

Ф.А. ИОРДАНСКАЯ

# ГИПОКСИЯ

в тренировке спортсменов  
и факторы,  
повышающие  
её эффективность

ИЗДАТЕЛЬСТВО «СПОРТ»

Фаина Иорданская

**Гипоксия в тренировке  
спортсменов и факторы,  
повышающие ее эффективность**

«Спорт»

2019

УДК 796/799  
ББК 75.0

**Иорданская Ф. А.**

Гипоксия в тренировке спортсменов и факторы, повышающие ее эффективность / Ф. А. Иорданская — «Спорт», 2019

ISBN 978-5-9500185-9-6

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 978-5-9500185-9-6

© Иорданская Ф. А., 2019

© Спорт, 2019

# Содержание

Введение	5
Список использованных сокращений	8
1. Гипоксический фактор в повышении функционального состояния организма спортсменов	9
Конец ознакомительного фрагмента.	15

# Фаина Иорданская

## Гипоксия в тренировке спортсменов и факторы, повышающие ее эффективность

### 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 годовичных 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; Кисловодск – 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 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) – аспартатаминотрансфераза  
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 – кислотно-щелочное равновесие  
КЩС – кислотно-щелочное состояние  
МОД – минутный объем дыхания  
МПК – максимальное потребление кислорода  
НМА – нервно-мышечный аппарат  
O<sub>2</sub> – кислород  
ОРУ – общеразвивающие упражнения  
ОФП – общая физическая подготовка  
ПАНО – порог анаэробного обмена  
СО<sub>2</sub> – углекислый газ  
ССС – сердечно-сосудистая система  
ЧСС – частота сердечных сокращений  
ЭКГ – электрокардиограмма  
Hb – гемоглобин  
La – лактат  
PСО<sub>2</sub> – парциальное давление углекислого газа  
PО<sub>2</sub> – парциальное давление кислорода  
PWC<sub>170</sub> – велоэргометрическая проба  
 $R - R_{\max}$  – наибольшее значение величины интервала  $R - R$   
 $R - R_{\min}$  – наименьшее значение величины интервала  $R - R$   
 $R - R_{\text{ср.}}$  – 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 двуокиси 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 незаращении 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».

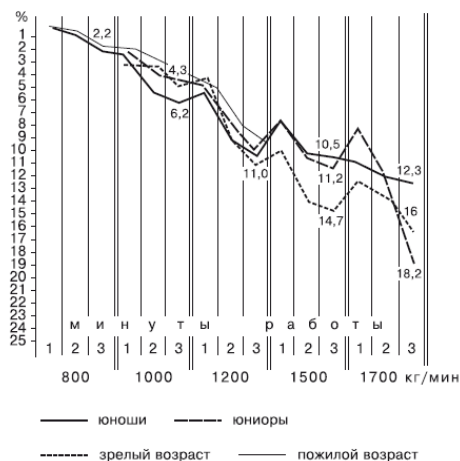
• Наряду с перечисленными видами гипоксии, была выделена и **гипоксия нагрузки**. При усилении функции мышц и недостатке кислорода сочетание гипоксии нагрузки с гипоксической гипоксией может быть эффективным и способствует повышению работоспособности спортсмена (Волков Н.И., 1990; Колчинская А.З., 1993; 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 ступенчато повышающейся мощности от 800-1000-1200-1500-1700 кгм/мин и выше у четырех групп спортсменов (юношей, юниоров, зрелого возраста и пожилых спортсменов).

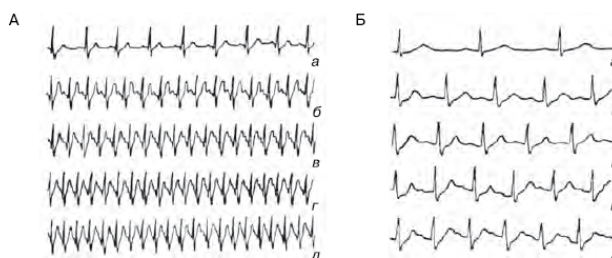
По мере повышения мощности нагрузок в диапазоне от 800 до 2000 кгм/мин происходит прогрессирующее падение оксигенации (рис. 1). Возрастные различия выявляются лишь при работе средней и большой мощности, причем у спортсменов зрелого возраста и юниоров падение выражено больше (в среднем на 18 %). Имеется 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  $O_2$  (от 96 %) в процессе ступенчато-разно 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,

z – 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,

z – 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, обедненным кислородом, и дыхание в дополнительное «мертвое» пространство – ДМП (Алипов Д.А., 1969; Суслов 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; Суслов 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<sup>1</sup> (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 %  $\text{O}_2$ ) в тренировочном процессе показатели физической работоспособности у

---

<sup>1</sup> Е. Каунсильмен (один из ведущих тренеров сборной команды пловцов США) ввел гипоксическую тренировку в систему подготовки пловцов.

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 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<sub>O<sub>2</sub></sub>

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.