



МИНИСТЕРСТВО СПОРТА И ТУРИЗМА  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ



Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ»

# **ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ**

## **по актуальным проблемам физической культуры и спорта**

Выпуск № 19

**Результаты выполнения заданий  
государственных программ развития  
физической культуры и спорта,  
инновационных проектов БГУФК**



Минск  
БГУФК  
2014

Министерство спорта и туризма Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет физической культуры»

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ  
БЮЛЛЕТЕНЬ**  
по актуальным проблемам  
физической культуры и спорта

*Основан в 2008 году*

Выпуск № 19

**Результаты выполнения заданий  
государственных программ развития  
физической культуры и спорта,  
инновационных проектов БГУФК**

Минск  
БГУФК  
2014

*Издано по решению редакционно-издательского совета БГУФК*

**Составители:**

д-р пед. наук, проф. *Т. Д. Полякова*;  
начальник ЦСИиПС БГУФК *И. В. Усенко*

**Рецензенты:**

д-р пед. наук, проф. *Т. П. Юшкевич*;  
д-р пед. наук, проф. *Е. И. Иващенко*

В выпуске 19 Информационно-аналитического бюллетеня по актуальным проблемам физической культуры и спорта опубликованы результаты выполнения заданий Государственных программ развития физической культуры и спорта, инновационных проектов, выполненных профессорско-преподавательским составом и сотрудниками Белорусского государственного университета физической культуры. Данное издание представляет интерес для тренеров, спортивных врачей и других специалистов, работающих в сфере подготовки высококвалифицированных спортсменов и спортивного резерва. Бюллетень выходит с 2008 г.

ISBN 978-985-7076-42-0

© Полякова Т. Д., Усенко И. В., составление, 2014

© Оформление. Учреждение образования «Белорусский государственный университет физической культуры», 2014

**ЗАДАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ  
РАЗВИТИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА  
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ НА 2007–2010 ГОДЫ  
«РАЗРАБОТАТЬ И ВНЕДРИТЬ В ПРАКТИКУ СПОРТА  
МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ОБЩЕЙ  
РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНОВ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРЕНИРОВОЧНОГО  
ГЕМОКОРРИГИРУЮЩЕГО СТЕНДА»**

Научные руководители проекта:

*Т.Д. Полякова, д-р мед. наук, профессор;*

*В.А. Остапенко, д-р мед. наук, профессор;*

*Н.Г. Кручинский, д-р мед. наук, доцент*

Срок выполнения: 2011–2013 гг.

**Введение**

Гипоксия – состояние, наступающее в организме при неадекватном снабжении тканей и органов кислородом или при нарушении утилизации в них кислорода (А.М. Чарный, 1961; A.J. Giaccia et al. 2004). Часто гипоксии становится

фактором, от которого зависит жизнь человека, однако наряду с этим гипоксический стимул в определенных пределах активизирует деятельность жизненно важных систем. Механизмы компенсации гипоксии, возникающей при целом ряде физиологических состояний организма (внутриутробный период развития плода, тяжелая физическая работа, обильный прием пищи, старение организма), генетически запрограммированы и имеют приспособительное значение в формировании комплекса адаптационных реакций, направленных на повышение устойчивости организма к экстремальным факторам (В.Е. Борилкевич, 1982; В.П. Зотов, 1990).

В условиях умеренной гипоксии компенсаторные механизмы позволяют в довольно широких пределах поддерживать напряжение кислорода ( $PO_2$ ) на уровнях, адекватных каждому из этапов его транспорта, в результате чего стимулируется деятельность различных систем организма, принимающих участие в сохранении кислородного гомеостаза. Это свойство гипоксии широко используется с целью повышения уровня неспецифической резистентности организма (М.М. Миррахимов, П.Н. Гольдберг, 1978; Р.Б. Стрелков и др., 1985; Н.А. Агаджанян, А.Я. Чижов, 1998; А.З. Колчинская и др., 2003).

Результативность спортсменов, тренирующихся преимущественно качество выносливости, связано, прежде всего, состоянием адаптации к недостаточному снабжению тканей организма кислородом ( $O_2$ ) в условиях гипоксии нагрузки (ГН). Характерными патофизиологическими признаками ГН являются: снижение  $PO_2$  и содержания  $O_2$ , повышение  $PCO_2$  в венозной крови и содержания  $CO_2$  в мышечной ткани при многократно увеличенной скорости поглощения и доставки  $O_2$ , выделения и выведения  $CO_2$ .

*Генез ГН.* Активизация функции требует дополнительных затрат энергии, кислородный запрос клеток, органов и организма при этом повышается, скорость же доставки  $O_2$  к работающим клеткам из-за временной задержки усиления притока крови увеличивается еще не настолько, чтобы удовлетворить повысившуюся потребность в  $O_2$ . Работающие мышцы извлекают его из прилегающей крови, что значительно обедняет венозную кровь: содержание  $O_2$ , насыщение  $O_2$  и  $pO_2$  в ней резко снижаются, проявляется венозная гипоксемия – первый признак ГН (А.З. Колчинская, 1990; J. West, 1984).

После того как резерв  $O_2$  крови исчерпывается, запасы  $O_2$  мобилизуются из миоглобина, а когда и их недостаточно, для ресинтеза АТФ используется креатинфосфат и энергия анаэробного гликолиза, и лишь после того как скорость доставки  $O_2$  начнет возрастать, включается процесс окислительного фосфорилирования, длительно обеспечивающий работающие мышцы необходимой энергией. Это – *скрытая (латентная) ГН*, во время которой, прежде всего, мобилизуются кислородные резервы, а по их исчерпании используется энергия анаэробных источников (Н.И. Волков, А.З. Колчинская, 1993).

При продолжающейся работе активизация компенсаторных механизмов обеспечивает усиление доставки  $O_2$  и ее соответствие кислородному запросу работающих мышц – это *явная, компенсированная степень ГН*. Основным ее

признаком служат венозная гипоксемия и некритический для мышечной ткани уровень снижения  $pO_2$  в тканях, в связи с чем имеется возможность увеличения потребления  $O_2$  мышечными клетками. Усиление легочной вентиляции обеспечивается не только учащением дыхания, но и значительным увеличением дыхательного объема (ДО), повышенным отношением альвеолярной вентиляции к минутному объему дыхания (МОД), а также снижением вентиляционного эквивалента (ВЭ) – объема вентилируемого в легких воздуха, необходимый для утилизации 1 л  $O_2$  и повышением кислородного эффекта каждого дыхательного цикла (мл  $O_2$  потребляемые организмом за один дыхательный цикл). Увеличивается минутный объем крови (МОК) в результате учащения сердечных сокращений (ЧСС) и, благодаря увеличению систолического объема (СО), увеличивается артерио-венозная разница по  $O_2$ , снижается гемодинамический эквивалент (ГЭ – объем циркулирующей крови, обеспечивающий потребление 1 л  $O_2$ ), растет объем потребленного  $O_2$  за один сердечный цикл (кислородный пульс – КП). Поддержание уровня  $pO_2$ , превышающего критический для мышечной ткани, обеспечивается многократно возрастающей скоростью поэтапной доставки кислорода в результате увеличения МОД и МОК, перераспределения кровотока, при котором работающие мышцы могут получать около 80 % объема циркулирующей крови и доставляемого кровью  $O_2$  (Н.И. Волков, А.З. Колчинская, 1993).

Если интенсивность мышечной работы растет, и скорость поэтапной доставки  $O_2$  не может быть увеличена так, чтобы полностью обеспечить потребность в нем организма, включается дополнительный источник энергии – анаэробный гликолиз (что происходит на так называемом пороге анаэробного обмена, ПАНО). Повышенный приток к легким венозной крови со значительно более низким, чем в покое, содержанием  $O_2$  и повышенным количеством  $CO_2$  не успевает полностью насытить кровь  $O_2$ . Кроме того, из-за шунтирования крови в легких определенная часть смешанной венозной крови с низким содержанием в ней  $O_2$  примешивается к артериализированной в легких крови; насыщение артериальной крови  $O_2$  и  $pO_2$  в ней снижаются, т. е. начинает проявляться артериальная гипоксемия. Все же при гипоксии нагрузки этой степени – *субкомпенсированной гипоксии* – основное количество энергии для выполнения работы поставляют аэробные процессы, и работа может продолжаться. При субкомпенсированной гипоксии нагрузки дальнейшее увеличение МОД обуславливается преимущественно учащением дыхания; ДО и кислородный эффект дыхательного цикла уже не увеличиваются, ВЭ начинает снижаться. Отмечаются отсутствие увеличения систолического объема и более выраженный прирост ЧСС. В крови начинает повышаться содержание лактата (Н.И. Волков, А.З. Колчинская, 1993).

В случае большей интенсивности мышечной деятельности организм уже не может обеспечить соответствия поэтапной доставки кислорода его кислородному запросу, что может проявляться в виде четвертой *декомпенсированной степени* гипоксии нагрузки. ДО и СО уменьшаются, а ЧД и ЧСС достигают максимальных величин, кислородные режимы организма становятся менее эффективными и экономичными, вентиляционный эквивалент растет, а кислородный

эффект каждого дыхательного цикла снижается, уменьшается и кислородный эффект каждого сердечного цикла. Растущий кислородный долг, накопление кислых продуктов, повреждающее действие последствий тканевой гипоксии на клеточные мембраны и органеллы клеток, заставляют прекращать работу (А.З. Колчинская, 1983, 1990; Н.И. Волков, А.З. Колчинская, 1993).

Итак, ГН возникает при резко возросшем потреблении  $O_2$  вследствие значительного усиления мышечной работы и неспособности организма адекватно увеличить к ним приток крови, богатой  $O_2$ , и связана с последующим снижением запасов  $O_2$  и макроэргов в гиперфункционирующих клеточно-тканевых структурах организма.

На тканевом и клеточном уровнях приспособительные процессы происходят в самих клетках различных тканей (А.П. Зильбер, 1989; И. Гроде, 1986). Такие процессы формируются постепенно и протекают в течение 10–20 дней с начала воздействия гипоксии (А.М. Чарный, 1961; В.А. Сафонов, В.Н. Ефимов, А.А. Чумаченко, 1980). На системном уровне происходят изменения приспособительных реакций, направленных на «борьбу за кислород», т. е. за доставку необходимого количества  $O_2$  клеткам для поддержания нормального функционирования организма вопреки снижению  $pO_2$  во вдыхаемом воздухе. На системном уровне участвуют:

- дыхательная система (увеличение объема легочной вентиляции, увеличение числа раскрытых альвеол и изменение проницаемости их стенок) (Л.Я. Евгеньева, 1973);

- система кровообращения (изменение количества сердечных сокращений и ударного объема, перераспределение кровоснабжения органов и тканей) (Б. Фолков, Э. Нил, 1976; Ю.А. Власов, Г.Н. Окунева, 1992; Ф.Дж. Шиффман, 2000; К.М., Абдулкадыров, 2004);

- система крови (увеличение кислородной емкости крови за счет использования депонированных эритроцитов, стимуляция эритропоэза, увеличение массы Hb, количества красных кровяных телец) (Б. Фолков, Э. Нил, 1976; Ф.Дж. Шиффман, 2000).

Все многообразие форм гипоксической тренировки, используемой в практике подготовки высококвалифицированных спортсменов, можно разделить на две группы: естественная гипоксическая тренировка (тренировка в горных условиях) и искусственная гипоксическая тренировка (тренировка на уровне моря с применением специальных сооружений, оборудования или методических приемов, обеспечивающих наличие дополнительного гипоксического фактора) (В.Н. Платонов, М.М. Булатова, 1994; U. Fuchs, M. Reiß, 1990).

#### **Длительное пребывание в горах (горноклиматическая стимуляция)**

Естественный и наиболее распространенный вид гипоксической стимуляции с целью повышения эффективности функционирования отдельных звеньев системы снабжения организма  $O_2$  (повышение диффузионной способности лёгких, увеличение кислородной ёмкости крови, повышение скорости циркуляции

крови, улучшение тканевого дыхания) (В.Н. Платонов, М.М. Булатова, 1994; Ф.П. Суслов, 1999). Исследования среднегорной подготовки показывают, что в большей степени спортивные результаты повышаются у спортсменов, тренирующихся на выносливость (лыжников, велосипедистов, стайеров и др.).

Адаптация к гипоксии, проведенная в условиях высокогорных лагерей в течение 2–3 недель, позволяет спортсменам добиваться высоких достижений на соревнованиях, проводимых на уровне моря. Дальнейшее развитие системы адаптации к гипоксии было разработано Levine et al. (1997), представившими концепцию, под получила названием live-high/trainlow («жить наверху – тренироваться внизу») (B.D. Levine, J. Stray-Gundersen, 1997). Она выражалась в том, что атлеты постоянно находятся на высоте 2000–2700 м над уровнем моря, а тренируются на высоте 1000 м или ниже.

Установлена параллель между приспособлением организма к горным условиям и к мышечной работе определенной мощности, при которой важнейшим лимитирующим фактором является недостаток  $O_2$ . Если же одновременно действуют оба фактора, когда, находясь в горах, человек совершает напряженную мышечную работу, физиологическое воздействие тренировки становится больше, чем на уровне моря

После окончания тренировки в горных условиях организм спортсмена оказывается в состоянии более высокой работоспособности, чем до подъема в горы. Это, как правило, связывают с тем, что явления кислородной недостаточности, которые сопровождают мышечную работу в видах спорта, требующих преимущественного проявления выносливости, переносятся значительно легче. А так как важнейшим условием спортивной работоспособности во многих видах спорта является способность к высокому длительному уровню потребления  $O_2$ , то эта способность после пребывания в горах значительно возрастает. Кроме того, в процессе тренировки в среднегорье и адаптации к гипоксии организм совершенствует способность более экономно расходовать  $O_2$  (А.З. Колчинская, 1965; А.Б. Гандельсман, А.А. Артынюк, 1967; А.Г. Зима, А.С. Иванов, А.Н. Макагонов, 1982; Ф.П. Суслов, 1999).

Определяющую роль при этом играют следующие факторы: уровень высоты, длительность пребывания в горах, акклиматизация в первые дни пребывания в горах и реакклиматизация после спуска с гор, стаж и частота пребывания в горах, квалификация и возраст спортсмена. Считается, что наибольший эффект достигается тренировкой на высотах 1500–2500 м над уровнем моря (Д.С. Будагаев, А.В. Вайнер-Кротов, 2011).

В настоящее время в различных странах мира построено большое количество учебно-тренировочных центров, расположенных в низко- и среднегорье (Санкт-Мориц, Швейцария – высота 1820 м; Съестьера, Италия – 2035 м; Цахкадзор, Армения – 1970 м; Кунминг, КНР – 1895 м; Колорадо-Спрингс, США – 2194 м; Мехико – 2200 м; Адис-Абеба, Эфиопия – 2400 м; Кейптаун, США – 2835 м и др.) (В.Н.Платонов, М.М.Булатова, 1994).

По степени воздействия климатогеографических факторов на человека существующая классификация подразделяет (условно) горные уровни на:

– низкогорье: до 1000 м. Здесь человек не испытывает (по сравнению с местностью, расположенной на уровне моря) отрицательного влияния недостатка  $O_2$  даже при напряженной работе;

– среднегорье: в пределах от 1000 до 3000 м. Здесь в условиях покоя и умеренной деятельности в организме здорового человека не наступает сколько-нибудь существенных изменений, поскольку организм легко компенсирует недостаток  $O_2$ ;

– высокогорье: свыше 3000 м. Для этих высот характерно то, что уже в условиях покоя в организме здорового человека обнаруживается комплекс изменений, вызванных кислородной недостаточностью. Если на средних высотах на организм человека воздействует весь комплекс климатогеографических факторов, то на высокогорье решающее значение приобретает недостаток  $O_2$  в тканях организма – так называемая гипоксия.

#### **Физиология газообмена в легких и крови**

Сухой атмосферный воздух содержит: азота – 78,08 %, кислорода – 20,94 %, углекислоты – 0,03 %, аргона – 0,94 % и других газов – 0,01 % (В.Ф. Шимановский, 1974). При подъеме на высоту это процентное соотношение не изменяется, но изменяется плотность воздуха, а следовательно, и величины парциальных давлений этих газов.

Газообмен, как в легких, так и в крови человека, осуществляется благодаря имеющейся разности этих давлений. По закону диффузии газы переходят из среды с более высоким парциальным давлением в среду с более низким давлением. При нормальном атмосферном давлении 760 мм рт.ст.  $PO_2$  составляет:  $760 \times 0,2094 = 159$  мм рт. ст., где 0,2094 – это процентное содержание  $O_2$  в атмосфере, равное 20,94 %. В этих условиях  $PO_2$  в альвеолярном воздухе (вдыхаемого с воздухом и попадающего в альвеолы легких) составляет около 100 мм рт. ст. При этом благодаря высокому  $PO_2$  в легких гемоглобин (Hb) в артериальной крови насыщается кислородом до 95–98 % (Дж. Уэст, 1998). При прохождении через капилляры тканей Hb теряет около 25 % кислорода. Поэтому венозная кровь несет в себе до 70 %  $O_2$ , парциальное давление которого составляет в момент притекания венозной крови к легким по окончании цикла кровообращения всего 40 мм рт. ст. (Я.М. Коц, 1986; А.П. Зильбер, 1989).

Изменения, которые происходят в результате долгосрочной адаптации к пониженному содержанию  $O_2$  во вдыхаемом воздухе (М.М. Миррахимов, П.Н. Гольдберг, 1978; Р.Б. Стрелков и др., 1985; И.А. Агаджанян, А.Я. Чижов, 1998; А.З. Колячинская и др., 1965, 2003):

– повышение кислородной ёмкости крови в связи с активизацией синтеза Hb и его новых фракций, обладающих повышенной способностью связывать  $O_2$  в лёгких и отдавать его тканям, в костном мозге повышается эритропоэз, увеличиваются растворимость Hb в эритроците;

– гипертрофия миокарда, увеличение УОК, диаметра, длины и количества функционирующих капилляров в единице объёма ткани, улучшение микроциркуляция крови, снижение её вязкости;

– увеличение ДО лёгких, массы дыхательных мышц и альвеол, улучшение кровоснабжения альвеол, повышение диффузионной поверхности и диффузионной способности лёгких;

– увеличение количества митохондрий и крист в митохондриях, качественное изменение мембран, ускорение синтеза дыхательных белков и ферментов, обеспечивающих более полную утилизацию  $O_2$  в митохондриях, улучшение работы ионных насосов, увеличение мощность транспортных систем клетки, что в сочетании с повышением капилляризации ткани и способности Hb отдавать  $O_2$ , значительно усиливает тканевое дыхание;

– повышение активности антиоксидантной системы и антигипоксантных свойств тканей, что способствует усилению окислительных процессов и обеспечению устойчивости организма ко всем видам гипоксии.

Указанные адаптационные изменения органов и физиологических систем, произошедшие под воздействием длительной гипоксической гипоксии на молекулярном, генетическом, мембранном и клеточном уровнях, значительно и на длительное время повышают потребление  $O_2$  и аэробную производительность всего организма.

Наряду с положительным действием, тренировка в горах имеет, однако, существенные недостатки. Так, в горах может проявиться аддитивное действие (суммация) гипоксии двух типов – гипоксической гипоксии, обусловленной снижением  $pO_2$  во вдыхаемом воздухе, и гипоксии нагрузки, сопровождающей мышечную деятельность. Установлено, что с восхождением, на пример, на высоте 5550 м  $pO_2$  составляет около 80 мм рт. ст., то есть снижается вдвое. При этом, естественно, уменьшается  $PO_2$  и в артериальной крови, в результате чего уменьшается не только насыщение Hb крови  $O_2$ , но и за счет резкого сокращения разности давлений между артериальной и венозной кровью значительно ухудшается переход  $pO_2$  из крови в ткани. Так возникает гипоксия, могущая привести к заболеванию человека горной болезнью (Н.А. Агаджанян, В.В. Гневушев, А.Ю. Катков, 1987; О.Г. Газенко, 1987).

Далее, кроме гипобарии и гипоксии в горах на организм спортсмена в условиях нагрузок действуют пониженная влажность воздуха, ультрафиолетовая радиация, ионизация (А.А. Грушин, Л.В. Костина, В.С. Мартынов, 1998; Ф.П. Сулов, 1999; М. М. Булатова, В. Н. Платонов, 2008; Ch.Houston, 1982). В совокупности все эти факторы могут снизить работоспособность спортсменов.

Кроме того, спортсменам, имеющим высокий уровень функционального состояния и большой стаж пребывания в горах, высоты 1500–2500 м над уровнем моря уже недостаточны для стимулирования кроветворных функций организма, усиления синтетических процессов, способствующих повышению в крови базальных уровней анаболических гормонов (тестостерона, соматотропина, пролактина, инсулина) и других функциональных систем (А.З. Колчинская, 1965;

М.М. Булатова, В.Н. Платонов, 2008; В. Saltin, 1996). Кроме того, для ряда видов спорта отсутствует возможность тренировки специальной работоспособности, технических навыков и тактики. Также известны трудности с переездом и высокая стоимость, ограничивающие массовое регулярное применение горноклиматической стимуляции.

Вопрос об оптимальной высоте, на которой целесообразна тренировка, не является однозначным. Большинство практических рекомендаций, а также опыт подготовки спортсменов связаны с высотой, находящейся в диапазоне 1550–2200 м, однако несомненный интерес представляет подготовка в высокогорье на высоте 2500–3000 м и даже 3500–4000 м (С.М. Вайцеховский, 1986; W.Schmidt, N. Prommer, 2008). Однако, как полагают, на высотах 3500–4000 м даже у высококвалифицированных спортсменов, хорошо адаптированных к высокогорным условиям, могут происходить резкие нарушения динамической и пространственно-временной структуры движений. На большой высоте резко снижаются возможности организма к эффективной регуляции деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Работа в этих условиях способна привести к серьезным нарушениям спортивной техники, ломке целесообразности координационной структуры движений.

Увеличение высоты неизбежно приводит к увеличению доли анаэробного пути энергообеспечения при выполнении стандартной работы. Поэтому, например, большие резервы для повышения эффективности подготовки спортсменов высокой квалификации могут быть использованы при тренировках в низкогорье на высоте 1000–1500 м (В.К. Бальсевич, 1999). Существует достаточно устойчивое мнение, что условия низкогорья, будучи эффективными для восстановления и активного отдыха спортсменов, поддержания достигнутого уровня тренированности, не являются в то же время достаточным стимулом для перевода организма спортсмена на новый, более высокий уровень адаптации. Это действительно так, если ориентироваться на данные исследований по пассивному пребыванию человека в условиях низкогорья. Учитывая, однако, возможность развития реакции при совместном воздействии гипоксических факторов, являющихся следствием нахождения в горах и применения специальных тренировочных программ гипоксического характера (гипоксия нагрузки), то, как полагают А. Tucker и соавт. (1984), эффективность подготовки в низкогорье применительно к отдельным видам спорта может оказаться более высокой по сравнению с тренировкой в среднегорье и высокогорье.

Когда речь идет о целесообразной высоте, на которой следует проводить подготовку, необходимо помнить о противоречии, существующем между условиями гор в отношении воздействия тренировки на системы дыхания, кровообращения, крови и возможности организма к энергообеспечению работы аэробного и аэробно-анаэробного характера, и условиями для эффективного совершенствования технико-тактических, скоростно-силовых и специальных психических компонентов подготовленности. Для совершенствования возможностей различных звеньев системы энергообеспечения тренировка в условиях

высокогорья (2500–3000 м над уровнем моря и выше) может быть высокоэффективной, а в отношении важнейших составляющих технического и тактического мастерства, ряда важных компонентов физической и психической подготовленности существенное снижение интенсивности скоростной работы и ее общего объема, неизбежное в условиях высокогорья, является отрицательным фактором. Поэтому выбор оптимальной высоты для подготовки в горных условиях в значительной мере должен определяться спецификой вида спорта. К примеру, бегуны на длинные дистанции, спортивный результат которых в основном определяется мощностью, емкостью, экономичностью и устойчивостью аэробной системы энергообеспечения, могут тренироваться на значительно большей высоте, чем гребцы или пловцы, результат которых в значительной мере связан со скоростно-силовыми компонентами спортивного мастерства (В.Н. Платонов, 1997). В спортивной практике все популярней становится схема, согласно которой продолжительное пребывание в условиях среднегорья и высокогорья (2000–3000 м), сопровождаемое тренировочными занятиями, проводимыми на равнине, может оказаться более эффективным по сравнению с общепринятыми схемами использования высокогорной и среднегорной подготовки. Основанием для этих рекомендаций служат результаты научных исследований, свидетельствующих о том, что стабильная и эффективная адаптация к гипоксии имеет место в случаях длительного проживания спортсменов в гипоксических условиях. В этой связи многие спортсмены стараются проводить в условиях гипоксии время, отведенное для отдыха и сна, а тренируются в условиях низкогогорья или равнины.

Продолжительность и эффективность акклиматизации спортсменов к условиям гор зависит от большого количества факторов. Возможен широкий диапазон колебаний периода акклиматизации, что определяется возрастом и квалификацией спортсменов, спецификой вида спорта, опытом гипоксической тренировки, особенностями тренировки, предшествовавшей подъему в горы. Большое значение имеет полноценный предварительный отдых: начинать подготовку в горах необходимо в состоянии полного восстановления физических и психических возможностей спортсмена после предшествовавших тренировочных и соревновательных нагрузок. Если горная подготовка начинается в условиях недовосстановления организма спортсмена, процесс адаптации к гипоксии существенно замедляется, поэтому, как правило, перед переездом в горы планируются 5–7-дневные восстановительные микроциклы (A. Tucker, J.M. Stager, L. Cordain, 1984).

**Искусственно вызванная гипоксия – эффективный эргогенический метод потенцирования тренировочного эффекта**

В начале 90-х годов в Киевском институте физической культуры (А.З. Колчинская) и в Центральном институте физической культуры (Н.И. Волков, г. Москва) был внедрен метод нормобарической гипоксической тренировки, а именно – комбинированной интервальной гипоксической тренировки (ИГТ). Метод ИГТ предполагал воздействие на организм гипоксии двух типов: гипоксической гипоксии, которую организм испытывает во время вдыхания воздуха со снижен-

ным (до 14–9 %) содержанием кислорода при нормальном давлении, и гипоксии нагрузки, проявляющейся в различных условиях спортивной деятельности. Существенным в комбинированном методе было то, что тренировки с применением гипоксической гипоксии проводились в покое в свободное от тренировочного процесса время, что создавало условия для раздельного действия на организм спортсмена гипоксической гипоксии и гипоксии нагрузки (А.З. Колчинская, 1983; Н.И. Волков, А.З. Колчинская, 1993; А.З. Колчинская, Т.Н. Цыганова, Л.А. Остапенко, 2003).

Тренировка в искусственных гипоксических условиях (особенно в барокамерах) имеет ряд значительных преимуществ, в их числе: возможность регулирования в широком диапазоне давления воздуха и  $pO_2$ ; возможность сочетания гипоксической тренировки с тренировкой в нормальных условиях; отсутствие организационных и методических проблем, связанных с переездами в горы, акклиматизацией и реакклиматизацией, переменной привычного режима жизни, погодными и климатическими условиями и т. п.

Вместе с тем, как отмечали авторы разработки ИГТ, необходимо помнить, что даже при максимальном стремлении сгладить недостатки искусственных условий, создаваемых в барокамерах и климатических камерах, нагрузка оказывается эффективной лишь в отношении функциональной подготовленности спортсмена. Что касается важнейших компонентов технико-тактического мастерства, то при работе в гидроканале – для пловцов, гребном канале – для гребцов, на тредбане – для бегунов и лыжников, велоэргометрах – для велосипедистов и т. п. всегда существует вероятность отрицательного влияния на важнейшие пространственно-временные и динамические характеристики движений, серьезных нарушений оптимальных вариантов спортивной техники (Ф.П. Суелов, 1999).

В настоящее время наибольшее распространение получили два метода нормобарической гипоксической тренировки.

В первом случае спортсмен находится в замкнутом пространстве (помещение, специальная палатка), в которое подается воздух с пониженным содержанием  $O_2$  при нормальном атмосферном давлении. Достоинством этого метода является то, что имеется возможность выполнять одновременно физические упражнения и экономить время на тренировку, поскольку гипоксическая тренировка может быть совмещена со сном. Установлено, что оптимальная концентрация  $O_2$  в подаваемом воздухе должна соответствовать концентрации  $O_2$  на высоте от 2500 до 3500 метров над уровнем моря (содержание  $O_2$  15,4 % – 13,6 %). Подача воздуха с более низким содержанием может вызвать головные боли, потерю аппетита и боль в суставах, а также затруднения в восстановлении после физических тренировок в нормальных условиях. Этот метод даже при такой относительно слабой степени воздействия дает положительный тренировочный результат, однако не позволяет в динамике, когда спортсмен выполняет физические упражнения, точно дозировать силу гипоксического воздействия.

Во втором случае спортсмен определенное время дышит через маску воздухом с уменьшенной концентрацией  $O_2$  – «поднимается на высоту», а затем

атмосферным воздухом – «опускается на уровень моря». При этом средняя продолжительность одной гипоксической тренировки составляет 60 минут. Длительность интервалов дыхания и концентрация  $O_2$  подбираются индивидуально для каждого спортсмена и могут легко корректироваться в процессе тренировки. При этом «высота подъема» может достигать до 5800 м и более (чему соответствует содержание  $O_2$  10 %–9 %), причем без опасности каких-либо отрицательных последствий для спортсмена, а, наоборот, с пользой для его здоровья. Кроме того, поскольку в процессе каждого сеанса тренировки спортсмен многократно (5–10 раз) «поднимается на высоту» и «опускается на уровень моря», при этом положительный эффект тренировки усиливается (В.Н. Платонов, М.М. Булатова, 1994).

Преимущество метода – его простота и доступность для широкого применения в практике, недостатки – повышенное парциальное давление  $CO_2$ , повышенная влажность и температура вдыхаемого воздуха, а также сложность регулирования в нем  $pO_2$ . Создание масок с поглощением  $CO_2$  с помощью адсорбентов и охлаждением выдыхаемого воздуха только частично снимает остроту проблемы повышения  $pCO_2$  во вдыхаемом воздухе, уменьшения его влажности и температуры, особенно при работе с повышенной интенсивностью.

Использование «высотных помещений» в спортивной практике впервые было применено в Финляндии в 1990-х гг., а затем распространилось по всему миру. Такие помещения позволяют создать условия, аналогичные нахождению на высоте 2000–3000 м над уровнем моря и следовать принципу «жить наверху – тренироваться внизу», используя гипоксию в условиях сна.

Преимуществом ИГТ перед другими гипоксическими воздействиями является то, что она не нарушает планового тренировочного процесса и может применяться в сочетании с основными средствами подготовки или отдельно от них, как дополнительное средство в период отдыха для стимуляции и завершения восстановительных процессов в организме. Установлено, что применение искусственно вызванной гипоксии в сочетании с различными видами повторных нагрузок существенно модифицирует тренировочный эффект и ускоряет темпы развития адаптации к используемым физическим нагрузкам. Регулярное применение гипоксических процедур в процессе тренировки спортсменов высокой квалификации способствует повышению и сохранению высокого уровня их специальной физической подготовленности (Н.И. Волков, Б.А. Стенин, С.Ф. Сокунова, 1998; И.С. Бреслав, А.Д. Ноздрачев, 2005; Т.Ф. Абрамова и др., 2011; B.D. Levine, J. Stray-Gundersen, 1997).

При этом, как уже указывалось, спортивная тренировка является комбинированной – курс ИГТ проводится на фоне плановой спортивной тренировки. Физиологической основой эффективности комбинированной гипоксической тренировки служит адаптация к гипоксии двух типов: к гипоксической гипоксии (снижению  $pO_2$ ) и к гиперметаболической гипоксии – гипоксии нагрузки. Патогенез каждого из этих типов и адаптация к ним имеет свои особенности (А.П. Радзиевский, 1997; Н.И. Волков, 1998; Л.Г. Шахлина, 1998).

Патогенез гипоксической гипоксии (А.З. Колчинская и др., 2003) схематически представлен на рисунке 1:

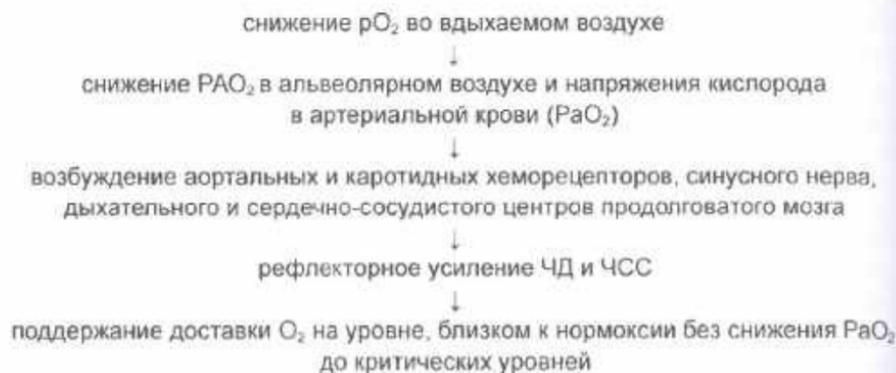


Рисунок 1 – Схема патогенеза гипоксической гипоксии (по А.З. Колчинской, 2003)

В развитии гипоксии нагрузки, адаптация к которой служит одним из основных физиологических механизмов эффективности спортивной тренировки, тканевая гипоксия является первым звеном патогенеза. Патогенез гипоксии нагрузки (А.З. Колчинская и др., 2003) схематически представлен на рисунке 2:

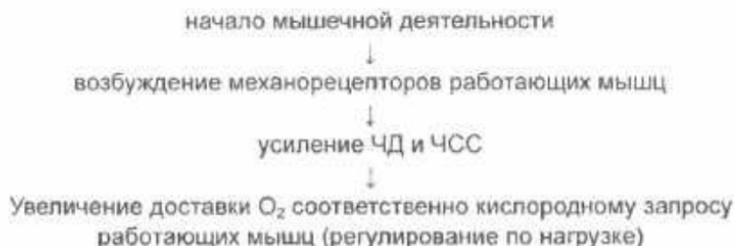


Рисунок 2 – Схема патогенеза гипоксии нагрузки (по А.З. Колчинской, 2003)

Считается, что ИГТ при сохранении положительного действия гипоксии – повышения аэробной производительности и работоспособности в процессе адаптации к гипоксии лишена всех недостатков тренировки в горах и в барокамерах (Р.Б. Стрелков и др., 1985; А.З. Колчинская и др., 2003), причём ИГТ воздействует на организм эффективнее, чем длительное пребывание в условиях пониженного содержания кислорода. Так, обычный пятнадцатидневный курс ежедневных часовых гипоксических тренировок оказывает на организм большее воздействие, чем 3-недельные сборы в горах на высоте 2000 метров. ИГТ не требует поездок и периодов акклиматизации при подъёме в горы и спуске с них; не нарушается нормальный ход ТП спортсменов, так как ИГТ проводится

в свободное от спортивной тренировки время. На нее требуется не более часа в день, во время сеанса ИГТ спортсмен может полностью расслабиться, а после сеанса ИГТ не чувствуется усталости и плановая спортивная тренировка проходит без ущерба (В.Н. Платонов, М.М. Булатова, 1994; Н.И. Волков, Б.А. Стенин, С.Ф. Сокунова, 1998; Ф.П. Суслов, 1999; R.T. Shephard, 1994).

Проблемы использования гипоксии как средства повышения работоспособности атлетов стали серьезно изучаться с момента проведения Олимпийских игр 1968 г. в Мехико Сити, который находится на высоте 2200 м над уровнем моря. Ранее было замечено, что спортсмены, проживающие в горах, обычно имеют существенное преимущество в видах спорта, связанных с проявлением выносливости, перед теми, кто живет и тренируется в условиях нормального атмосферного давления. Это определило направление исследований, связанных с влиянием гипоксии на работоспособность (В.А. Березовский, 1978; Н.И. Волков, 2000; Э.С. Озолин, 2005; R.T. Shephard, 1994).

Исторически высотные тренировки первоначально, как правило, проходили по типу «живи и тренируйся высоко» в умеренных и больших высотах (1800–3500) в течение 2–3 недель (Н.И. Волков, А.В. Карасев, М. Хосни, 1995; E. Fox et al., 1989). Однако, как установлено, тренировки на таких высотах могут существенно сократить производительность, вероятно, из-за развития алкалоза, вызванного повышенной частотой дыхания и кратности воздухообмена (C.G. Jackson, 1988), уменьшения объема плазмы и потери мышечной массы (J. Stray-Gundersen, R.F. Chapman, B.D. Levine, 2001).

Чтобы избежать этих недостатков больших высот, как уже указывалось, был выдвинут принцип «живи высоко – тренируйся низко», и это стало популярным у спортсменов и тренеров (B.D. Levine, J. Stray-Gundersen, 1997). Жизнь на средней высоте и тренировки ближе к уровню моря вызывает адаптационные изменения в связи с сокращением доступности  $O_2$  происходит при сохранении качества тренировки. При данной методике выносливость увеличивается примерно на 1–2 %, на 5 % – масса эритроцитов, 9 % – уровень гемоглобина и на 2–4 % – МПК (B.D. Levine, J. Stray-Gundersen, 1997). Другие исследования, однако, этого не показали (K.U. Eckardt et al., 1989; W. Knaupp et al., 1992; K. Jensen et al., 1993; D. Bailey, B. Davies, 1997).

При ИГТ обнаружено повышение эритропоэтина и других гематологических показателей (J. Hellemans, 1999; W.O. Frey et al., 2000; FA. Rodriguez et al., 2000; J. Hendriksen, T. Meeuwssen, 2003). Работы исследовательской группы J. Hellemans (1999) обнаружили значительные улучшения МПК, а также улучшения показателей бега на 3000 м и плавания на 1500 м через 20 дней после ИГТ. В то же время ряд авторов не обнаружили никаких существенных изменений ни гематологических параметров или спортивных показателей (С.А. Сокунова, 2000; E.A. Ingham et al., 2001).

Таким образом, способом адаптации к гипоксии, лишенным многих недостатков горных тренировок и способствующих повышению аэробной произво-

длительности в более короткие сроки, является метод интервальной гипоксической тренировки (ИГТ), предполагающий поочередное дыхание атмосферным воздухом и вдыхание через маску воздуха со сниженным (до 14–9 %) содержанием  $O_2$  при нормальном атмосферном давлении. ИГТ проходит на фоне планового ТП в покое, когда усилия компенсаторных механизмов спортсмена могут быть направлены на адаптацию только к гипоксической гипоксии.

Преимуществами использования ИГТ считаются: лучшая переносимость физических нагрузок при равном со средне- и высокогорьем парциальном давлении  $O_2$ ; возможность применения индивидуальных режимов адаптации; более низкая стоимость курса ИГТ.

К недостаткам ИГТ, как, впрочем, и при тренировках в горах, относят стрессовое действие гипоксии, которое в условиях работы на выносливость может вести к ухудшению состояния спортсмена в связи с нарушением сокращения и расслабления скелетной мускулатуры (Н.А. Агаджанян, 1986; Н.И. Волков, 2000; G.P. Millet et al., 2010). Кроме того, при гипоксии любого генеза на фоне компенсаторного роста числа эритроцитов может отмечаться повышение вязкости крови (К.Г. Саркисов и др., 1998; J.V. Wei l et al., 1968; M. Bonfichi et al., 2000; Sawka et al., 2000), лимитирующее транспорт  $O_2$  к тканям (Д. Морман, 2000; А.Д. Викулов и соавт., 2001; Е.Ф. Марышева, 2003).

В любых условиях адаптации к гипоксии (горные тренировки, ИГТ) на фоне планового ТП при высоком потреблении  $O_2$  вследствие значительного усиления мышечной работы необходима профилактика возникновения патологических состояний, для чего следует применять индивидуальные режимы ИГТ, медицинский и лабораторный контроль, а также средства восстановления.

Одним из перспективных методов коррекции дезадаптационных эффектов острой гипоксии может стать магнитотерапия (МТ), а именно модификация гипоксии низкочастотным импульсным магнитным полем (МП). Основанием использования МТ в составе ТГКС является доказанная возможность с помощью низкочастотных МП оказывать многообразное действие на физиологические процессы в организме и, прежде всего, активно улучшать функции системы транспорта и утилизации кислорода и защитную реакцию иммунной системы (А.М. Демецкий, 1991; В.С. Улащик, 2003). Экспериментальные данные свидетельствуют о способности МП повышать устойчивость к острой нормобарической гипоксии путем активации компенсаторных реакций (О.М. Лабинцева, 2006). Это связано с тем, что МП оказывают на организм доказанный нормализующий эффект в условиях неблагоприятных воздействий и стрессовых состояний различного генеза. Это заключается в развитии под влиянием МП реакции активации и повышения общей резистентности организма (Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакина, М.А. Уколова, 1990; Д.К. Зубовский, В.С. Улащик, 2005, 2009).

В зависимости от параметров МП оказывают: седативное, гипотензивное, иммуномодулирующее, противовоспалительное, противоаллергическое, десенсибилизирующее, обезболивающее и трофико-регенераторное действие.

Основой воздействия МП на движущуюся кровь считается наведение в ней электродвижущей силы индукции, (магнитоэлектрический эффект Холла) и возникновение момента количества движения при взаимодействии внешнего МП и собственным МП электрического заряда движущихся структур крови (магнито-механический эффект Лоренца), вызывающих электрохимические воздействия на молекулярные и клеточные структуры, а также на рецепторные системы сосудистой стенки (Е.А. Загорская, Г.П. Родина, 1990; В.С. Улащик, 2003; Г.Н. Пономаренко, И.И. Турковский, 2006). Поэтому одним из выраженных физиологических эффектов МП является уменьшение вязкости крови. Крайне важно то, что воздействие МП носит следовой характер (длительное последствие в течение 6–8 недель и более), что может быть использовано для планирования программы восстановления работоспособности на перспективу.

Процедуры МТ сравнительно просты по технике и методике их проведения. Они, как уже указывалось, заключаются в воздействии МП определенных параметров на патологический очаг или его кожную проекцию, на рефлексогенные зоны, соответствующие сегменты позвоночника, область крупных сосудов и все тело. Эффективность применения МТ для лечения или восстановления спортсмена зависит от многих факторов: правильного выбора методики МТ, адекватного подбора дозиметрических параметров, отношения спортсмена к назначаемым процедурам, всего спектра методов медико-биологического сопровождения и пр.

Современная физиотерапия располагает разнообразным набором физических факторов высокой биологической активности и поливариантного терапевтического действия. Их применение позволяет значительно снизить фармакологическую нагрузку на организм, что чрезвычайно актуально для спортсменов.

В рамках выполнения задания Государственной программы развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь в 2011–2013 гг. «Разработать и внедрить в практику спорта методики повышения общей работоспособности спортсменов с применением тренировочного гемокорригирующего стенда» нами на базе УО «Белорусский государственный университет физической культуры»; ГУ «НИИ физической культуры и спорта» и МКСК «Минск-Арена» разработана методика комбинированного применения нормобарической гипоксии (НГ) и гемагнитотерапии (ГМТ) – воздействия МП на кровь – полифункциональную интегрирующую среду организма – *тренировочный гемокорригирующий стенд (ТТКС)*.

В исследованиях приняло участие 54 спортсмена, из которых: спортсмены I разряда – 2 чел.; КМС – 19 чел.; МС – 33 чел.

Блок гипоксических воздействий, проводимых в условиях МКСК «Минск-Арена», включал не менее 16–18 ежедневных занятий. Через 2–4 тренировки высота, за счет уменьшения концентрации  $O_2$  «повышалась» на 200–400 м и к моменту окончания проведения курса гипоксических тренировок составляла

2500–2700 метров над уровнем моря. Процедуры ГМТ проводились после 1-й или 2-й тренировки в конце дня с помощью аппарата «УниСПОК»; при этом использовалось воздействие через кожу в области локтевого сгиба в месте проекции артериальных сосудов; магнитная индукция составляла  $60 \pm 20$  мТл, продолжительность процедуры – 20 минут, на курс – 10 процедур.

Анализ динамики под влиянием процедур НГ и ГМТ гематологических показателей в периферической крови, а также показателей насосной функции сердца.

Общие тенденции динамики гематологических показателей под воздействием ТГКС у спортсменов циклических видов спорта. Сравнительный анализ проведен у 38 спортсменов циклических видов спорта (11 велосипедистов в возрасте 19–21 лет (3 – КМС, 8 – МС), 14 конькобежцев в возрасте 16–26 лет (7 – КМС 7 – МС) и 13 представителей шорт-трека в возрасте 17–28 лет (1 – КМС, 12 – МС). Всего обработаны результаты 148 обследований (99 ГМТ и 49 НГТ в сочетании с ГМТ). Полученные результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Динамика состояния периферического звена эритрона под влиянием ГМТ у спортсменов циклических видов спорта

Показатели	До ГМТ	После ГМТ
Лейкоциты, $10^9/л$	$5,88 \pm 0,22$	$5,84 \pm 0,18$
Эритроциты, $10^{12}/л$	$5,08 \pm 0,08$	$4,96 \pm 0,09$
Гемоглобин, г/л	$149,1 \pm 2,9$	$146,5 \pm 3,0$
Гематокрит, %	$43,4 \pm 0,7$	$42,8 \pm 0,8$
Средний объем эритроцитов, фл	$85,6 \pm 0,6$	$86,2 \pm 0,6$
МСН, пг	$29,3 \pm 0,2$	$29,5 \pm 0,2$
МСНС, г/л	$34,2 \pm 0,2$	$34,2 \pm 0,2$
Тромбоциты, $10^9/л$	$221,3 \pm 6,9$	$216,0 \pm 6,5$
Лимфоциты, %	$34,2 \pm 1,2$	$32,6 \pm 1,3$
Нейтрофилы, %	$52,10 \pm 1,50$	$55,66 \pm 1,58$
Лимфоциты, %		
Нейтрофилы, %	$0,70 \pm 0,04$	$0,63 \pm 0,04$
Моноциты, %	$9,60 \pm 0,47$	$8,75 \pm 0,33$
Эозинофилы, %	$2,98 \pm 0,43$	$2,57 \pm 0,36$
Базофилы, %	$0,54 \pm 0,03$	$0,59 \pm 0,05$
Ретикулоциты, %	$0,60 \pm 0,03$	$0,58 \pm 0,04$
Ретикулоциты, $10^9/л$	$0,03 \pm 0,00$	$0,03 \pm 0,00$
IRF, %	<b><math>3,12 \pm 0,33</math></b>	<b><math>4,32 \pm 0,67 \uparrow</math></b>
IFR, %	$96,88 \pm 0,33$	$95,68 \pm 0,67$
MFR, %	<b><math>2,88 \pm 0,32</math></b>	<b><math>3,60 \pm 0,52 \uparrow</math></b>
HFR, %	<b><math>0,23 \pm 0,09</math></b>	<b><math>0,71 \pm 0,25 \uparrow</math></b>
Эритропоэтин, мЕД/мл	<b><math>4,60 \pm 0,69</math></b>	<b><math>5,08 \pm 0,64 \uparrow</math></b>
Железо, мкмоль/л	$20,79 \pm 1,57$	$19,73 \pm 1,56$

Таблица 2 – Динамика состояния периферического звена эритрона под влиянием ГМТ в сочетании с НГТ у спортсменов циклических видов спорта

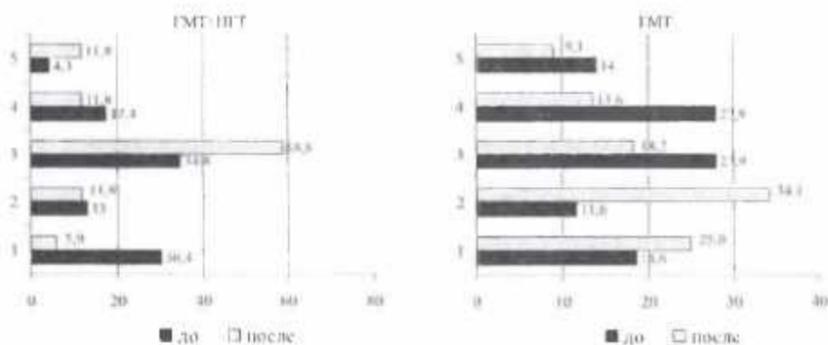
Показатели	До магнитотерапии	После магнитотерапии
Лейкоциты, $10^9/\text{л}$	$6,44 \pm 0,31$	$5,81 \pm 0,15$
Эритроциты, $10^{12}/\text{л}$	<b><math>5,07 \pm 0,13</math></b>	<b><math>5,17 \pm 0,10 \uparrow</math></b>
Гемоглобин, г/л	<b><math>148,6 \pm 3,5</math></b>	<b><math>152,8 \pm 2,7 \uparrow</math></b>
Гематокрит, %	$43,2 \pm 1,0$	$44,9 \pm 0,7$
Средний объем эритроцитов, фл	$85,3 \pm 0,6$	$87,1 \pm 0,8$
МСН, пг	$29,4 \pm 0,26$	$29,6 \pm 0,3$
МСНС, г/дл	$34,4 \pm 0,2$	$34,0 \pm 0,2$
Тромбоциты, $10^9/\text{л}$	$229,4 \pm 6,6$	$216,3 \pm 7,1$
Лимфоциты, %	$31,4 \pm 1,7$	$35,8 \pm 1,4$
Нейтрофилы, %	$56,9 \pm 2,1$	$50,9 \pm 1,6$
Лимфоциты, %/Нейтрофилы, %	$0,59 \pm 0,05$	$0,73 \pm 0,06$
Моноциты, %	$8,94 \pm 0,44$	$10,35 \pm 0,57$
Ловинофилы, %	$2,24 \pm 0,32$	$2,42 \pm 0,22$
Базофилы, %	$0,50 \pm 0,05$	$0,61 \pm 0,10$
Ретикулоциты, %	$0,53 \pm 0,05$	$0,38 \pm 0,05$
Ретикулоциты, $10^9/\text{л}$	$0,03 \pm 0,00$	$0,02 \pm 0,00$
IRF, %	$4,74 \pm 1,20$	$10,35 \pm 2,94$
IFR, %	$95,26 \pm 1,20$	$89,65 \pm 2,94$
MFR, %	$3,88 \pm 0,71$	$6,89 \pm 1,80$
HFR, %	$0,86 \pm 0,53$	$3,46 \pm 1,45$
Эритропоэтин, мЕД/мл	$5,80 \pm 0,98$	$6,05 \pm 0,86$
Железо, мкмоль/л	–	$19,53 \pm 2,83$

Как видно из данных в таблицах 51 и 52, сочетание НГТ и ГМТ вызывает позитивные сдвиги в состоянии периферического звена эритрона. Несмотря на отсутствие статистически достоверных тенденций, обращает на себя внимание возрастание большинства показателей, характеризующих эритропоэз. Например, содержание гемоглобина у обследуемых спортсменов под влиянием ГМТ в сочетании с НГТ возрастало с  $148,6 \pm 3,5$  г/л до  $152,8 \pm 2,7$  г/л. Среднегрупповые данные содержания эритроцитов в периферической крови спортсменов циклических видов спорта увеличились с  $5,07 \pm 0,13 \times 10^{12}$  до  $5,17 \pm 0,10 \times 10^{12}$  после НГТ и ГМТ. Средний объем эритроцитов в исследуемой группе возрос с  $85,3 \pm 0,6$  до  $87,1 \pm 0,8$  фл. Уровень гематокрита вырос на фоне проводимых процедур с  $43,2 \pm 1,0$  до  $44,9 \pm 0,7$  %.

Об активации омоложения клеток эритроидного ряда свидетельствует возрастание индекса созревания ретикулоцитов, который отражает процентное содержание незрелых форм этих клеток, с  $4,74 \pm 1,20$  до  $10,35 \pm 2,94$  %, а также соответствующее снижение процентного содержания зрелых ретикулоцитов с  $95,26 \pm 1,20$  до  $89,65 \pm 2,94$  %, хотя общее количество ретикулоцитов к концу эксперимента снизилось.

Адаптационные изменения в организме спортсменов под влиянием различных средств и методов повышения работоспособности являются важным звеном в оценке их эффективности и безопасности, в связи с чем поиск надежных методов оценки адаптации является актуальным. Одним из векторов поиска таких методов лежит в области изучения динамики клеточного состава периферической крови спортсменов под влиянием изучаемых факторов, воздействующих на организм спортсменов. Значительный вклад в разработку данной проблемы внесли Л.Х. Гаркави и соавт., которые высказали и обосновали предположение, что в ответ на действие различных по интенсивности раздражителей развиваются различные по качеству неспецифические адаптационные реакции организма (НАРО), являющиеся неспецифическими, комплексными и характеризующиеся автоматизмом.

Как следует из данных рисунка 2, сочетание ГМТ с ИГТ обладает высоким антистрессорным действием.



1 – реакция хронического стресса, 2 – реакция тренировки, 3 – реакция спокойной активации, 4 – реакция повышенной активации, 5 – реакция перерактивации

Рисунок 2 – Частоты встречаемости неспецифических адаптационных реакций до и после ГМТ и ГМТ в сочетании с ИГТ

Это выражается в значительном снижении частоты встречаемости реакции хронического стресса с 30,4 до 5,9 %. При этом увеличивается количество реакций спокойной активации с 34,8 и 58,8 %. Для реакции хронического стресса отсутствует сбалансированность в расходовании и воспроизводстве энергосубстратов и скорость расхода энергисточников превышает их образование, что приводит к истощению запасов энергосубстратов. Преобладают катаболические процессы. В свою очередь, реакции антистрессорного типа характеризуются высокой степенью сбалансированности метаболических процессов. При реакции повышенной активации возрастает активность органов лимфатической системы, клеточного иммунитета, секреции гормонов щитовидной железы, половых желез, гормонов гипофиза. При реакции спокойной активации это повышение

лежит в пределах верхней половины зоны нормы, а при реакции повышенной активации захватывает верхнюю треть зоны нормы, верхнюю границу нормы и несколько выше. При реакциях спокойной и повышенной активации преобладают процессы анаболической направленности, особенно при повышенной активации. Реакции тренировки свойственны процессы накопления энергетических субстратов, которые превышают расходы на энергообеспечение мышечной деятельности. Таким образом, воздействие НГТ + ГМТ может быть использовано для целенаправленного возникновения и поддержания антистрессорных реакций организма, что может способствовать улучшению переносимости тренировочных нагрузок. Кроме анализа общих закономерностей динамики периферического звена эритрона, проведен анализ тенденций в каждом из исследуемых видов спорта для выработки оптимальной стратегии применения ТГКС с учетом особенностей вида спорта. Обобщенные данные динамики состояния периферического звена эритрона представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Динамика основных показателей «красной» крови под влиянием ТГКС в различные периоды подготовки у спортсменов циклических видов спорта

Вид воздействия	Велоспорт		Конькобежный спорт		Шорт-трек	
	подготовительный период	соревновательный период	подготовительный период	соревновательный период	подготовительный период	соревновательный период
<b>Гемоглобин, г/л</b>						
НГТ+ГМТ	150,1±2,5 до 159,0±3,3 *		143,3±5,9 до 146,0±7,5	146,1±7,6 до 149,0±6,3		
ГМТ	162,8±4,3 до 158,3±5,8	160,6±5,9 до 153,0±1,7	153,8±8,4 до 148,5±12,8	134,1±7,3 до 152,3±7,7	134,1±5,7 до 131,4±6,3	141,1±8,1 до 133,9±11,2
<b>Ретикулоциты, %</b>						
НГТ+ГМТ	0,62±0,09 до 0,52±0,07		0,49±0,02 до 0,49±0,08	0,50±0,06 до 0,46±0,06		
ГМТ	0,59±0,05 до 0,59±0,06	нет данных	нет данных	0,48±0,06 до 0,47±0,10	0,63±0,06 до 0,65±0,09	0,58±0,09 до 0,67±0,12
<b>Эритропоэтин, мЛГ·мл</b>						
НГТ+ГМТ	9,12±2,61 до 5,53±1,95		6,21±1,0 до 4,11±0,82	5,01±1,92 до 3,03±0,70		
ГМТ	9,52±2,89 до 7,73±2,79	2,41±0,37 до 5,61±1,28	5,45±1,49 до 5,56±0,44	нет данных	1,72±0,46 до 6,70±1,65*	2,54±0,22 до 5,98±1,38

Примечание \* различия достоверны в сравнении с обследованием до и после воздействий, P<0,05.

**Особенности индивидуальной динамики показателей периферического звена эритрона у спортсменов в велосипедном и конькобежном спорте под влиянием ГМТ в сравнении с сочетанным воздействием ГМТ и НГТ**

Данный подход позволяет выявить общие закономерности реакции периферического звена эритрона конкретного спортсмена с учетом вида воздействия.

Проведен анализ индивидуальной динамики показателей, характеризующих периферическое звено эритрона, у 7 велосипедистов (КМС и МС) в возрасте 20–22 года и 7 конькобежцев (КМС) в возрасте 17–27 лет. Данные спортсмены подвергались воздействию как ГМТ, так и НГТ в сочетании с ГМТ в различные периоды годового цикла подготовки. Условия НГТ соответствовали подъему на высоту 1800–2500 метров над уровнем моря. Количество сеансов НГТ варьировалось от 7 до 12 сеансов. Количество процедур ГМТ – от 7 до 10 процедур.

*Анализ индивидуальных графиков велосипедистов* показал, что у двух обследованных спортсменов (28,6 %) под влиянием ГМТ наблюдалось увеличение содержания гемоглобина, у трех (42,8 %) уровень гемоглобина снизился, у двух (28,6 %) – остался неизменным. Спортсмены, у которых отмечалось повышение гемоглобина, уровни эритропоэтина незначительно увеличились. В группе спортсменов со снижением гемоглобина наблюдалась разнонаправленная динамика эритропоэтина.

Наиболее оптимальные сдвиги в периферическом звене эритрона отмечены при воздействии на организм спортсменов ГМТ в сочетании с НГТ в подготовительном периоде подготовки. В этом случае у пяти из шести обследованных спортсменов (83,3 %) наблюдалось увеличение гемоглобина и лишь у одного спортсмена содержание гемоглобина осталось на доэкспериментальном уровне. Для уровня ЭПО так же, как и в случае ГМТ, не характерна однонаправленная динамика.

Если проанализировать индивидуальный ответ периферического звена эритрона у велосипедистов на различные виды воздействий, то можно увидеть следующую важную закономерность в динамике гемоглобина. У трех обследованных спортсменов (42,8 %) наблюдалось увеличение гемоглобина под влиянием как ГМТ, так и ГМТ в сочетании с НГТ. У трех велосипедистов (42,8 %) отмечалось увеличение гемоглобина в ответ на сочетанную стимуляцию НГТ и ГМТ и не было аналогичной реакции под действием изолированной ГМТ. Повидимому, в этом случае стимуляция эритропоэза обусловлена включением гипоксической составляющей. Лишь у одного спортсмена не выявлено увеличение гемоглобина в ответ на оба вышеуказанные воздействия.

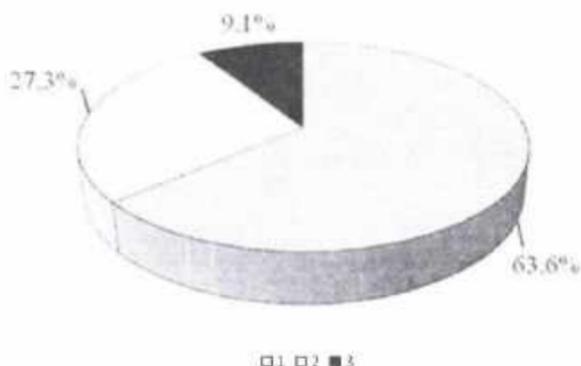
*У конькобежцев* наблюдается более однозначная и однонаправленная динамика. У пяти конькобежцев, подвергшихся ГМТ, наблюдалось увеличение гемоглобина, но оно было несущественным (от 1 до 4 г/л). Этим изменениям соответствовала различная динамика ЭПО как с увеличением, так и со снижением.

При воздействии ГМТ в сочетании с НГТ у четырех (66,7 %) из шести спортсменов наблюдалась значимое увеличение гемоглобина от 21 до 35 г/л.

у остальных спортсменов уровень гемоглобина значительно не изменился. Следует отметить, что у всех спортсменов рост гемоглобина сопровождался увеличением содержания эритропоэтина.

Особенно следует подчеркнуть, что у спортсменов, прошедших обоим видам стимуляции (4 чел.) отмечалось увеличение гемоглобина в ответ на обе процедуры, но при включении гипоксического компонента (НГТ) это изменение становилось более значительным и могло существенным образом повлиять на возможности аэробной системы энергообеспечения.

Резюмируя результаты исследования реакции периферического звена организма спортсменов подвергшихся воздействию ГМТ и ГМТ в сочетании НГТ в циклических видах спорта (всего 11 человек) следует отметить, что у большинство обследованных спортсменов (63,6 %) наблюдалось разной степени увеличение гемоглобина под влиянием как ГМТ, так и ГМТ в сочетании с НГТ (рисунок 3).



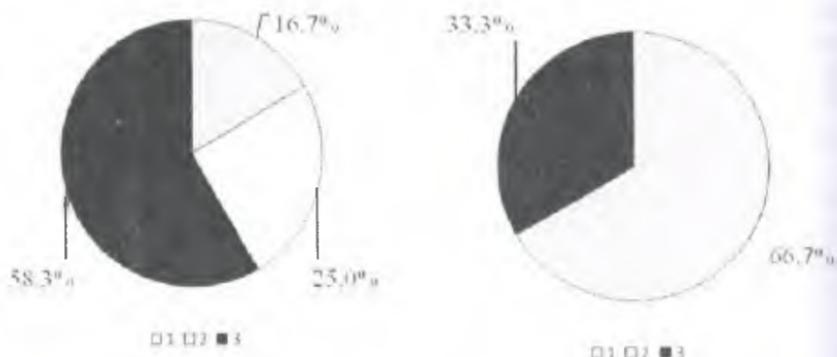
1 – увеличение гемоглобина в ответ на оба вида воздействий; 2 – увеличение гемоглобина в ответ на НГТ и сочетании с ГМТ и отсутствие положительных сдвигов в ответ на ГМТ;

3 – снижение гемоглобина в ответ на оба вида воздействий

Рисунок 3 – Типы реакций (%) периферического звена эритрона у спортсменов циклических видов спорта (n=11) на воздействие ГМТ и ГМТ в сочетании с НГТ

У трех спортсменов (27,3 %) отмечалось увеличение гемоглобина в ответ на сочетанную стимуляцию НГТ и ГМТ и не было аналогичной реакции под действием изолированной ГМТ, т. е. значительный вклад в стимуляцию эритропоэза у этих спортсменов обусловлен гипоксической составляющей. Лишь у одного спортсмена не выявлено увеличение гемоглобина в ответ на оба вышеуказанные воздействия, что может указывать на необходимость поиска связи реакции на вышеуказанные воздействия в плоскости молекулярной генетики и наличием возможной резистентности организма к вышеуказанным стимуляциям.

Характер индивидуальных реакций содержания гемоглобина под влиянием ГМТ и ГМТ в сочетании с НГТ у спортсменов циклических видов спорта, представленный на рисунке 4, наглядно подтверждает более высокую эффективность сочетанного влияния ГМТ и НГТ для стимуляции эритропоэза и улучшения кислородтранспортных свойств крови.



1 – возрастание гемоглобина; 2 – снижение гемоглобина; 3 – отсутствие значимых изменений в содержании гемоглобина

Рисунок 4 – Характер индивидуальных реакций показателей периферического звена эритрона под влиянием ГМТ и ГМТ в сочетании с НГТ (%)

Таким образом, изучение индивидуальных реакций периферического звена эритрона показало более высокую эффективность применения сочетанного воздействия ГМТ и НГТ для стимуляции эритропоэза. Вместе с тем требуется более тщательная индивидуализация назначения этих процедур в соответствии с индивидуальной восприимчивостью к этому виду воздействия, а также тщательного лабораторного контроля в ходе процедур для выбора наиболее оптимальной схемы применения, исключения неблагоприятных реакций со стороны отдельных систем организма спортсменов и повышения эффективности ТГКС.

Анализ общих закономерностей и индивидуальных особенностей влияния ТГКС на показатели, характеризующие насосную функцию сердца (УО, СИ, ОПСС), у спортсменов циклических видов спорта показал, что преобладающим типом кровообращения (ТК) у них является гиперкинетический (38 чел, 70%). Для гиперкинетического ТК характерны высокие показатели СИ, МО, УО, УИ, ДНЛЖ и низкие значения ОПСС. При этом у спортсменов с гиперкинетическим ТК чаще выявляются нарушения процессов реполяризации миокарда на ЭКГ, пролапс митрального клапана I-й степени без регургитации. Клиническими наблюдениями также подтверждается, что гиперкинетический ТК является наименее функционально благоприятным. Так, у спортсменов с гиперкинетическим типом ТК значительно чаще наблюдаются очаги хронической инфекции, явления перенапряжения в анамнезе, атипичные реакции при проведении функци-

ональных проб. Поэтому таких спортсменов необходимо отнести не только к группе риска, но и обязательно проводить за ними динамическое наблюдение и профилактические мероприятия.

Оценка показателей ЦГД спортсменов – представителей циклических видов спорта (15 чел.), приближенных по объему и интенсивности тренировочных нагрузок, указала на достоверное под влиянием ГМТ увеличение показателей УО с  $141,8 \pm 10,1$  до  $169,0 \pm 8,8$  мл ( $P < 0,05$ ), СИ с  $4,25 \pm 0,23$  до  $5,08 \pm 0,31$  л/мин\*м<sup>2</sup> ( $P < 0,05$ ) и снижение ОПС с  $927,1 \pm 54,2$  до  $776,3 \pm 63,9$  дин\*с\*см<sup>-5</sup> ( $P < 0,05$ ) при неизменном ДНЛЖ с  $18,93 \pm 0,39$  мм рт. ст. до  $18,20 \pm 0,24$  мм. рт. ст. ( $P > 0,05$ ), что свидетельствующее о существенном улучшении насосной функции сердца.

Под влиянием комбинированного воздействия ГМТ + НГТ наблюдается тенденция к увеличению УО с  $145,6 \pm 10,1$  до  $156,3 \pm 7,8$  мл, СИ с  $4,54 \pm 0,27$  до  $7,24 \pm 2,15$  л/мин\*м<sup>2</sup>, снижение ОПС с  $874,1 \pm 67,0$  до  $737,4 \pm 35,4$  дин\*с\*см<sup>-5</sup>, при неизменном ДНЛЖ с  $18,11 \pm 0,60$  мм рт. ст. до  $18,09 \pm 0,28$  мм рт. ст., однако различия не являются достоверными.

Анализ индивидуальных данных велосипедистов показал разнонаправленную тенденцию под влиянием ГМТ. У трех обследованных спортсменов под влиянием ГМТ наблюдалось увеличение УО, у четырех этот показатель снизился, а у двух – остался практически неизменным. Аналогичная тенденция наблюдалась и для СИ. ОПС у четырех спортсменов выросло, у четырех – снизилось, а у одного осталось на исходном уровне.

Подключение НГТ к ГМТ позитивным образом сказалось на динамике УО у велосипедистов: в семи случаях наблюдалось увеличение этих показателей, в трех – снижение. Обратная зависимость наблюдалась для общего периферического сопротивления.

У конькобежцев наблюдается более однозначная и однонаправленная динамика под влиянием ГМТ, свидетельствующая о позитивных изменениях насосной функции сердца. Только у одного из обследованных спортсменов отмечается снижение УО и СИ. У всех обследованных спортсменов под влиянием ГМТ снижается ОПС.

При воздействии ГМТ в сочетании с НГТ у четырех из десяти случаев изученного воздействия у представителей конькобежного спорта наблюдалась снижение УО и СИ, а в шести – увеличение.

Таким образом, анализ общих закономерностей и индивидуальных особенностей воздействия ТККС показал, что ГМТ позитивным образом сказалось на состоянии насосной функции сердца у спортсменов в большей степени в конькобежном спорте и не привела к значимым изменениям данной функции велосипедистов.

Комбинированное воздействие НГТ с ГМТ в обоих видах спорта привело к разнонаправленным изменениям функциональных показателей, большинство которых свидетельствовало об улучшении насосной функции сердца

Анализ отдаленных результатов также подтверждает полученные ранее результаты (таблица 4).

Таблица 4 – Отдаленные результаты показателей ПЦД спортсменов циклических видов спорта

Тестирование	Основные показатели центральной гемодинамики Х±х		
	СИ, л/мин*м	ОНС, дин*с*см <sup>5</sup>	ДПЛЖ, мм рт.ст
ГМТ (n=12)			
– до	4,21±0,33	973,99±88,51	20,05±1,04
– после	4,27±0,31 <sup>^</sup>	856,08±80,16 <sup>^</sup>	18,20±0,39
Процентный прирост, %	5,5	-2,3	-7,3

Таким образом, впервые проведена комплексная оценка эффективности комбинации различных технологий улучшения кислородтранспортной функциональной системы, обладающих разнообразным физиологическим и саногенетическим действием, в качестве средств стимуляции процессов адаптации и повышения общей и специальной работоспособности высококвалифицированных спортсменов-велосипедистов и конькобежцев.

Впервые в условиях комбинированного применения НГТ и ГМТ (ТГКС) у спортсменов циклических видов спорта изучена динамика и корреляция показателей важнейших составляющих кислородтранспортной функциональной системы (центральных механизмов кровообращения и периферического отдела эритрона) функциональные и метаболические изменения в которых определяют уровень адаптации спортсменов к гипоксии и наступление состояния утомления. В результате проведенных исследований получены научные обоснования дифференцированного применения новой технологии, внедрение которой может внести значительный вклад в рост спортивных достижений указанных категорий спортсменов.

Установлены существенные преимущества комбинированного сочетанного применения методики ТККС с воздействием МП (ГМТ) и нормобарического гипоксического фактора (НГ), оказывающей выраженное положительное действие на адаптацию спортсменов к гипоксии.

Практически значимыми являются разработка методик применения ТГКС, позволяющих обеспечить максимальный эффект за счет потенцирования действия МП и гипоксического фактора при их комбинированном (последовательном) применении для повышения общей работоспособности и формирования качества тренированности. Улучшение деятельности кислородтранспортной функциональной системы позволяют тренеру регулировать объем и интенсивность тренировочных нагрузок, а за счет периода последействия (6–8 недель и более) – заранее выводить спортсмена на пик формы.

#### **Практические рекомендации**

Процедуры ГМТ проводятся с помощью аппарата «УниСИОК»; при этом используется неинвазивный вариант ГМТ с индуктором ИАМВ 7 в виде диска, располагающегося на области локтевого сгиба в месте проекции артериальных сосудов; магнитная индукция составляет 70±20 мТл, продолжительность процедуры – 20 минут, на курс – не менее 10 процедур, ежедневно.

## **Методика проведения нормобарической гипоксической тренировки**

Гипоксические воздействия проводятся в условиях МКСК «Минск-арена». Эффект кислородного голодания создает специальная установка «LOWOXYGEN SYSTEM», создающая смесь из сжатого воздуха и азота, которая очищается от аллергенов, возбудителей заболеваний, увлажняется, подогревается до заданной температуры и через отверстия в потолке подается в гипоксический блок, представляющий собой три изолированных помещения, в которых размещены тренажеры:

- площадью 47 кв.м. для тренировок на высоте от 1500 до 4500 м;
- площадью 42 кв.м. для тренировок на высоте от 2000 до 6000 м;
- площадью 78 кв.м. для тренировок на высоте от 1500 до 4500 м.

На стене в каждом помещении находится дисплей, на котором отображаются все заданные параметры: высота над уровнем моря, содержание  $CO_2$ , температура в помещении.

С целью исследования динамики содержания кислорода в крови спортсменов уровень насыщения ее кислородом может определяться с помощью пульсоксиметрии, являющейся одним из наиболее доступных методов мониторинга состояния спортсмена. При пульсоксиметрии измеряется насыщение гемоглобина артериальной крови кислородом (среднее количество кислорода, связанное с каждой молекулой гемоглобина) в виде процента насыщения за 15 секунд.

В условиях залов «LOWOXYGEN» можно проводить несколько режимов тренировок: основные, поддерживающие и восстановительные.

### **Технология использования ТГКС у спортсменов**

Аппаратура готовится к работе в соответствии с техническим описанием, руководством по эксплуатации и правилами по технике безопасности;

### **Комбинированное (последовательное) применение НГТ и ГМТ**

Начальные условия проведения НГТ моделируются на высоте 1800 метров над уровнем моря. В этих условиях в течение 5 минут на велоэргометре спортсмен крутит педали при ЧСС 100–120 уд/мин. К 10-й минуте скорость езды устанавливается на уровне 30 км/час. В дальнейшем через каждые 10 минут скорость езды увеличивается на 3–5 км/час, так, чтобы достичь к 60-й минуте тренировки 30–34–40 км/час.

Основными параметрами, позволяющими правильно оценить эффективность НГТ являются показатели насыщения крови кислородом (82–88 %) и ЧСС (оптимально от 130 до 160 уд/мин). Нагрузка в ходе тренировки увеличивается при увеличении насыщения крови кислородом или при сохранении оптимальной ЧСС. Если показатель насыщения крови кислородом снижается или растет ЧСС, скорость езды уменьшается. Время одной тренировки – 90 минут.

Процедуры ГМТ следует проводить после 1-й или 2-й тренировки в конце дня, при этом число процедур ГМТ может быть равно числу процедур НГТ.

Блок НГТ должен включать не менее 16–18 ежедневных занятий. Через 3–4 тренировки следует прибавлять по 400–500 метров, так, чтобы последние 3–4 тренировки проходили на высоте 2500–2800 м.

Оптимальным является режим 4 НГТ в год; блоками следует проводить поддерживающие НГТ 1 раз в 10–14 дней.

Максимальный адаптационный эффект наступает на 7–10 день после окончания блока НГТ и длится 3–4 дня, общий эффект сохраняется в течение 3–4 недель.

*Периодические гипоксические экспозиции в состоянии покоя:*

Начальные условия проведения НГТ моделируются на высоте 1800 м над уровнем моря. В целом же для адаптации к гипоксии по принципу «live-high/trainlow» («жить наверху – тренироваться внизу») характерны:

- высокая интенсивность гипоксической стимуляции (до 4000 м);
- ежедневная экспозиция – не менее 18 часов/сут.
- оптимальная продолжительность – не менее 14 дней

Процедуры ГМТ следует проводить в конце дня в условиях гипоксического воздействия, на курсе не менее 15 процедур.

Полученные нами результаты применения ТГКС указывают на однозначную стимуляцию эритропоэза и формирование наиболее благоприятных для организма типов адаптационных реакций под влиянием ТГКС. НГТ в годичном цикле учебно-тренировочного процесса можно проводить в зависимости от поставленных задач от предсезонной подготовки до предсоревновательной.

## СОДЕРЖАНИЕ

*Зубовский Д.К., Улащик В.С.*

Задание ГКПНИ «Современные технологии в медицине» «Разработка, изучение механизмов и внедрение в практику низкоинтенсивной термомагнитотерапии с целью активации эндогенных резервов организма» .....3

*Зубовский Д.К., Улащик В.С.*

Инновационный проект «Разработать и внедрить в учебно-тренировочный процесс методику повышения, сохранения и восстановления работоспособности с использованием магнитотерапии» .....10

*Улащик В.С., Зубовский Д.К.*

Задание Государственной программы развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь на 2007–2010 годы «Разработать и внедрить в учебно-тренировочный процесс методики коррекции функционального состояния спортсменов путем регулирования газового состава крови на основе использования баромагнитотерапии» .....18

*Зубовский Д.К., Улащик В.С.*

Задание Государственной программы развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь на 2007–2010 годы «Разработать и внедрить в практику конного спорта высших достижений комплексную методику улучшения функционального состояния спортивных лошадей с использованием простых и сочетанных методов магнитотерапии» .....49

*Полякова Т.Д., Остапенко В.А., Кручинский Н.Г.*

Задание Государственной программы развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь на 2007–2010 годы «Разработать и внедрить в практику спорта методики повышения общей работоспособности спортсменов с применением тренировочного гемокорригирующего стенда» .....75

*Полякова Т.Д., Зубовский Д.К.*

Инновационный проект «Разработать и внедрить технологию управления вегетативными и двигательными компонентами деятельности спортсменов-стрелков и биатлонистов на основе применения комплекта специальных устройств-адаптеров» .....100

*Гилеп И.Л., Ильютик А.В., Рубчяня И.Н.*

Молекулярно-генетическое исследование физической работоспособности и функционального состояния конькобежцев .....138

*Зубовский Д.К., Улащик В.С., Финогенов А.Ю.*

Применение магнитофореза хондроитина сульфата у спортивных лошадей .....170