольшой и кратковременный эффект. Возможности же создания естественной тренировки в барокамере ограничены.

Метод активной адаптации к гипоксии – тренировка спортсменов в условиях среднегорья – способствует значительному расширению функциональных возможностей организма и приводит к улучшению спортивно-технических результатов по возвращении с гор (Сулов Ф.П., 1956, 1957, 1963, 1965, 1999; Фролов А.П., 1958; Бойко А.Ф., 1962, 1965; Казарян К.Г., 1962; Полубабкин В.Х., Алипов Д.А., 1965; Хван М., 1965 и др.). Однако для проживающих на равнине этот метод далеко не всегда доступен.

Любые сдвиги в организме спортсмена, направленные на совершенствование функций транспортировки и утилизации кислорода, а также на повышение устойчивости к его недостатку в тканях, улучшают подготовленность спортсмена. Логично предположить, что подобную перестройку систем организма можно ускорить путем повышения уровня кислородного долга, возникающего в процессе упражнений. Обычно спортсмены добиваются этого, тренируясь настолько интенсивно, что энергообеспечение мышечной деятельности происходит преимущественно анаэробным путем (за счет креатинфосфатного и гликолитического механизмов). Но есть еще один метод, с помощью которого можно добиться высокого уровня кислородной задолженности организма при значительно меньшей интенсивности работы. Это метод – гипоксическая тренировка.

Гипоксическая тренировка основывается на применении строго дозированного дыхания: во время упражнений спортсмен выполняет вдох значительно реже, чем он это делает обычно, и ограничивает тем самым поступление кислорода к клеткам своего организма. Этот метод тренировки применяли легкоатлеты Чехословакии, ГДР и других стран. Некоторые американские легкоатлеты также используют подобный вариант дыхания (например, 6 шагов – вдох, 6 шагов – дыхание задерживается, 6 шагов – выдох и т.д.). Отдельные спортсмены применяют подобное дыхание и вне тренировки, что приносит мало пользы.

Гипоксическая тренировка изучалась многими специалистами, что позволяет сделать положительные выводы. Например, в Индианском университете К. Спаркс провел в 1973/74 гг. экспе-

римент с двумя группами испытуемых. Все испытуемые тренировались 4 раза в неделю и использовали интервальный метод подготовки. При этом одна группа испытуемых применяла во время тренировки обычное дыхание, другая – гипоксическое. В результате обнаружилось, что у испытуемых, применявших дозированное дыхание, заметно повысился процент потребления кислорода из вдыхаемого воздуха. На основании этого К. Спаркс сделал заключение об эффективности гипоксического метода.

Тренировка с искусственной задержкой дыхания применяется в ряде видов спорта (плавании, лыжах, синхронном плавании) и отдельными спортсменами (Ильин С.В., 1957; Скворцов Б.Л., Дмитриев Е.И., 1963; Лютиков Н.А., 1964). Применяли ее в своей практике и такие ведущие спортсмены, как Эмиль Затопек, Ильза и Джон Конродс, Майкл Фелпс. Тренер сборной США Е. Каунсильмен (1982) ввел гипоксическую тренировку с задержкой дыхания в подготовку пловцов.

Все это послужило основанием использовать искусственную задержку дыхания в тренировке бегунов на средние дистанции. Предполагалось, что такая тренировка позволит сократить объем беговой нагрузки и значительно поднимет спортивно-технические результаты за счет повышения адаптационных возможностей организма к выполнению мышечной работы в условиях кислородной недостаточности. Кроме того, этот метод тренировки может быть использован в качестве средства наземной равнинной подготовки спортсменов для соревновательных выступлений в условиях среднегорья.

Задачи исследования состояли в следующем: выявить, не оказывают ли тренировки с искусственной задержкой дыхания отрицательного влияния на состояние здоровья спортсменов; проследить, повышают ли они функциональные возможности и спортивную работоспособность, а также устойчивость спортсменов к гипоксии, разработать методику тренировки с задержкой дыхания для подготовки бегунов на средние дистанции.

Исследования проводились в течение 2 лет на группе из 28 бегунов-средневикиков I, II и III разрядов, в возрасте 17–22 лет, практически здоровых, хорошо физически развитых и достаточно подготовленных, со стажем занятий в этом виде спорта не менее 2–3 лет. Тренировки проводились старшим тренером сборной Москвы С.И. Архаровым. В работе участвовал Е.И. Дмитриев (1967).

Для составления плана тренировки, выявления индивидуальной устойчивости к гипоксии и отбора в экспериментальную

группу спортсмены подверглись исследованию с использованием ряда гипоксемических проб: произвольной задержки дыхания на полном вдохе и глубоком выдохе, пробы с дыханием в замкнутое пространство до «предела» индивидуальной переносимости, определения продолжительности бега на месте в максимальном темпе с задержкой дыхания. Во всех пробах регистрировались: степень насыщения артериальной крови  $O_2$ , пневмограмма и ЭКГ. Проведенные исследования свидетельствовали о хорошей переносимости гипоксии и показали, что продолжительность бега с задержкой дыхания на месте колебалась от 22 до 46 с. Испытания на длительность бега с задержкой дыхания по дорожке стадиона показали, что спортсмены способны пробегать в таких условиях от 140 до 200 м со временем от 19 до 31 с. Это проведение тренировочной работы с многократным повторением 100-метровых отрезков с задержкой дыхания, тем более что продолжительность по времени 100-метровой дистанции составляла только 40–50% от лабораторного бега на месте с задержкой дыхания (при определении фазы устойчивого состояния оксигенации крови) и 45–60% от продолжительности предельного бега с задержкой дыхания на стадионе.

Тренировка с задержкой дыхания использовалась в основном периоде подготовки спортсменов. Продолжительность цикла составила 2,5 месяца в течение первого и 1 месяц в течение второго года. Основными упражнениями, выполняемыми с искусственной задержкой дыхания, являлись: бег с высоким подниманием бедра и переменная работа (10×100 м на 1-м году тренировки и 10×150 м – на 2-м). Объем работы по времени в одном занятии с задержкой дыхания при 2,5-месячном цикле доходил до 200 с, на следующий год при месячном цикле достигал 480 с. В качестве контрольной группы под наблюдением были спортсмены, тренирующиеся с точно таким же объемом работы, но с нормальным режимом дыхания.

Комплексные врачебные обследования, проводимые по истечении указанных циклов тренировки, не выявили каких-либо нарушений в физическом развитии, функциональном состоянии и здоровье спортсменов. Рентгенокимографические исследования сердца также не обнаружили никаких морфологических изменений под влиянием гипоксических тренировок. Динамические же наблюдения за 2 года показали примерно одинаковое увеличение общей площади сердца и всех его отделов у спортсменов обеих групп. Более того, гипоксические тренировки привели к несколь-

ко более выраженному улучшению дыхательного аппарата (увеличению окружности грудной клетки и ЖЕЛ) и приспособляемости к функциональной пробе по сравнению со спортсменами, тренирующимися с обычным режимом дыхания.

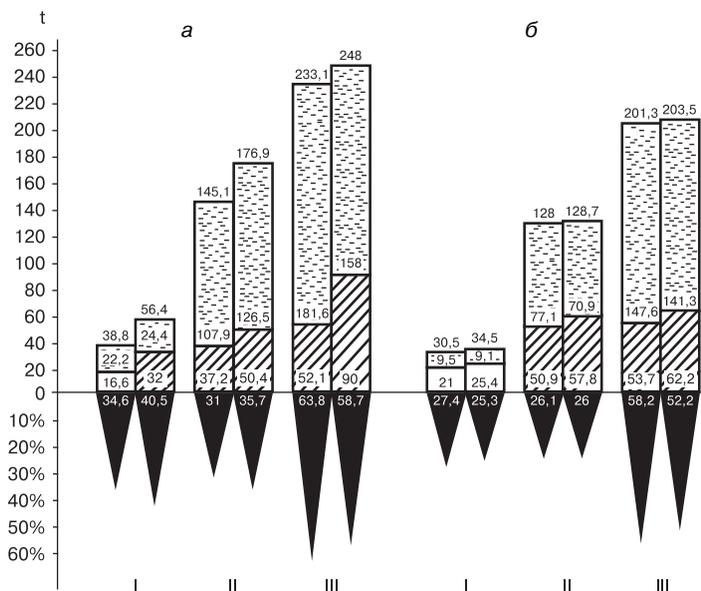
Результаты контрольных педагогических испытаний по окончании эксперимента свидетельствовали о более значительном росте спортивно-технических результатов у группы спортсменов, применявших в тренировке задержку дыхания (табл. 13).

Таблица 13

**Результаты контрольных беговых испытаний до и после эксперимента ( $M_{cp} \pm m$ )**

Группа	Время обследования	Бег, с				10-кратные прыжки с места, м
		с задержкой дыхания	100 м	600 м	4×300 м	
Гипоксическая	Перед тренировочным циклом	163,1 ± 15,67	11,9 ± 0,16	1.32,7 ± 0,84	42,9 ± 0,27	26,30 ± 0,39
	После тренировочного цикла	237,7 ± 13,45	11,4 ± 0,16	1.29,2 ± 0,86	41,7 ± 0,27	27,15 ± 0,40
Контрольная	Перед тренировочным циклом	153,7 ± 11,48	11,7 ± 0,19	1.32,4 ± 1,6	43,8 ± 0,71	26,45 ± 0,73
	После тренировочного цикла	166,0 ± 14,27	11,6 ± 0,18	1.31,2 ± 1,5	43,3 ± 0,73	26,63 ± 0,66

Анализ данных гипоксемических проб указывает на повышение устойчивости к гипоксии спортсменов испытываемой группы. Это выразилось в большем увеличении задержки дыхания в специальных пробах (на вдохе, при дыхании в замкнутое пространство, беге с задержкой дыхания). Причем следует подчеркнуть, что работоспособность спортсменов сохранялась при гораздо более низком насыщении артериальной крови кислородом (рис. 19).



**Рис. 19.** Данные гипоксических проб у бегунов на средние дистанции, тренирующихся с задержкой дыхания (*а*) и без задержки (*б*):

I – бег на задержке дыхания, II – задержка дыхания на вдохе, III – дыхание в замкнутое пространство; *косая штриховка* – продолжительность фазы устойчивого состояния; *штрихованные столбики* – гипоксическая фаза; *черный цвет* – снижение насыщения крови кислородом в процентах

Исследования на велоэргометре в процессе повторной 3-минутной работы мощностью 1000 кгм/мин при вдыхании газовой смеси с 15%-ным содержанием кислорода показали, что специальная гипоксическая тренировка способствует повышению адаптации спортсменов к работе в условиях искусственной гипоксии. Субъективно все спортсмены стали легче переносить и оценивать выполняемую в эксперименте работу. Насыщение крови  $O_2$  в процессе выполнения всех нагрузок стало снижаться значительно меньше: с 63% при первоначальном исследовании до 84% при заключительном ( $t = 6,0$ ). Анализ частоты пульса и АД по методу трендов выявил уменьшение индекса трендов, свидетельствуя о том, что уровень регуляции стал более экономным. Продолжительность работы «до отказа» в гипоксических условиях возросла с 81 до 127 с ( $p > 0,001$ ). Следует подчеркнуть, что аналогичный характер изменений адаптации наблюдался у этих же спортсменов в процессе тренировки в среднегорье. Исследование острого воздействия тренировочных занятий с задержкой дыхания

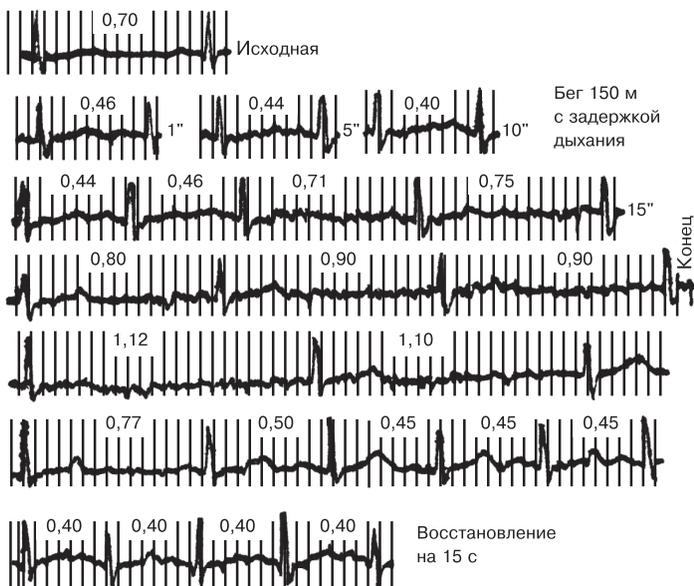
(10×100 м с околопредельной скоростью) выявило, что степень напряжения ССС после упражнений с задержкой дыхания была не больше, чем после упражнений с обычным режимом дыхания. В то же время степень интенсификации дыхательной системы была более высокой после упражнений на задержке дыхания (ЧД достигала 50–56 в 1 мин, МОД достигал 50–60 л).

В 50% случаев к концу тренировочного занятия (на 7–10 забегах) отмечено нарушение в соотношении показателей сердечно-сосудистой и дыхательной систем (при значительном учащении дыхания и пульса систолическое давление снижалось, появлялся феномен «ступенчатости», или «плато»). Скорость на 100-метровках почти у всех спортсменов оставалась высокой и даже увеличивалась к концу забегов.

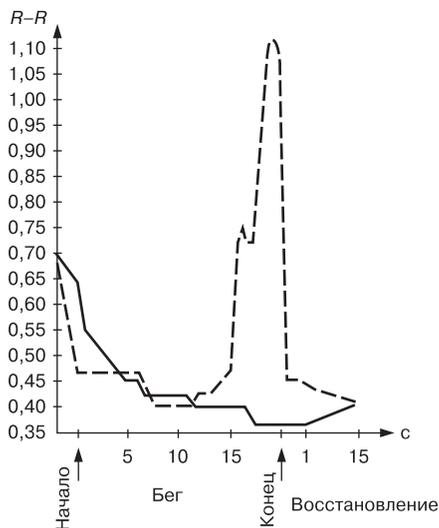
Аналогичный характер изменений был получен при исследовании переменной работы 10×150 м с задержкой дыхания.

Однако радиотелеэлектрокардиографические исследования, проведенные в процессе беговых упражнений, показали, что бег на задержке дыхания у большинства обследуемых спортсменов сопровождается нарушением сердечной деятельности. Оно выражается в появлении экстрасистолической аритмии и резком замедлении ритма сердечных сокращений (типа синоаурикулярной блокады). Появляется замедление обычно в самом конце бега с задержкой дыхания – после 10–12-й секунды (рис. 20). В процессе аналогичных беговых упражнений, выполненных теми же спортсменами с нормальным режимом дыхания, не наблюдалось торможения ритма сердца (рис. 21). Не отметили его и при радиотелеметрических исследованиях в процессе работы в условиях относительной кислородной недостаточности: при дыхании газовой смесью с 15%-ным содержанием кислорода и в процессе выполнения работы большой мощности в условиях среднегорья.

И.А. Аршавский считает, что синоаурикулярная блокада обусловлена развитием в синусовом узле парабактериального торможения вследствие усиленного воздействия блуждающего нерва. Кроме того, задержка дыхания при выполнении мышечной деятельности может сопровождаться застоем в малом кругу кровообращения, раздражением барорецепторов легочной артерии, а также раздражением интерорецепторов легких, что обычно приводит к нейрогенной брадикардии. Правда, исследование ЧП в процессе выполнения пробы с задержкой дыхания на детях и взрослых, проведенное В.М. Волковым (1983), не выявило урежения пульса к концу пробы. В то же время А.А. Аруцев (1965) отмечал урежение ритма при пробе с задержкой дыхания.



**Рис. 20.** Телеэлектрокардиограмма спортсмена Б. в процессе бега на 150 м с задержкой дыхания



**Рис. 21.** Ритм сердца (интервалы  $R-R$ , с) у спортсмена Б. в процессе бега на 150 м с задержкой дыхания (пунктирная линия) и при обычном режиме (сплошная линия)

Таким образом, 2-годичные наблюдения показали, что метод активной адаптации к гипоксии – тренировки с задержкой дыхания в указанном объеме – позволил добиться более высоких спортивных результатов и не оказал отрицательного влияния на состояние здоровья спортсменов. Более того, эти тренировки значительно способствовали расширению функциональных возможностей организма спортсменов и повысили их устойчивость к гипоксии. Проведенные исследования позволили разработать методику тренировки с использованием задержки дыхания для подготовки бегунов на средние дистанции.

Однако применение данного метода активной адаптации к гипоксии, используемого в ряде видов спорта (плавании, синхронном плавании, водном поло, легкой атлетике), как показали телеэлектрокардиометрические исследования сердца, должно быть чрезвычайно осторожным и возможно лишь при обеспечении тщательного врачебного контроля. Необходим радиотелеметрический контроль за деятельностью сердца, направленный на правильную дозировку продолжительности и объема «гипоксической» работы.

## **8. Использование носового дыхания в структуре тренировочного процесса в видах спорта с проявлением выносливости**

Высокий уровень спортивных результатов в видах спорта на выносливость в настоящее время предполагает изыскание новых средств и методов, способных повысить эффективность тренировочного процесса (тренировки в среднегорье и высокогорье, гипоксическая тренировка с дозированным дыханием и др.), а также новых методов планирования физических нагрузок в структуре годичного тренировочного цикла (Матвеев Л.П., 1977; Бондарчук А.П., 1980; Верхошанский Ю.В., 1980; Якимов А.М., Хломенок П.Н., 1984; Чине П., 1985). Заслуживает внимания использование носового дыхания в структуре тренировочного процесса в циклических видах спорта.

Были проведены две серии исследований, в которых участвовали 16 спортсменов 17–23 лет II и III разрядов, составивших опытную и контрольную группы (по 8 спортсменов). Первая серия – педагогический эксперимент в течение годичного тренировочного цикла подготовки, вторая – эксперимент, направлен-

ный на обоснование механизмов адаптации при использовании носового дыхания. Идея использования носового дыхания тренировки бегунов принадлежит А.М. Якимову. В обеих группах в течение педагогического эксперимента был примерно одинаковый объем беговой нагрузки. Одинаковыми были средства и методы воспитания специальной выносливости и другие средства тренировки. Различие было только в одном: опытная группа использовала наряду с обычным носовое дыхание, а контрольная – только обычное. Педагогический эксперимент проводился под руководством А.М. Якимова и тренера Н.Н. Мартьянова. В Приложении 3 представлена программа тренировки в беге с носовым дыханием, разработанная А.М. Якимовым.

Наш опыт применения носового дыхания спортсменами на начальном этапе привыкания, который длится до 4 недель, показал, что для этой цели более целесообразен, по сравнению с другими, тренировочный отрезок 200 м. Количество таких отрезков, пробегаемых спортсменом с носовым дыханием, в первую неделю должно составлять от 10 до 16 и более, в зависимости от того, как бегун осваивает данный прием.

Во второй серии исследований тестировалась работоспособность на тредбане в условиях носового и обычного дыхания. В качестве модели нагрузки применялся бег при постоянном угле наклона дорожки 5% со ступенеобразно повышающейся скоростью до индивидуального отказа от работы при носовом дыхании. Для получения сопоставимых данных вторая нагрузка (при обычном дыхании) по времени соответствовала первой. Начальная скорость на первой ступени бега – 3,0 м/с, добавление скорости по 0,5 м/с. Длительность первых трех ступеней – 2 мин, четвертой и пятой – по 5 мин.

Исследовались параметры внешнего дыхания и газообмена: объем, частота и глубина дыхания, потребление кислорода (общее и на единицу массы тела), дыхательный коэффициент и вентиляционный эквивалент. До и после нагрузки изучались параметры КЩС крови и ЭКГ.

В результате годичного педагогического эксперимента все спортсмены улучшили результаты в беге на 400, 1000, 2000 и 15 000 м и в прыжках в длину с места, причем прирост в опытной группе был достоверно выше ( $p < 0,05$ ), чем в контрольной (табл. 14).

В опытной группе выполнили норматив I разряда 6 спортсменов, в контрольной – 1.

**Результаты педагогического тестирования спортсменов  
опытной и контрольной групп ( $M \pm m$ )**

<b>Дистанция и тест</b>	<b>Результаты до эксперимента, мин/с</b>	<b>Прирост</b>
15 000 м	55,18 ± 0,55	4,28 ± 0,3*
	55,07 ± 0,55	1,28 ± 0,26
2000 м	6,28 ± 0,18	22,0 ± 6,0*
	6,12 ± 0,08	6,0 ± 1,0
1000 м	2,55 ± 0,67	8,4 ± 2,0*
	2,48,4 ± 0,31	3,2 ± 0,3
400 м	61,0 ± 0,22	2,6 ± 0,5*
	57,4 ± 0,08	0,6 ± 0,2
100 м	13,1 ± 0,04	0,4 ± 0,1
	12,6 ± 0,02	0,2 ± 0,1
Прыжок с места, см	219 ± 0,09	7 ± 1
	234 ± 0,07	2 ± 1

*Примечания.*

1. Верхние строки – данные спортсменов опытной группы, нижние – контрольной.

2. Знак «\*» показывает достоверность различий ( $p < 0,05$ ) между уровнем прироста результатов в опытной и контрольной группах.

Сравнительные данные результатов тестирования выявили достоверные различия в характере энергообеспечения при беге с носовым и свободным дыханием (табл. 15). Они выражались в существенно меньших величинах легочной вентиляции за счет снижения глубины дыхания при его одинаковой частоте. Равная по мощности и продолжительности работа при носовом дыхании обеспечивалась меньшим потреблением кислорода, при этом коэффициент его использования был несколько выше. В целом такая закономерность отмечалась на всех ступенях нагрузки, однако различия были меньше до зоны ПАНО, увеличивались после нее и были максимальными в зоне отказа от работы. Уровень ПАНО под влиянием различного типа дыхания у всех спортсменов не изменился (у одного 3,5, у остальных 4,0 м/с). Это нашло свое отражение и в сдвигах параметров кислотно-щелочного состояния (КЩС) крови относительно исходных уровней. Наблюдался достоверно больший сдвиг в кислую сторону рН крови (по знаковому критерию Вилкоксона) при носовом дыхании. Существен

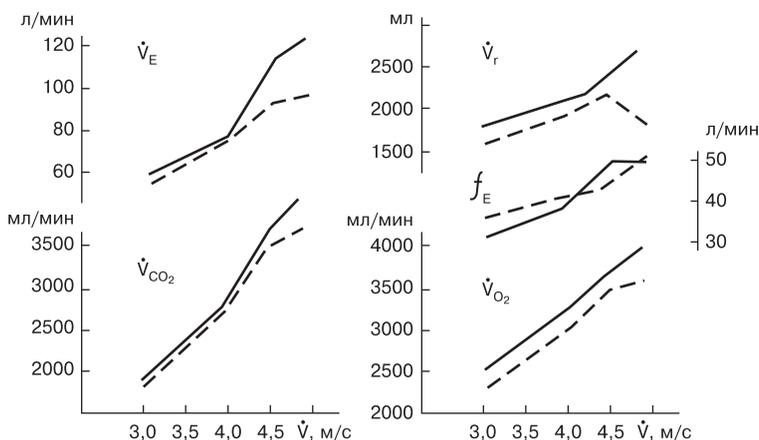
и достоверно выше был прирост  $P_{O_2}$ , что предполагает более эффективное кислородное обеспечение. Наблюдалась тенденция к более выраженному снижению ВЕ (различия недостоверны), меньшему объему выделенного  $CO_2$  легкими у всех спортсменов при носовом дыхании.

Отметим индивидуальные особенности адаптивных реакций на оба типа дыхания (рис. 22).

В целом беговая нагрузка с применением носового дыхания характеризуется отчетливой экономизацией работы кардиореспираторной системы за счет более эффективной адаптации к нагрузке.

Проводилась биопсия наружной широкой мышцы бедра с последующим гистохимическим исследованием основных показателей энергетического метаболизма, работа выполнялась А.Н. Некрасовым. Взятие биопсий производили с помощью игольного метода в покое и после тестирующих нагрузок на тредбане с использованием носового и обычного дыхания.

Участие процессов окислительного дезаминирования аминокислот в энергетическом метаболизме несколько снижается при носовом дыхании (достоверно в волокнах I типа) и возрастает при свободном дыхании. Это различие, возможно, связано с общим торможением окисления надзависимых субстратов при гипоксических условиях (Кондрашова М.Н., Маевский Е.И., 1978), возникающих в мышцах спортсменов, использующих при нагрузке носовое дыхание.



**Рис. 22.** Динамика показателей внешнего дыхания и газообмена у спортсмена в тестировании на тредбане при носовом (----) и свободном (—) дыхании

Таблица 15

**Сравнительные показатели энергообеспечения беговой работы на тредбане при использовании носового и свободного дыхания ( $M \pm m$ )**

Характер дыхания в беге	Показатель внешнего дыхания и газообмена								Сдвиги КЩР			
	VE, л/мин	O <sub>2</sub> , %	VO <sub>2</sub> мл/мин	VO <sub>2</sub> /кг	ВЭ	R	ЧД	ГД	ΔрН	ΔВЕ	ΔP <sub>CO<sub>2</sub></sub>	ΔP <sub>O<sub>2</sub></sub>
Носовое	103±9*	4,53±0,39	3610±166*	56,0±1,7*	2,4±0,1	1,05±0,01	47±3	2220±134*	0,163±0,014	-11,8±0,8	4,3±1,0	20,3±2,6*
Свободное	126±9	3,88±0,24	3844±150	59,9±2,3	2,6±0,1	1,05±0,02	49±2	2453±147	0,124±0,020	-9,7±1,7	6,7±1,4	10,5±3,3

*Примечание.* R – дыхательный коэффициент; ГД – глубина дыхания; ВЭ – вентиляционный эквивалент.

\* Различия достоверны.

Таким образом, более резкое снижение содержания гликогена в мышце при использовании носового дыхания может быть одной из причин неспособности спортсменов удерживать заданную мощность.

Выявлен ряд моментов, которые с учетом снижения уровня поглощения кислорода приводят к неспособности спортсменов удерживать заданную мощность и служат точками приложения механизмов адаптации.

Более резкое снижение при носовом дыхании содержания гликогена в мышце, согласно закону суперкомпенсации энергетических субстратов Н.Н. Яковлева (1979), должно приводить к более высокому уровню гликогена.

Выявлена экономизация кардиореспираторной системы и более эффективное использование кислорода в процессе беговой работы при носовом дыхании.

Таким образом, выявленные различия в энергетическом обеспечении мышечной деятельности при нагрузках с использованием носового дыхания указывают на возможность и степень адаптации большего числа систем, участвующих в энергетическом метаболизме мышц для адекватного обеспечения повышения спортивных результатов.

Из наблюдавшихся спортсменов 16-летний Т. Галямов показал второй результат в стране среди юниоров в беге на 20 км. Прирост спортивных результатов наблюдался также и у спортсменов высокой квалификации. Так, мастера спорта международного класса сестры-близнецы В. и Н. Прудниковы (тренер Н.В. Троценков), тренируясь 5 раз в неделю, стали использовать в тренировке носовое дыхание и в следующем сезоне они стали призерами розыгрыша Кубка страны по спортивной ходьбе и заняли 5-е место на международных соревнованиях (10 км – 46:20,8).

Результаты проведенных исследований и педагогических наблюдений позволяют рассматривать носовое дыхание как гипоксический фактор, способствующий более эффективному развитию выносливости.

## 9. Использование тренировки с дополнительным «мертвым» пространством (маска с удлиненной трубкой) в структуре тренировочного цикла бегунов на средние дистанции

В последнее время вновь внедряются в практику подготовки спортсменов тренировки с ДМП, которое оказывает комплексное воздействие, включающее гипоксический и гиперкапнический факторы, за счет выдыхаемого воздуха наряду с возросшим сопротивлением дыханию. ДМП создается за счет дыхания через маску с гофрированной трубкой различной величины. Были проведены исследования по медико-биологическому обоснованию применения ДМП в тренировочном процессе для повышения специальной выносливости. С этой целью была проведена серия экспериментальных исследований. Л.М. Перминов и тренеры ДЮСШОР А.А. Бебик и Ю.П. Орлов разработали и реализовали программу и структуру тренировки с ДМП.

В первой серии исследований участвовали бегуны ДЮСШОР – юноши и девушки 14–15 лет, которые, участвуя в педагогическом эксперименте, уже применяли ДМП в тренировочном процессе. Им был предложен стандартный беговой тест на тредбане со ступенчато-возрастающей каждые 2 минуты на 0,5 м/с скоростью, начиная с 2,5 м/с, при постоянном (5%) угле наклона дорожки до индивидуального «отказа» от работы. Тест выполнялся в трех вариантах: I – со свободным дыханием; II – с дыханием через ДМП в 500 см<sup>3</sup> и III – через ДМП осуществлялся только вдох, т.е. сохранялась дополнительная нагрузка на инспираторные мышцы, но исключалось влияние гиперкапнического и гипоксического фактора.

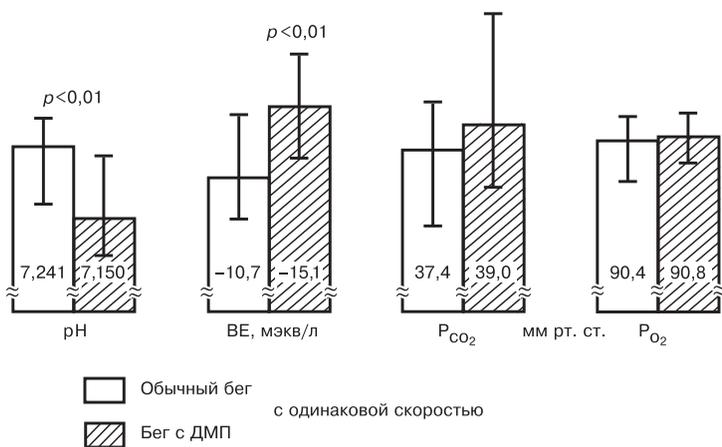
Вторая серия экспериментов проводилась с группой юношей того же возраста, специализировавшихся в беге на 800 и 1500 м, тренировавшихся по обычной программе ДЮСШ. Изучались механизмы адаптации организма спортсменов к острому воздействию ДМП в различных условиях. Поэтому экспериментальная работа проводилась в два этапа – в лабораторных условиях (общая работоспособность) и в условиях естественной тренировки (специальная работоспособность).

В лабораторных исследованиях выполнялся такой же беговой тест, что и в первой серии, но в двух вариантах – с обычным дыханием (I) и с дыханием через ДМП в 500 см<sup>3</sup> (II).

В естественных условиях (в манеже) спортсмены выполняли беговой (нестандартный) тест на дистанцию 1530 или 630 м (в зависимости от специализации) также в двух вариантах – со свободным дыханием и дыханием через ДМП. Каждому спортсмену в зависимости от личного результата задавалась скорость по кругам, одинаковая в I и II вариантах бега.

При тестировании в манеже изучались реакция ССС, по данным ЧСС, во время нагрузки и восстановления, АД и ЭКГ до и после нагрузки, а также параметры КЩС крови. В лабораторных условиях добавлялось изучение параметров внешнего дыхания и газообмена в нагрузке. В экспериментах участвовали Н.К. Цепкова и Л.Ф. Муравьева.

Полученные данные по тестированию спортсменов в манеже показали, что метаболическая стоимость выполненного бега с ДМП (по данным КЩС крови, взятой на 3-й минуте восстановления) была выше у всех без исключения спортсменов. Наблюдался достоверно больший сдвиг в кислую сторону рН крови и увеличение дефицита оснований. Не наблюдалось достоверного прироста  $P_{O_2}$ . Повышение  $P_{CO_2}$  в крови отмечалось у большинства, но не у всех спортсменов, т.е. имелись индивидуальные проявления компенсаторных механизмов (респираторного, метаболического; рис. 23). Средняя ЧСС на дистанции и максимальная не имела отличия, индивидуальные графики повышения ЧСС в обоих вариантах теста в большинстве слу-



**Рис. 23.** Сдвиг параметров КЩС крови у легкоатлетов при выполнении беговых тестов в манеже

чаев совпадали (рис. 24). Реакция по ЭКГ на оба варианта нагрузки была без существенных различий. Однако пульсовой долг за первые 3 мин восстановления был достоверно выше при беге с ДМП наряду с более высоким АД и замедленным его восстановлением. Наблюдалось повышение диастолического давления, быть может происходящего за счет гиперкапнии (стимулятора ВНС). Уменьшение пульсового давления в сочетании с повышением диастолического может ухудшать кровоток и служить усилением гипоксической гипоксии.

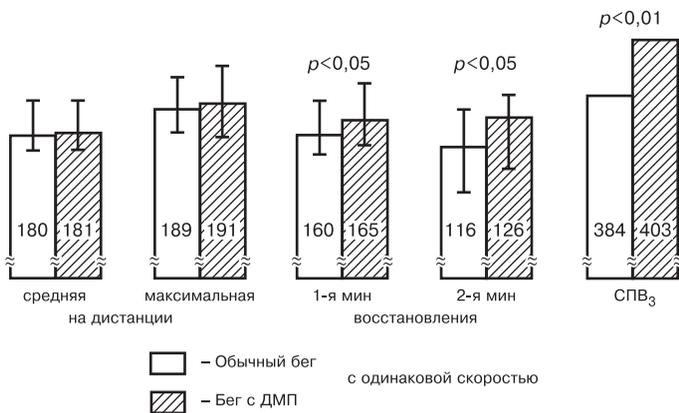
При тестировании общей работоспособности спортсмена на тредбане в варианте с ДМП момент «отказа» наступал существенно раньше и при меньшей максимальной скорости бега, хотя метаболические сдвиги были аналогичны варианту теста со свободным дыханием. При выраженном снижении потребления кислорода и выделении  $\text{CO}_2$  у всех спортсменов увеличивался МОД на всех ступенях нагрузки за счет резкого возрастания глубины дыхания при меньшей частоте (рис. 25). Этим достигалось последовательное снижение (по мере нарастания нагрузки) процента содержания газовой смеси во вдыхаемом воздухе. Восстановление протекало медленно (рис. 26). Работоспособность в тесте на тредбане со свободным дыханием у спортсменов данной группы была аналогична таковой у первой, экспериментальной, группы бегунов, уже применявших ДМП в тренировке. Однако характер энергообеспечения в целом носил более аэробный характер (рис. 27). При дыхании через ДМП сходны были адаптивные реакции, однако они носили более выраженный характер. Наблюдалась более выраженная индивидуализация компенсаторных реакций, протекающих у одних в большей степени за счет ССС, у других – за счет респираторной.

Таким образом, использование ДМП в нагрузках вызывает более раннее и значительное включение анаэробных механизмов энергообеспечения.

Использование ДМП включает разные сочетания компонентов дыхания, что способствует совершенствованию резервов дыхательной системы и эффективности аэробных возможностей.

Все это позволяет использовать ДМП в системе подготовки бегунов на средние дистанции, однако требует контроля за восстановлением спортсменов.

Педагогический эксперимент с использованием «гипоксической тренировки» (ДМП) проводился в течение 3 лет с группой спортсменов из 24 человек. Контрольная группа составила 20 человек.



Примечание. СПВ<sub>3</sub> – сумма пульса за 3 минуты восстановления.

Рис. 24. Динамика ЧСС при выполнении беговых тестов в манеже

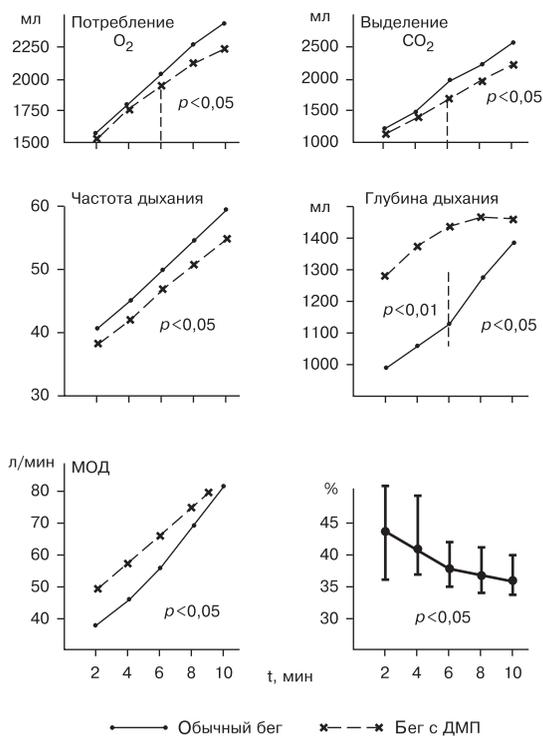
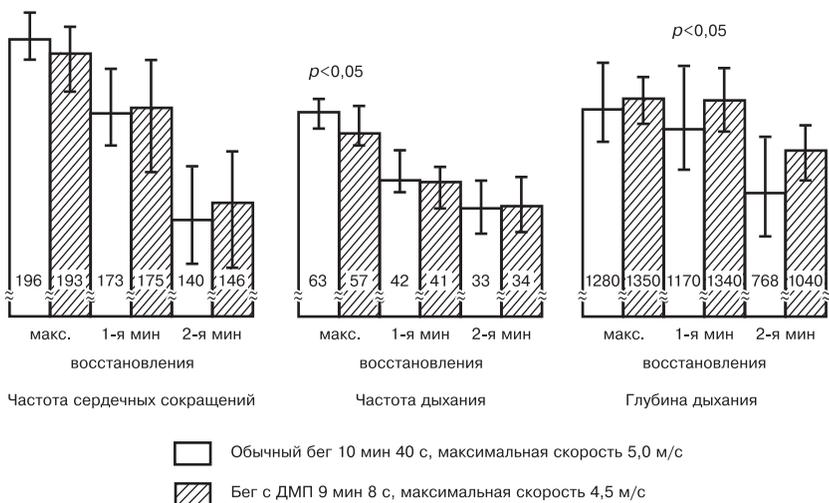
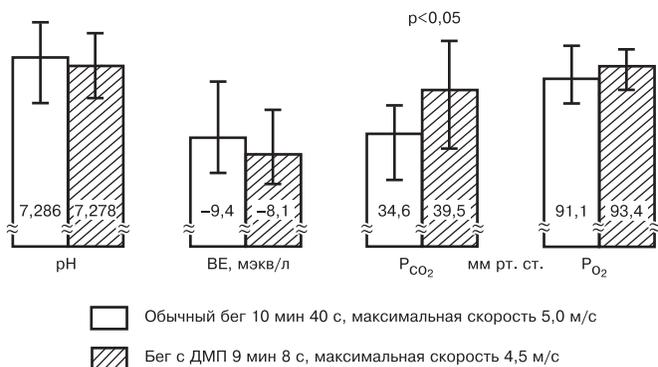


Рис. 25. Динамика параметров внешнего дыхания у легкоатлетов во время выполнения беговых тестов «до отказа» на тредбане



**Рис. 26.** Динамика восстановления ряда физиологических функций у легкоатлетов после выполнения беговых тестов «до отказа» на тредбане (Мср.)



**Рис. 27.** Сдвиг параметров КЩС крови у легкоатлетов при выполнении беговых тестов на тредбане

Основная задача эксперимента заключалась в разработке методики развития специальной выносливости нетрадиционными средствами (бег в маске). Из целого ряда работ известно, что на этапе начальной спортивной специализации (13–14 лет) основное – закладка базы разносторонней общефизической подготовленности. Только в последующие годы спортсмены приступают

к освоению специальной выносливости. В связи с этим в настоящем исследовании приняли участие спортсмены 2–3–4 годов обучения в учебно-тренировочных группах и 1-го года обучения в группах спортивного совершенствования.

Недельный цикл экспериментальной тренировки включал беговые отрезки в маске из расчета 2–3 раза в неделю. Общее количество тренировок в неделю для учебно-тренировочной группы – 5 раз в неделю (14–15 лет) и 6 раз в неделю (16–17 лет). Модель структуры беговых средств годичного цикла юношей 14–17 лет (экспериментальная группа), разработанная Л.М. Перминовым, представлена в Приложении 3 (рис. 1–3).

В учебно-тренировочной группе 2-го года обучения (13–14 лет) проводились тренировочные занятия по общепринятой методике (на основе программы для ДЮСШ и СДЮШОР), где значительная часть времени отводилась для решения основной задачи разносторонней физической подготовки. Для спортсменов 14–15 лет, наряду с задачей разносторонней физической подготовки, ставилась задача по развитию специальной выносливости, что и решалось с помощью применения бега в маске. Спортсмены экспериментальной группы выполнили существенно больший объем работы в смешанной зоне, чем спортсмены контрольной группы. В конце года проводились педагогические контрольные испытания для определения уровня специальной выносливости: бег 30 м (с ходу – с/х), 30 м (нижняя стойка – н/с), 300 м, 400 м, 600 м, 800 м, 1000 м. Для определения общей выносливости проводился бег 60% от максимальной скорости, для определения уровня скоростно-силовых качеств спортсмены выполняли прыжки с места, тройной прыжок с места.

В начале исследований экспериментальная группа по уровню подготовленности соответствовала контрольной группе, где достоверных различий не обнаружено. В результате проведения экспериментальной работы в конце каждого года было проведено тестирование спортсменов экспериментальной и контрольной групп по физической подготовленности. Анализ показал, что по окончании 3-го года обучения (14–15 лет) в учебно-тренировочных группах по ряду тестов произошли достоверные различия: в беге на 30 м с/х, 30 м н/с, 400 м ( $p < 0,01$ ), 600 м, 800 м ( $p < 0,05$ ), тройном прыжке с места.

По окончании 4-го года обучения (15–16 лет) достоверные различия отмечались: в беге 30 м с/х, 60 м н/с; в тройном прыжке с места и прыжке с места ( $p < 0,01$ ), в беге на 400 м ( $p < 0,01$ ), 800 м ( $p < 0,01$ ), 600 м ( $p < 0,05$ ).

В группе спортивного совершенствования (16–17 лет) по окончании 1-го года обучения достоверные различия отмечались: в беге на 60 м ( $p < 0,05$ ), 300 м ( $p < 0,05$ ), 400 м, 600 м, 800 м, 1000 м, тройном прыжке с места и прыжке с места ( $p < 0,01$ ).

Бег в маске в условиях ДМП способствовал выполнению спортсменами работы более высокой мощности, приводя к увеличению объема работы в смешанной зоне от 18,5 до 31,9% против 10–12%, предусмотренного программой для ДЮСШ (1990 г.). Повышение уровня специальной выносливости способствовало выполнению нормативов для бегунов на средние дистанции без применения больших объемов бега.

Бег в затрудненных условиях дыхания (ДМП) при меньшем объеме способствовал развитию аэробных возможностей. Так, по данным  $RWC_{170}$ , показатели МПК экспериментальной группы мало отличались от показателей МПК спортсменов контрольной группы, но по уровню спортивно-технических результатов достоверно превосходили их.

Рост уровня результатов экспериментальной группы отмечался главным образом за счет повышения общей доли смешанного режима энергообеспечения.

Таким образом, использование в тренировочном процессе бегунов на средние дистанции ДМП дает возможность увеличить объем беговых отрезков, развивающих специальную выносливость, и при меньших объемах бега способствует достижению тренировочного эффекта более высоких спортивно-технических результатов.

## 10. Гипоксическая модель тестирования как метод оценки функционального состояния и индивидуальной устойчивости к работе в гипоксии

В настоящем исследовании была поставлена задача создать экспериментальную модель напряженной мышечной работы для оценки в лабораторных условиях уровня функциональных возможностей и индивидуальной устойчивости организма у спортсменов высокой квалификации, тренирующихся с повышенными нагрузками. Использование в этих условиях обычных методов не всегда ориентирует в отношении устойчивости организма к значительным изменениям его внутренней среды, развиваемым в процессе интенсивных и продолжительных физических нагрузок.

Были проведены испытания по выявлению приспособления к гипоксии, поскольку напряженная мышечная работа в большинстве видов спорта протекает на фоне более или менее выраженной кислородной недостаточности, лимитирующей работоспособность организма.

Работы, связанные с исследованием мышечной деятельности в условиях пониженного содержания кислорода во вдыхаемом воздухе (Маршак М.Е., 1953; Войткевич В.И., 1955; Маршак М.Е., Маева Т.А., 1956, Лорентцен И.Ф., 1962), преследовали несколько иную цель. Для изучения приспособительных реакций организма к физическим упражнениям у спортсменов многие авторы использовали гипоксемическую пробу – произвольную задержку дыхания на полном вдохе или полном выдохе с регистрацией уровня насыщения артериальной крови кислородом (Грачева Р.П., 1952, 1955, 1960; Маршак М.Е., 1953; Дембо А.Г., 1957, 1959; Тихвинский С.Б., 1958; Гандельсман А.Б., 1958–1961, 1963 и др.). Другие с той же целью применяли пробу с дыханием в замкнутое пространство до предела индивидуальной переносимости (Гандельсман А.Б., 1963 и др.).

В наших исследованиях испытуемому предлагалась повторная работа мощностью 1000 кгм/мин, продолжительностью 3 мин на велоэргометре со скоростью 60 об./мин. Первая работа выполнялась в условиях нормального режима дыхания обычным атмосферным воздухом, а три последующих повторения – при дыхании газовой смесью, содержащей 85% азота и 15% кислорода. Интервал отдыха между работами достигал 5 мин, во время которого испытуемый дышал атмосферным воздухом.

В процессе мышечной деятельности регистрировались: насыщение крови кислородом на оксигемографе, ЭКГ в переднем отведении по Небу (усиление  $1\text{ mv} = 3\text{ мм}$ ), частота дыхания и электромиограмма с икроножной мышцы и переднего разгибателя левой голени (при усилении  $100\text{ mkv}$  на 1 мм). До начала эксперимента после каждой работы измерялось АД. До работы и через 10 мин после завершения ее исследовалась лабильность НМА методом электростимуляции на прямой мышце левого бедра. На 3-й минуте каждой работы проверялось процентное содержание кислорода и углекислоты. Тотчас и через 30 мин после окончания опыта бралась проба крови для исследования фагоцитарной способности лейкоцитов и ферментативной активности внутриклеточной пероксидазы и цитохромоксидазы, определений диаметра эритроцитов, эозинопенической реакции крови, содержания гемоглоби-

на и количества эритроцитов. Кроме того, определялась ванилил-миндальная кислота (ВМК) и креатинин в моче.

Исследование осуществлено на группе лиц (28 чел.) в возрасте 19–30 лет, практически здоровых и регулярно занимающихся спортом. В работе принимали участие А.М. Якимов, Н.И. Мартынов, А.Н. Некрасов.

В условиях работы при дыхании газовой смесью, содержащей 15% кислорода, насыщение крови кислородом снижалось до 49–60% у 10, до 61–70% – у 12 и до 71–80% – у 6 человек. Известно, что снижение насыщения крови кислородом до 70–40% сопровождается явлениями декомпенсации функций организма – так называемая III степень гипоксии (Колчинская А.З., 1963). В наших исследованиях при такой значительной гипоксемии спортсмены выполняли физическую работу общей мощностью 9000 кгм, хотя переносили ее не все одинаково. Отмечены в разной степени выраженности внешние признаки утомления, необычные для хорошо физически подготовленных спортсменов: цианотичность кожи лица и слизистых оболочек губ, повышенное потоотделение; были жалобы на нарушение нормального дыхания и затрудненный выдох. В целом, однако, общее состояние спортсменов, выполнивших мышечную работу при выраженной кислородной недостаточности, можно было оценить как вполне удовлетворительное. Жалоб на тошноту, головокружение, головные боли или слабость никто из испытуемых не предъявлял.

Мышечная работа в условиях гипоксии сопровождалась сдвигами функционального состояния НМА, по сравнению с аналогичной работой в условиях дыхания атмосферным воздухом. Так, в процессе работы при дыхании атмосферным воздухом частота токов действия мышц и их амплитуда не претерпевали существенных изменений от начала работы к ее окончанию (к 3-й минуте). Лабильность НМА, по данным электрической стимуляции прямой мышцы левого бедра после мышечной работы при дыхании атмосферным воздухом, осталась на том же уровне или даже повышалась: величины оптимального и максимального ритма сдвигались в сторону более высоких частот.

В процессе нагрузки в гипоксических условиях у части (6 чел.) обследуемых гипоксия не оказывала отрицательного влияния; частота токов действия увеличивалась по мере повторения нагрузки и удерживалась на высоком уровне до конца работы; одновременно последовательно снижалась амплитуда биотоков до 70% от исходной величины. При этом лабильность НМА, по данным электростимуляции, чаще всего характеризовалась увеличением

пикового потенциала, оптимального и максимального ритмов, что свидетельствовало о хорошем функциональном состоянии НМА. Содержание  $\text{CO}_2$  в выдыхаемом воздухе у этих лиц было равным 4,1%, поглощение  $\text{O}_2$  составляло в среднем 4,2%. Насыщение же крови кислородом снижалось до 62%.

Почти у половины (13 чел.) исследованных отмечены умеренные изменения функционального состояния НМА; частота токов действия мышц удерживалась на исходном уровне или падала до 90% при уменьшении амплитуды до 90–80%; биоэлектрический ответ на электростимуляцию характеризовался снижением величины пикового потенциала и небольшими сдвигами оптимального и максимального ритмов в сторону более низких частот. Содержание  $\text{CO}_2$  в выдыхаемом воздухе не превышало 3,8%, поглощение  $\text{O}_2$  – 4,3%, падение оксигенации – до 67%.

Более значительное снижение функционального состояния НМА выявлено у 8 человек: частота токов действия падала от работы к работе на 90% ниже исходной величины, при этом амплитуда биопотенциалов оставалась почти такой же; электростимуляция в этих случаях чаще всего вызывала снижение величины пикового потенциала и уменьшение границ оптимального и максимального ритмов. В этих случаях содержание  $\text{CO}_2$  в выдыхаемом воздухе было равно 3,9%, поглощение  $\text{O}_2$  – 4,4%, оксигенация падала до 62%.

Разная устойчивость организма к напряженной работе проявилась также при исследовании функционального состояния ССС.

Постоянная регистрация ЭКГ в процессе работы позволила установить, что мышечная работа при гипоксии сопровождалась несколько более частым ритмом (в среднем величина  $R-R = 0,40$  с), чем во время работы с обычным режимом дыхания (0,46 с). Интересно отметить, что в первые 15 с ЧСС при дыхании смесью, обедненной кислородом, и при нормальном дыхании была почти одинаковой: в первом случае интервал  $R-R$  составлял в среднем 0,68 с, во втором – 0,67 с. По-видимому, гипоксический фактор мало влияет на первоначальное учащение; основное значение в начальном учащении ритма имеет условно-рефлекторный механизм, связанный с мышечной работой.

В  $\frac{1}{3}$  исследований к концу работы при втором и третьем повторении возникало отчетливое нарушение ритма сердечной деятельности – экстрасистолия, чаще желудочковая. В противоположность этому при нормальном дыхании атмосферным воздухом экстрасистолия вообще не регистрировалась.

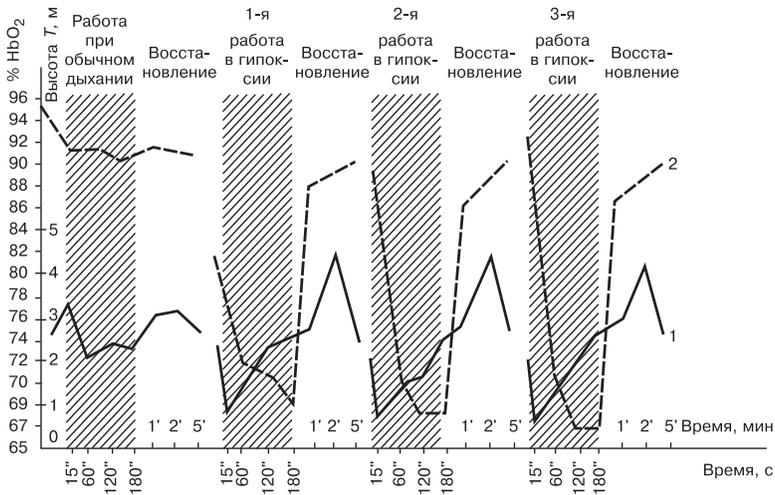
В ранее проведенных исследованиях, касающихся изучения динамической ЭКГ при физической работе другого характера (Матов В.В., 1959; Дмитриевская Л.А., 1963; Суркина И.Д., 1963 и др.), довольно часто наблюдались экстрасистолы в начале работы (так называемые экстрасистолы «включения»). При гипоксии же ни разу не обнаружены экстрасистолы «включения», хотя, казалось бы, явление гипоксии и физическая работа должны были бы затруднить процесс вработываемости, с чем обычно связывают экстрасистолы «включения».

По окончании работы в гипоксических условиях ритм сердечных сокращений заметно урежался, при этом на 2-й минуте восстановления возникла аритмия характера синоаурикулярной блокады ( $R-R$ : 0,62–1,20; 0,52–1,11; 0,77–1,49; 0,80–1,56 с).

Предсердно-желудочковая проводимость и электрическая систола в процессе работы укорачивались. Только в двух случаях появлялась неполная атриовентрикулярная блокада при работе в условиях гипоксии (интервал  $P-Q$  удлинился до 0,21 с). В 1-ю минуту работы происходило значительное превышение фактической систолы «должной» для данного ритма величины, достигавшее 0,07–0,11 с; следует отметить, что одинаково часто это наблюдалось во время работы как с нормальным режимом дыхания (атмосферным воздухом), так и в гипоксии.

Наиболее четкие и характерные изменения ЭКГ при работе в условиях гипоксии касаются зубца  $T$ : значительное снижение почти до изолинии в 1-ю минуту и даже переход его в отрицательный (до 1,0–2,0 мм) или двухфазный (почти в  $\frac{1}{3}$  исследований); затем постепенное повышение, достигающее к концу 3-й минуты исходной величины, на 2-й минуте по окончании работы резкое повышение (рис. 28). Насыщение же крови  $O_2$  в 1-ю минуту работы, когда зубец  $T$  уплощался или становился даже отрицательным, уменьшалось лишь до 92–70%; в дальнейшем, когда насыщение крови кислородом достигало к концу работы почти в половине исследований величины меньше 60% (55–49%), зубец  $T$  начинал повышаться. Динамика изменения зубца  $T$  при работе в нормальных условиях дыхания была иной – ни в одном случае не было зафиксировано появление отрицательных или двухфазных зубцов  $T$ .

Интересно, что наиболее выраженное (на 1,5–2,0 мм) снижение интервала  $S-T$  в процессе мышечной работы, проводимой в гипоксических условиях, наблюдалось на 2–3-й минуте, т.е. тогда, когда амплитуда зубца  $T$ , ранее сниженная, приходила



**Рис. 28.** Динамика изменения зубца  $T$  во время работы при дыхании атмосферным воздухом и гипоксии (средние данные):

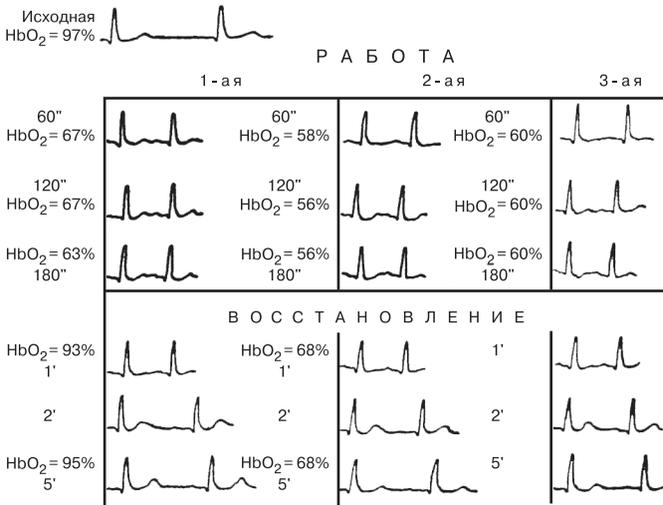
1 – высота зубца  $T$ ; 2 – насыщение крови  $O_2$

к исходной величине или даже повышалась. В процессе работы, выполненной в обычных условиях дыхания, интервал  $S-T$  если и снижался, то весьма умеренно (рис. 29, *a, б*).

Мышечная нагрузка при гипоксии сопровождалась выраженным увеличением систолического давления после первой работы в среднем 202; после второй – 187 и после третьей – 180 мм рт. ст., достигая в отдельных исследованиях 220–240 мм рт. ст. Диастолическое давление в большинстве наблюдений возрастало лишь на 10–20 мм рт. ст. (рис. 30, *a, б*).

В начале каждой работы на пневмограмме определялись деформированные, неглубокие и неритмичные дыхательные волны. Ритмичное дыхание устанавливалось при первой работе в условиях гипоксии в среднем на 108-й секунде работы, при второй – на 91-й, при третьей – на 76-й, т.е. можно было констатировать ускорение вработываемости по мере повторения нагрузок. В отдельных случаях в процессе всей работы сохранялось аритмичное дыхание и на пневмограмме отмечались деформированные дыхательные волны. Частота дыхания достигала 36–44 в минуту. Естественно, что работа в гипоксических условиях создает предпосылки для затруднения нормального дыхания.

а



б

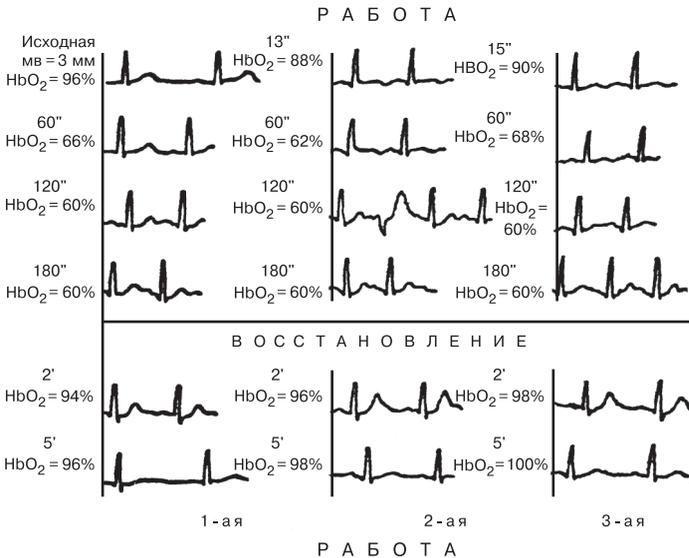
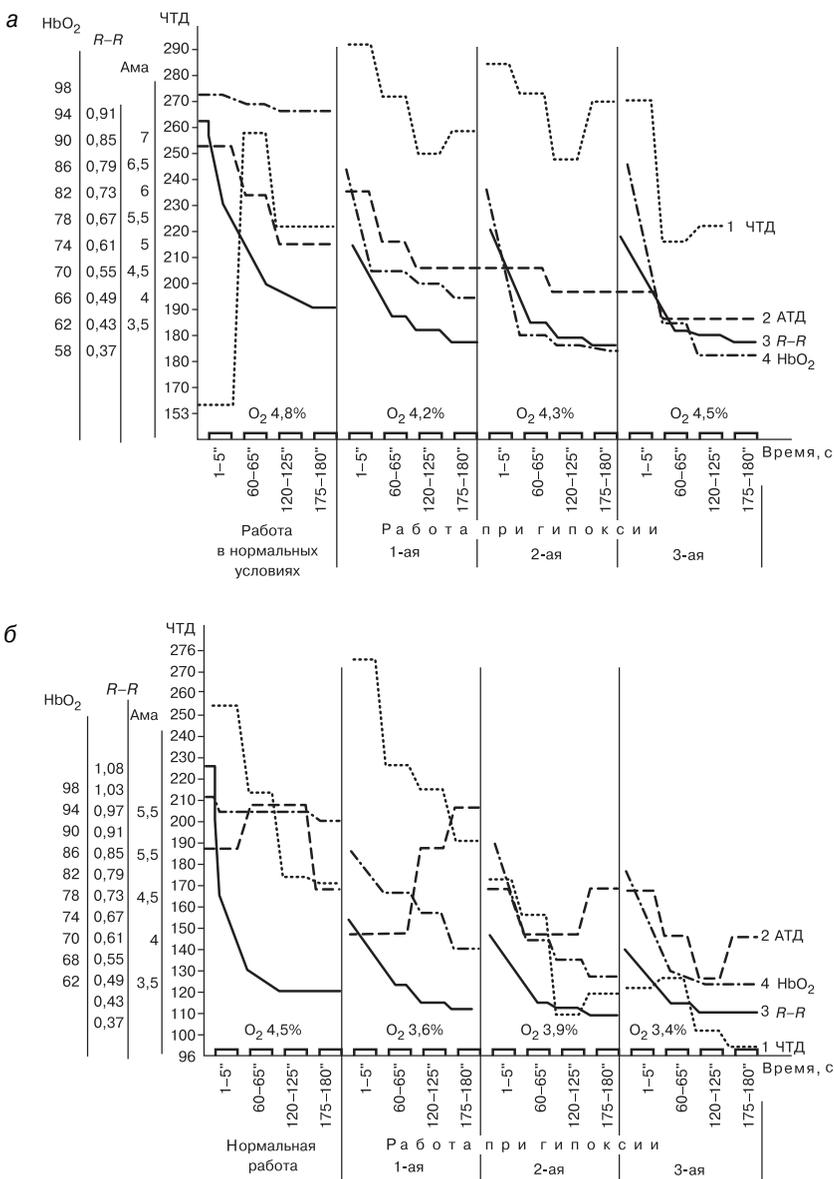


Рис. 29. Изменение ЭКГ во время работы на велоэргометре при дыхании смесью, обедненной O<sub>2</sub> (15%):

а – у первозрядника Б., 20 лет; б – у первозрядника Г., 24 года



**Рис. 30.** Изменение показателей функционального состояния НМА и некоторых вегетативных функций при выполнении физических нагрузок в условиях гипоксии:

*а* – у первозрядника Б., *б* – у первозрядника Г.

1 – частота токов действия (ЧТД), 2 – амплитуда токов действия (АТД),  
3 – ритм сердечных сокращений ( $R-R$ ), 4 – насыщение крови  $O_2$  ( $HbO_2$ )

Под влиянием работы при гипоксии произошли изменения в общем состоянии и показателях реактивности организма, что получило свое отражение в данных исследованиях крови. У большинства (86%) тотчас после нагрузки наблюдалась полиглобулия или тенденция к ней (увеличение Hb, эритроцитов, цветного показателя) и сдвиги эритрограммы в сторону микроцитов. В периоде восстановления (через 30 мин) такие изменения обнаруживались только в 47% случаев, а у остальных появилось ослабление этих сдвигов, что могло свидетельствовать о стимулировании гемопоэза. Количество микроцитов возрастало в среднем на 6%. Со стороны лейкопоэза намечалось умеренное увеличение лейкоцитов и лимфоцитов.

Изменения защитных реакций организма выявлены по показателям фагоцитарной способности и ферментативной активности.

В ряде случаев тотчас после окончания работы (у 3 из 14 чел.) реакция характеризовалась активацией функций: повышением резервов фагоцитирующих клеток, их активности и индекса. У большинства же обследуемых были обнаружены признаки, характерные для компенсаторных сдвигов: уменьшение резерва фагоцитирующих клеток при повышении их активности, или, наоборот, при этом фагоцитарный индекс оставался повышенным. Лишь у 2 чел. сразу же после работы в условиях гипоксии выявлено угнетение защитной фагоцитарной способности и ферментативной активности клеток крови. Через 30 мин после нагрузки число случаев с подобной реакцией увеличилось.

Изменения ферментативной активности клеток крови почти у всех совпадали с реакцией фагоцитоза. Следует подчеркнуть, что активация фагоцитарной реакции была более резко выражена (в среднем увеличение на 58% тотчас после нагрузки и на 34% через 30 мин после работы), чем угнетение ее (снижение тотчас после нагрузки на 26% и на 39% через 30 мин).

После физической нагрузки в нормальных условиях дыхания возрастало выделение ВМК в моче и умеренно уменьшалось количество (19%) эозинофилов. При гипоксии же выброс ВМК увеличивался незначительно, падение эозинофилов крови было выражено слабо – до 7%, но через 30 мин после нагрузки достигало 47%.

Таким образом, использованная в наших исследованиях модель мышечной работы позволила выявить различные степени адаптации к напряженной мышечной работе, по-видимому, отражающей диапазон функциональных возможностей организма в каждом конкретном случае. У части обследованных высокая

устойчивость организма к гипоксическим условиям проявилась в стабильной интенсификации функций дыхания и кровообращения в процессе повторной мышечной работы, что свидетельствует об активной мобилизации приспособительных реакций этих функциональных систем в борьбе за лучшее использование кислорода из вдыхаемого воздуха. При этом мышечная работа проходила при устойчиво-высокой лабильности НМА.

Показателями сохранения высокого уровня функциональной способности организма в этих тяжелых условиях работы служили также повышение активности защитной, фагоцитарной и ферментативной способности клеток крови, незначительное увеличение выброса ВМК и слабое снижение эозинофилов крови. Следует отметить отсутствие отчетливых проявлений гипоксии сердечной мышцы и в связи с этим нарушений основных функций сердца, несмотря на иногда заметное падение уровня насыщения артериальной крови кислородом. В качестве иллюстрации на рис. 29, а и 30, а показана высокая устойчивость организма спортсмена к гипоксии как в работе сердца, так и в состоянии НМА. Изменение лабильности НМА под влиянием нагрузки видно из табл. 16.

Таблица 16

**Показатели лабильности НМА у спортсменов  
с разным уровнем тренированности**

Показатель	У хорошо тренированного		У плохо тренированного	
	до нагрузки	после нагрузки	до нагрузки	после нагрузки
Оптимальный ритм, Гц	10	0/10	20	0/15
Максимальный ритм, Гц	100	120	160	100
Величина амплитуды токов действия, mV	25	12	26	35
Альтернация, Гц	с 10	с 10	с 20	с 15
Феномен «лестницы», Гц	–	–	с 8	–
Клонические сокращения, Гц	с 30	с 30	со 100	с 20

Важнейшим проявлением недостаточной адаптации организма к напряженной мышечной работе были симптомы дискоординации функций, иногда проявляющиеся уже в самом начале мышечной работы (когда еще не наступило значительное снижение

оксигенации крови), чаще в процессе работы, имея прогрессирующий характер (см. рис. 29, б; 30, б) отражают симптомы напряжения сердца, снижение биоэлектрической активности, данные изменения лабильности представлены в табл. 16. Обнаруживаемые при этом изменения ЭКГ (снижение вольтажа ЭКГ, депрессия интервала  $S-T$ , нарушения ритма сердца и др.), по-видимому, связаны с гипоксией структурных элементов сердечной мышцы. Сдвиги со стороны системы крови, носящие в одних случаях характер компенсаторной фазы, в других – угнетения фагоцитарной способности и ферментативной активности, свидетельствовали о выраженном воздействии гипоксии на организм.

В условиях значительных изменений функционального состояния вегетативных систем организма, наряду с изменением частотной характеристики биопотенциалов мышц и их амплитуды, определялись признаки снижения лабильности НМА. Между приведенными крайними формами адаптации к гипоксии существует ряд переходных, которые отражают широкий диапазон функциональных возможностей организма, свойственный здоровым людям.

Оценивая значение состояния тренированности для выявления устойчивости к гипоксическим условиям, отметим следующее.

Ранее проведенные исследования (Летунов С.П., Мотылянская Р.Е., 1955), в которых выяснялось, какую роль играет состояние тренированности к приспособлению организма к гипоксическим условиям, показали, что имеется определенная связь между степенью общей реакции на гипоксемию и состоянием тренированности спортсменов. Особенно хорошо обнаруживаются изменения реакции на гипоксемию при заметном нарастании тренированности или, напротив, существенном ее ухудшении.

Высокую устойчивость к гипоксии наблюдала Р.Е. Мотылянская (1962) у некоторых спортсменов пожилого возраста, много лет занимавшихся бегом на длинные дистанции. Согласно данным А.Б. Гандельсмана (1959), время задержки дыхания на фоне бега на месте с развитием тренированности возрастало в 3–4 раза. Наступавший при этом значительный (до 62%) гипоксемический сдвиг не вызывал падения работоспособности. Недостаточная тренированность, как правило, выражалась в малой способности к задержке дыхания в покое и на фоне нагрузок и в выраженном нарушении работоспособности при малых гипоксемических сдвигах.

Увеличение выносливости организма к гипоксии с ростом тренированности можно объяснить тем, что в основе приспособления к физической нагрузке при гипоксии лежат общие механизмы. Возможно, что повышенная устойчивость обусловлена высокой резистентностью тканей и, в частности, клеток коры головного мозга по отношению к кислородному голоданию (Барбашева З.Н., 1960).

Влияние гипоксии на изменения динамики нервных процессов вскрыто в ряде специальных исследований в высотных условиях (Стрельцов В.В., 1940; Розенблюм Д.Е., 1944; Малкин В.В., 1960; и др.).

Специальная тренировка спортсменов в некоторых видах спорта, по-видимому, развивает приспособительные реакции и, в частности, изменения метаболизма, направленные на лучшее использование кислорода в условиях его недостаточности.

Согласно данным, следует все же отметить, что повышение устойчивости к гипоксии не всегда обусловлено только состоянием тренированности. Индивидуальная устойчивость определяется и другим, пока еще мало изученным, фактором, чем можно, по-видимому, объяснить и различия в переносимости спортсменами больших физических нагрузок, которые связаны с работой в измененном режиме кислородного снабжения. Используя опыты с гипоксией в сочетании с физической нагрузкой, получаем возможность значительно глубже подойти к изучению функциональных возможностей тренированного человека, оценить границы и пределы его компенсаторных реакций и выявить готовность к применению больших физических нагрузок в тренировке.

Таким образом, мышечная работа в условиях гипоксии может служить хорошей моделью для исследования уровня развития функциональных возможностей организма.

Устанавливается комплекс изменений вегетативных и соматических функций, отражающих разные степени адаптации организма к работе в отягощенных условиях, которые могут быть использованы для характеристики и оценки адаптационных возможностей организма.

Определяется тесная взаимозависимость (в преобладающем большинстве случаев) между выявленными вариантами адаптации к работе в гипоксических условиях и уровнем развития тренированности. Вместе с тем имеют значение и индивидуальные различия в переносимости гипоксии, сущность которых еще недостаточно изучена. В целом у большинства спортсменов отмеча-

ется вполне удовлетворительная приспособляемость организма к работе в условиях гипоксии.

При высоком функциональном состоянии спортсменов, близком к спортивной форме, имела место высокая устойчивость организма к мышечной работе при гипоксии. Наоборот, даже умеренное снижение функционального состояния организма отчетливо проявлялось в дискоординации функций соматической и вегетативных систем при работе в условиях кислородной недостаточности.

## 11. Устойчивость к гипоксической гипоксии в процессе развития общей и специальной выносливости у спортсменов

В связи с ранее выдвинутой концепцией о взаимосвязи между индивидуальной устойчивостью к гипоксической гипоксии и уровнем развития выносливости (Летунов С.П., 1968; Летунов С.П., Мотылянская Р.Е., 1971) была поставлена задача выявить у спортсменов изменения показателей адаптации к мышечной работе, проводимой в условиях относительной кислородной недостаточности, в динамике воспитания общей и специальной выносливости.

Исследовалась группа (30 чел.) бегунов на средние дистанции в возрасте 15–18 лет на протяжении двух лет, в подготовке которых использовался большой объем тренировочных нагрузок. Программа тренировки и реализация плана осуществлялись А.М. Якимовым и Н.Н. Мартьяновым.

У группы спортсменов 15–16 лет на первом году подготовки общий объем беговой нагрузки достиг 2000–2200 км, на втором – 2800–3000 км; у группы 17–18-летних на втором году подготовки – 3000–3500 км, на третьем – 3500–4500 км. При этом объем беговых нагрузок, направленных на развитие специальной выносливости, составил 8–10% от общего объема (табл. 17).

Примененная методика подготовки обеспечила существенное повышение общей и специальной выносливости спортсмена (специальная выносливость оценивалась по показателям переменноповторного бега на 400 м со скоростью, на 6% превышающей среднее время пробегания дистанции 1500 м; общая выносливость – по продолжительности времени поддержания скорости, составляющей 60% от максимальной на дистанцию 30 м с ходу).

О возрастании общей выносливости свидетельствовало увеличение продолжительности бега: в группе 15–16-летних в среднем с 1171 м в 1-м году до 2265 м во 2-м году; в группе 17–18-летних соответственно с 2776 до 3238 м. О повышении уровня специальной выносливости у всех спортсменов можно было судить по улучшению скорости повторного бега на отрезках 400 м.

Спортивно-технические результаты в беге на 1500 м у всех спортсменов улучшились по сравнению с данными 1-го года на 3–18 с, при этом 5 чел. показали результаты I разряда, 14 чел. – II, остальные – III разряда. Один из наблюдаемых спортсменов (Б., 16 лет) стал чемпионом СССР на 1500 и 3000 м, 6 чел. – чемпионами и призерами первенства Москвы.

При объективной оценке уровня развития выносливости учитывалось следующее положение.

- Выносливость – это способность организма выполнять работу заданной мощности и продолжительности, преодолевая затруднения, связанные со сдвигами во внутренней среде организма, в частности, обусловленными дефицитом кислорода, возникающим при напряженной мышечной работе. Выносливость характеризуется совокупностью свойств организма, обеспечивающих устойчивость к кислородной недостаточности (Летунов С.П., Мотылянская Р.Е., 1971).

При выборе методики исследования учитывалась необходимость использовать широкий комплекс методов, позволяющих изучить многокомпонентную систему приспособительных механизмов к нагрузкам на выносливость.

Тренировки с большим объемом нагрузок не оказали отрицательного влияния на состояние здоровья спортсменов. Определялось свойственное нарастанию тренированности четкое урежение частоты пульса: в среднем по группе с 65 уд./мин (пределы колебаний 54–90), в 1-м году до 56 уд./мин (48–84). Максимальное АД находилось в пределах от 90 до 120 мм рт. ст., а диастолическое – от 50 до 75 мм рт. ст. ЭКГ у преобладающего большинства наблюдаемых не имели отклонений от нормы. Лишь у 4 человек отмечались преходящие изменения.

Функциональное состояние организма, исследованное повторно с помощью функциональной пробы ССС, у 79% обследованных оказалось достаточно устойчивым и улучшилось на протяжении периода тренировки. В 21% случаев определялись атипические реакции, которые рассматривались как реакция на применение больших нагрузок.

Сравнительные данные объема тренировочных нагрузок в годовом цикле подготовочных бегов на средние дистанции (средние данные по группам)

Группа	Возраст, лет	Этап обследования, годы	Общий объем бега						Кроссовый бег		Медленный бег		Объем специальной работы	
			подготовительный	сравнительный	годовой	%	км	%	км	%	км	%	км	%
			км	км	км	км	км	км	км	км				
Обобщение по дневникам и анкетам	15–16	1–4	534	47,0	601	53,0	1135	47,6	542	371	32,7	222	19,7	
			979	56,6	745	43,4	1724	51,7	891	514	29,8	319	18,5	
	16–18	1	1050	55,3	850	44,7	1900	–	–	–	–	–	–	
			1650	55,0	1350	45,0	3000	930–1800	49–60	670–820	35,3–27,3	298–380	15,7–12,7	
	Экспериментальные	15–16	1–й	1060	53,0	940	47,0	2000	50,0	1000	800	40,0	200–220	10,0
				1165	52,9	1035	47,1	2200	1180	–	–	–	–	–
17–18		2–й	1500	54,0	1300	46,0	2800	60,5	1620	1100	31,4	280	8,1	
			2050	53,9	1750	46,1	3800	58,5	2300	1200	39,4	310	8,8	
17–18	1–й	1650	55,0	1350	45,0	3000	54,0	1620	1100	36,7	280	9,3–9,7		
		1925	55,0	1575	45,0	3500	56,3	1970	1200	34,0	330	10,4		
17–18	2–й	1960	56,0	1540	44,0	3500	60–62,2	2700	1100	31,4	300	8,6–8,5		
		2500	55,5	1980	44,5	4500	67,9	2800	1320	29,3	380	9,2		

Для определения общей работоспособности использовалась ступенчато повышающаяся нагрузка на велоэргометре мощностью от 1000 до 2000 кгм/мин до отказа; продолжительность работы на каждой ступени 3 мин, повышение мощности – на 250 кгм, на последней ступени – до отказа. После года тренировок работоспособность возросла у 14 спортсменов более чем на 5000 кгм, у остальных несколько меньше (в среднем на 4900 кгм).

Рост работоспособности сопровождался отчетливым повышением аэробной производительности. На предельной нагрузке МПК через год тренировки возросло с  $3696 \pm 64$  до  $4453 \pm 180$  мл, на 1 кг массы тела с  $61,4 \pm 1,6$  до  $65,3 \pm 2,2$  мл; кислородный пульс увеличился с  $20,7 \pm 0,6$  до  $22,3 \pm 2,3$ , частота пульса без существенных изменений  $186,0 \pm 17 - 184 \pm 9$  уд./мин. Наметилась тенденция к меньшему снижению в процессе работы  $\text{HbO}_2$  ( $87 \pm 11\%$  против  $84 \pm 9\%$  в предыдущем году).

Рост работоспособности был обусловлен более экономичным приспособлением дыхания и кровообращения, о чем свидетельствовали показатели адаптации к нагрузке умеренной мощности (1000 кгм/мин): снизились по сравнению с исходными МОД с  $37,8 \pm 10$  до  $31,4 \pm 0,8$  мл/мин; процент утилизации кислорода (с  $6,0 \pm 0,08$  до  $5,7 \pm 0,1\%$ ); общее потребление кислорода (с  $1961 \pm 53$  до  $1412 \pm 74$  мл/мин) и на 1 кг массы тела (с  $31,3 \pm 0,8$  до  $24,1 \pm 1,3$ ); частота пульса (с  $139 \pm 28$  до  $123 \pm 28$  уд./мин) при отчетливо меньшем снижении уровня насыщения артериальной крови кислородом (с  $91,1 \pm 6$  до  $94,6 \pm 4\%$ ). Различия статистически достоверны.

У большинства спортсменов на протяжении периода наблюдений отмечалась существенная активация гемопоэза, гликолиза, повышение синтеза и ресинтеза АТФ, нормализация адренкортикальной регуляции. Было выявлено увеличение содержания гемоглобина с  $13,03 \pm 0,25$  до  $14,1 \pm 0,27$  г%, кислородной емкости крови с  $27,5 \pm 0,11$  до  $33,2 \pm 0,61$ .

Существенные различия были обнаружены в содержании богатых энергией фосфорных соединений, что может свидетельствовать о повышении резервных возможностей организма. Так, содержание АТФ в крови возросло с 0,31 до 0,82 мМ, аденозиндифосфата (АДФ) – с 0,44 до 0,72 мМ и суммарно адениловых кислот – с 0,75 до 1,54 мМ.

Значительно интенсивнее стали обменные процессы при мышечной работе. Рост тренированности организма характеризовался увеличением активности гликолиза в энергетическом обеспе-

чении работы и повышением накопления и утилизации молочной кислоты в организме спортсменов. Так, максимум накопления молочной кислоты увеличивался с  $56,4 \pm 0,6$  до  $72,2 \pm 2,65$  мг%, ее образование – с 39 до 52 мг%.

При анализе экскреции адреналина, норадреналина, дофа выявилось, что у большинства (у 14 из 20 спортсменов) на 2-м году обследования произошла умеренная активация (на 12–20%) и только у 6 человек – некоторое снижение экскреции отдельных показателей симпатoadреналовой системы: умеренная активация адреналина (с  $3,70 \pm 0,47$  до  $4,0 \pm 0,45$  нг), уменьшение норадреналина (с  $23,3 \pm 1,40$  до  $20,4 \pm 1,45$  нг), увеличение дофа (с  $3,83 \pm 0,32$  до  $9,35 \pm 1,10$  нг) при мышечной нагрузке на велоэргометре могут оцениваться как благоприятная реакция.

Важно было выяснить: как изменилась в процессе двухлетней подготовки устойчивость к гипоксии у юных спортсменов. С этой целью испытуемые выполняли нагрузки на велоэргометре в условиях искусственно созданной кислородной недостаточности: мощность работы ступенчато повышалась с 1000 до 1750 кгм/мин, причем в течение 3 мин каждой ступени подавалась газовая смесь, содержащая 12,5% кислорода и 87,5% азота (остальное время спортсмены дышали атмосферным воздухом).

Динамические наблюдения показали, что за период тренировки существенно возросла способность работать при дефиците кислорода при улучшении показателей адаптации. Так, в исследовании первого года лишь половина спортсменов из группы с высоким уровнем развития специальной выносливости полностью выполнила повторную дополнительную работу при дыхании смесью, обедненной кислородом; после года тренировки почти у половины обследованных продолжительность работы в условиях дефицита кислорода повысилась, в 34% случаев не изменилась и в 21% случаев снизилась.

Изменились и показатели адаптации. Снизились, по сравнению с данными первого исследования, частота пульса, систолическое давление, МОД (статистически достоверно на первых трех ступенях работы), оставаясь, однако, существенно более высокими, чем при аналогичной работе в условиях дыхания атмосферным воздухом. Обнаружена тенденция к меньшему снижению уровня насыщения артериальной крови кислородом.

Отмечались менее резкие изменения в интенсивности обменных процессов, что связано с более высокой скоростью метаболического контроля синтеза и ресинтеза макроэргических

веществ в организме. Улучшились показатели транспортной функции крови (табл. 18). Так, содержание гемоглобина повысилось с  $13,3 \pm 0,38$  до  $14,6 \pm 0,61$  г%, количество эритроцитов – с  $5,09 \pm 0,17$  до  $5,33 \pm 0,23$  млн (без существенных сдвигов в качестве эритроцитарной системы по сравнению с первым обследованием). Менее выраженными были изменения в интенсивности гликолиза: накопление молочной кислоты уменьшилось с 46,3 до  $31,8 \pm 1,93$  мг%, ее образование – с 28,8 до 9,3 мг%.

Указанные изменения, несомненно, связаны с более высоким уровнем процессов фосфорилирования, сопряженным с переносом электронов и напряжением энергетического обмена у спортсменов, у которых в этих условиях расходование и затраты энергетических ресурсов были выше. Содержание макроэргов – компонентов адениловой системы – изменилось меньше и почти восстановилось через 30 мин.

Таблица 18

**Изменение некоторых клинико-биохимических показателей при «гипоксической модели»**

Показатель	1-е обследование			2-е обследование		
	в покое	после нагрузки		в покое	после нагрузки	
		сразу	через 30 мин		сразу	через 30 мин
Гемоглобин, г%	$13,2 \pm 0,66$	$14,0 \pm 0,58$	$15,5 \pm 0,98$	$13,3 \pm 0,38$	$14,6 \pm 0,61$	$14,5 \pm 0,58$
Эритроциты, млн	$4,37 \pm 0,31$	$4,11 \pm 0,13$	$4,14 \pm 0,12$	$5,09 \pm 0,17$	$5,33 \pm 0,23$	$5,48 \pm 0,17$
Средняя гемоглобинизация эритроцитов, пг	$30,7 \pm 1,17$	$34,0 \pm 0,65$	$37,3 \pm 3,25$	$26,1 \pm 0,73$	$27,6 \pm 1,27$	$26,6 \pm 1,19$
Средний диаметр эритроцитов, м	$7,8 \pm 0,22$	$7,01 \pm 0,12$	$7,07 \pm 0,08$	$7,2 \pm 0,17$	$7,2 \pm 0,10$	$7,2 \pm 0,10$
Молочная кислота, мг%	$17,6 \pm 1,02$	$46,3 \pm 6,25$	$29,2 \pm 3,8$	$22,5 \pm 0,97$	$31,8 \pm 1,93$	$22,2 \pm 0,85$
АТФ, мМ	$0,49 \pm 0,06$	$0,50 \pm 0,03$	$0,50 \pm 0,08$	$0,81 \pm 0,09$	$0,72 \pm 0,12$	$0,63 \pm 0,09$
АДФ, мМ	$0,33 \pm 0,02$	$0,46 \pm 0,01$	$0,46 \pm 0,07$	$0,52 \pm 0,09$	$0,59 \pm 0,13$	$0,41 \pm 0,14$
Адениловая кислота, мМ	$0,82 \pm 0,04$	$0,96 \pm 0,02$	$1,05 \pm 0,07$	$1,33 \pm 0,08$	$1,31 \pm 0,12$	$1,04 \pm 0,12$

Большое значение в осуществлении компенсаторных и адаптивных реакций в «стрессорных» условиях имеет гормональная система, обеспечивающая сохранение устойчивости организма по отношению к различным воздействиям внешней среды. Характер экскреции гормонов (при работе в условиях кислородной недостаточности) с повышением специальной выносливости под влиянием тренировки в течение года существенно изменился.

Так, динамические исследования экскреции катехоламинов показали, что с ростом общей и специальной выносливости отмечались более умеренные сдвиги в степени активации на ту же (и даже большую) работу в условиях кислородной недостаточности по сравнению с данными первичного обследования (в первый год экскреция адреналина составляла 240%, норадреналина 50%, дофамина 17%, дофа 208%; во второй – соответственно 60, 10, 28 и 114%). Такого рода изменения можно трактовать как проявление возросших адаптивных возможностей организма. Причем устойчивость к работе в условиях кислородной недостаточности была обусловлена согласованностью систем гормональных и медиаторных звеньев симпатoadреналовой системы.

Исследования периферического кровообращения методом реографии показали, что при хорошей устойчивости к кислородной недостаточности определяется оптимальная реакция периферического кровообращения. Мышцы активной конечности лучше снабжаются кровью, о чем свидетельствует большая степень увеличения скорости распространения пульсовой волны в неработающей конечности, чем в работающей. Амплитуда же реограммы работающей конечности выше, чем неработающей. Необходимо подчеркнуть, что реограмма при работе в гипоксических условиях изменяется значительно больше, чем при дыхании атмосферным воздухом. При слабой устойчивости к гипоксической гипоксии распределение крови менее рационально: амплитуда реограммы неработающей конечности имеет более выраженный прирост по сравнению с таковой работающей конечности, а в некоторых случаях даже снижается.

Таким образом, тренировка, направленная на развитие общей и специальной выносливости, способствовала улучшению адаптации систем дыхания, кровообращения, показателей энергетического обмена, симпатoadреналового звена к работе в условиях кислородной недостаточности и повышению устойчивости этих систем к действию гипоксического фактора.

Комплексная оценка реакции адаптации к гипоксии с учетом всех изменений показала, что у  $\frac{1}{3}$  обследованных она улучши-

лась, у половины оставалась без существенных изменений (при более благоприятной и экономной реакции отдельных систем), у нескольких спортсменов ухудшилась.

Лучших спортивно-технических результатов за 2-летний период наблюдений достигли спортсмены, имеющие высокую устойчивость к работе в условиях гипоксии. Недостаточная устойчивость дыхательно-циркуляторной системы и параметров внутренней среды организма к работе при действии гипоксического фактора у отдельных спортсменов позволила выявить слабые звенья специальной выносливости, которые не удалось обнаружить у них при педагогическом тестировании и изучении работоспособности в условиях исследования на велоэргометре при работе до отказа. Оказалось, что спортсмены, обладающие низкой индивидуальной устойчивостью к гипоксии, как правило, не имели хорошего «спурта» на финише или, добываясь неплохих успехов на дистанции 400–800 м, показывали низкие результаты на 1500 м.

Таким образом, 2-летние динамические наблюдения свидетельствуют, что с ростом общей и специальной выносливости отчетливо повышаются экономизация показателей дыхания, кровообращения, системы крови при выполнении стандартной работы умеренной мощности, а также работоспособность (при нагрузке до отказа), функциональные и резервные возможности организма у большинства спортсменов возрастают.

С развитием специальной выносливости возрастает устойчивость к гипоксии у большинства спортсменов, что проявляется в более экономной реакции дыхания, кровообращения, энергетического обмена и симпатоадреналового звена на стандартную гипоксическую модель нагрузки.

Наибольшие спортивные успехи за 2-летний период наблюдений были отмечены у тех спортсменов, у которых сохранялась высокая индивидуальная устойчивость к работе в условиях кислородной недостаточности.

Разработанная и апробированная в 2-летнем эксперименте методика подготовки юных бегунов на средние дистанции, основанная на использовании больших объемов тренировочных нагрузок (для 15–16-летних на первом году – 2000–2200 км, на втором – 2800–3000 км; для 17–18-летних на втором году – 3000–3500 км, на третьем – 3500–4500 км; бег на отрезках составлял 8–10% от общего объема), может быть рекомендована в практику спорта.

Гипоксическая модель может быть использована в целях спортивного отбора и диагностики работоспособности.

## 12. Факторы и условия, обеспечивающие эффективность тренировки спортсменов в условиях гипоксии

Влияние кислородной недостаточности на организм спортсмена может быть использовано для решения различных практических задач. Одной из них является повышение работоспособности под влиянием тренировки к гипоксии.

Физическая работа в условиях гипоксической гипоксии – острое средство повышения работоспособности.

Большой объем и высокая интенсивность физической работы в условиях гипоксической гипоксии могут быть чреваты отрицательными последствиями.

Знание факторов, вызывающих негативные процессы адаптации к работе в условиях гипоксии, методов своевременной диагностики, их определяющих, и организация системы профилактики и обеспечение эффективности использования – вот условия, необходимые для реализации фактора гипоксии, для повышения работоспособности.

### 12.1. Условия, обеспечивающие эффективность тренировки спортсменов в среднегорье

Спортсмены в процессе тренировки в среднегорье встречаются с двумя формами гипоксии: гипоксией двигательной и гипоксией гипоксической.

*Двигательная гипоксия* обусловлена недостаточным обеспечением организма кислородом по сравнению с потребностью в нем в процессе интенсивной мышечной деятельности. В большинстве как циклических, так и ациклических видов спорта спортсмены постоянно испытывают влияние двигательной гипоксии в процессе тренировки и соревнований. Ее воздействие на организм является одним из важнейших тренирующих факторов, обуславливающих развитие работоспособности и выносливости.

*Гипоксическая гипоксия* связана с недостаточным поступлением кислорода в организм в связи со снижением его содержания во вдыхаемом воздухе, как это отмечается при подъеме в горы.

Воздействие этих двух форм гипоксии имеет много общего, поскольку различно лишь начальное их звено: и двигательная, и гипоксическая гипоксия приводит к снижению содержания кислорода в крови и соответствующему ограничению его поступления

к тканям. Конечно, огромная разница существует в потреблении кислорода тканями при двигательной гипоксии в процессе физических напряжений и при гипоксической гипоксии в состоянии относительного мышечного покоя. Однако, во-первых, гипоксическая гипоксия в среднегорье всегда сочетается у спортсменов с физической тренировкой, во-вторых, при выраженной гипоксической гипоксии дефицит кислорода в тканях может становиться значительно большим, чем при физической работе, выполняемой в условиях равнины.

Общность двух названных форм гипоксии приводит к тому, что в процессе адаптации к ним организм спортсмена использует общие физиологические механизмы.

Этими обстоятельствами и обусловлена эффективность спортивной тренировки в условиях дефицита кислорода во вдыхаемом воздухе: организму приходится адаптироваться к двум факторам – интенсивной мышечной деятельности и гипоксической гипоксии, влияние которых однонаправленно, а «точка приложения» – общие физиологические механизмы. Поэтому без дальнейшего увеличения объема и интенсивности тренировочных нагрузок может быть достигнут более высокий уровень работоспособности.

Все это и обуславливает хорошо известный эффект интенсивного развития работоспособности и выносливости у спортсменов под влиянием тренировки в условиях дефицита кислорода во вдыхаемом воздухе, какими бы средствами этот дефицит не создавался.

Однако эффективность «гипоксической» тренировки в значительной степени зависит от параметров самой гипоксии (ее остроты, степени и длительности) и соотношения параметров гипоксии и физических нагрузок, выполняемых в этих условиях.

Тренировка в среднегорье оказывает, как показано выше, интенсивное воздействие на организм спортсмена и предъявляет к нему большие требования. Поэтому для достижения наибольшего эффекта, с одной стороны, и профилактики каких-либо отклонений в состоянии организма, с другой – необходимо соблюдение ряда условий, среди которых наиболее важными являются: состояние здоровья и тренированности спортсмена и его индивидуальная резистентность к гипоксии.

1. *Влияние кислородной недостаточности в условиях среднегорья* нередко приводит к активации скрытой инфекции (в миндалинах, зубах, придаточных пазухах носа, уха, верхних дыхательных путях, желчевыводящих путях и др.), обострению хрониче-

ских заболеваний (тонзиллитов, воспалительных заболеваний глотки, бронхов и др.), обострению остаточных явлений травм (прежде всего, черепно-мозговых травм, а также травм опорно-двигательного аппарата).

Ухудшается также состояние здоровья, обусловленное перенапряжением и перетренировкой.

Возможность обострения хронических заболеваний, скрытой инфекции и последствий травм особенно возрастает под влиянием больших тренировочных нагрузок в процессе тренировки в среднегорье. Поэтому тренировке спортсменов в среднегорье должно предшествовать тщательное медицинское обследование и лечение спортсменов.

2. Важное условие рационального использования тренировки в условиях гипоксии – *высокий уровень исходного функционального состояния и строгая индивидуализация нагрузок* с учетом адаптационных возможностей организма спортсмена.

Высокий уровень тренированности обеспечивает лучшее приспособление к условиям среднегорья. В связи с этим данному вопросу перед выездом в горы должно быть уделено внимание.

Перед тренировкой в среднегорье необходимо проведение функционально-диагностического тестирования, определение уровня физической и функциональной подготовленности (уровня МПК, ПАНО, кислородного пульса, состояния ССС – АД, ЭКГ, биохимических показателей адаптации и др.).

3. *Коррекция выявленных нарушений в состоянии здоровья и функциональном состоянии и коррекция симптомов дизадаптации к нагрузке перед выездом на сборы в среднегорье.*

4. *Программа тренировки спортсменов в среднегорье с учетом этапов акклиматизации, задач подготовки.*

При тренировке спортсменов в среднегорье на высотах 1800–2200 м над уровнем моря определяются три периода в развитии акклиматизации и динамики работоспособности.

- Первый – с 3–7 по 8–12 день – период острой акклиматизации, характеризующийся субъективными отклонениями и объективными признаками снижения функционального состояния организма.

Наиболее частыми признаками в периоде острой акклиматизации являются: нарушение сна, головные боли, вялость, раздражительность, ощущение сухости во рту. Объективными проявлениями острого периода акклиматизации могут быть следующие признаки: склонность к некоторому повышению АД, слабое учащение пульса в покое, повышенная реакция пульса при переходе

из положения лежа в положение стоя (на 20–40 уд./мин), снижение массы тела, иногда носовые кровотечения.

У спортсменов с хорошей индивидуальной устойчивостью к гипоксии вообще могут отсутствовать какие бы то ни было ее проявления.

- Во втором периоде, завершающемся к 15–25 дню, функциональное состояние организма спортсмена в состоянии мышечного покоя приближается к исходному уровню равнины, улучшается адаптация к функциональным пробам. Возрастающая работоспособность позволяет осуществлять интенсификацию тренировочных нагрузок. На этом этапе выявляются симптомы дизадаптации к нагрузкам в отдельных звеньях и системах адаптации.

- Третий период характеризуется нормальным субъективным перенесением условий среднегорья и объема тренировочных нагрузок, сопровождаясь повышением работоспособности. Наступает он на 25–30 день тренировки в среднегорье. Она проявляется в развитии акклиматизации и изменении ряда функций организма.

Акклиматизация проявляется в том, что первоначально в состоянии относительного мышечного покоя организм стремится восполнить дефицит кислорода путем активации деятельности физиологических систем его кислородного снабжения (внешнего дыхания, кровообращения, красной крови). Однако в дальнейшем по мере развития акклиматизации сами ткани приобретают способность функционировать в условиях меньшей концентрации кислорода. Это достигается путем активации окислительных ферментов; активации бескислородных (гликолитических) систем энергетического обеспечения и повышением неспецифической резистентности тканей, делающих их менее чувствительными к кислородной недостаточности. В этот период величины легочной вентиляции, частоты дыхания, сердечных сокращений снижаются, приближаясь к исходным на уровне моря.

Изменение работоспособности проявляется в ее снижении, замедлении вхождения в работу и замедлении восстановительных процессов. В наибольшей мере это относится к представителям видов спорта, связанных с тренировкой на выносливость.

Вследствие изменений, развивающихся в организме спортсмена в среднегорье, на первом этапе тренировки в новых условиях осуществляется снижение объема и интенсивности нагрузок (особенно продолжительных, большой мощности) относительно тех, которые выполнялись спортсменами на уровне моря. Продолжительность этого периода, по данным разных авторов, составляет

7–12 дней на высоте 1800–2200 м. В дальнейшем, по мере акклиматизации, осуществляется увеличение объема тренировочных нагрузок, которые при постоянном индивидуальном контроле к 15–20 дню могут приблизиться к равнинному уровню. Поэтому в первом периоде тренировки в среднегорье имеется спад в объеме выполняемых нагрузок, который может обусловить замедление развития некоторых качеств (например, техники), однако он в большой мере компенсируется специфическим влиянием гипоксии.

5. *Развитие акклиматизации и работоспособности у спортсменов в среднегорье* в большой мере определяется индивидуальной устойчивостью к гипоксии.

Это качество в известной мере зависит от приобретенных свойств организма (спортивного стажа, вида спортивной деятельности и др.). Но в большей степени оно обусловлено его врожденными особенностями. Индивидуальная приспособляемость к гипоксии сохраняется у спортсменов на весьма постоянном уровне в разные периоды тренировочного цикла, весьма мало изменяясь даже под влиянием тренировки к самой гипоксии. Проявления индивидуальной приспособляемости к гипоксии весьма сходны при различных ее формах – острой и хронической.

Определение индивидуальной устойчивости спортсмена к гипоксии позволяет установить возможности компенсации им кислородной недостаточности, выявить слабые и сильные звенья этой реакции, выявить скрытые нарушения в состоянии здоровья и функциональном состоянии организма.

Поэтому определение индивидуальной устойчивости к гипоксии позволяет осуществить отбор спортсменов к тренировке в среднегорье, прогнозировать течение акклиматизации и развитие работоспособности, индивидуализировать подбор оптимальных высот и интенсификацию тренировочных нагрузок, т.е. дать предварительные рекомендации по индивидуализации тренировки в среднегорье.

Одним из методов определения индивидуальной устойчивости спортсменов к гипоксии является разработанная нами и апробированная на практике А.М. Якимовым модель тестирования в условиях дыхания газовой смесью, обедненной кислородом (15% O<sub>2</sub>).

6. *Контроль за переносимостью тренировочных нагрузок в условиях среднегорья и течением восстановления* на основании проведения текущих обследований.

Программа текущего обследования должна предусматривать контроль за состоянием сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы; мышечной и жировой массы тела; психофизиологическим состоянием, показателями биохимической адаптации (кислородтранспортными показателями; показателями метаболизма – КФК, КФК-МВ, АСТ, аланинаминотрансферазы – АЛТ; гормональными показателями – кортизола, тестостерона; минерального обмена и микроэлементов; показателями иммунитета). Важными условиями (врачебный опрос и осмотр) являются наличие жалоб у спортсмена и субъективные показатели оценки его состояния.

Повышение АД  $>140/90$  мм рт. ст., тахикардия, появление на ЭКГ аритмии, экстрасистолии, нарушение процессов реполяризации миокарда и симптомов гипоксии миокарда, АВ-блокада и др. нарушения ЭКГ указывают на признаки перенапряжения функционального состояния ССС в реакции на тренировочные нагрузки, не адекватные функциональным возможностям организма спортсмена с учетом суммарного воздействия двигательной гипоксии и гипоксической гипоксии среднегорья. В этих случаях первое условие – рекомендации по коррекции тренировочных нагрузок и снижение интенсивности работы, а затем направленная коррекция симптомов дизадаптации.

*7. Программа восстановительных мероприятий в условиях среднегорья, предусматривающая:*

- планирование и индивидуальные тренировочные нагрузки с учетом индивидуальной устойчивости к гипоксии, протекание процессов острой акклиматизации и переносимости тренировочных нагрузок разного объема и интенсивности;
- особенности индивидуальной устойчивости к гипоксии;
- особенности протекания острой акклиматизации;
- выявленные слабые звенья и симптомы дизадаптации к тренировочным нагрузкам в условиях среднегорья.

*8. Прогнозирование программы реализации последующего этапа подготовки в среднегорье с учетом особенностей, выявленных на предыдущем сборе в среднегорье.*

*9. Повторная акклиматизация.*

Тренировка в среднегорье, направленная на развитие работоспособности, требует, как было отмечено, довольно продолжительного пребывания в этих условиях, особенно при подготовке к соревнованиям в среднегорье. Это, несомненно, создает различные трудности организационного плана. Весьма важными для эффективности тренировки являются сокращение периодов

острой акклиматизации и сниженной работоспособности и более легкое субъективное их восприятие.

Повторная акклиматизация и является тем средством, которое в определенной степени способствует разрешению этих проблем. Физиологическое обоснование повторной акклиматизации заключается в том, что повторное влияние тренировки в среднегорье осуществляется на фоне остаточных явлений предыдущей, среди которых одним из наиболее существенных компонентов является тканевая адаптация. Оптимальные сроки повторной акклиматизации для представителей различных видов спорта нуждаются в уточнении. Однако, исходя из сроков повышенной работоспособности у спортсменов после тренировки в среднегорье и периода повышенной резистентности к самой гипоксии, можно считать, что интервал до 3 месяцев обеспечивает благоприятное развитие повторной акклиматизации.

Исследования, проведенные в условиях сборов на высоте 1800–2200 м с интервалом в один месяц, показывают, что степень интенсификации тренировочных нагрузок при повторной акклиматизации на 10-й день может достигнуть такого же уровня, как и при первичной – на 20-й день. Продолжительность пребывания в среднегорье при повторной акклиматизации для достижения того же эффекта сокращается более чем на  $\frac{1}{3}$  – уровень работоспособности, достигнутый на первом сборе к 24 дню, на повторном выявляется к 15–17 дню. Значительно легче протекает повторная акклиматизация.

Все это позволяет считать, что повторная акклиматизация должна явиться важным звеном в числе мероприятий, направленных на создание единства равнинной и горной подготовки спортсменов.

*10. Реакклиматизация и период повышенной работоспособности.*

Известно, что после спортивной тренировки в среднегорье работоспособность в условиях равнины возрастает в значительной степени. Однако после спуска с гор может наблюдаться ее отчетливое снижение, сопровождаемое ухудшением самочувствия и функционального состояния организма спортсмена.

Подобные явления связаны с процессами реакклиматизации, т.е. нового приспособления организма к равнинным условиям.

В отличие от акклиматизации эти процессы изучены сравнительно мало.

Единого мнения относительно сроков возникновения и продолжительности периода акклиматизации нет. Возможно, это объясняется различиями течения этих процессов в разных клима-

тических условиях. Однако не меньшее значение имеет и сугубо индивидуальный характер реакций организма в периоде реакклиматизации. Большинство исследователей считают, что работоспособность спортсменов снижается начиная с 3–5-го дня по возвращении из среднегорья и вновь повышается на 8–10-й день.

Исходя из этого, соревнования на равнине рекомендуется проводить либо сразу после возвращения из среднегорья, либо не ранее 15 дней пребывания на равнине.

Тренировка на меньших высотах сопровождается значительно менее выраженным и более коротким течением реакклиматизации и периодом снижения работоспособности, но она менее эффективна. Повторная реакклиматизация облегчает ее протекание и делает горную подготовку более эффективной.

Снижение работоспособности в периоде реакклиматизации сменяется стойким ее повышением. У спортсменов, представителей циклических видов спорта, уделяющих особое внимание развитию выносливости, продолжительность периода повышенной работоспособности после длительной, более 2 месяцев, тренировки в среднегорье на высоте 1800–2200 м составляет 1,5–2 месяца (по данным Д.А. Алипова, 1973; Ф.П. Сулова, 1999, даже 3–4 месяца).

Для успешного протекания реакклиматизации следует особое внимание обратить на ритм и интенсивность упражнений и мероприятий по восстановлению.

*11. Учебно-тренировочные сборы спортсменов в среднегорье в периоды снижения объема и интенсивности тренировки.*

Такие сборы, проводимые в межсезонье, в подготовительном периоде имеют целью поддержание функциональных возможностей организма, накопление акклиматизационного стажа и реабилитацию.

Поскольку в эти периоды имеет место значительное снижение объема и интенсивности тренировочных нагрузок, то менее жесткие требования предъявляются к отбору спортсменов по состоянию здоровья. Меньшее значение приобретает и индивидуализация мероприятий, проводимых в среднегорье, в соответствии с индивидуальной резистентностью спортсменов к гипоксии.

При реабилитации спортсменов в среднегорье эффективно осуществляются различные виды лечения – климатическое, бальнеологическое, физиотерапевтическое, диетическое, медикаментозное и др. При этом наряду с терапевтическим эффектом достигается и положительное влияние среднегорья, обусловленное развитием акклиматизации во всех ее проявлениях, что создает

физиологическую основу к последующей интенсивной тренировке или повторной акклиматизации. Длительность подобных сборов колеблется от 2 до 4 недель.

12. В процессе многолетних наблюдений была определена и апробирована *структура этапа непосредственной подготовки к главному старту, состоящая из 4 фаз* (Суслов Ф.П., 1999):

1-я фаза – активный отдых после главного отборочного старта, около 1 недели. Разгрузочный режим тренировки;

2-я фаза – подготовка в среднегорье, 2–4 недели. Повышение специальной работоспособности по принципу «ударной» тренировки;

3-я фаза – подведение к главному старту сезона, 2–3 недели.

Тренировка по принципу непосредственной подготовки к ответственным соревнованиям (период реакклиматизации);

4-я фаза – выступление в главных соревнованиях спортивного сезона на 15–24-й день после спуска с гор.

Остается дискуссионным вопрос о продолжительности подготовки в среднегорье. Сведения по этому вопросу, приводимые авторами из разных стран для различных видов спорта, представлены в монографии Ф.П. Суслова, Е.Б. Гиппенрейтера, Ж.К. Хохлова (1999).

Одна группа специалистов рекомендует тренировку в среднегорье сроком до 14 дней (Balke V., 1966 и др.).

Другая группа рекомендует тренировки сроком 20–28 дней. Подтверждением вариативного подхода к выбору сроков горного этапа является обобщенное мнение специалистов из Германии, рекомендующих формулу  $20 \pm 5$  дней. При этом для скоростно-силовых видов спорта предлагаются сроки 15–16 дней, а для видов спорта, требующих проявления выносливости, – не менее 20 дней (Локтионов, 1965; Foulkner, 1967; Крыстев К., 1970).

Высказываются мнения о целесообразности более длительной тренировки в условиях среднегорья – от 30 до 40 дней (Алипов Д., 1973). Однако А. Климек, приводя зарубежные данные, считает, что целесообразность таких сроков еще не доказана.

Наряду с этими наиболее распространенными мнениями в литературе имеются рекомендации и по другим, комбинированным вариантам проведения подготовки в среднегорье: 2 раза по 10 дней с 1–2-недельными интервалами для бегунов (Strahl E., 1972), 3–4 раза по 10–12 дней с околосесячным интервалом для лыжников (Маджута В.И., 1972). Значительные колебания в сроках проведения горного этапа можно объяснить тем, что длительность пребывания в среднегорье сама по себе не является ключом

к успеху, спортивные достижения зависят от планомерной тренировки в этот период (Летунов С.П., Матов В.В., Иорданская Ф.А., 1970).

В целях повышения эффективности спортивной тренировки у высококвалифицированных спортсменов, имеющих большой «горный» стаж, можно использовать также кратковременные выезды в горы на 6–10 дней без значительного снижения интенсивности тренировки или в разгрузочном режиме в зависимости от состояния спортсменов накануне ответственных стартов.

В структуре годового макроцикла важное значение имеет и количество выездов в среднегорье в течение года.

Обобщение опыта спортивной практики, проведенного Ф.П. Сусловым, показало, что при подготовке к соревнованиям на равнине оптимальными являются 2–4 выезда в среднегорье, каждый из которых имеет четкие целевые установки, зависящие от задач конкретного периода или этапа тренировки (табл. 19). В основе этой рекомендации лежат следующие предпосылки. Положительный эффект после тренировки в условиях среднегорья, как показывают собственные исследования и данные многих авторов, сохраняется до 1,5–2 месяцев, поэтому каждый последующий сбор не должен накладываться на следы предыдущего. При подготовке к соревнованиям в горах последующий сбор следует проводить через 1–1,5 месяца, используя накопленный резерв предыдущей адаптации, тем самым обеспечивая более эффективную тренировку.

*Таблица 19*

**Рекомендуемые сроки тренировки в среднегорье при подготовке к соревнованиям, проводящимся на равнине (дни)**  
(по данным Ф.П. Суслова, 1999)

Вид спорта	Число выездов в год	Период годового цикла		
		переходный	подготовительный	соревновательный
Скоростно-силовые	2–3	7–14	14–20	10–14
На выносливость**	2–4	14–20	15–25	7–20
Единоборства	2–3	14–20	15–25	15–20
Спортивные игры	2–3	14–20	15–25	7–10*
Сложнокоординационные	1–2	7–14		7–10*

\* Для восстановления.

\*\* Для марафонских дистанций до 5 раз и 60 дней.

Таким образом, вопрос о продолжительности сроков тренировки в среднегорье и ее периодизации для достижения эффективного выступления в соревновании нуждается в дополнительном исследовании.

## 12.2. Условия, обеспечивающие эффективность тренировки с задержкой дыхания

Задержка дыхания в спорте используется широко в плавании, синхронном плавании, тяжелой атлетике, при стрельбе, в водном поло, легкой атлетике и др. видах спорта.

Длительность задержки дыхания в значительной степени зависит от возможности терпеть повышенный уровень  $\text{CO}_2$  (гиперкапнию), индивидуальных физических данных и способностей интенсивности метаболических процессов.

Задержка дыхания и натуживание обуславливают застой крови и нарушение обмена веществ (Дембо А.Г., Земцовский Э.В., 1989). При задержке дыхания может повышаться АД до опасных пределов.

Эти факторы обуславливают необходимость обязательного медицинского контроля для спортсменов, использующих в тренировке задержку дыхания.

Необходимо обращать особое внимание на тех, кто имел травмы головного мозга, нарушение в состоянии ССС и работе сердца, состояния периферических сосудов и сосудов глазного дна.

Важными факторами при использовании задержки дыхания у спортсменов являются показатели внешнего дыхания: ЧД, величины ЖЕЛ, максимальной вентиляции легких.

Рекомендуется перед использованием задержки дыхания в тренировке провести гипоксические пробы:

- пробу Генчи – регистрацию времени задержки дыхания после максимального выдоха. В норме величина пробы Генчи у здоровых мужчин и женщин составляет 20–40 с, у спортсменов – 40–60 с;

- пробу Штанге – регистрируется время задержки дыхания при глубоком вдохе. Исследуемому предлагают сделать вдох, выдох, а затем вдох на уровне 85–95% от максимального. Закрывают рот, зажимают нос. Средняя величина пробы Штанге для женщин – 35–45 с, для мужчин – 50–60 с, для спортсменок – 45–55 с и более, для спортсменов – 65–75 с и более;

– пробу Штанге с гипервентиляцией: после гипервентиляции производится задержка дыхания на глубоком вдохе. Время произвольной задержки дыхания в норме возрастает в 1,5–2 раза;

– пробу с задержкой дыхания и контроль за насыщением крови кислородом;

– пробу в беге с задержкой дыхания и контроль ЧСС пульсотометром или регистрацией ЭКГ. Урежение ритма сердца – показатель прекращения задержки дыхания.

При тренировке продолжительности задержки дыхания (по данным Д.Е. Каунсилмен, 1982) вдох нужно делать на каждый 8-й удар пульса, чтобы в цикле – вдох–задержка дыхания–выдох – соблюдалась пропорция 2:1:2.

За 2–3 месяца тренировки время произвольной задержки дыхания в покое можно увеличить до 2–2,5 мин.

Необходимо при использовании задержки дыхания в тренировке (бег, плавание, лыжи и др.) **обязательный контроль** тренера или врача за работой спортсмена.

### 12.3. Условия, обеспечивающие повышение эффективности тренировки (бег в маске с трубкой) при использовании дополнительного «мертвого» пространства

Тренировка бегунов с ДМП, создаваемым дыханием в маску с гофрированной трубкой, оказывает сочетанное воздействие, включающее гипоксический и гиперкапнический факторы за счет выдыхаемого воздуха наряду с сопротивлением дыхания. ДМП равно 500 мм.

Отказ от работы испытуемые связывали с затрудненным дыханием, сопровождаемым повышением легочной вентиляции. Возникновение гипоксии и гиперкапнии вызывает возбуждение дыхательного центра за счет глубины дыхания и форсированного вдоха.

Отмечались достоверно большие сдвиги (по сравнению с работой при нормальном дыхании) в кислую сторону рН крови и увеличение дефицита оснований, повышение  $P_{CO_2}$  крови.

В реакции на работу с ДМП определялась более напряженная реакция ССС при повышении диастолического АД (за счет гиперкапнии как стимулятора ВНС). Уменьшение пульсового давле-

ния в сочетании с повышением диастолического может ухудшать кровоток и служит фактором, усугубляющим гипоксию.

Тренировочный эффект от использования работы с ДМП состоит в повышении резервных возможностей дыхательной системы, развитии экономизации кардиореспираторной системы.

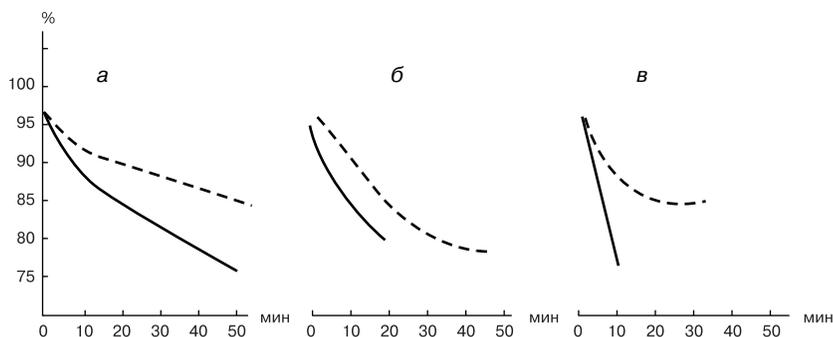
К числу факторов, повышающих эффективность использования ДМП в тренировке, следует отнести:

- контроль за состоянием здоровья перед началом работы, обротив внимание на перенесенные травмы головного мозга, состояние глазного дна, АД (особенно диастолического АД);

- функционально-диагностическое тестирование и оценку уровня функциональной подготовленности; выявление слабых звеньев адаптации и симптомов дизадаптации к нагрузке и их коррекции;

- проведение бегового теста с ДМП и без ДМП с оценкой оксигенации крови и определением индивидуальной устойчивости к гипоксии, согласно разработанным Л.М. Перминовым критериям оценки (рис. 31), или продолжительностью педалирования в условиях использования ДМП (табл. 20);

- контроль за чистотой маски: после каждой тренировки промывание с использованием дезинфицирующих средств и просушивание.



**Рис. 31.** Уровень оксигенации крови у юных спортсменов с высокой (а), средней (б) и низкой (в) устойчивостью к гипоксии:

— бег с ДМП; - - - - бег без ДМП

**Продолжительность педалирования юных спортсменов  
различного возраста в условиях затрудненного дыхания – в маске  
(по данным Л.М. Перминова, 1994)**

Устойчивость к гипоксии	Продолжительность педалирования, мин			
	14 лет	15 лет	16 лет	17 лет
Низкая	11,3–13,6	17,0–19,5	14,0–17,1	19,7–25,1
Средняя	13,7–18,5	19,6–24,8	17,2–23,6	25,2–36,2
Высокая	18,6–20,9	24,9–27,4	23,7–26,8	36,3–41,8

#### 12.4. Условия, обеспечивающие эффективность использования носового дыхания в тренировке бегунов

Экспериментальные исследования проведены на группе 16 спортсменов (17–23 лет II–III разряда) и 8 спортсменов контрольной группы.

Педагогический эксперимент осуществляли А.М. Якимов и Н.Н. Мартьянов.

Начальный этап включал курс тренировок: 4 недели с использованием бега на 200 м с носовым дыханием при повторении от 10 до 16 и более раз.

Дальнейший этап – годовой эксперимент.

Тестирование в беге на тредбане с носовым и обычным дыханием выявило достоверные различия: существенно меньшие величины легочной вентиляции за счет снижения глубины дыхания, меньшее потребление  $O_2$  при более высоком коэффициенте использования кислорода. Отмечался достоверно больший сдвиг в кислую сторону рН крови, достоверно выше прирост  $P_{O_2}$ , тенденция к более выраженному снижению ВЕ и меньшему объему выделенного  $CO_2$  легкими у всех спортсменов с носовым дыханием.

Определялась отчетливая экономизация работы кардиореспираторной системы.

Биопсия мышечных волокон наружной широкой мышцы бедра, проведенная А.Н. Некрасовым, выявила более резкое снижение содержания гликогена в мышце при беге с носовым дыханием.

Выявленные различия касались адаптации большого числа систем, участвующих в энергетическом метаболизме мышц, для адекватного обеспечения повышения спортивных результатов.

Факторами, обеспечивающими эффективность использования носового дыхания в тренировке бегунов, являются:

1. Наличие союзников в лице тренеров, стремящихся найти технологии, способных добиться высоких спортивных результатов.

2. Отбор группы спортсменов, готовых систематически работать, используя программы тренировочной работы, предложенные тренером.

3. Правильное выполнение бега с носовым дыханием.

4. Контроль состояния здоровья и уровня функциональной подготовленности.

5. Контроль физической подготовленности в контрольных тестах.

### 13. Технологические инновации на службе горной подготовки в спорте и для населения

Восстановление спортивной работоспособности после тренировочных и соревновательных нагрузок является неотъемлемой частью всей системы подготовки спортсмена. Особенности протекания восстановительных процессов могут обусловить как прогрессивное повышение тренированности и работоспособности спортсмена, так и кумуляцию вызванных утомлением сдвигов, развитие переутомления, синдрома перетренированности и в связи с этим прекращение роста спортивных результатов и падение работоспособности. Оптимальное сочетание утомления и последующего восстановления является физиологической основой долговременной адаптации организма к физическим нагрузкам.

Одним из перспективных методов эффективного восстановления функционального состояния спортсменов, повышения их аэробных возможностей, физической работоспособности и выносливости является высокогорная, или аппаратная, гипоксическая тренировка.

Исследования тренировки спортсменов в среднегорье выявили: гипоксия приводит к комплексу гематологических «ответов» – росту содержания сывороточного эритропоэтина, ретикулоцитозу, повышению содержания гемоглобина, кислородной емкости крови и, как следствие, росту максимальной аэробной производительности, а также активизирует множественный каскад негематологических механизмов, включая ангиогенез,

повышение капилляризации мышц, активизацию транспорта глюкозы, утилизацию липидов, регуляцию рН, мощность систем антиоксидантной защиты, повышение буферной емкости мышц, их лактатной толерантности, биоэнергетической эффективности митохондриальной дыхательной цепи, снижение симпатoadrenalовой реактивности на стресс-стимулы (Kolstinen P.O., Rusko H., Irtjala R., 2000; Hoppeler H., Vogt M., 2001; Katayama K. et al, 2003; Garec A., Clark S.A., 2007).

Эти факты, обусловленные тренировкой в условиях гипоксии, и способствовали широкому использованию для создания оборудования по моделированию высокогорной гипоксии.

Вначале была реализована идея «жить на высоте, а тренироваться внизу». В этом случае спортсмены и жили, и тренировались в привычных нормальных условиях на уровне моря. А для ночного сна использовалась «кровать-барокамера».

В дальнейшем это оборудование превратилось в «гипоксический домик», где спортсмены могли проводить больше времени: не только спать, но и отдыхать. Такой метод использования гипоксической тренировки с успехом применялся лыжниками, биатлонистами, бегунами в Норвегии, Финляндии, Швеции. В дальнейшем такой подход нашел свое использование в медицине.

Было создано оборудование – модель «Train low; sleep high» для длительной экспозиции, прибор Reoxy («Al medig S.A.», Люксембург) для создания газовых смесей с содержанием  $O_2$  от 10 до 35–40%.

Различные модели гипоксикаторов, используемых в разных видах спорта, внедрены в медицинские центры и позволили организовывать комнаты «Горного климата» для лечения и реабилитации.

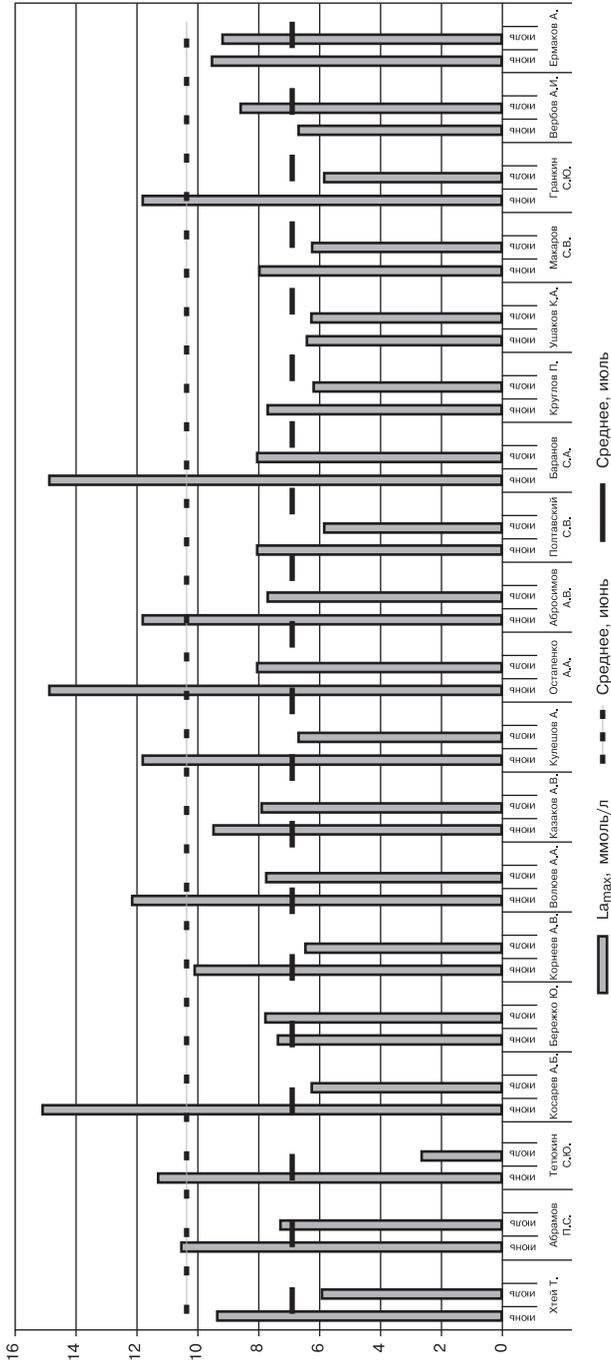
В клинической медицине гипоксический фактор с успехом используется в педиатрии для ухода за новорожденными; в неврологии – за пациентами, перенесшими травмы головного мозга и инсульт.

Нормобарическая гипокситерапия используется для реабилитации больных с заболеваниями органов дыхания.

Гипоксическая тренировка и электроимпульсная нейрорегуляция использовались в системе медицинской реабилитации факторов космических полетов.

### Динамика индивидуальных показателей адаптации организма волейболистов к тестирующей нагрузке до и после завершения тренировки в среднетяжёлые

Лактат, ммоль/л

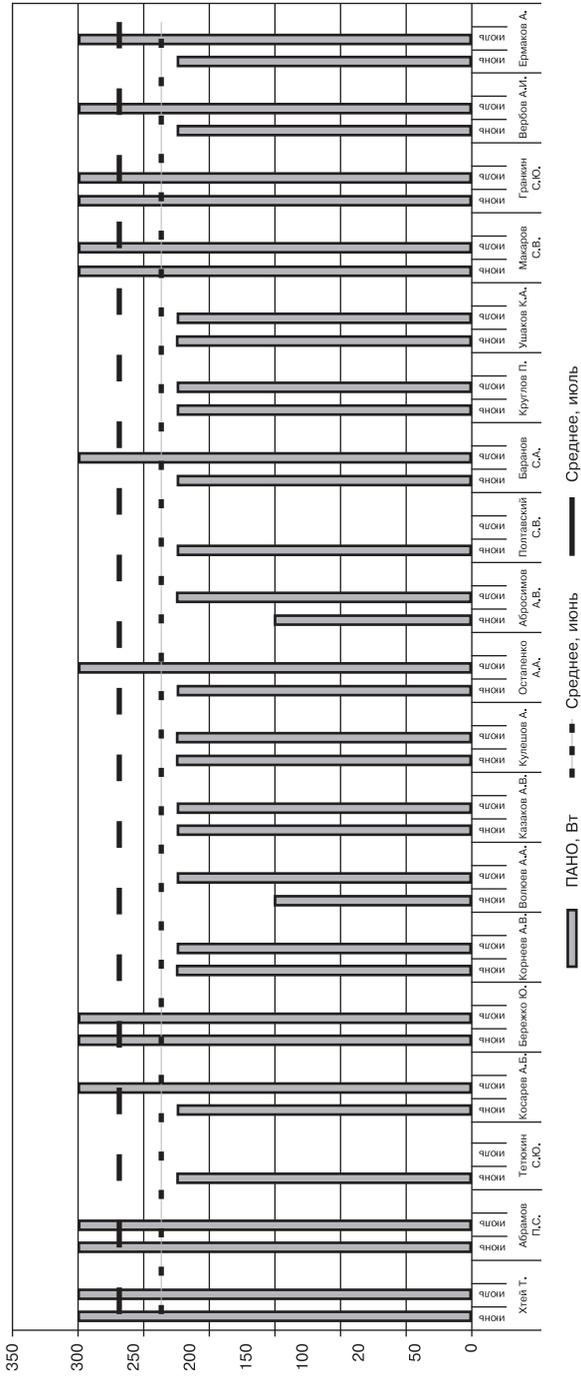


Среднее, июль

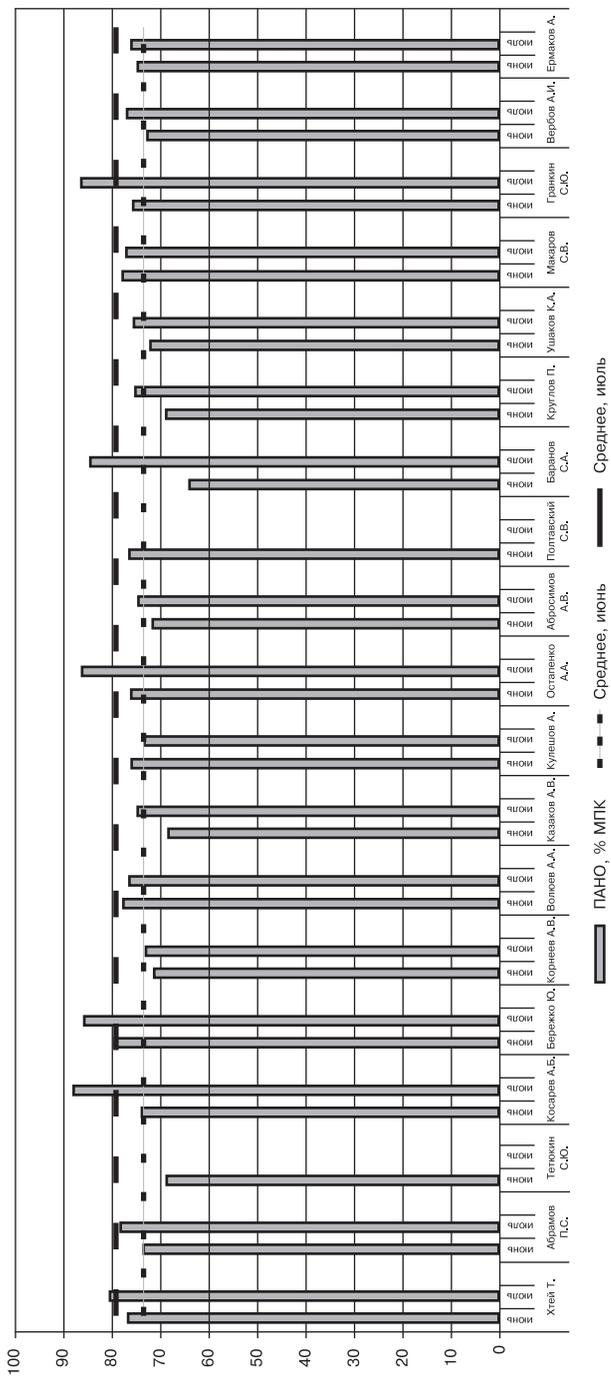
Среднее, июнь

Лактат, ммоль/л

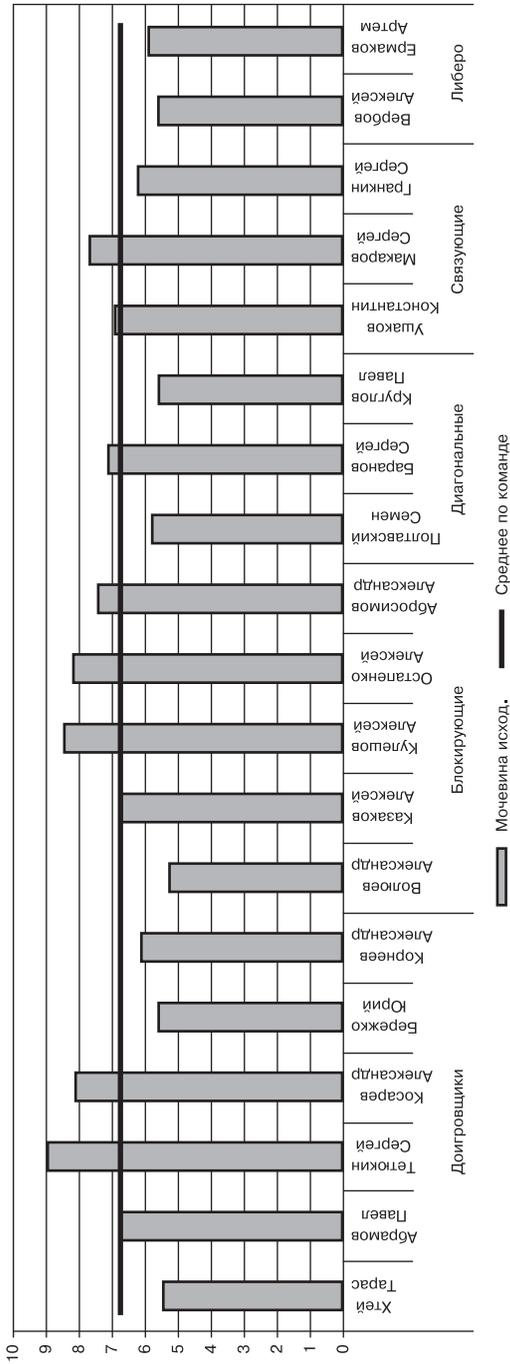
## Уровень ПАНО, Вт



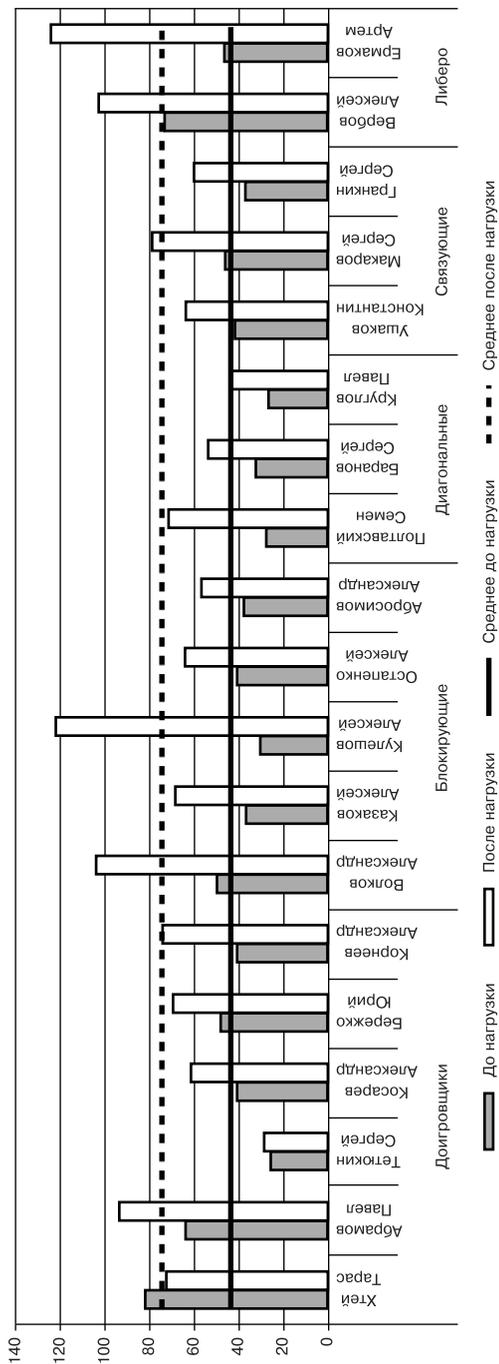
## Уровень ПАНО в % от МПК



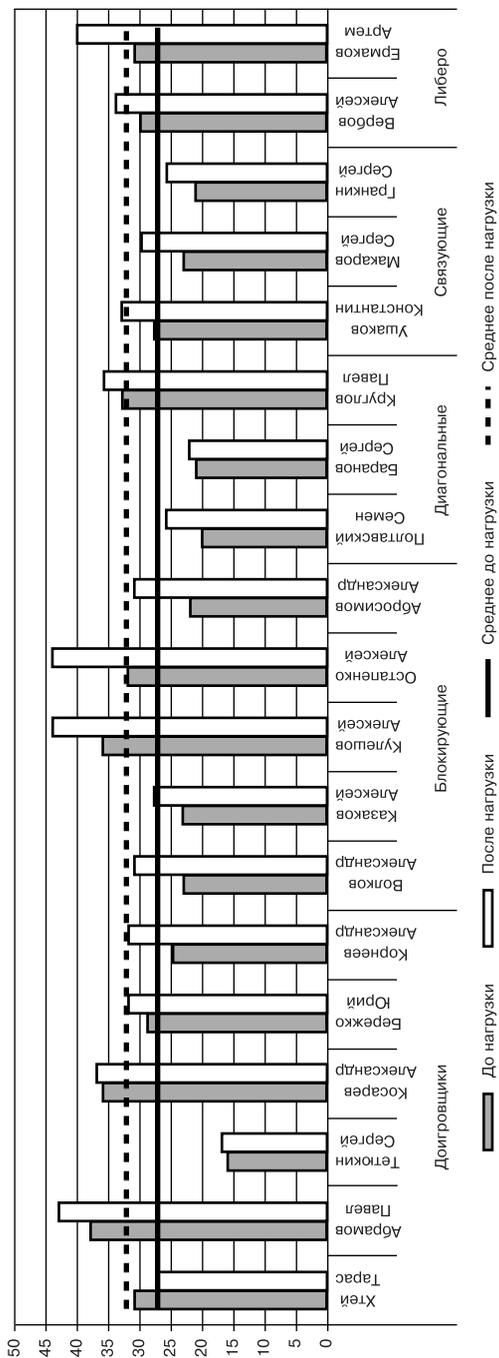
## Уровень мочевины



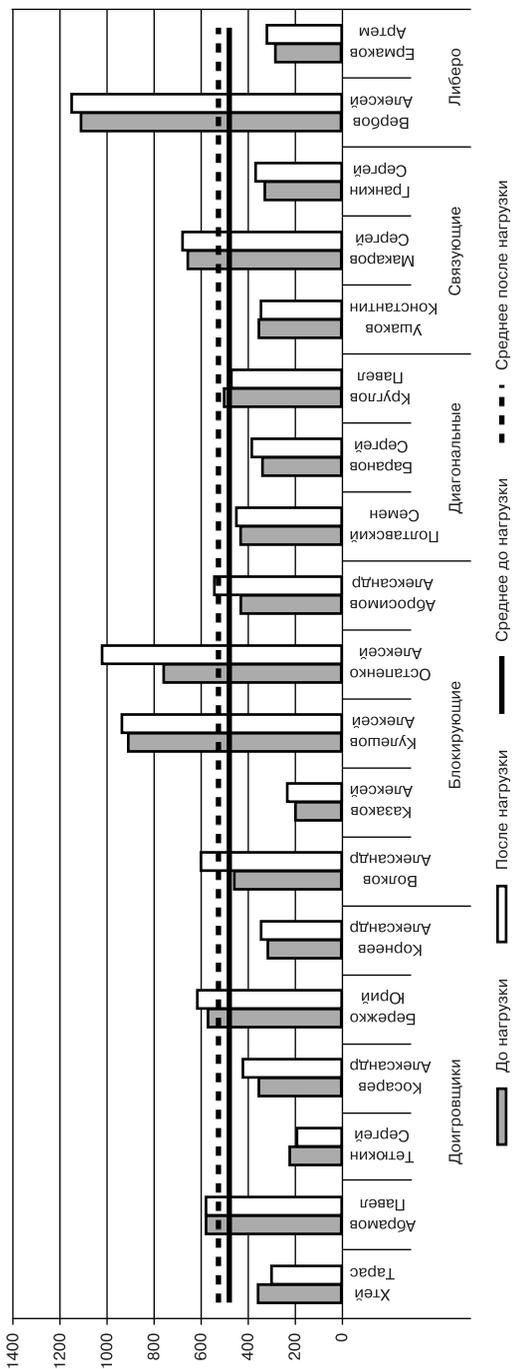
### Показатель крови АСТ, Е/л



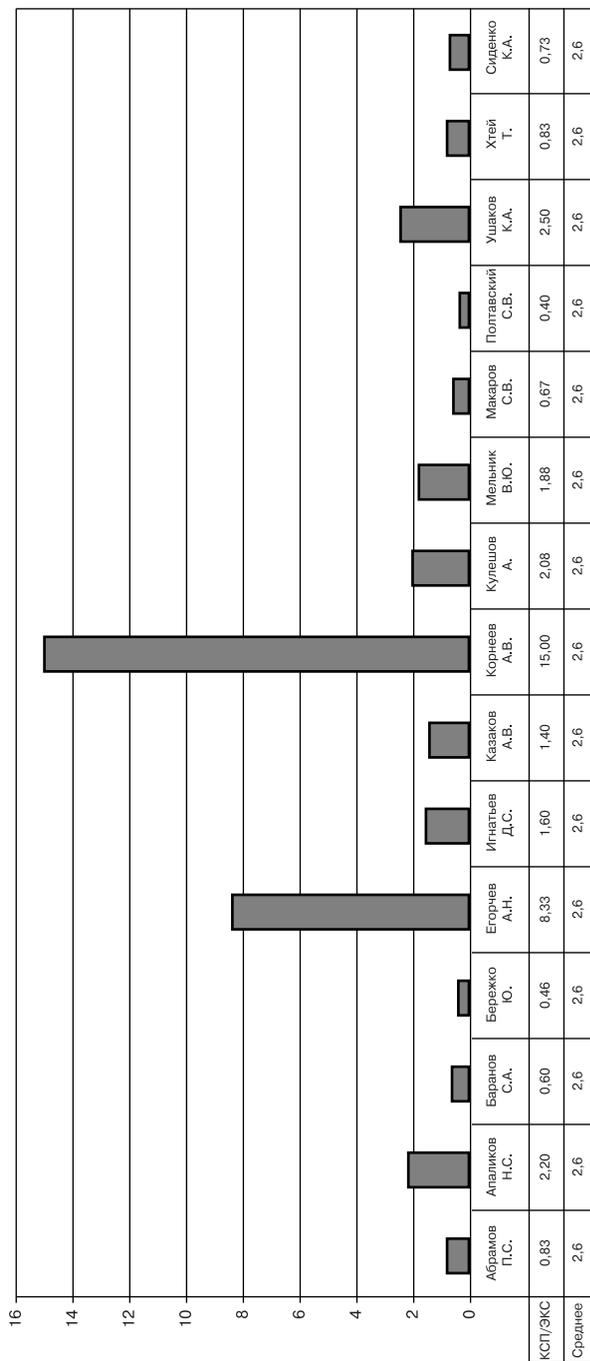
Показатель крови АЛТ, Е/л



Показатель крови КФК, Е/л



Уровень мотивации по соотношению показателей психической работоспособности (КСП) к психической напряженности (ЭКС)



Примечание. КСП – квазистационарный потенциал коры головного мозга;  
ЭКС – электрокжное сопрогивление.

**План работы команды футболистов в ходе турнира в Боливии на высоте от 1000 до 4000 м над уровнем моря, разработанный и реализованный Ю.П. Семиным**

**10 июня** – прилет в Ла-Пас (высота 4000 м, стадион находится на высоте 3700 м).

**11 июня** – одна тренировка технико-тактической направленности для развития общей выносливости продолжительностью 70 мин. В упражнениях футболистам требовались значительно большие паузы, чем на равнине. Нагрузку регулировали по пульсу. Упражнения, которые на равнине выполнялись при пульсе 120 уд./мин, на высоте 4000 м – 160–170 уд./мин.

**12 июня** – игра с чемпионом Боливии. В связи с большой высотой и опасностью перегрузки проведено большее количество замен в матче. Игра закончилась вничью (0:0). На протяжении всей игры функциональные возможности игроков были ограничены и нагрузка, по мнению тренера, была очень высокой.

**13 июня** – тренировочный день (легкий бег – 30 мин и упражнения на гибкость – 20 мин).

**14 июня** – перелет в Санта-Крус, высота 1000 м. Два тренировочных занятия по 60 мин (30 мин бег, упражнения на гибкость и серия прыжков, специальная скоростно-силовая работа).

**15 июня** – игровой день.

Утренняя тренировка скоростно-силовой направленности – 45 мин (бег, упражнения на развитие гибкости, силы, прыжки).

Вечером игра. Счет 2:0. Хорошее самочувствие всех игроков в матче. Нагрузка большая.

**16 июня** – восстанавливающее занятие 80 мин (бег 30 мин, упражнения на гибкость, силу, индивидуальная работа с мячом). Нагрузка малая.

**17 июня** – день игры с вице-чемпионом Боливии.

1. Утреннее занятие 60 мин (бег, упражнения на гибкость, силу, серия прыжков).

2. Вечером игра. Счет 2:0. Хорошее самочувствие и активная работа всех игроков. Нагрузка большая.

**18 июня** – утреннее занятие 60 мин (бег, упражнения на гибкость восстановительного характера).

Перелет в г. Сукре, высота 2000 м.

**19 июня** – день игры.

1. Утреннее занятие 60 мин (бег, упражнения на гибкость, серия прыжков и индивидуальная работа с мячом).

2. Вечером игра. Счет 3:1. Движение в матче плохое.

**20 июня** – тренировочное занятие. Развитие общей выносливости (30 мин бег, ускорения с мячом с паузами до пульса 120 уд./мин от штрафной до штрафной площадки 4–5 раз). Упражнения на гибкость.

Перелет в Ла-Пас, высота 4000 м.

**21 июня** – занятие продолжительностью 60 мин. Развитие общей выносливости.

**22–23 июня** – вылет и прилет в Москву.

**Программа тренировочной работы в беге  
с носовым дыханием в недельном цикле подготовки,  
разработанная А.М. Якимовым**

Приводим разработанную А.М. Якимовым общую схему недельного плана тренировок в летнем соревновательном сезоне для квалифицированных спортсменов, которые уже имеют опыт подготовки с применением носового дыхания.

**Понедельник.** Разминка 3–4 км. Общеразвивающие упражнения (ОРУ) – 15 мин. Ускорения 4–5×100 м. Беговая работа: 5×200 м (по 29–31 с) через 200 м тихого бега (1-, 3-, 5-й раз – носовое дыхание), 2000 м (примерно за 6.30). Прыжки с ноги на ногу (4×100 м, 2-й и 4-й разы – носовое дыхание). 1000 м (примерно за 3.20). 5×400 м через 400 м тихого бега (1-й и 3-й разы – носовое дыхание, 5-й раз – носовое дыхание и максимально на результат). Легкий бег 1–2 км.

**Вторник.** Равномерный кросс 10–15 км (8 км из них при носовом дыхании). Прыжки через барьеры.

**Среда.** Разминка 3–4 км. ОРУ – 10 мин. Ускорения 5×80 м. Беговая работа: 1000 м (3.10 – носовое дыхание), 600 м тихого бега, 800 м (2.20), 400 м тихого бега, 600 м (1.40 – носовое дыхание), 400 м, 200 м (носовое дыхание в максимальном темпе), 1000 м (около 3.20). Прыжки с ноги на ногу (3×100 м, 2-й раз – носовое дыхание). 2000 м (около 6.30 – носовое дыхание). 5×200 м (по 0.31–0.33) через 100 м тихого бега (5-й раз – носовое дыхание и максимально на результат). Легкий бег 1–2 км.

**Четверг.** Отдых.

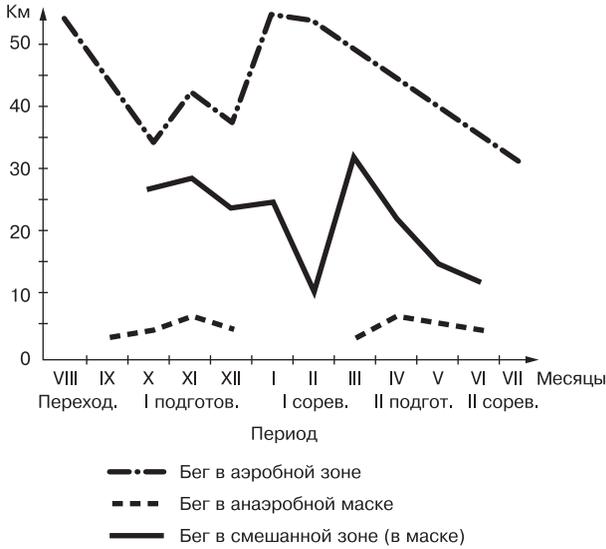
**Пятница.** Разминка 3–4 км. ОРУ – 15 мин. Ускорения 5×100 м. Беговая работа: бег прыжками 5×60 м (1-, 3-, 5-й раз – носовое дыхание). 3000 м (около 9.30), 1000 м (около 2.45 – носовое дыхание), 800 м (2.20), 200 м тихого бега, 200 м (максимально). Легкий бег 2–3 км.

**Суббота.** Равномерный кросс около 15 км (8 км из них при носовом дыхании).

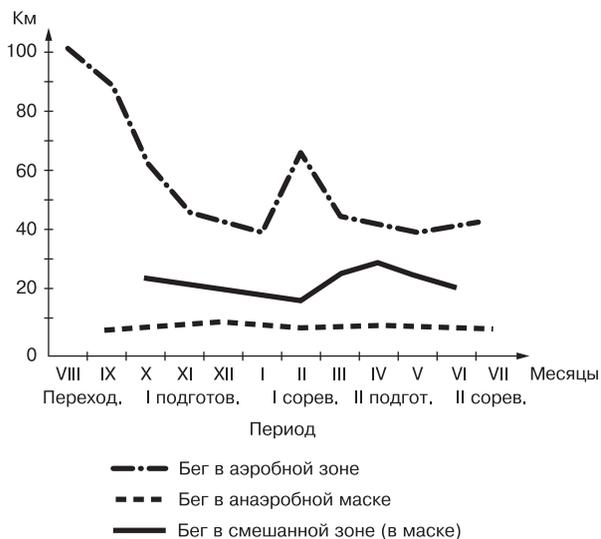
**Воскресенье.** Отдых.

В зимний соревновательный сезон носовое дыхание в тренировке спортсменов применяется аналогично.

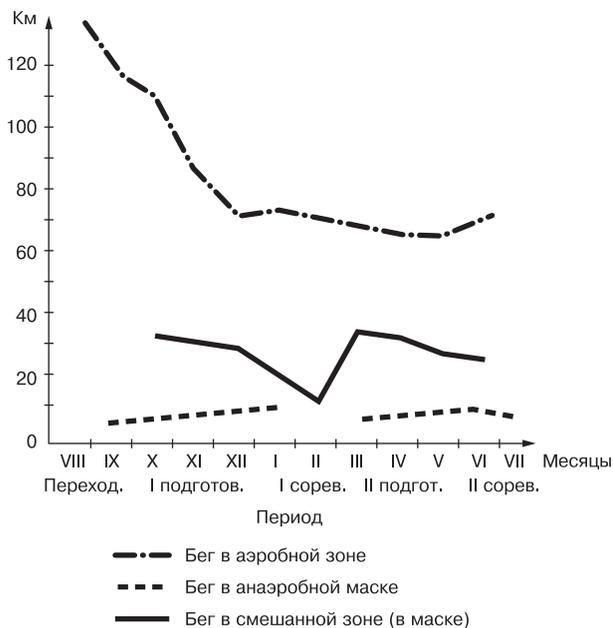
**Модели структуры беговой работы бегунов на средние дистанции с использованием ДМП, разработанные Л.М. Перминовым**



**Рис. 1.** Модель структуры беговых средств в годичном цикле подготовки спортсменов 14–15 лет (экспериментальная группа)



**Рис. 2.** Модель структуры беговых средств в годичном цикле подготовки спортсменов 15–16 лет (экспериментальная группа)



**Рис. 3.** Модель структуры беговых средств в годичном цикле подготовки спортсменов 16–17 лет (экспериментальная группа)

## Литература

1. *Абсалямов Т.М., Красников А.Ф.* Тренировка пловцов на высоте 2000–2700 м. – Научно-спортивный вестник. – М.: ФиС, 1984.
2. *Агаджанян Н.А.* Адаптация и резервы организма. – М.: ФиС, 1983.
3. *Агаджанян Н.А., Миррахимов М.М.* Горы и резистентность организма. – М.: Наука, 1970.
4. *Алипов Д.А.* Влияние климата среднегорья Тянь-Шаня на высшую нервную деятельность спортсменов. – В кн.: Акклиматизация и тренировка спортсменов в горной местности. – Алма-Ата, 1965. – С. 9–11.
5. *Алипов Д.А.* О возможностях использования среднегорья в повышении эффективности спортивной тренировки. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Л., 1969. – 36 с.
6. *Алипов Д.А.* Изменение биоэнергетики спортсмена в начальный период пребывания в среднегорье. – В кн.: Биоэнергетика. – Л., 1973. – С. 180–185.
7. *Антипов И.В.* Влияние гипоксических и гипоксически-гиперкапнических газовых смесей на функциональные резервы организма человека. Дис. ... канд. биол. наук. – Ульяновск, 2006. – 144 с.
8. *Анохин П.К.* Узловые вопросы теории функциональной системы. – М.: Наука, 1980.
9. *Апанасенко Г.Л.* Характер саморегуляции кровообращения как критерий устойчивости организма к внешним воздействиям // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1975. – № 1. – С. 56–59.
10. *Архаров С.И.* Изучение методики тренировки бегунов на средние дистанции в среднегорье в соревновательный период / Материалы Всесоюзной научной конференции в Москве. 1967 г. Вопросы акклиматизации и тренировки спортсменов в среднегорье. – Москва. – 1968. – 61–68 с.
11. *Баевский Р.М., Берсенева А.П.* Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболевания. – М.: Медицина, 1997.
12. *Баевский Р.М., Мотылянская Р.Е.* Ритм сердца у спортсменов. – М.: ФиС, 1986.

13. *Байковский Ю.В.* Факторы, определяющие тренировку спортсменов в условиях среднегорья и высокогорья. – М.: ТВТ Дивизион, 2010.
14. *Барбашова З.И.* Акклиматизация к гипоксии и ее физиологические механизмы. – М.: Изд-во АН СССР, 1960.
15. *Барбашова З.И., Григорьева Г.И.* О связи изменений осмотической резистентности эритроцитов и некоторых биохимических свойств составных элементов крови при адаптации к гипоксии. – В кн.: Материалы III конференции физиологов Средней Азии и Казахстана. – Душанбе, 1966. – С. 18–20.
16. *Белоцерковский З.Б., Любина Б.Г.* Реакция сердца на изменение нагрузок // Медицина и спорт. – 2005. – № 4. – С. 33–34.
17. *Бернштейн А.Д.* Человек в условиях среднегорья. – Алма-Ата, 1967.
18. *Бреслав И.С., Иванов А.С.* Дыхание и работоспособность человека в горных условиях. – Алма-Ата: Гылым, 1990.
19. *Бутченко Л.А., Кушаковский М.С.* Спортивное сердце. – СПб., 1993. – 48 с.
20. *Вайцеховский С.М.* Тренировка в среднегорье – мощный резерв повышения спортивных результатов / Вайцеховский С.М. // Научно-спортивный вестник. – 1986. – № 27. – С. 19–21.
21. *Вайцеховский С.М., Ширковец Е.А., Серафимова Б.С.* и др. Тренировка юных пловцов с большим объемом плавания в условиях среднегорья // Теория и практика физической культуры. – 1976. – № 6. – С. 37–41.
22. *Васильева В.В.* Кровоснабжение мышц – основной фактор специальной работоспособности спортсмена // Теория и практика физической культуры. – 1989. – № 8. – С. 35–36.
23. *Виру А.А.* Гормональные механизмы адаптации и тренировки. – Л.: Наука, 1988.
24. *Волков Н.И.* Биоэнергетика напряженной мышечной деятельности человека и способы повышения работоспособности спортсменов. Дис. ... докт. биол. наук. – М., 1990. – 83 с.
25. *Волков Н.И., Иорданская Ф.А., Матвеева Э.А.* Изменение работоспособности спортсменов в условиях среднегорья // Теория и практика физической культуры. – М., 1970. – № 3. – С. 43–48.
26. *Вольнов Н.И., Синельникова Э.М., Христич М.К.* Адаптация гребцов на байдарках и каноэ к условиям среднегорья в ранний период акклиматизации // Теория и практика физической культуры. – 1969. – № 9. – С. 41–45.
27. *Выжгин В.А., Лисенчук Г.А.* Динамика после игрового восстановления высококвалифицированных футболистов // Тезисы Всесоюзной научной конференции «Комплексная диагностика и оценка

функциональных возможностей организма и механизмы адаптации к напряженной мышечной деятельности высококвалифицированных спортсменов». – М., 1990. – С. 43–44.

28. *Гаврилова Е.А.* Спортивное сердце. Стрессорная кардиомиопатия. – М.: Советский спорт, 2007.

29. *Глазачев О.С., Дудник Е.Н., Ярцева Л.А., Платоненко А.В., Спирина Г.В.* Гипоксически-гипероксические тренировки в спорте: восстановление работоспособности и аэробной выносливости // Вестник спортивной науки. – 2010. – № 6. – С. 35–40.

30. *Горизонтов П.Д.* Гомеостаз. – М.: Медицина, 1981.

31. *Граевская Н.Д.* Влияние спорта на сердечно-сосудистую систему. – М.: Медицина, 1975.

32. *Гуревич Т.С., Дорничев В.М.* Влияние длительных физических нагрузок на гемодинамические показатели спортсменов с пролапсом митрального клапана // Вестник спортивной медицины России. – 1999. – № 3(24). – С. 18.

33. *Дембо А.Г.* Заболевания и повреждения при занятиях спортом. – Л.: Медицина, 1991.

34. *Дембо А.Г., Земцовский Э.В.* Исследование и оценка нарушений ритма сердца у молодых здоровых людей // Кардиология. – 1981. – № 10. – С. 51–54.

35. Диагностика функциональной подготовленности юных спортсменов разного возраста и пола / Под общ. ред. Ф.А. Иорданской. – М., 1993. – 112 с.

36. *Дибнер Р.Д.* О дифференциальной диагностике дистрофии миокарда различного генеза, возникающей вследствие физического перенапряжения // Кардиология. – 1976. – № 3. – С. 107–111.

37. *Джуганян Р.А., Симонян Д.А.* Возможности приспособления организма легкоатлетов к высокогорью и среднегорью. Материалы Всесоюзной научной конференции в Москве. 1967 г. Вопросы акклиматизации и тренировки спортсменов в среднегорье. – Москва. – 1968. – 71–75 с.

38. *Железняк Ю.Д., Швец К.А., Борисенко Е.А., Долинская А.В.* Волейбол. – М., 1985. – 115 с.

39. *Земцовский Э.В.* Дистрофия миокарда у спортсменов // Кардиология. – 1994. – № 34. – С. 65–74.

40. *Зима А.Г., Иванов А.С., Анищенко В.И.* О дополнительной кислородной стоимости дыхания при напряженной мышечной работе велосипедистов // Тезисы Всесоюзной научной конференции «Комплексная диагностика и оценка функциональных возможностей организма к напряженной мышечной деятельности высококвалифицированных спортсменов». – М., 1990. – С. 80–81.

41. *Зима А.Г., Иванов А.С., Макагонов А.Н.* Физиологические особенности физических упражнений в среднегорье: учебное пособие. – Алма-Ата, 1982. – 112 с.

42. *Иванов А.С., Зима А.Г.* Максимум  $O_2$  потребления у бегунов в среднегорье и его динамика в период острой адаптации. – В кн.: Материалы XI Всесоюзной конференции по физиологии, морфологии, биомеханике и биохимии мышечной деятельности. – Свердловск, 1970. – С. 10–12.

43. *Ивашквичене Я.Ю.* Кислородные режимы организма, работоспособность, утомление при напряженной мышечной деятельности // Тез. докл. совещ. в Каунасе. – Вильнюс, 1987. – С. 37.

44. *Иорданская Ф.А.* Изменение ЭКГ спортсменов в условиях гипоксической гипоксии в барокамере и среднегорье // Материалы итоговой научной сессии ВНИИФК за 1968 г. – М., 1970. – С. 423–426.

45. *Иорданская Ф.А.* Изучение функционального состояния спортсменов в среднегорье в период подготовки к соревнованиям // Вопросы акклиматизации и тренировки спортсменов в среднегорье. – Выпуск 2. – М., 1970. – С. 145–158.

46. *Иорданская Ф.А.* Мужчина и женщина в спорте высших достижений (проблемы полового деморфизма). – М.: Советский спорт, 2012.

47. *Иорданская Ф.А., Немирович-Данченко О.Р., Якимов А.М.* Гипоксическая модель для определения уровня развития выносливости по некоторым показателям энергетического обмена // Выносливость у спортсменов. – Выпуск 1. – М., 1971. – С. 31–46.

48. *Иорданская Ф.А.* О норме и патологии у ведущих спортсменов // Донозологические состояния спортсменов и слабые звенья адаптации к мышечной деятельности. – М., 1982. – С. 10–18.

49. *Иорданская Ф.А.* Особенности временной адаптации при перелетах на восток и запад, средства коррекции и профилактики десинхроноза // Теория и практика физической культуры. – 2000. – № 3. – С. 9.

50. *Иорданская Ф.А.* Сравнительная оценка изменений сердечно-сосудистой системы спортсменов под влиянием физических нагрузок на равнине и в среднегорье. – В кн.: Материалы IX Всесоюзной научной конференции по физиологии, морфологии, биохимии и биомеханике мышечной деятельности. – Т. IV, 43. – М., 1966. – С. 24–45.

51. *Иорданская Ф.А.* Электрокардиограмма спортсменов в среднегорье // Теория и практика физической культуры. – 1967. – № 9. – С. 47–52.

52. *Иорданская Ф.А.* Электрокардиологическое исследование спортсменов во время соревнований в среднегорье и на равнине //

Вопросы акклиматизации и тренировки спортсменов в среднегорье. – Выпуск 2. – М., 1970. – С. 260–270.

53. *Иорданская Ф.А., Архаров С.И., Дмитриев Е.И.* Об использовании гипоксии в тренировке спортсменов // Теория и практика физической культуры. – 1967. – № 2. – С. 32–36.

54. *Иорданская Ф.А., Дмитриев Е.И., Хволес В.Г.* О динамике адаптации сердечно-сосудистой и дыхательных систем спортсменов к физическим нагрузкам в среднегорье в процессе тренировки // Материалы Всесоюзной научной конференции в Москве. 1967 г. // Вопросы акклиматизации и тренировки спортсменов в среднегорье. – Москва. – 1968. – С. 94–99.

55. *Иорданская Ф.А., Карполь Н.В.* Значение функциональной подготовки в процессе тренировки высококвалифицированных волейболисток // Теория и практика физической культуры. – 1995. – № 2. – С. 16–21.

56. *Иорданская Ф.А., Меринова А.Б.* Исследования в процессе гипоксии как метод оценки функционального состояния и тренированности // Сб. материалов Всесоюзной конференции. Акклиматизация и тренировка спортсменов в горной местности. – Алма-Ата, 1965. – С. 45–47.

57. *Иорданская Ф.А., Муравьева Л.Ф., Некрасов А.Н., Якимов А.М., Мартыанов Н.Н.* Использование носового дыхания в структуре тренировочного процесса в видах спорта с проявлением выносливости // Научно-спортивный вестник. – 1987. – № 3. – С. 27–32.

58. *Иорданская Ф.А., Муравьева Л.Ф., Перминов Л.М., Якимов А.М., Попов Г.И.* Медико-биологическое обоснование использования нетрадиционных средств повышения выносливости в тренировке спортсменов // Оценка специальной работоспособности спортсменов разных видов спорта. – М.: Советский спорт, 1993. – С. 221–239.

59. *Иорданская Ф.А., Португалов С.Н., Цепкова Н.К.* Минеральный обмен в системе мониторинга функциональной подготовленности высококвалифицированных спортсменов. – М.: Советский спорт, 2014. – С. 96.

60. *Иорданская Ф.А., Семин Ю.П., Васильков Ю.С.* Гипоксический фактор в повышении функциональных возможностей футболистов // Сб.: Оценка специальной работоспособности спортсменов разного возраста. – М.: Советский спорт, 1993. – С. 246–252.

61. *Иорданская Ф.А., Ткач В.Т., Юдинцева М.С.* Компьютерный анализ сердечного ритма в мониторинге здоровья и функционального состояния спортсменов. – М.: ВНИИФК, 2004. – С. 54.

62. *Иорданская Ф.А., Юдинцева М.С.* Мониторинг здоровья и функциональная подготовленность высококвалифицированных

спортсменов в процессе учебно-тренировочной работы и соревновательной деятельности. – М.: ФИС, 2006. – С. 186.

63. *Иорданская Ф.А., Якимов А.М.* Динамика устойчивости к кислородной недостаточности с развитием общей и специальной выносливости и ростом тренированности // Научные труды ВНИИФК за 1970 г. – II том. – М., 1972. – С. 55–57.

64. *Калинина О.И.* Построение и содержание тренировочного процесса квалифицированных бегунов на средние дистанции в условиях высокогорья. Автореф. дис. ... канд. пед. наук / О.И. Калинина; ГЦОЛИФК. – М., 1991. – 24 с.

65. *Карпман В.Л., Хрущев В.С., Борисова Ю.А.* Сердце и работоспособность спортсмена. – М.: ФиС, 1989.

66. *Каунсилмен Джеймс Е.* Спортивное плавание. – М.: Физкультура и спорт, 1982.

67. *Колчинская А.З.* Гипоксическая гипоксия, гипоксия нагрузки: повреждающий и конструктивный эффекты // *Nuroxia Medikal.* – 1993. – № 3. – С. 8–13.

68. *Колчинская А.З.* Кислород, физическое состояние, работоспособность. – Киев: Наука думка, 1991.

69. *Кочаровская О.В.* В кн.: Научная конференция по физическому воспитанию и спорту // Материалы. – Нальчик, 1970. – С. 121–124.

70. *Коц Я.М.* Спортивная работоспособность в условиях пониженного атмосферного давления (среднегорья). Лекции для студентов и аспирантов ИФК. – М.: ГЦОЛИФК, 1982.

71. *Кукес В.Г., Алавердян А.М., Фельд Б.Н., Рудаков А.Г., Альперович Б.Р.* Некоторые аспекты спортивной фармакологии // Проблема восстановления и повышения работоспособности. – М., 1985. – С. 34–35.

72. *Куракин М.А.* Феноменология утомления при работе на анаэробном пороге у спортсменов высокой квалификации // Теория и практика физической культуры. – М., 1995. – № 2. – С. 37–38.

73. *Летунов С.П.* О некоторых путях повышения функциональных возможностей организма // Теория и практика физической культуры. – 1967. – № 12. – С. 34–38.

74. *Летунов С.П., Мотылянская Р.Е., Иорданская Ф.А.* Клиническая оценка некоторых изменений ЭКГ у спортсменов // Теория и практика физической культуры. – 1968. – № 9. – С. 24–28.

75. *Лупандин А.В.* Адаптогены в спортивной медицине // Вестник спортивной медицины России. – 1993. – № 1–2. – С. 6–10.

76. *Макарова Г.А.* Проблема риска внезапной смерти при занятиях физической культурой и спортом (обзор литературы) // Вестник спортивной медицины России. – 1999. – № 1. – С. 18–21.

77. *Маколкин В.И., Абакумов С.А.* Нейроциркуляторная дистония в терапевтической практике. – М.: Медицина, 1985.

78. *Матов В.В.* Кислородная недостаточность и проблемы спортивной тренировки. Автореф. дис. ... докт. мед. наук. – М., 1971. – 30 с.

79. *Матов В.В., Суркина И.Д., Шушурин С.В.* Комплексная оценка индивидуальной устойчивости к гипоксии в барокамере у высококвалифицированных спортсменов // Вопросы акклиматизации и тренировки спортсменов в среднегорье. – М., 1968. – 27–30 с.

80. *Меерсон Ф.З.* Общий механизм адаптации и профилактики. – М.: Медицина, 1973.

81. *Меерсон Ф.З., Пшенникова М.Г.* Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам. – М.: Медицина, 1988.

82. *Мелленберг Г.В., Сайдхужин Г.Р.* Горная подготовка высококвалифицированных спортсменов. – М.: «Валерии», 1995.

83. *Миронов С.П., Поляев Б.А., Макарова Г.А.* Спортивная медицина: национальное руководство. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012.

84. *Миррахимов М.М., Гольдберг В.Н.* Горная медицина. – Фрунзе: Кыргызстан, 1978.

85. *Михайлова А.В., Смолевский А.В.* Алгоритм кардиологического обследования спортсменов с синдромом дисплазии соединительной ткани сердца // Сб. материалов международной научной конференции «Состояние и перспективы развития медицины в спорте высших достижений «СпортМед-2006». – М., 2006. – С. 63–67.

86. *Мотылянская Р.Е., Стогова Л.И., Иорданская Ф.А.* Физическая культура и возраст. – М.: Физическая культура и спорт, 1967.

87. *Орлов В.Н.* Руководство по электрокардиографии. – М.: Медицин. информ. агентство, 1999.

88. Оценка специальной работоспособности спортсменов разных видов спорта // Сб. трудов ЦНИС / Под ред. Ф.А. Иорданской – М., 1993. – 294 с.

89. *Перминов Л.М.* Устойчивость к дефициту кислорода в развитии специальной выносливости и ее использование в отборе юных спортсменов. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 1994. – 16 с.

90. *Платонов В.Н.* Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения: учебник тренера высшей квалификации / В. Н. Платонов. – М.: Советский спорт, 2005.

91. *Платонов В.Н., Булатова М.М.* Гипоксическая тренировка в спорте // *Nuroxia medical.* – М., 1995. – С. 17–23.

92. *Портных Ю.П., Хутов А.М., Гельчинский С.Я.* Биоэнергетические особенности горной тренировки баскетболистов. – В кн.: Биоэнергетика. – Л., 1973. – С. 203–207.

93. *Португалов С.Н.* Байкальская вода в спортивной практике // Проблемы и перспективы развития спортивной науки. Труды ВНИИФК. – М., 2008. – С. 140–141.

94. *Пудов Н.И.* Тренировка в среднегорье // Легкая атлетика. – 1981. – № 12. – С. 22–23.

95. *Радзиевский П.А.* Кислородные режимы организма, работоспособность, утомление при напряженной мышечной деятельности // Тезисы докладов совещания 7–12 сентября 1987 г. в Каунасе. – Вильнюс, 1987. – С. 76.

96. *Радченко А.С., Чурганов О.А., Шелков О.М.* Использование среднегорья и нормобарической гипоксии для усиления тренировочных нагрузок в циклических видах спорта // Вестник спортивной науки. – 2012. – № 4. – 37–40 с.

97. *Райсс М.* Планирование гипоксической тренировки в годовом цикле // Тезисы докладов международного научного конгресса «Современный олимпийский спорт». – Киев, 1993. – С. 189–190.

98. *Рудаков А.Г., Алавердян А.М., Жельд Б.П., Городецкий В.В.* Изучение эффективности Эссенциале при физических нагрузках // Проблема восстановления и повышения работоспособности спортсменов. – М., 1985. – С. 50–51.

99. *Сейфулла Р.Д.* Спортивная фармакология. – М., 1999. – 128 с.

100. *Серафимова Б.С.* Исследование взаимосвязи тренировочных нагрузок, функциональных показателей и спортивных результатов юных пловцов высокого класса. Автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 1974. – 25 с.

101. *Сиротинин Н.Н.* Гипоксия и ее значение в патологии // Гипоксия. – К., 1949. – С. 19–27.

102. *Смирнов В.С., Кузьмич М.К.* Применение гипоксена в различных видах спорта как метаболического корректора гипоксических состояний в экстремальных условиях. – Москва–Санкт-Петербург, 2001. – 16 с.

103. *Смолевский А.В.* Сердечно-сосудистые заболевания и внезапная смерть в спорте // Материалы научной конференции «Спортивная кардиология и физиология кровообращения». – М., 2006. – С. 82–84.

104. *Сологуб С.Л.* Эффективность специализированной тренировки квалифицированных спринтеров в условиях искусственно вызванной гипоксии. Автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 1998. – 132 с.

105. *Суздальницкий Р.С., Левандо В.А.* Иммунологические аспекты спортивной деятельности человека // Теория и практика физической культуры – 1998. – № 10. – С. 43–46.

106. *Суркина И.Д.* Патогенез изменений иммунитета у спортсменов и донозологическая диагностика // Донозологические состояния у спортсменов и слабые звенья адаптации к мышечной деятельности. – М., 1982. – С. 19–27.
107. *Суслов Ф.П.* Тренировка в условиях среднегорья как средство повышения спортивного мастерства. Автореф. дис. ... д-ра пед. наук. – М., 1985. – 48 с.
108. *Суслов Ф.П., Гиттенрейтер Е.Б., Холодов Ж.К.* Спортивная тренировка в условиях среднегорья. – М., 1999. – 202 с.
109. *Суслов Ф.П., Сыч В.Л., Шустин Б.Н.* Современная система спортивной подготовки. – М., 1995. – 445 с.
110. *Терещенко П.Г.* Исследование динамики работоспособности борцов в соревновательном периоде после тренировки в среднегорье. Автореф. дис. ... канд. пед. наук. – М., 1972. – 29 с.
111. *Ужбанов Х.С.* Использование условий среднегорья в тренировочном процессе спортсменов-ориентировщиков // Вестник Адыгейского гос-го ун-та. Серия 3: Педагогика и психология. – Выпуск № 3. – 2007. – 5 с.
112. *Фарфель В.С.* О дыхании в среднегорье и путях его моделирования в низине. – В кн.: Акклиматизация и тренировка спортсменов в горных условиях. – Алма-Ата, 1965. – С. 91–93.
113. *Федоров Г.П., Пшендин А.И., Розозкин В.А., Шликина Н.Н.* Скрытый дефицит железа: биохимические последствия и работоспособность // Проблема восстановления и повышения работоспособности спортсменов. – М., 1985. – С. 78–79.
114. *Фруктов А.Л., Степанова Е.С., Фарфель В.С., Головина Л.Л.* Тренировка легкоатлетов-ходоков в условиях среднегорья. – В кн.: Всесоюзная научная конференция по вопросам акклиматизации и тренировки спортсменов в условиях среднегорья. – М., 1976. – С. 149–151.
115. *Фудин Н.А., Иорданская Ф.А., Матов В.В., Сенаторов А.А.* Опыт работы восстановительного центра на XIX Олимпийских играх в Монреале // Научно-спортивный вестник. – 1977. – № 2.
116. *Цепкова Н.К.* Изменения КЩР крови у спортсменов при физических нагрузках. – М., 1984. – 50 с.
117. *Чоговадзе А.В.* Аппарат внешнего дыхания. Спортивная медицина / Под ред. А.В. Чоговадзе, Л.В. Бутченко. – М.: Медицина, 1984.
118. *Шидловский В.А.* Мультивариативная адаптивная регуляция вегетативных функций // Системный анализ вегетативных функций. Вопросы кибернетики / Под общ. ред. В.А. Шидловского. – Вып. 37. – М., 1978. – С. 3–7.

119. *Ширковец Е.А., Кубаткин В.П.* Анаэробный порог и критическая скорость – факторы управления тренировкой спортсменов // Теория и практика физической культуры. – 1975. – № 8. – С. 19–24.
120. *Якимов А.М.* Гипоксическая тренировка как одна из альтернатив допингу. Официальный сайт журнала Лыжный спорт: <http://www.skisport.ru/doc/read.php?id=296>
121. *Яковлев Е.Ф.* О так называемом печеночно-болевым синдроме у спортсменов. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 1972. – 24 с.
122. *Astrand P.O.* Circulatory and respiratory response to acute and prolonged hypoxia during heavy exercise. – Schweiz.Z.Sportmed. – 1966. – Bd.14. – № 1–3. – P. 16–26.
123. *Gore C.J., Clark S.A., Saunders P.U.* Nonhematological mechanisms of improved sea-level performance after hypoxic exposure // Med. Sci. Sports Exerc. – 2007. – 39 (9). – P. 1600–1609.
124. *Hoppeler H., Vogz M.* Hypoxia training for sea-level performance. Training high-living low // Adv. Exp. Med. Biol. – 2001. – 502. – P. 61–73.
125. *Katayama K., Matsuo H., Ishida K. et al.* Intermittent hypoxia improves endurance performance and submaximal exercise efficiency // High. Alt. Med. Biol. – 2003. – 4(3). – P. 291–304.
126. *Koistinen P.O., Rusko H., Irjala K. et al.* EPO, red cells, and serum transferrin receptor in continuous and intermittent hypoxia // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2000. – V. 32. – № 4. – P. 800–804.
127. *Lange G.* Load dosage and control during the acclimatization phase of the altitude training of long distances runners: a report from experience. New Studies in Athletics. – 1986. – № 3. – P. 29–46.
128. *Noreen R. Henig, David Y. Piersen* – механизмы гипоксии. Respiratory Care Clinics of North America. – December, 2000. – V. 6. – № 4.
129. *Owen J.R.* A preliminary evaluation of altitude training. British Journal of Sports Medicine. – 1974. – V. 8. – № 1. – P. 9–17.
130. *Piiper I.* Factors limiting the O<sub>2</sub> transporting capacity in exercise in hypoxia // R. Margaria. Ed. Exercise at altitude. Amsterdam. Excerpta medica. – 1967. – P. 127–136.
131. *Terrados N.* Altitude Training and Muscular Metabolism / Int. J. Sports med. – 1992. – V. 13. – Suppl. 1. – P. 206–209.

*Научное издание*

ИОРДАНСКАЯ Фаина Алексеевна

**ГИПОКСИЯ  
В ТРЕНИРОВКЕ СПОРТСМЕНОВ  
И ФАКТОРЫ, ПОВЫШАЮЩИЕ  
ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬ**

Монография

Редактор *А.А. Алексеев*

Художник *Е.А. Ильин*

Компьютерная графика *А.Г. Никонорова*

Корректор *Л.В. Гаврилова*

Компьютерная верстка *О.А. Котелкиной*

Подписано в печать 06.05.2015. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл.-печ. л. 10,0. Уч.-изд. л. 10,0. Тираж 500 экз.

Изд. № 1909. Заказ № 2493.

ОАО «Издательство «Советский спорт»».

105064, г. Москва, ул. Казакова, 18.

Тел.: (499) 267-94-35, 267-95-90, 267-93-17

Сайт: [www.sovsportizdat.ru](http://www.sovsportizdat.ru)

E-mail: [book@sovsportizdat.ru](mailto:book@sovsportizdat.ru)

Отпечатано с электронной версии заказчика  
в типографии ООО «Канцлер».

150008, г. Ярославль, ул. Клубная, 4-49

ДЛЯ ЗАМЕТОК

---