

УНИВЕРСИТЕТ РЕАБИЛИТАЦИИ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КУРС «ГИПОКСИЧЕСКАЯ ТРЕНИРОВКА»

Журнал «Физиотерапия, бальнеология и реабилитация», ФГБУ «Российский научный центр медицинской реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации и Научно-исследовательский институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина Федерального агентства научных организаций представляют дистанционный образовательный курс «Гипоксическая тренировка», подготовленный компетентными специалистами направления.

Заочные занятия будут вести *О.С. Глазачев*, профессор, д-р мед. наук, заведующий лабораторией «Здоровье и качество жизни студентов» Научно-исследовательского центра Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, визит-профессор Университета Инсбрука (Австрия), медицинского факультета Университета Нови Сад (Сербия), Городского университета Дублина (Ирландия); *И.Е. Зеленкова*, канд. мед. наук, ведущий специалист Инновационного центра Олимпийского комитета России, обеспечивает научно-методическое сопровождение сборных команд России при подготовке к Олимпийским Играм, врач спортивной медицины Международного Олимпийского комитета. Ведущий рубрики – *О.В. Кубряк*, канд. биол. наук, заведующий лабораторией физиологии функциональных состояний человека НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина. Каждое занятие состоит из краткой лекции и контрольных вопросов. Отличительной особенностью предлагаемого дистанционного курса является его мультидисциплинарный характер, особенно актуальный при проведении реабилитационной работы.

Форма:

• заочный дистанционный курс – в каждом выпуске журнала в 2017 г. в рубрике «Университет реабилитации» публикуются материалы очередного занятия

и вопросы к нему. Участник курсов присылает ответы электронной почтой на адрес: g@nrphys.ru (в теме письма указывать «КУРС-2017»).

Диплом:

• выдается диплом об участии всем успешно ответившим на вопросы в случае соблюдения условий участия.

Условия участия:

- подписаться на журнал «Физиотерапия, бальнеология и реабилитация» на 2017 г., печатный или электронный вариант (от физического или юридического лица). Одна подписка (один комплект журналов) позволяет получить один диплом. Электронная подписка в РИНЦ (www.elibrary.ru) доступна в любое время;
- зарегистрироваться в качестве участника. Для этого необходимо отправить отсканированную копию квитанции о подписке на журнал «Физиотерапия, бальнеология и реабилитация» электронной почтой на адрес g@nrphys.ru. В письме разборчиво указать фамилию, имя, отчество, квалификацию (по диплому), специальность, место работы, контактный телефон, почтовый и электронный адрес. В теме электронного письма написать: «КУРС-2017»;
- прислать ответы на вопросы ко всем занятиям 2017 г. до 15 января 2018 г.;
- следить за актуальной информацией, уточнением условий в журнале «Физиотерапия, бальнеология и реабилитация» и на сайте журнала <http://www.medlit.ru/journal/614>;
- курс рассчитан на специалистов, имеющих высшее медицинское или медико-биологическое образование, а также на студентов старших курсов высших учебных заведений биомедицинского профиля.

Занятие № 2. Гипоксические тренировки: классификация, виды и особенности методов.

Интервальные гипоксические тренировки

Под гипоксическими тренировками понимают проживание (сон), временное помещение человека в условия средне- и высокогорья или выполнение им физических упражнений при вдыхании воздуха со сниженной (относительно нормальных значений кислорода на уровне моря) концентрацией O_2 в целях преадаптации к высоте, тренировки физической выносливости и повышения спортивных результатов, оздоровления (в широком смысле). Применение методов адаптации к гипоксии в комплексном лечении пациентов с конкретными нозологическими формами называется гипокситерапией.

Поиск решений конкретных задач применения гипоксических воздействий в разных целях, например у спортсменов в видах спорта с преимущественным проявлением выносливости в условиях естественно-горного среднегорья, интенсифицировал развитие данного направления и обусловил многообразие подходов к организации гипоксических тренировок (рис. 1). Рассмотрим подробнее каждый из представленных подходов, его преимущества и ограничения.

1. Первым из предложенных методов потенцирования позитивных эффектов адаптации к гипоксии является подход «**жить высоко – тренироваться высоко**»

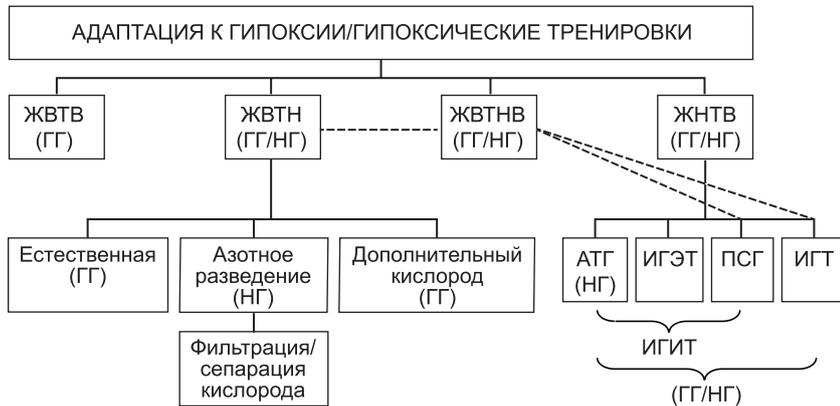


Рис. 1. Классификация видов гипоксических воздействий, применяемых в физиологии спорта, клинической и профилактической медицине (по [2], с изм.). Значения аббревиатур см. в тексте.

(ЖВТВ) – длительное/многодневное пребывание в условиях естественной гипобарической гипоксии (ГГ) (санатории и тренировочные спортивные базы низко- и среднегорья). Данная методика была обоснована и предложена в целях реабилитации пациентов с бронхолегочной патологией, а также психическими расстройствами. В современных условиях широко практикуется выезд в зоны естественного среднегорья на санаторно-курортное лечение пациентов с хроническими заболеваниями сердечно-сосудистой, дыхательной систем, аллергическими заболеваниями, болезнями желудочно-кишечного тракта и др. Регулярные учебно-тренировочные сборы на базах в условиях естественного среднегорья также систематически применяются для подготовки спортсменов к предстоящим соревнованиям как в горной местности, так и на равнине (целенаправленно они были начаты при подготовке к Олимпийским играм в Мехико, 1968).

Накопленный опыт исследований физиологических механизмов адаптации к гипоксии среднегорья позволил описать основные фазы процесса приспособления к дефициту O_2 : **острая (2–5 дней), переходная (до 2 нед) и устойчивая (3–4 нед) адаптация**, вариации их продолжительности в зависимости от «высоты» подъема, спортивной специализации и пр. При нахождении человека в условиях естественной или искусственной (в барокамере) ГГ рекомендуемая высота пребывания – более 2000 м, но не более 3000 м над уровнем моря с целью нивелирования симптомов горной болезни и срыва адаптации. Для получения стойких эффектов рекомендуется пребывание в условиях среднегорья от 18–21 сут до 4 нед. Данная методика в основном используется у спортсменов, специализирующихся на видах спорта с преимущественным проявлением выносливости для увеличения их аэробной производительности за счет увеличения кислородной емкости крови (общая масса гемоглобина), объема циркулирующей крови (ОЦК).

Однако такой подход имеет и ограничения: необходимость перемещения в условия среднегорья (при естественной гипоксии), дорогостоящая аппаратура в случае моделирования ГГ в барокамерах, требующая постоянного инженерного обслуживания, развитие осложнений

и побочных эффектов гипобарии (баротравмы вестибулярного аппарата, повышенное газообразование и пр.).

2. Вторым подходом к гипоксической адаптации стало появление метода **«жить высоко – тренироваться низко (на равнине)» (ЖВТН)**. Смысл его в том, что в ночное время суток (до 12–14 ч) человек находится в условиях ГГ, а днем выполняет физические тренировки в условиях равнины. В первую очередь данная методика была разработана для спортсменов, специализирующихся на видах спорта с преимущественным проявлением выносливости для увеличения кислородной емкости крови, ОЦК и нивелирования отрицательного эффекта длительного

гипоксического воздействия – снижения активности Na,K-АТФазы скелетных мышц, что сопровождается иммунодепрессией, снижением мышечной массы и, как следствие, мощности выполняемых нагрузок.

В мире насчитывается до 10 природных центров, подходящих для применения данной методики. Из-за организационных сложностей широкое распространение получили методы с использованием искусственного гипоксического воздействия без применения барокамер – нормобарическая гипоксия (НГ). С этой целью применяются гипоксические генераторы в комплекте с гипоксическими тентами, палатками или специально оснащенные комнаты для создания гипоксической среды (содержание O_2 12,5–14%). Гипоксические газовые смеси при этом могут создаваться за счет сепарирования воздуха и снижения на выходе концентрации кислорода за счет пропускания его через полимерные мембраны, адсорбции «углеродным ситом», кремнием (цеолитами), разведением воздуха азотом и др. (см. рис. 1). Рекомендуемое время пребывания в условиях НГ – более 10 ч. Преимуществом применения искусственно гипоксического воздействия является возможность подбора индивидуальной «дозы» гипоксического воздействия, что наиболее ценно в клинической практике, медицинской реабилитации. Разработаны минимальные требования и согласованные регламенты для производства гипоксических тентов/комнат с компрессорами, режимов длительности нахождения и тренировок в условиях гипоксии различных групп населения [1, 2].

Появление гипоксикаторов позволило существенно расширить области выполнения гипоксических тренировок, а также разработать различные методики применения НГ. В идентичных условиях кислородного обеспечения, соответствующих высоте 2500–3000 м, эффективность НГ и ГГ как методов лечения заболеваний и коррекции функционального состояния не должна существенно различаться. Данное предположение подразумевает соблюдение одинаковых условий, прежде всего первоначальное использование доз гипоксии, исключающих неблагоприятные реакции срочной стадии адаптации, а также выполнение достаточного количества процедур, которое обеспечивало бы раз-

витие устойчивой формы адаптации. При анализе литературы, посвященной применению гипоксического воздействия в подготовке спортсменов, выявлено сопоставимое действие ГГ и НГ с точки зрения адаптационного ответа, но доза гипоксии при НГ должна быть несколько выше [3].

3. Естественным развитием подходов к гипоксическим тренировкам стало внедрение метода комбинированного последовательного выполнения физических тренировок в условиях равнины и среднегорья, предусматривающего помещение субъекта на остальное время суток в условия гипоксии: «**жить высоко – тренироваться низко и высоко**» (ЖВТНВ). Этот подход ориентирован прежде всего на профессиональных спортсменов, проходящих длительные курсы тренировок и предсоревновательной подготовки (минимально 3–4 нед) в естественных или моделируемых условиях среднегорья.

Разработаны и предлагаются технологии комбинирования рассмотренных методов на разных этапах подготовки спортсменов в зависимости от их спортивной специализации [2, 4].

4. Режим «**жить низко – тренироваться высоко**» (ЖНТВ) – периодические спортивные тренировки, физические упражнения в гипоксических условиях. Метод представляет собой сочетание действия на организм физической нагрузки и гипоксической стимуляции (при этом моделируются условия высоты 2000–3500 м, что соответствует 13–15% O₂ во вдыхаемом воздухе). Пациент или спортсмен выполняет соответственно умеренные или интенсивные (на уровне анаэробного порога) физические нагрузки на тредмиле или велоэргометре, находясь одновременно в гипоксической комнате или получая гипоксическую газовую смесь через маску гипоксикатора (рис. 2 на 3-й стр. обложки). У квалифицированных спортсменов использование режима ЖНТВ не вызывает повышение концентрации эритропоэтина, но активизирует негематологические механизмы адаптации к гипоксии: повышение плотности капилляров, содержания миоглобина, цитрат-синтазной активности, транспортера глюкозы GLUT-4 и пр. Это не всегда сочетается с приростом пиковой физической работоспособности, показателя максимального потребления кислорода (МПК), но приводит к 4–10% роста экономичности выполнения нагрузок.

К возможным ограничениям применения режима ЖНТВ можно отнести клаустрофобию при использовании закрытых камер, тентов; необходимость соблюдения требований пожарной безопасности при работе с газовыми баллонами для создания газовых сред с заданными характеристиками; ограничения применения режима для пациентов с ортопедическими проблемами, хроническими субкомпенсированными заболеваниями сердца, легких, когда сочетание гипоксии нагрузки и гипоксической гипоксии может дать негативные эффекты, спровоцировать обострение заболевания.

Систематическое применение подходов ЖВТНВ и ЖНТВ позволило выявить этапность развития адаптации к гипоксии, описать основные *гематологические* (рост содержания сывороточного эритропоэтина, рети-

кулоцитоз, повышение уровня гемоглобина, кислородной емкости крови) и *негематологические* (ангиогенез, повышение капилляризации мышц, миоглобина, активация транспорта глюкозы, гликолитическая мощность, утилизация липидов, регуляция pH, мощность систем антиоксидантной защиты, повышение буферной емкости мышц, их лактатной толерантности) механизмы развития приспособительных реакций и повышения нагрузочной толерантности (см. занятие «Университета реабилитации» за 2017 г. № 1).

Метод ЖНТВ включает несколько подходов к сочетанию нагрузки и гипоксической стимуляции.

Активные тренировки (дозированные физические нагрузки) в гипоксии (АТГ) подразумевают сочетание непрерывной гипоксической экспозиции (30–120 мин) с выполнением нагрузки низкой интенсивности на тредмиле или велоэргометре. Важно строго подбирать интенсивность нагрузки и высоту гипоксической экспозиции – уровень насыщения крови O₂ не должен опускаться ниже 80%. Такой тип тренировки к гипоксии эффективно применяется в кардиореабилитации для повышения толерантности к физическим нагрузкам. Доказана эффективность АТГ для снижения массы тела и коррекции ключевых кардиометаболических факторов риска, инсулинорезистентности у пациентов с избыточной массой тела, ожирением, метаболическим синдромом [5].

Интервальная гипоксическая экспозиция во время тренировочной сессии (ИГЭТ) – более интенсивный, чем АТГ, метод гипоксической экспозиции: физическая нагрузка умеренной и высокой интенсивности (более 70% уровня МПК) чередующимися интервалами сопровождается дыханием гипоксической газовой смесью. Длительность каждой тренировки – 30–40 мин, тренировочного блока – 2–6 нед. Аналогичным образом высота экспозиции может варьировать в зависимости от уровня работоспособности и индивидуальной чувствительности к гипоксии. Высота экспозиции может достигать 3500 м над уровнем моря, что соответствует 13% O₂ во вдыхаемом воздухе. Этот метод более требователен к физическому состоянию занимающегося по сравнению с АТГ, активно применяется в профессиональном спорте и фитнес-индустрии для снижения массы тела, а также подготовки к высокогорным восхождениям.

Как вариант сочетания АТГ и ИГЭТ применяется режим интервальной подачи гипоксической газовой смеси (через маску) в момент выполнения спортсменом нагрузки высокой интенсивности и смена на нормоксическую газовую смесь в момент, когда спортсмен выполняет нагрузку низкой интенсивности, – *интервальная гипоксическая экспозиция во время интервальной спортивной тренировки (ИГИТ)*.

Сравнительно новым методом, который нашел применение в тренировке спортсменов игровых видов спорта, но также используется в видах спорта с преимущественным проявлением выносливости, являются *повторные спринты в условиях гипоксии (ПСГ)*. Их выполнение способствует улучшению способности к повторным ускорениям и активно применяется в

спорте. В процессе тренировок активируются факторы транскрипции PGC-1 α , HIF-1 α и др., которые ассоциированы с повышением работоспособности. Такой метод подразумевает выполнение нагрузок высокой интенсивности при дыхании газовой смесью с 14% содержанием O₂. При таком типе тренировок спортсмен выполняет серию повторных ускорений: 5 ускорений по 10 с и 20 с отдыха. В одной тренировочной сессии рекомендуется проводить серии таких ускорений с интервалом отдыха 10 мин. На велоэргометре нагрузка 120 Вт. Такой тип тренировки очень требователен к физическому состоянию и может применяться только у спортсменов.

Несколько изолированно от всех предыдущих стоит техника адаптации к коротким интервалам выраженной гипоксии (11–12% O₂), прерываемым дыханием атмосферным воздухом, – метод **пассивных интервальных гипоксических тренировок (ИГТ)**. ИГТ реализуются исключительно с применением гипоксикаторов, поскольку быстрая смена концентрации O₂ в подаваемой для дыхания газовой смеси невозможна в барокамерах, тентах и пр. При работе по данной методике пациент находится в покое (сидя, полулежа) и дышит через маску гипоксической газовой смесью. Циклы гипоксии сменяются циклами дыхания атмосферным воздухом. Соотношение длительности дыхания гипоксической смесью и атмосферным воздухом может варьировать в зависимости от индивидуальной чувствительности к гипоксии (степени десатурации крови в гипоксический интервал не ниже 80%) и может составлять, например, 5 мин дыхания гипоксической смесью с 3-минутным перерывом с повторением таких циклов за одну процедуру 5–8 раз. При использовании данной методики применяются достаточно жесткие режимы гипоксии – 10–12% O₂ во вдыхаемом воздухе. По сравнению с методиками ЖВТВ и ЖВТН, когда необходимо длительное пребывание человека в условиях гипоксии, при ИГТ длительность процедуры составляет 60–100 мин/день, на курс 14–30 процедур.

В спортивной практике режим ИГТ не нашел широкого применения, поскольку в ряде работ показано, что у спортсменов высокой квалификации при использовании ИГТ прирост аэробной работоспособности незначителен – в пределах 2,5–3,5%. В то же время в клинических и прикладных исследованиях, выполненных в последние 30–35 лет, именно режим ИГТ с дыханием гипоксической газовой смесью в циклическом режиме получил значительное распространение. Установлена эффективность пассивных ИГТ в повышении толерантности к физическим нагрузкам и качества жизни пациентов с сердечно-сосудистой, бронхолегочной патологией, в реабилитации пожилых пациентов с гипертонической болезнью, метаболическим синдромом.

Важным моментом в случае применения режимов пассивной ИГТ в циклическом варианте является не только влияние самой гипоксии, но и чередование периодов дозированной гипоксии и реоксигенации (восстановление исходного уровня кислородного снабжения организма на фоне повышенной активности механизмов

его транспорта и утилизации за счет предшествующего эпизода гипоксии). В момент реоксигенации (гипероксии) в клетке происходит индукция активных форм кислорода, которые запускают сигнальные каскады синтеза защитных внутриклеточных факторов, в том числе с антиоксидантной функцией, и, как следствие, приводят к формированию стрессиндуцированного ответа. Активация редокс-сигналикации стимулирует факторы транскрипции NF- κ B, AP-1, HIF-1 α , HIF-3 α , которые индуцируют синтез защитных белков – ферментов антиоксидантной защиты, семейства белков теплового шока, Fe-регулирующих белков, ферментов репарации и др.

Значимыми в прикладном плане представляются результаты оценки переносимости пациентами процедур ИГТ: побочные эффекты (одышка, учащенное сердцебиение при прохождении первых процедур, головокружение) наблюдались у единичных пациентов, а при небольшом повышении концентрации O₂ субъективно неприятные ощущения и негативные симптомы исчезали. При этом гипоксические процедуры не провоцировали ангиальные приступы у пациентов с ишемической болезнью сердца, после инфаркта миокарда, хорошо переносились даже пожилыми людьми (65–85 лет).

Рядом специалистов предпринимаются попытки повышения эффективности процедур ИГТ: индивидуальное дозирование гипоксии на основе типа реагирования на гипоксический стимул и уровня функциональных резервов пациента; индивидуализация режимов терапии на основе «дозного» подхода к гипоксии; комбинирование применения гиперкапнических газовых смесей в гипоксический интервал гипоксической тренировки и в период восстановительной реоксигенации, что дает дополнительный стимул для дыхательного и кардиоваскулярного регуляторных центров.

Недавно предложен новый подход к повышению эффективности ИГТ, заключающийся в чередовании при процедурах ИГТ коротких гипоксических экспозиций и гипероксических интервалов с подачей в эти периоды через маску газовой смеси с содержанием O₂ 30–35% (вместо дыхания обычным воздухом). Предложенный метод получил название **интервальных гипоксическо-гипероксических тренировок (ИГГТ)**. В пилотных исследованиях в группе спортсменов с синдромом перетренированности, а также в группе кардиологических пациентов после курса процедур ИГГТ отмечены более оперативное восстановление физической работоспособности, нормализация вегетативного баланса, повышение гипоксической толерантности в сравнении с ИГТ.

Широкое внедрение разных методов адаптации к гипоксии в современном техническом и технологическом сопровождении открывает новые перспективы в практике спортивной, профилактической и клинической медицины. Гипоксические тренировки могут быть эффективны для повышения кардиореспираторной выносливости и толерантности к физическим нагрузкам пациентов с ортопедической коморбидностью, на начальных этапах реабилитации при наличии у больных высокого и очень высокого риска развития

кардиальных событий, в медицинском сопровождении спортсменов с ограниченными возможностями.

Дальнейший вектор развития данного направления лежит в области исследования наиболее эффективных режимов комбинирования методов гипоксического воздействия, а также интенсивности нагрузки и степени гипоксического воздействия для различных клинических состояний, профилактических и реабилитационных задач, в спортивной практике [6–8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Булатова М.М., Платонов В.Н. Среднегорье, высокогорье и искусственная гипоксия в системе подготовки спортсменов. *Спортивная медицина (Украина)*. 2008; (1): 95–119.
 2. Millet G.P., Faiss R., Brocherie F., Girard O. Hypoxic training and team sports: a challenge to traditional methods? *Br. J. Sports. Med.* 2013; 47; Suppl 1: i6–7.

3. Serebrovskaya T.V., Xi L. Intermittent hypoxia training as non-pharmacologic therapy for cardiovascular diseases: practical analysis on methods and equipment. *Exp. Biol. Med. (Maywood)*. 2016; 241 (15): 1708–23.
 4. Горанчук В.В., Сапова Н.И., Иванов А.О. *Гипокситерапия*. СПб.: Элби-СПб, 2003.
 5. Netzer N.C., Chytra R., Küpper T. Low intense physical exercise in normobaric hypoxia leads to more weight loss in obese people than low intense physical exercise in normobaric sham hypoxia. *Sleep Breath*. 2008; (12): 129–34.
 6. Александров М.В., Иванов А.О., Александрова Т.В. Механизмы адаптационного эффекта нормобарической гипокситерапии. *Вопр. курортол.* 2001; (1): 8–20.
 7. Зеленкова И.Е., Зоткин С.В., Грушин А.А. Сравнительная оценка методов нормо- и гипобарической гипоксии в подготовке спортсменов. В кн.: В.А. Аикин, Н.С. Загурский (ред.). *Современная система спортивной подготовки в биатлоне: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции*. М., 2016: 79–95.
 8. Разолов Н.А., Чижов А.Я., Потиевский Б.Г., Потиевская В.И. *Нормобарическая гипокситерапия. Методические рекомендации для авиационных врачей*. М., 2002.

Контрольные вопросы к занятию № 2

№	Вопрос	Выделите только один, однозначно верный, на Ваш взгляд, вариант ответа из предложенных (верных и ошибочных)			
		1	2	3	4
1.	Что такое гипобарическая гипоксия?	Гипоксия, вызванная повышенным атмосферным давлением	Гипоксия, вызванная пониженным атмосферным давлением	Хроническое заболевание	Гипоксия, вызванная вдыханием газовой смеси с 10% кислорода
2.	Что такое нормобарическая гипоксия?	Гипоксия, вызванная дыханием газовой смесью с пониженным содержанием кислорода при нормальном барометрическом давлении	Гипоксия, возникающая в самолете	Гипоксия, вызванная повышенным атмосферным давлением	«Нормальная гипоксия»
3.	Что означает термин «гипоксикатор»?	Прибор, повышающий концентрацию углекислого газа во вдыхаемом воздухе	Аппарат для искусственной вентиляции легких	Система жизнеобеспечения в летательных аппаратах	Прибор, позволяющий снижать концентрацию кислорода во вдыхаемом воздухе
4.	Сопоставим ли физиологический ответ при воздействии нормо- и гипобарической гипоксии?	Да	Нет	Несколько ниже при нормобарической гипоксии	Несколько ниже при гипобарической гипоксии
5.	Какая самая распространенная на текущий момент тренировка с использованием гипоксии в клинической медицине?	Повторные спринты в гипоксии	Интервальная гипоксическая экспозиция	Интервальная гипоксическая экспозиция во время интервальной гипоксической тренировки	«Живи высоко – тренируйся низко»
6.	Какая самая распространенная на текущий момент тренировка с использованием гипоксии в спортивной подготовке?	«Живи высоко – тренируйся низко»	Интервальная гипоксическая экспозиция во время интервальной гипоксической тренировки	Интервальная гипоксическая экспозиция	Повторные спринты в гипоксии
7.	Какие гипоксические тренировки наиболее целесообразны для игровых видов спорта?	Интервальная гипоксическая экспозиция во время интервальной гипоксической тренировки	Повторные спринты в гипоксии	«Живи высоко – тренируйся высоко»	«Живи низко – тренируйся низко»
8.	Гипоксическо-гипероксическая тренировка – это...	Такой не бывает	Тренировка с ритмичной сменой атмосферного давления	Чередование коротких гипоксических и гипероксических интервалов	Курс дыхательной гимнастики, когда следующий день отличается от предыдущего гипоксическим или гипероксическим режимом
9.	Можно ли осуществлять гипоксические тренировки в горах?	Можно, но не всегда, так как на это влияет режим инсоляции и лавиноопасность	Можно	Нельзя	Можно, но только ниже 1000 м