# Использование прерывистой нормобарической гипокситерапии в подготовке спортсменов

##### Реферат

# РАЗДЕЛ 1

## Введение

На земле жизнь возникла в результате прогрессивного развития углеродистых соединений, органических веществ и формировавшихся из них надмолекулярных, а в дальнейшем все более сложных систем. Эволюцию живого невозможно отделить от процесса появления и постепенного накопления в атмосфере нашей планеты кислорода.

Один из основоположников физиологии дыхания Дж. Баркрофт (1937) писал, что из веществ, необходимых для сохранения жизни и деятельности, пожалуй, наиболее важным является кислород. Удивительно, что организм имеет так мало запасов столь необходимого элемента. Более того, по мере перехода к высокоорганизованным формам жизни все увеличивается зависимость организма от непосредственного снабжения кислородом. Анаэробы могут жить без кислорода всегда, лягушки (земноводные) – дни, человек – минуты. Человек весом около 70 кг потребляет в день чуть больше 1 кг пищи и около 2 л воды. Для окисления поступающих питательных веществ в состоянии относительного покоя он потребляет в 1 минуту в среднем 200 мл кислорода (а за 1 сутки 228 л). Чтобы извлечь кислород из воздуха, в течение суток через легкие должно провентилироваться до 12 000 л воздуха. Потребление кислорода зависит от многих факторов, в частности, от температуры тела и окружающей среды, времени суток и года, напряжения кислорода во вдыхаемом воздухе, видовых и возрастных особенностей организма.

Термин «ГИПОКСИЯ» (hypoxia – греч.) означает недостаточное количество кислорода в организме. Термин «ГИПОКСЕМИЯ» используется для обозначения недостаточного насыщения крови кислородом.

Однако многочисленные исследования показывают, что гипоксия встречается и при целом ряде таких отягощенных, но физиологических состояний организма, как внутриутробный период развития плода в организме матери, тяжелая физическая работа, повышенная активность у спортсменов, гипоксия после приема обильной пищи, гипоксия стареющего организма.

Механизмы компенсации гипоксии, возникающей в этих случаях в здоровом организме, по-видимому, генетически запрограммированы и имеют определенное приспособительное значение в формировании комплекса адаптационных реакций, направленных на повышение устойчивости организма к экстремальным факторам /Агаджанян Н. А., Башкиров А. А., 1978; Башкиров А. А., 1985/ - резистентность.

Приспособление живого организма к постоянно изменяющимся условиям существования во внешней среде, выработанное в процессе эволюционного развития называют – адаптацией. В ответ на действие различного количества раздражителя в организме развиваются различные по качеству адаптационные реакции /Гаркави Л. Х., Квакина Е. Б., Уколова М. А., 1997, 1979/. На действие слабых раздражителей (малые дозы), независимо от их качества, развивается физиологическая адаптационная реакция, названная Л. Г. Гаркави и соавт., реакцией тренировки; на действие раздражителей средней силы (дозы) – реакция активации.

Реакцию **тренировки** авторы предлагают использовать для достижения противовоспалительного эффекта (острые воспалительные процессы), для снижения свертывания крови, а также в качестве защитного средства при лучевом лечении и химиотерапии, особенно сопровождающихся выраженной лейкопенией.

Реакция **активации** применяется в случаях сниженного воспалительного потенциала с целью его повышения – при хронических вялотекущих воспалительных процессах, при гипертонической болезни и хронической ишемической болезни сердца, при гипотонии, при опухолевой болезни, при повреждениях вследствие лечебного воздействия (массивная противотуберкулезная терапия, применение больших доз антибактериальных средств), не сопровождающихся выраженной лейкопенией.

Влияние недостатка кислорода на организм человека и животных в связи со значительной ролью гипоксии практически во всех патологических процессах постоянно привлекает внимание исследователей различного профиля. В мировой литературе накоплены довольно обширные сведения, касающиеся основных путей приспособления организма к дефициту кислорода, и, тем не менее, вопрос о влиянии кислородной недостаточности на организм продолжает оставаться одной из актуальных медико-биологических проблем, решение которой направлено на поиск различных средств борьбы с гипоксией.

Известно, что гипоксия довольно часто становиться фактором, от которого зависит жизнь больного в терминальном состоянии, наряду с этим гипоксический стимул в определенных пределах активизирует деятельность жизненно важных систем. Это свойство гипоксии в настоящее время широко используется с целью повышения уровня неспецифической резистентности, в результате чего стимулируется деятельность различных систем организма, принимающих участие в сохранении кислородного гомеостаза /Агаджанян Н. А., 1072, 1983; Меерсон Ф. З., 1973, 1086; Миррахимов М. М., 1977/. В условиях умеренной гипоксии компенсаторные механизмы позволяют в довольно широких пределах поддерживать напряжение кислорода (PO2) на уровнях, адекватных каждому из этапов его транспорта.

При дыхании атмосферным воздухом в нормобарических условиях в организме имеются определенные резервы кислорода, позволяющие ему нормально функционировать до тех пор, пока PО2 во вдыхаемой среде не снизится настолько, чтобы включились механизмы компенсации.

Современная лечебная и профилактическая медицина проявляет все больший интерес к проблеме неспецифической резистентности и поискам путей ее стимуляции в здоровом и больном организме.

Наряду со стимуляторами фармакохимической природы, которые не лишены недостатков, характерных для медикаментозных средств, для повышения компенсаторных возможностей организма могут быть использованы метеорологические факторы, в частности условия высокогорья и среднегорья, где наблюдается снижение парциального давления кислорода.

Так более низкие концентрации кислорода в горах обуславливают пышную растительность альпийских лугов и большую продолжительность жизни горцев /Аршавский И. А., 1976/.

Беременная крольчиха, временно содержащаяся в гипоксической среде, приносит более крупные плоды массой 65-70 г (при 35-50 г норме) со всеми признаками нормальной физиологической зрелости /Аршавский И. А., 1982/.

Достаточно полные сведения относительно пределов адаптации к высокой гипоксии были получены Н. Н. Сиротининым на Кавказе, Памире, Алтае и горах Тянь-Шаня (1930-1938), A. Hurtado и соавт. (1956) в Андах и L. G. E. Pugh (1960-1961) во время нескольких экспедиций в Гималаи. Индивидуальная устойчивость к кислородному голоданию имеет довольно широкие пределы колебаний, на что постоянно обращают внимание отечественные и зарубежные ученные.

Современная медицина выдвинула в качестве важнейшего направления, имеющего принципиальное значение для профилактики различных заболеваний, проблему долговременной адаптации организма к экстремальным воздействиям. Повышение компенсаторных резервов жизненно важных систем с помощью тренирующих воздействий средне- и высокогорной гипоксии оказалось перспективным методом в лечении и профилактике таких болезней, как бронхиальная астма, гипопластическая и железодефицитная анемия, хронический лейкоз, гипертоническая болезнь, нейроциркуляторная дистония, первичный тиреотоксикоз или диффузный токсический зоб, ювенильные кровотечения /Миррахимов М. М., 1977; Крупко-Большова Ю. А. и др., 1979; Белошицкий В. П. И др., 1986; Шогенцукова Е. А., 1986; Сабданбеков Т. Д., 1986/.

В результате большого числа исследований установлено, что в условиях предварительной тренировки к умеренной гипоксии повышается резистентность организма к разнообразным патогенным факторам /Барбашова З. Н., 1960; Меерсон Ф. З., 1973, 1986; Коваленко Е. А., 1966, 1987; Агаджанян Н. А. и др., 1972, 1986; Стрелков Р. Б. и др., 1988; West I. B., 1984/.

В последнее время показано, что при адаптировании к умеренной гипоксии усиливается иммунный ответ на антигены и повышается уровень иммуноглобулинов сыворотки крови /Меерсон Ф. З., 1980, 1986;

Повышение неспецифической резистентности организма при тренировке к гипоксии проявляется также в виде повышения устойчивости к переохлаждению и перегреванию /Klein K. E. et al., 1963/.

Установлено, что адаптация к условиям высокогорья значительно повышает устойчивость организма к экстремальным факторам внешней среды – к острой гипоксии /Владимиров Г. Е. И др., 1939/, физическим перегрузкам /Васильев П. В. и др., 1965/.

Адаптация к условиям высокогорья приводит к повышению резистентности к мышечным нагрузкам. Показано, что высокогорная тренировка повышает физическую выносливость спортсменов /Коробков А. В. и др., 1967; Фурман Ю. Н., Жовноватая О. Д., 1986/.

В. В. Матов и И. Д. Суркина (1965) добились повышения физической работоспособности под влиянием барокамерной тренировки. Авторы пришли к заключению о целесообразности сочетанного воздействия физической и гипоксической тренировки при подготовке спортсменов. По данным А. Ф. Завадовского, высокогорная адаптация является неспецифическим тренирующим фактором, нивелирующим отрицательное действие на организм недостаточной двигательной активности, и может быть использована в качестве средства, снижающего «чувствительность» организма к гипокинезии.

При прерывистой, постепенно нарастающей кислородной недостаточности отмечается положительное течение адаптационного процесса, сопровождающегося оптимальными изменениями условнорефлекторной деятельности даже на раннем этапе онтогенеза /Меерсон Ф. З., Радзиевский С. А., 1976/.

В нашей стране разработан способ повышения неспецифической резистентности организма за счет адаптирования к постепенно, в течение нескольких дней снижающемуся содержанию кислорода, при использовании газовой гипоксической смеси, с 15 % кислорода и 85 % азота (в первые дни адаптации) в нормобарических условиях и 12-10 % кислорода – в последующие дни /Чижов А. Я., Караш Ю. М., Филимонов В. Г., Стрелков Р. Б., 1984/. Способ исключает все нежелательные сопутствующие факторы, присущие высокогорным условиям. Это позволяет снизить количество побочных реакций и индивидуально подбирать режимы гипоксического воздействия в зависимости от чувствительности организма к умеренной кислородной недостаточности.

В литературе достаточно полно представлены результаты, отражающие реакцию центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем на умеренный гипоксический стимул.

В настоящее время известно, что объем коронарного кровотока значительно возрастает при снижении О2 во вдыхаемом воздухе до 8 – 9 %. Еще в 1940 г. K. Jochim обнаружил, что гипоксия является более мощным сосудорасширяющим фактором для коронарных сосудов, чем нитрит натрия, амилнитрит, гистамин и ксантиновые дериваты. Пока нет общего мнения относительно механизма, увеличивающего коронарный кровоток при гипоксии. Независимо от точного знания этого механизма, оказывает благоприятное влияние на организм. Усиление кровообращения в сердечной мышце, по-видимому, является одним из ведущих факторов практического отсутствия изменений на ЭКГ при дыхании ГГС – 10 здоровыми людьми.

На протяжении всего периода дыхания ГГС – 10 прослеживалось учащение сердечных сокращений с 62 ± 3,5 до 75 ± 2,8 уд/мин, незначительное увеличение артериального давления до 113 ± 3,5/69 ± 2,6 мм рт. ст. и СДД с 83 ± 2,4 до 86 ± 1,6 мм рт. ст. (p>0,05). К 30-й минуте дыхания ГГС – 10 развивающаяся умеренная гипервентиляция способствовала повышению РО2 в альвеолярном воздухе за счет большей элиминации углекислого газа, что и приводило к некоторому увеличению РО2 в артериальной крови в процессе дыхания ГГС – 10.

Увеличение кислородной емкости крови, характеризующееся повышением на фоне ГГС – 10 процентного содержания оксигемоглобина, указывает на возрастание поглотительной поверхности гемоглобина.

Возросшая кислородная емкость крови при наличии увеличения объемной скорости кровотока (увеличение частоты сердечных сокращений и МОК) обеспечивает больший захват кислорода из альвеолярного воздуха и тем самым большую его доставку к жизненно важным органам.

Все эти изменения имеют существенное значение для поддержания КОС на стабильном уровне. В свою очередь нормальные параметры КОС создают необходимые условия для диффузии кислорода из легких в кровь и для диссоциации оксигемоглобина в тканевых капиллярах.

**РАЗДЕЛ II**

### Показания и противопоказания к применению дозированной прерывистой нормобарической гипокситерапии, методика проведения ДПНГ

Метод повышения неспецифической резистентности организма пациента с помощью прерывистой нормобарической гипоксической стимуляции может быть использован в тех случаях, когда оказывает положительное действие тренировка к кислородной недостаточности в средне- и высокогорных условиях, а также барокамерная тренировка.

Метод показан при хронических заболеваниях сердечно-сосудистой системы, в том числе ишемической болезни сердца, постинфарктном кардиосклерозе, гипертонической болезни 1-2А стадии нейроциркуляторных астениях, хронических неспецифических воспалительных заболеваниях, бронхиальной астме, аллергических заболеваниях, гипопластических и железодефицитных анемиях, нарушениях углеводного, жирового и белкового обменов, астенических состояниях и неврозах, а также для повышения работоспособности и устойчивости к экстремальным факторам среды, в том числе к побочному действию фармакологических средств, в подготовке спортсменов.

Способ прерывистой нормобарической гипоксической терапии («Горный воздух») может быть применен с целью профилактики заболеваний и рецидивов, а также для лечения и реабилитации больных. Кроме того, дозированная гипоксия может быть использована для повышения неспецифической резистентности организма при лечении злокачественных новообразований и для защиты организма пациента от побочного действия ионизирующей радиации при лучевой терапии.

В условиях экологического неблагополучия обеспечивает повышение устойчивости организма к ядам минерального и органического происхождения. Метод показан для профилактики инвалидности за счет снижения факторов риска, в частности, по ИБС, гипертонической болезни, развитию атеросклероза. Предупреждает развитие гестозов у беременных.

***Противопоказания:***

1. Острые инфекционные заболевания, стадия обострения хронических воспалительных процессов. Болезни, сопровождающиеся лихорадкой.
2. Острые соматические заболевания - острая стадия (инфаркт миокарда, острое нарушение мозгового кровообращения, гипертонический криз, спонтанный пневмоторакс, астматический статус и др.)
3. Тромбоэмболия в системе ветвей легочной артерии.
4. Состояния, требующие традиционной интенсивной терапии (шок, кома, отравление окисью углерода и др.).
5. Хронические заболевания с явлениями декомпенсации (хроническая почечная недостаточность, требующая гемодиализа и др.)
6. Гипертоническая болезнь III стадии с высокими цифрами АД, нестабильная стенокардия.
7. Врожденные аномалии сердца и крупных сосудов.
8. Приобретенные пороки сердца, болезни миокарда и перикарда в стадии декомпенсации.
9. Индивидуальная непереносимость кислородной недостаточности, которая может быть выявлена во время пробного сеанса гипоксии.

Первые сеансы дозированной прерывистой нормобарической гипокситерапии проводятся под наблюдением врача, последующие - в присутствии среднего медицинского персонала, ознакомленного с возможными побочными эффектами гипоксической стимуляции.

Целесообразно во избежание неприятных субъективных ощущений не форсировать подъем больного после снятия маски, оставляя его лежать или сидеть в течение 3-5 мин после окончания сеанса.

***Методика проведения ДПНГ***

Дыхание газовыми смесями осуществляется в циклично-фракционированном режиме: дыхание смесью 3-5 мин, а затем дыхание атмосферным воздухом также в течение 3-5 мин (один цикл). Число циклов может варьировать в пределах 1-10 в зависимости от показаний. Обычно суммарное время дыхания ГГС в течение одного сеанса (фракции) составляет 30-60 мин при общей продолжительности сеанса, равной 60-120 мин, т.е. ежедневное число гипоксических циклов может доходить до 10. Содержание кислорода в газовых смесях также может быть различным в зависимости от переносимости пациентом кислородной недостаточности, однако, как показала практика, оптимальной газовой смесью является ГГС-10. ГГС-10 при циклично-фракционированном режиме хорошо переносится больными всех возрастных групп и обеспечивает развитие неспецифической резистентности в минимально короткие сроки. Ритм курса может также варьировать в зависимости от показаний и возможностей, что особенно важно в амбулаторной практике. Обычным ритмом гипокситерапии является ежедневное дыхание ГГС или дыхание 3 раза в неделю (через день). Продолжительность курса 30-60 дней.

Методика проведения гипокситерапии. ГГС-10 является

двухгазовой смесью, состоящей из 10 ± 1% кислорода и 90 ± 1% азота. ГГС-10 негорючая и невзрывоопасная смесь.

Перед началом дыхания ГГС-10 пациента следует подготовить к процедуре, предупредив о возможности наступления незначительной одышки, объяснив, что в маску подается газовая смесь, соответствующая по своему составу горному воздуху. ГГС-10 оказывает положительный эффект в комплексном лечении и, как правило, хорошо переносится пациентами.

Система оборудования для проведения ДПНГ носит название – «Горный воздух». Контроль за динамикой тканевой гипоксии можно осуществлять опосредованно с помощью оксигемографа (типа 0-36М). Особенно важно следить за изменением уровня HbO2 при первых сеансах курса гипокситерапии, когда устанавливается тип реакции пациента на гипоксию. Обычно показатель оксигенации крови выходит на плато 80-74% HbO2 через несколько минут после начала дыхания ГГС-10 при исходном значении HbO2 96%.

ГГС-10 может быть приготовлена непосредственно перед началом сеанса терапии и в процессе облучения из газообразного азота (ГОСТ 9293-74) и атмосферного воздуха с помощью аппарата прерывистого потока «НАПП-2» или «НАПП-4» или с помощью ротаметрической и эжекционной систем наркозных аппаратов типа «Наркон-П». Содержание кислорода в смеси контролируется газоанализатором типа МН-5130, «Циркон» и др.

***Этапы проведения прерывистой нормобарической гипокситерапии:***

При отсутствии общих противопоказаний пациенту проводят пробу на индивидуальную переносимость газовой смеси.

Гипоксическая проба. Перед проведением пробы больному необходимо объяснить безопасность процедуры и предупредить, что при возникновении недостатка воздуха, неприятных ощущений, выраженного дискомфорта, сердцебиения, тошноты или головокружения он может без команды врача сам снять маску и дышать обычным воздухом.

Гипоксическая смесь, содержащая 10-13% кислорода, подается для дыхания пациентке, лежащей на кушетке или сидящей в кресле. В процессе пробы врач следит за состоянием пациентки, регистрируя гемодинамические показатели, частоту дыхания, цвет и влажность кожных покровов, субъективные ощущения.

При хорошей переносимости пробы врач приступает к проведению лечебного сеанса.

Индивидуальная непереносимость гипоксии является противопоказанием к применению гипокситерапии или курса ДПНГ.

Перед каждым сеансом ДПНГ необходим опрос пациентки с целью выявления острых заболеваний (грипп, ОРЗ, бронхит, сердечная патология и т.д.), при выявлении которых сеансы гипоксического воздействия не проводятся.

**РАЗДЕЛ III**

Использование прерывистой нормобарической гипокситерапии в подготовке спортсменов

Гипоксическая терапия повышает адаптационные возможности организма, уровень неспецифического и специфического иммунитета, может быть использована для повышения работоспособности и выносливости. В результате адаптации к ДПНГ отмечается значительное снижение (в 8-10 раз) частоты обострений заболеваний по сравнению с методами традиционной противовоспалительной терапии, нормализуются показатели психоэмоционального состояния.

Кроме того, наблюдается нормализация гормонального фона (уровней пролактина, тестостерона, кортизола) и фазовой структуры менструального цикла у женщин.

Нормобарическая гипокситерапия находит широкое применение в спортивной практике. Дозированная гипоксическая тренировка под контролем врача на фоне непрекращающегося тренировочного процесса в условиях спортивной деятельности команд может служить средством, повышающим эффективность тренировок, заменяющим дорогой и трудно организуемый тренировочный процесс спортсменов в горах.

Для иллюстрации эффективности метода нормобарической гипоксической стимуляции мы приведем выдержки из статей сборника научных трудов Киевского института физической культуры и фирмы «ЕЛТА плюс», Москва.

***Эффективность интервальной гипоксической тренировки квалифицированных волейболисток (Закусило М. П.)***

Гипоксическую тренировку по методике ДПНГ проходили волейболистки высокой квалификации: 2 КМС и 6 спортсменок 1 разряда. Средний возраст спортсменок – 18 ± 2 года, рост – 174 ± 6 см, масса – 67 ± 4 кг, спортивный стаж – 8 ± 3 лет.

ДПНГ проводилась на установке «Горный воздух» в течение 24 дней ежедневно, кроме воскресений, в соревновательном периоде годичного цикла подготовки спортсменок.

До курса ДПНГ и после него проведено определение работоспособности, как в лабораторных условиях, так и в условиях спортивной деятельности, проведен также гипоксический тест, выявляющий реакцию организма спортсменок на вдыхание гипоксической смеси с 11% кислорода.

В лабораторных условиях определение работоспособности проводилось с помощью велоэргометрического тестирования. Каждая спортсменка выполняла ступенчатую нагрузку (длительность работы на каждой ступени 3 минуты). Мощность на первой ступени 50 Вт. Работа длилась до вынужденного отказа от неё. На второй минуте работы на каждой ступени регистрировались частота сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление (АД), минутный объем дыхания (МОД), частота дыхания (ЧД), процент содержания СО2 и О2 в выдыхаемом воздухе. После окончания работы эти показатели фиксировались в течение 10 минут периода восстановления.

Для определения специальной выносливости был проведен ступенчатый прыжковый тест. Спортсменки выполняли три серии прыжков вверх на двух ногах. Каждая серия прыжков выполнялась в одну минуту и с определенной частотой: первая серия – 15 прыжков/мин, вторая – 20 прыжков/мин, третья – максимально возможное количество прыжков. В течение каждой серии регистрировались МОД, ЧСС, процент содержания СО2 и О2 в выдыхаемом воздухе. После каждой серии в периоде восстановления в течение 5 минут регистрировалась ЧСС.

Для выявления реакции организма спортсменок на вдыхание гипоксической смеси проводили гипоксический тест до и после курса ДПНГ. Тест состоял в том, что в течение 10 минут спортсменки вдыхали гипоксическую смесь с 11% О2. В конце каждой минуты проводилась регистрация ЧСС, насыщения артериальной крови. На третьей и восьмой минутах теста проводилось измерение МОД и ЧД и снималась электрокардиограмма. До и непосредственно после теста брались пробы крови из пальца для определения содержания в ней гемоглобина и лактата.

Проведенные тесты до и после 24 дней курса ДПНГ показали следующее. Объём работы на предельной мощности возрос в 2 раза, максимальное количество прыжков в высоту, выполняемых в 1 минуту, возросло с 81,8 до 91,25. Скорость челночного бега возросла с 3,615 м/с до 3,640 м/с. Все эти данные свидетельствуют о том, что общая и специальная работоспособность волейболисток возросли. Команда, за которую выступали три волейболистки, две – нападающие, третья – связующая, заняла первое место в розыгрыше Кубка г. Киева среди женских команд. За год до этого эта команда заняла в этих соревнованиях второе место.

Велоэргометрический тест, также как и прыжковый тест, свидетельствует о том, что ДПНГ привела к экономизации функции дыхания и сердечно-сосудистой системы. Потребление кислорода на выполнение работы одинаковой мощности снижается. Так как уменьшились функциональные затраты организма на эту работу, снизились МОД и ЧСС, возрос процент поглощения О2. Полученные результаты свидетельствуют о положительном эффекте ДПНГ, существенно улучшающей функциональное состояние организма и спортивные результаты спортсменок-волейболисток.

***О действии гипоксической тренировки на организм гребцов (Радзиевский П. А., Полищук Н. В.)***

#### Для выяснения особенностей реакции организма квалифицированных гребцов на действие гипоксической тренировки группа гребцов-байдарочников (средний возраст 21,3 ± 2,1 года) на протяжении 15 дней проходила курс ДПНГ.

До и после 15-дневной интервальной тренировки спортсмены проходили гипоксический тест, который состоял из 10-минутного вдыхания газовой смеси азота и 11% кислорода. У обследуемых спортсменов в комфортных условиях покоя (сидя в глубоких креслах) в исходном состоянии (при нормальном О2 во вдыхаемом воздухе) на третьей и восьмой минутах вдыхания гипоксической смеси определялись основные показатели внешнего дыхания (МОД, ЧД, ДО); содержание О2 и СО2 во вдыхаемом и альвеолярном воздухе; АД; ЧСС. На протяжении всего теста измерялось насыщение артериальной крови кислородом. На 9-10 минутах вдыхания гипоксической смеси снималась электрокардиограмма, до и после гипоксического теста отбирались пробы крови из пальца для биохимического анализа. Кроме этого, до и после 15 дней интервальной гипоксической тренировки определялась физическая работоспособность на гребном эргометре в гребном бассейне и умственная работоспособность.

Проведенные исследования показали, что реакция организма гребцов на вдыхание бедной кислородом газовой смеси до и после интервальной гипоксической тренировки неодинакова.

Недостаток кислорода вызывает у обследованных спортсменов усиление внешнего дыхания. Наиболее выраженный признак усиления внешнего дыхания – изменение его частоты – был отмечен уже на третьей минуте гипоксического теста и составил 18,8 ± 0,93 дых./мин, что на 2,4 дых. (14,6%) больше, чем при нормоксии. Несмотря на то, что минутный объём дыхания возрастал в этих условиях с 10143 ± 466 мл/мин до 11873 ± 373 мл/мин (т. е. примерно на 17%), дыхательный объём практически не изменялся и усиление вентиляции происходило в основном за счёт частоты дыхания, что можно рассматривать как наименее эффективный путь приспособительной реакции дыхания. После 15-дневной нормобарической гипокситерапии (гипоксической тренировки) компенсаторные изменения внешнего дыхания становятся более выраженными. Во время второго гипоксического теста частота дыхания практически оставалась без изменений (на 3-ей минуте – 18,8 ± 2,2 дых./мин, на 8-ой минуте – 19,8 ± 0,36 дых./мин); а минутный объём дыхания в конце гипоксического теста увеличивался на 15,3% в основном за счёт возрастания дыхательного объёма (714,0 ± 73 мл) при вдыхании воздуха с 20,9% кислорода возрос на 12,9% и достиг 919,4 ± 79 мл. Увеличение дыхательного объёма можно рассматривать как положительный результат ДПНГ, так как при глубоком дыхании заметно возрастает альвеолярная поверхность лёгких, что, в свою очередь, благоприятно сказывается на газообмене в лёгких и приводит к некоторому повышению насыщения артериальной крови кислородом. Так, до получения ДПНГ в конце первого гипоксического теста насыщение крови кислородом у обследуемых спортсменов составляло 82,4 ± 0,3%, а после ДПНГ в тех же условиях – 84,8 ± 0,9% (р < 0,05).

Следует отметить, что вдыхание гипоксической смеси приводит к повышению процента поглощения кислорода и выделения углекислого газа в выдыхаемом воздухе, что также является одним из показателей адаптации организма к гипоксии.

Вдыхание гипоксической смеси вызывало у обследуемых спортсменов увеличение потребления кислорода, причем рост потребления кислорода, а с ним и улучшение обменных процессов был отмечен во время второго гипоксического теста, т. е. после 15-дневного курса ДПНГ. Во время гипоксического теста до курса гипоксической тренировки потребление кислорода возрастало с 574,8 ± 18 мл/мин до 645,7 ± 36 мл/мин и 598,7 ± 27 мл/мин на 3-ей и 8-ой минутах гипоксического теста соответственно. После курса ДПНГ потребление кислорода по сравнению с исходным уровнем увеличивалось в среднем на 12-13 % и составляло в конце второго теста 919 ± 43 мл/мин.

При усилении функции внешнего дыхания реакция сердечно-сосудистой системы на вдыхание гипоксической смеси после ДПНГ становится значительно менее выраженной, что является признаком адаптации к гипоксическим условиям. Пульс до ДПНГ увеличивался к 8-ой минуте гипоксического теста до 77,2 ± 1,3 уд./мин (т. е. на 12-13 %), после ДПНГ к концу гипоксического теста увеличивался только до 69,1 ± 1,2 уд./мин (р < 0,05). Минутный объём крови после ДПНГ был ниже (5558 ± 98 мл/мин до и 4975 ± 84 мл/мин после неё, /р < 0,05/), так как ударный объём крови и во время первого, и во время второго обследования практически не менялся, находясь в пределах 70-75 мл. Изменения артериального давления на протяжении гипоксического теста и до и после 15 дней гипоксической тренировки носили недостоверный характер. О повышении адаптационных возможностей организма спортсменов к концу ДПНГ свидетельствует также повышение содержания гемоглобина в крови.

Таким образом, проведенные исследования показали, что 15-дневный курс ДПНГ на фоне спортивной тренировки приводит к заметной экономизации системы дыхания и особенно систем кровообращения, энергообеспечения, что повышает физическую и умственную работоспособность гребцов в тренировочном процессе и соревнованиях.