DOI: 10.48612/cgma/vftv-rfhn-ez76

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИПОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ В МЕДИЦИНЕ

А.А. Благинин*, С.В. Будников, В.В. Нестерова
ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова», Минобороны России, Санкт-Петербург

HYPOBARIC HYPOXIC TRAININGS IN MEDICINE

A.A. Blaginin*, S.V. Budnikov, V.V. Nesterova
Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russia

***E-mail:** serb404@rambler.ru

Аннотация

Обзор посвящен опыту применения гипобарической гипоксической тренировки (ГГТ) в мире и непосредственно в нашей стране. О влиянии на организм летчика таких факторов полета, как пониженное барометрическое давление и пониженное парциальное давление кислорода, известно уже давно. Если еще в начале XIX века говорилось только о негативном влиянии этих факторов на человека, то со временем эффекты от их воздействия стали использовать для сохранения профессионального здоровья авиационных специалистов, а в дальнейшем – для улучшения функциональных резервов спортсменов, а также для лечения и реабилитации пациентов с различными патологиями. Сейчас ГГТ применяется не только в авиационной и спортивной медицине, но и в кардиологии, пульмонологии, гастроэнтерологии, гинекологии, психиатрии и других областях медицины. В статье раскрываются механизмы воздействия ГГТ на организм человека, показания и опыт применения этого метода, а также представлены перспективы использования ГГТ в современных условиях. В заключении авторы указывают на необходимость дальнейшего расширения реабилитационного потенциала ГГТ для восстановления работоспособности и сохранения профессионального здоровья пациентов.

Ключевые слова: гипоксия, гипобарическая гипоксическая тренировка, функциональное состояние, ампутация конечностей, реабилитация, барокамера.

Abstract

In the article, the authors describe the application of hypobaric hypoxic trainings (HHT) in the world as well as in Russia. The impact of flight factors such as low barometric pressure and low partial pressure of the oxygen at the pilot organism has been known for a long time. If at the beginning of the XIX century these impacts at humans were thought to be only negative, then over the time they became an effective tool in preserving the professional health of aviation specialists, and later in improving functional reserves of athletes and in optimizing treatment and rehabilitation of patients with various pathologies. Currently, HHT is used not only in aviation medicine and sports medicine, but also in cardiology, pulmonology, gastroenterology, gynecology, psychiatry and other fields of medicine. The article also describes mechanisms of HHT impact at the human organism as well as indications, obtained experience and prospects of HHT application . In conclusion, the authors underline the necessity to further extend HHT rehabilitation potentials for restoring working capacity and preserving professional health of patients.

Keywords: hypoxia, hypobaric hypoxic training, functional state, limb amputation, rehabilitation, pressure chamber.

Ссылка для цитирования: Благинин А.А., Будников С.В., Нестерова В.В. Возможности применения гипобарической гипоксической тренировки в медицине. Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2025; 4: 100–106.

Введение

Сохранение профессионального здоровья авиационных специалистов – это одна из основных задач авиационной медицины. Изучение факторов, действующих на специалистов авиационного профиля при выполнении полетов, позволило определить, какое негативное воздействие они оказывают на организм человека. С развитием медицины, подтверждая слова Парацельса: «Все есть яд, и ничто не лишено ядовитости; лишь доза делает яд незаменимым», авиационные врачи научились использовать полученные знания о факторах полета во благо. Разработка такого немедикаментозного метода профилактики и лечения заболеваний, как гипобарическая гипоксическая тренировка (ГГТ), позволила корректировать пограничное или патологическое функциональное состояние авиационных специалистов [1]. В дальнейшем этот метод стал применяться при подготовке спортсменов к соревнованиям, для лечения и реабилитации пациентов с различными патологиями систем органов.

В основе ГГТ лежит формирование стресс-реакции на клеточном уровне. Развивающаяся адаптация к гипобарической гипоксии позволяет рассчитывать на положительный эффект от гипобаротерапии.

Одним из ключевых механизмов повышения резистентности к гипоксической гипоксии является действие белков теплового шока (HSP70, HSP90) и транскрипционного гипоксия-индуцированного фактора (HIF-1α) [2, 3].

Основной функцией белков HSP является защита клетки от стрессирующих условий, при гипоксии происходит усиление их экспрессии. Синтез белков HSP индуцируется через 10–20 минут после начала воздействия на организм

повреждающего фактора. Усиленная экспрессия HSP приводит к адаптационной стабилизации клеточных структур, проявляющейся в виде защиты ядерных и митохондриальных мембран, лизосом и саркоплазматического ретикулума ограничением перекисного окисления липидов и липолиза. То есть организм в ответ на воздействие гипоксической гипоксии приобретает устойчивость клеток к воздействию любых стрессовых факторов.

При воздействии стресс-факторов, к которым в том числе относится снижение концентрации кислорода во вдыхаемом воздухе, активируется транскрипция генов, отвечающих за синтез эритропоэтина, трансферрина, церулоплазмина, ферментов гликолиза, эндотелиального фактора сосудистого роста и других генов, связанных с усвоением и транспортом кислорода, чему способствует действие HIF-1α. Вследствие этого осуществляются продукция АТФ и повышенное производство активных форм кислорода и радикалов при гипоксии.

Совместное воздействие HSP70, HSP90 и HIF-1α переводит энергопродукцию организма на анаэробные механизмы, адаптируя таким образом организм к воздействию стресс-факторов.

Задачей проведения ГГТ является не только получение временного улучшения физиологических показателей организма, так называемой срочной адаптации, но и формирование структурного «следа» адаптации.

На начальном этапе адаптации физиологические реакции протекают некоординированно, вызывая истощение физиологических резервов организма, что, в свою очередь, приводит к его истощению. Возникает дезадаптация, сопровождающаяся повышенной утомляемостью, изменением психического настроения и другими проявлениями [4]. Так после одного – трех дней проведения ГГТ у многих испытуемых отмечается повышенная утомляемость, сонливость, снижение физической работоспособности. Приспособительный эффект от такого воздействия будет низким и коротким по времени сохранения.

При продолжении курса отмечается следующая фаза адаптации, при которой уже имеющиеся физиологические механизмы не позволяют обеспечить приспособительную реакцию к стресс-фактору. Это приводит к созданию новых функциональных систем. Изменения происходят не только на уровне систем органов, тканей, но и на клеточно-молекулярном уровне. На этом этапе адаптации происходит формирование оптимальных функциональных связей, способных в перспективе обеспечить стойкий приспособительный эффект.

При проведении курса ГГТ в полном объеме адаптация будет носить длительный и устойчивый характер. Многократное воздействие на организм стресс-факторов приводит к мобилизации созданной функциональной системы, меньшим затратам энергии. Именно появление структурного «следа» говорит о формировании долгосрочной адаптации.

Анализ литературы показал, что проведение десятидневного курса ГГТ приводит к формированию структурного «следа», проявляющегося в повышении устойчивости человека к воздействию стресс-факторов с сохранением положительного эффекта в течение двух – шести месяцев [5].

Динамика изменения основных физиологических параметров организма человека играет важную роль при проведении ГГТ. Симптомы, проявляющиеся при проведении ГГТ, могут быть схожи с проявлениями высотной болезни. После первых сеансов у пациента из-за повышения сенсибилизации нейроваскулярной системы с помощью механических и биохимических факторов увеличиваются показатели артериального давления (АД) и развивается утомление [6–8].

В иностранной литературе приводится ряд классификационных индексов, позволяющих оценить воздействие гипоксии на организм испытуемых и устойчивость к развитию высотной болезни. Один из них – балльная система Lake-Louise – представляет собой опросник для самооценки, оценивающий тяжесть переносимости нагрузки от воздействия высоты по пяти основным критериям, таким как головная боль, тошнота, головокружение, усталость и нарушения сна [7]. Данная методика позволяет в баллах оценить степень тяжести воздействия высотных факторов и ее влияние на общее функционирование организма [9].

ГГТ осуществляется с помощью барокамер пониженного давления. На сегодняшний день в военной медицине используются различные виды барокамер. Преимущественно это стационарные барокамеры: СБК-48М, СБК-80, БКПД 5-1 и передвижные: ТрБК-73, транспортабельный гипобарический барокамерный модуль (МГБ) [10]. В Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова для выполнения ГГТ используют современный барокомплекс БКПД 5-1. Он позволяет пяти испытуемым в комфортных условиях провести ГГТ. Барокомплекс оснащен системой объективного медицинского контроля для регистрации физиологических показателей в реальном времени. На каждом рабочем месте возможна подача кислорода для купирования гипоксических состояний у пациентов. Система видеонаблюдения (12 камер в рабочем отсеке) позволяет оценить состояние психомоторики (мимика, жесты), эмоциональное состояние (спокойное, заторможенное, эйфорическое, возбужденное), вегетативные проявления (лабильность окраски лица, потливость, тремор) у пациентов при нахождении на высоте.

В литературе описано несколько режимов применения ГГТ. Все они отличаются стартовой и максимальной высотами «подъема». Однако следует отметить, что высоты до 2000 м являются индифферентными для большинства людей, а на высотах от 2000 до 4000 м кислородное обеспечение не требуется, так как дефицит кислорода на таких высотах компенсируется организмом за счет напряжения приспособительных реакций, из чего следует, что оптимальными являются режимы «подъема» с максимальной высотой до 4000 м.

В России ГГТ проводят в соответствии с методикой, утвержденной Министерством здравоохранения РФ в 1993 г. Данная методика подразумевает ступенчатый «подъем» в барокамере с высоты 1500 до 3500 м. В первый «подъем» создается минимальная высота, затем каждый следующий «подъем» осуществляется с увеличением на 500 м.

Скорость «подъема» и «спуска» – 7–10 и 5–7 м/с соответственно. Продолжительность курса – от 10 дней до 30 суток, не более одной процедуры в день. Пребывание на высоте составляет от 30 до 60 минут.

ГГТ является эффективным, но затратным методом, требующим соответствующей подготовки медицинских специалистов и инженерного состава, обеспечивающих проведение курса.

Полеты на современной авиационной технике сопровождаются сложными эволюциями летательных аппаратов в пространстве и, как следствие этого, влиянием на летчика различных механических сил (угловых, линейных ускорений и ускорений Кориолиса). При воздействии адекватных и неадекватных раздражителей на вестибулярный аппарат возникают такие явления, как нистагм, вестибулосоматические и вестибулосенсорные реакции и вестибуловегетативные расстройства.

Исследования с участием 58 мужчин в возрасте 17–28 лет показали, что у испытуемых отмечались повышение актив-

ности и общего тонуса организма, улучшение самочувствия и настроения. Переносимость вестибулометрических проб увеличивается в 1.5–2 раза, отмечается уменьшение продолжительности нистагма после сеансов ГГТ.

Применение курса ГГТ оправдано для всех авиационных специалистов независимо от типа летательного аппарата. Повышение устойчивости к гипоксии с помощью ГГТ, как метода психофизиологической подготовки летчиков, необходимо, так как с развитием гипоксии на высоте может столкнуться каждый из них. Исследование, проведенное компанией Cable, показало, что 63% всех случаев гипоксии в Королевских военно-воздушных силах (ВВС) Австралии за 11-летний период можно объяснить техническими сбоями, связанными с бортовой системой подачи кислорода. Более ранние исследования ВВС США, в которых рассматривались случаи гипоксии с 1970 по 1980 г., показали аналогичные результаты, подтверждающие факт, что примерно в 65% всех инцидентов летный состав пользовался кислородным оборудованием и носил кислородные маски, испытывая симптомы гипоксии [11–13].

На современных летательных аппаратах используются комплекты кислородного оборудования, которые в случаях разгерметизации кабины на высотах более 12 000 м подают кислород в дыхательные пути летчика под избыточным давлением, то есть под давлением, превышающим окружающее атмосферное. Для обоснования применения ГГТ в целях повышения устойчивости организма к дыханию под избыточным давлением было обследовано 16 здоровых мужчин в возрасте 19–22 лет. Проведение курса ГГТ приводило к улучшению функционирования сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Так, после курса ГГТ дыхание под избыточным давлением сопровождалось меньшим увеличением частоты сердечных сокращений (на 7–14%) и частоты дыхания (на 10–17%). Обследуемые могли на 5–8% дольше задерживать дыхание.

Одним из направлений применения ГГТ в авиационной медицине является коррекция функционального состояния у авиационных специалистов. Обследованию подвергались специалисты с операторским профилем профессиональной работы, у которых отмечались жалобы на повышенную утомляемость, нарушения со стороны сердечно-сосудистой и нервной систем. Проведение курса ГГТ способствовало нормализации сна, снижению тревожности, положительной динамике физиологических показателей. Показатели физической работоспособности увеличились - от 29 до 36%. Жалобы на ухудшение самочувствия исчезли. Результаты показали, что курс ГГТ способствовал повышению как физической работоспособности, так и коррекции пограничного функционального состояния операторов [14].

Курс ГГТ применяется и в спортивной медицине. Использование этого метода приводит к расширению функциональных резервов кардиореспираторной системы, увеличению кислородного бюджета организма, повышению физической работоспособности. А в результате систематических занятий спортом увеличиваются функциональные возможности сердечно-сосудистой и дыхательной систем, развивается мышечный аппарат, что, в свою очередь, способствует лучшей подготовке спортсменов и более высоким спортивным результатам [15, 16].

Исходя из этого, ГГТ является универсальным методом подготовки профессиональных спортсменов. Корейские исследователи провели эксперимент на группе профессиональных пловцов. Суть исследования заключалась в повышении аэробных функций организма и увеличении физических показателей. Была отобрана группа пловцов и разделена поровну случайным образом. Одна группа тренировалась в условиях нормобарии, другая в условиях гипобарической гипоксии на высоте 3000 м. Тренировки проводились по четыре часа, через два часа после каждого приема пищи спортсменам измеряли максимальное потребление кислорода и максимальную частоту сердечных сокращений. По результатам тренировок на протяжении восьми дней, контрольный заплыв и бег на дистанцию 400 м показал лучшее время в группе, подвергавшейся тренировкам в условиях гипобарии [17].

Стоит отметить, что отечественные спортсмены также используют ГГТ для повышения физических показателей. В 2019 г. на базе Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова было проведено исследование группы альпинистов, прошедших курс ГГТ, на основании результатов которого было сделано следующее заключение: курс интервальных гипоксических гипобарических тренировок на термобарокомплексе «Табай» с моделированием гипоксии низкой степени может повысить физическую работоспособность и выносливость специалистов, выполняющих работу в условиях с пониженным парциальным давлением кислорода в атмосфере [18]. Также коллеги из Республики Беларусь подтвердили эффективность ГГТ, исследуя группу легкоатлетов: курс интервальной гипоксической тренировки в течение 20 дней не вызвал негативных изменений со стороны сердечно-сосудистой системы спортсменов, привел к экономизации функционирования дыхательной системы, способствовал повышению физической работоспособности спортсменов, что позволило увеличить уровень спортивного мастерства [19, 20].

Обосновано применение курса ГГТ и в современной медицине. Лечебно-профилактические мероприятия с использованием барокамер способны стабилизировать и улучшить состояние пациента при различных патологиях. Создание условий с высоким содержанием кислорода и низким атмосферным давлением позволяют влиять на широкий спектр заболеваний различных систем организма [21].

В пульмонологии ГГТ успешно применяется в комплексном лечении таких заболеваний дыхательной системы, как бронхиальная астма легкой и среднетяжелой формы, хронический бронхит, пневмония [22]. Было проведено исследование с участием 34 пациентов с бронхиальной астмой, причем у некоторой части обследуемых были признаки эмфиземы легких и дыхательной недостаточности I степени. Терапию проводили в течение 25 дней в барокамере БЛКС-307. В результате лечения определялось улучшение самочувствия из-за купирования кашля и снижения объема сухих хрипов в легких. Благодаря увеличению проходимости бронхов улучшилась функция внешнего дыхания. Повысилась жизненная емкость легких (ЖЕЛ) [22–24].

Воздействие гипоксии на гладкую мускулатуру бронхов приводит к устранению ее спазма. Это в совокупности с усилением мукоциллиарного клиренса облегчает отхождение мокроты. Проводимость бронхов всех калибров улучшается. У пациентов при проведении курса ГГТ отмечается улучшение легочной гемодинамики за счет увеличения емкости микроциркуляторного русла. Положительный эффект достигается при любом течении бронхиальной астмы.

Снижение интенсивности и частоты приступов кашля отмечается и при использовании ГГТ для больных, перенесших COVID-19. У таких пациентов исчезает одышка, улучшается общее самочувствие [22].

Полученные результаты говорят о положительной динамике лечения пациентов с бронхо-легочной патологией. Повышение форсированной скорости выдоха за одну секунду, индекса

Тиффно отмечается и через месяц после проведенного лечения. Это подтверждает формирование структурного «следа» после проведенного курса ГГТ.

Влияние пониженного барометрического давления в совокупности с пониженным парциальным давлением кислорода положительным образом влияет на людей, проживающих в горах. У них реже отмечается ишемическая болезнь сердца, что является одним из факторов, способствующих долголетию. Вот почему одним из направлений ГГТ является лечение и реабилитация пациентов с патологией сердечно-сосудистой системы. Повышение миоглобина в миокарде способствует снижению потребности мышцы в кислороде. Происходит увеличение емкости сердечного русла. У пациентов, прошедших курс ГГТ, наблюдается динамика к регрессии заболевания. Например, были исследования 52 мужчин с инфарктом миокарда (два – четыре месяца с начала развития заболевания): курс процедур в барокамере «Урал-1» показал эффективность ГГТ. К завершению терапии у 89% испытуемых снизилось количество перебоев в работе сердца и приступов стенокардии, уменьшилась загрудинная боль. Повседневный объем физической активности с привычной интенсивностью выполнялся незатруднительно и не требовалось повышение терапевтических доз нитроглицерина. Существенно улучшилось качество сна, перестали беспокоить головные боли и головокружения. У 11% испытуемых отсутствие эффекта скорее всего было связано с индивидуальной высокой резистентностью к гипоксии [25].

Воздействие курса ГГТ оказывает еще и антиаритмический эффект. Приступы стенокардии либо уменьшаются, либо проходят вовсе. У пациентов отмечается уменьшение количества экстрасистол и повышение физической работоспособности.

В иностранных источниках имеются сведения позитивного влияния ГГТ на одно из патогенетических звеньев развития артериальной гипертензии и гипертонической болезни [26]. Важно отметить, что применять тренировку в период гипертонического криза нельзя. В Китае провели исследование, замысел которого состоял в изучении вазодилатационного эффекта ГГТ. Были отобраны крысы с реноваскулярной гипертензией, которых подвергли условиям пониженного давления и повышенного содержания кислорода. Вследствие активации кальций-активируемых калиевых каналов происходила вазорелаксация, приводящая к снижению АД. Таким образом, ГГТ способна воздействовать на аномально повышенный тонус сосудов [26, 27].

Исследования на людях также доказали эффективность ГГТ у пациентов с артериальной гипертензией. У большинства отмечается улучшение самочувствия после лечения. Уменьшение показателей давления по сравнению с показателями до курса в среднем было на 15%. Структурный «след» отмечался у таких пациентов до полугода.

Используется ГГТ и для пациентов с онкологическими заболеваниями. У пациентов снижается частота и выраженность непосредственной реакции на лучевую терапию и отдаленные лучевые повреждения [28]. К положительным эффектам стоит отнести снижение побочного действия от химиопрепаратов, применяемых для лечения злокачественных новообразований, а также повышение неспецифической устойчивости пациентов с этой патологией.

Воздействие ГГТ на организм приводит к стимуляции синтеза эритропоэтина, что, в свою очередь, активирует усиленную работу красного костного мозга. В результате увеличивается количество эритроцитов в кровяном русле. Также отмечается рост содержания гемоглобина в эритроцитах. Эти эффекты позволяют использовать ГГТ у пациентов с железодефицитной анемией. Исследования, проводимые на 69 пациентах с данной патологией, подтвердили это предположение. Сохранение эффекта от ГГТ отмечалось в течение нескольких месяцев.

ГГТ имеет положительную динамику и в профилактике болезней эндокринной системы, таких как сахарный диабет 2-го типа. Исследования на пациентах с избыточной массой тела показали тенденцию к снижению массы тела, а на клеточном уровне снизились показатели глюкозы крови натощак, иммунореактивного инсулина и С-пептида. И как следствие, индекс HOMA-IR (Homeostasis model assessment of insulin resistance) упал более чем на 50% [29].

Возможно применение ГГТ и для коррекции метаболического синдрома, приводящего к развитию сахарного диабета 2-го типа вследствие повышения уровня инсулина в плазме крови и нарушения толерантности к глюкозе. Часто отмечается сочетание данной патологии с абдоминальным ожирением и артериальной гипертензией. При метаболическом синдроме рекомендовано начинать курс ГГТ с высоты 1000 м, увеличивая высоту ежедневно на 500 м, а с пятого сеанса «рабочей высотой» является 2500 метров. «Подъем» и «спуск» осуществляют со скоростью 4–5 м/с. Время нахождения на высоте составляет 15–20 минут. Курс рассчитан на 12–14 ежедневных процедур [30].

Также ГГТ не обошла стороной акушерские и гинекологические патологии. Женщины с «тонким» эндометрием, имеющие существенные проблемы с зачатием и благополучным вынашиванием ребенка, подверглись одновременной терапии лекарственными средствами и ГГТ в барокамере «Урал-1». Даже в сравнении с обычной медикаментозной прегравидарной подготовкой при использовании ГГТ достигнут более выраженный эффект – толщина эндометрия увеличилась примерно на 2 мм [31]. Кроме того, проведено исследование влияние ГГТ на женщин с менопаузальным синдромом. Курс состоял из 22 сеансов в том же аппарате. Существенный эффект проявился уже в начале терапии и с продолжением курса только усиливался. У большей части женщин уменьшилась выраженность основных симптомов климактерического периода: жар, повышенное потоотделение, головная боль, утомляемость, психические расстройства, что свидетельствует об эффективности применения ГГТ в коррекции дисфункций вегетативной нервной системы и психоэмоциональных нарушений при менопаузе [32].

Женщинам с хроническими неспецифическими воспалительными заболеваниями матки и придатков также показано проведение курса ГГТ. Сочетание ГГТ с медикаментозным лечением является более эффективным по сравнению со стандартным курсом медикаментозного лечения. Исследования, проводимые на 123 женщинах, показали, что у всех пациенток после ГГТ наблюдалось снижение объективных и субъективных симптомов заболевания [33].

Применение ГГТ для пациентов с ЛОР-патологией также актуально. Так, исследовали пациентов с аллергическими ринитами и риносинусопатиями. Курс лечения был рассчитан на 22 ежедневных сеанса. Итогом проводимой терапии стало восстановление носового дыхания и обоняния у большинства пациентов. Курс ГГТ позволил избежать рецидива заболевания в течение года у большинства пациентов [34].

В лечении органов пищеварения ГГТ тоже нашла свое применение. Так, группе пациентов с дисморикой желчного пузыря провели адаптацию к гипобарической гипоксии. Схема включала поэтапные подъемы до высоты 3500 метров в барокамере «Урал-Антарес». В итоге у испытуемых усилилось

опорожнение желчного пузыря, что предоставляет возможность для немедикаментозной коррекции гипокинетической дискинезии желчевыводящих путей.

ГГТ используется в качестве альтернативы существующим медикаментозным и психотерапевтическим методам и показана в терапии тревожных расстройств при неврозах и психосоматических заболеваниях. ГГТ позволяет исключить такие побочные эффекты, как развитие панических реакций, тремора, акатизии, которые возникают при применении медикаментозных средств. Режим ГГТ при такой патологии отличается от стандартного курса: применяется ступенчатый «подъем» в барокамере с высоты 500 м, а не 1500 м, со скоростью «спуска» и «подъема» 1–3 м/с. Это продиктовано тем, что у пациентов с данной патологией взаимно индуцированы тревожные и конверсионные реакции. Более мягкий режим «подъема» позволяет снизить развитие неблагоприятных эмоционально-поведенческих реакций. Исследования на 126 пациентах показали снижение показателей тревожности после курса и стойкое состояние ремиссии продолжительностью более одного года у более 90% пациентов этой группы [35].

Особое внимание заслуживает использование ГГТ в коррекции последствий боевого стресса, таких как посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР). В эксперименте с помощью парадигмы «стресс – рестресс» крыс ввели в состояние ПТСР. Животным одной группы особей проводили лекарственную терапию антидепрессантом, а другой – подвергли трехкратному воздействию умеренной гипобарической гипоксии. В результате ГГТ показала более выраженное анксиолитическое действие с отсутствием побочных эффектов. У животных сохранялось нормальное восприятие и адекватная реакция на окружающую среду, в то время как антидепрессант вызывал снижение двигательной активности. Следовательно, ГГТ является немедикаментозным аналогом лечения психических расстройств, вызванных различными травмирующими факторами [36–38].

В связи с изменяющейся обстановкой в мире, помимо боевого стресса, появляется большое количество пациентов с травмами и увечьями. Такой особый контингент нуждается в своевременном и полном оказании им медицинской помощи, включая инновационные методы реабилитации. Поиск новых методов для реабилитации таких пациентов привел к апробации уже известного эффективного метода, такого как ГГТ. Хорошую эффективность этот метод показал у пациентов с ампутациями верхних и/или нижних конечностей. Исследования проводили на пациентах после травматической ампутации конечностей на этапе протезирования. Курс продлился 10 дней по схеме ступенчатого «подъема» до 3500 м. Итогом терапии стало комплексное воздействие на весь организм: у пациентов зафиксированы увеличение ЖЕЛ, нормализация АД и ЧСС, купирование психосоматических расстройств, улучшение общего состояния и повышение качества жизни. Эти эффекты позволили уменьшить сроки лечения и реабилитации пациентов [39, 40].

Заключение

Исследование сложного механизма воздействия ГГТ на организм, понимание эффективности ГГТ при различных патологиях с оценкой нынешнего темпа развития медицины обусловливают целесообразность использования этого метода. Активируя работу целого ряда механизмов, способствующих адаптации организма к стрессовому воздействию, ГГТ способна расширить функциональный энергетический резерв организма и при правильном применении улучшить функции респираторной, сердечно-сосудистой и других систем. С учетом особенности физиологических нагрузок в авиации у летчиков и в спорте ГГТ является практичным методом тренировки. А комплексное применение ГГТ позволяет избежать осложнений консервативного лечения и стать полноценным методом реабилитации. С точки зрения финансирования, использование ГГТ на ранних этапах формирования заболеваний у лиц группы риска в профилактических целях позволяет снизить расходы и ускорить сроки лечения уже развившихся заболеваний. Принимая во внимание все положительные стороны применения ГГТ, стоит и в дальнейшем использовать ее для коррекции функционального состояния специалистов экстремальных профессий, лечения и реабилитации пациентов с различными патологиями, а также осуществлять поиск новых направлений для применения столь эффективного метода.

Литература

1. Благинин А.А. и др. Современные технологии подготовки военных авиационных врачей // Гуманитарный военный журнал. – 2025. – Т. 1. – № 1. – С. 45–52. [Blaginin A.A. et al. Modern technologies for training military aviation doctors // Humanitarian Military Journal. – 2025. – V. 1. – No 1. – P. 45–52. In Russian].
2. Крюков Е.В. и др. Гипоксия в экстремальных условиях Арктики и военно-профессиональной деятельности. – СПб: СпецЛит. – 2023. – 159 с. [Kryukov E.V. et al. Hypoxia in extreme conditions of the Arctic and military professional activity. – St. Petersburg: SpetsLit. – 2023. – 159 p. In Russian].
3. Фахретдинова Ю.Я. и др. Динамика экспрессии HIF-1α и HIF-2α в миокарде крыс на стадиях различной эволюции к гипоксии // Вестник медицины и образования. – 2025. – № 2 (10). – С. 65–72. [Fakhretdinova Yu.Ya. et al. Dynamics of HIF-1α and HIF-2α expression in the rat myocardium at different stages of evolution to hypoxia // Bulletin of Medicine and Education. – 2025. – No 2 (10). – P. 65–72. In Russian].
4. Рябцев С.М. и др. Устойчивость физиологических и психологических функций спортсменов как основа безопасности при занятиях альпинизмом // Теория и практика физической культуры. – 2007. – № 3. – С. 54–58. [Ryabtsev S.M. et al. Stability of physiological and psychological functions of athletes as a basis for safety in mountaineering // Theory and Practice of Physical Culture. – 2007. – No 3. – P. 54–58. In Russian].
5. Юпатов Г.И. и др. Применение технологий гипобароадаптации в клинике внутренних болезней (обзор литературы) // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2013. – Т. 12. – № 4. – С. 7–18. [Yupatov G.I. et al. Application of hypobaroadaptation technologies in the clinic of internal diseases (literature review) // Bulletin of the Vitebsk State Medical University. – 2013. – V. 12. – No 4. – P. 7–18. In Russian].
6. Horscroft J.A. et al. Metabolic basis to Sherpa altitude adaptation // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2017. – V. 114. – No 24. – P. 6382–6387.
7. Mallet R.T. et al. Molecular mechanisms of high-altitude acclimatization // International journal of molecular sciences. – 2023. – V. 24. – No 2. – P. 1698.
8. La Padula P.H. et al. Acute hypobaric hypoxia and cardiac energetic response in prepubertal rats: Role of nitric oxide // Experimental Physiology. – 2021. – V. 106. – No 5. – P. 1235–1248.

9. Ашырбаев А.А. и др. Острая горная болезнь (Обзор литературы) // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. – 2023. – Т. 23. – № 5. – С. 109–115. [Ashirbaev A.A. et al. Acute altitude sickness (Literature review) // Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University. – 2023. – V. 23. – No 5. – P. 109–115. In Russian].
10. Благинин А.А. и др. Перспективы развития гипобарической барокамеры (анализ литературы) // Профессиональное здоровье летного состава. – 2021. – С. 27–39. [Blaginin A.A. et al. Prospects for the development of a hypobaric pressure chamber (literature analysis) // Occupational Health of Flight Personnel. – 2021. – P. 27–39. In Russian].
11. Neuhaus C. et al. Cognitive responses to hypobaric hypoxia: implications for aviation training // Psychology Research and Behavior Management. – 2014. – No 7. – P. 297–302.
12. Shaw D.M. et al. Hypoxic hypoxia and brain function in military aviation: basic physiology and applied perspectives // Frontiers in Physiology. – 2021. – V. 12. – P. 665–821.
13. Grittani M. et al. Effects of Hypobaric Hypoxia on Endothelial Function and Adiponectin Levels in Airforce Aviators // High Altitude Medicine & Biology. – 2019. – V. 20. – No 2. – P. 165–170.
14. Благинин А.А. и др. Применение гипобарической гипоксической тренировки для восстановления работоспособности и коррекции пограничных функциональных состояний операторов // Коррекция функциональных расстройств вегетативной нервной системы у операторов авиакосмического профиля деятельности. – СПб: Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина. – 2017. – С. 49–52. [Blaginin A.A. et al. The use of hypobaric hypoxic training to restore performance and correct borderline functional conditions of operators // Correction of functional disorders of the autonomic nervous system in operators of aerospace activities. – Saint Petersburg: A.S. Pushkin Leningrad State University. – 2017. – P. 49–52. In Russian].
15. Матыцин В.О. Обоснование оптимального режима гипоксических тренировок спортсменов и специалистов экстремальных видов деятельности // Известия Российской Военно-медицинской академии. – 2020. – Т. 39. – № S3–5. – С. 79–82. [Matytsin V.O. Substantiation of the optimal hypoxic training regime for athletes and specialists in extreme activities // Proceedings of the Russian Military Medical Academy. – 2020. – V. 39. – No. S3–5. – P. 79–82. In Russian].
16. Алексеева О.В. и др. Роль применения в коррекции параметров системы гемостаза при воздействии гипобарической гипоксии // Казанский медицинский журнал. – 2024. – Т. 105. – № 6. – С. 965–973. [Alekseeva O.V. et al. The role of application in the correction of hemostasis system parameters under the influence of hypobaric hypoxia // Kazan Medical Journal. – 2024. – V. 105. – No 6. – P. 965–973. In Russian].
17. Park H.Y. et al. Intermittent hypoxic training for 6 weeks in 3000 m hypobaric hypoxia conditions enhances exercise economy and aerobic exercise performance in moderately trained swimmers // Biology of Sport. – 2018. – V. 35. – No 1. – P. 49–56.
18. Ганапольский В.П. и др. Влияние гипоксических тренировок и фармакокоррекции на физическую работоспособность и автономную регуляцию у альпинистов // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2019. – Т. 53. – № 5. – С. 77–84. [Ganapolsky V.P. et al. The effect of hypoxic training and pharmacocorrection on physical performance and autonomous regulation in climbers // Aerospace and Environmental Medicine. – 2019. – V. 53. – No 5. – P. 77–84. In Russian].
19. Пупковская О.А. и др. Применение интервальной гипобарической тренировки для повышения физической работоспособности спортсменов циклических видов спорта // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2008. – Т. 7. – № 3. – С. 5–9. [Pupkovskaya O.A. et al. The use of interval hypobaric training to improve the physical performance of athletes in cyclical sports // Bulletin of Vitebsk State Medical University. – 2008. – V. 7. – No 3. – P. 5–9. In Russian].
20. Асташова А.Н. и др. Эффективность разных вариантов гипоксической тренировки в авиационной и спортивной медицине // Физическая культура и спорт в студенческой среде. – 2020. – С. 26–28. [Astashova A.N. et al. The effectiveness of different variants of hypoxic training in aviation and sports medicine // Physical culture and sport in the student environment. – 2020. – P. 26–28. In Russian].
21. Благинин А.А. и др. Особенности медико-психологической реабилитации авиационных специалистов // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2024. – № 4. – С. 91–95. [Blaginin A.A. et al. Features of medical and psychological rehabilitation of aviation specialists // Kremlin Medicine. Clinical Bulletin. – 2024. – No 4. – P. 91–95. In Russian]. DOI: 10.48612/cgma/4p3v-xzgz-52nh.
22. Оленская Т.Л. Инновационные методы реабилитации на амбулаторном и домашнем этапах у пациентов после пневмонии COVID-19 // Медицинский совет. – 2021. – № 4. – С. 220–229. [Olenskaya T.L. Innovative methods of outpatient and home rehabilitation in patients after COVID-19 pneumonia // Medical Council. – 2021. – No 4. – P. 220–229. In Russian].
23. Романов С.В. и др. Влияние гипобарической гипоксии на состояние функции внешнего дыхания у больных бронхиальной астмой // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2004. – № 9. – С. 120–124. [Romanov S.V. et al. The effect of hypobaric hypoxia on the state of respiratory function in patients with bronchial asthma // Bulletin of Orenburg State University. – 2004. – No 9. – P. 120–124. In Russian].
24. Крестьянинова Т.Ю. и др. Состояние бронхолегочного аппарата у пациентов с бронхиальной астмой в условиях противорецидивного лечения технологиями гипобароадаптации // Профилактическая медицина. – 2021. – Т. 24. – № 8. – С. 84–88. [Krestyaninova T.Yu. et al. The state of the bronchopulmonary system in patients with bronchial asthma in the context of antirelapse treatment with hypobaroadaptation technologies // Preventive medicine. – 2021. – V. 24. – No 8. – P. 84–88. In Russian].
25. Тиньков А.Н. и др. Клиническая эффективность гипобаротерапии у больных инфарктом миокарда в ходе амбулаторно-поликлинического этапа реабилитации // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2005. – № 12. – С. 141–144. [Tinkov A.N.

et al. Clinical efficacy of hypobarotherapy in patients with myocardial infarction during outpatient rehabilitation // Bulletin of Orenburg State University. – 2005. – No 12. – P. 141–144. In Russian].
26. Chen H. et al. Chronic intermittent hypobaric hypoxia decreases high blood pressure by stabilizing the vascular renin-angiotensin system in spontaneously hypertensive rats // Frontiers in Physiology. – 2021. – V. 12. – P. 639.
27. Guan Y. et al. Chronic intermittent hypobaric hypoxia antagonizes renal vascular hypertension by enhancement of vasorelaxation via activating BKCa // Life Sciences. – 2016. – V. 157. – P. 74–81.
28. Стрелков Р.Б. Повышение эффективности лучевой и химиотерапии в онкологии с помощью нормобарической гипоксии и гипокситерапии // Фізіол. журн. – 2001. – Т. 47. – № 1 (2). – С. 13–99. [Strelkov R.B. Improving the effectiveness of radiation and chemotherapy in oncology using normobaric hypoxia and hypoxytherapy // Physiological Journal. – 2001. – V. 47. – No 1 (2). – P. 13–99. In Russian].
29. Кшнясева С.К. и др. Гипобаротерапия в профилактике сахарного диабета 2-го типа у женщин с ожирением в ранней постменопаузе // Медицинский альманах. – 2012. – № 4 (23). – С. 103–105. [Kshnyaseva S.K. et al. Hypobarotherapy in the prevention of type 2 diabetes in obese women in early postmenopause // Medical Almanac. – 2012. – No 4 (23). – P. 103–105. In Russian].
30. Гильмутдинова Л.Т. и др. Патент № 2472514 C1 Российская Федерация, МПК A61K 35/20, A61G 10/02, A61P 3/00. Способ коррекции метаболического синдрома с применением кумыса и гипобаротерапии: № 2012110982/15: заявл. 22.03.2012: опубл. 20.01.2013. [Gilmutdinova L.T. et al. Patent No 2472514 C1 Russian Federation, IPC A61K 35/20, A61G 10/02, A61P 3/00. Method of correction of metabolic syndrome using koumiss and hypobarotherapy: No 2012110982/15: application 22.03.2012: published 20.01.2013. In Russian].
31. Константинова О.Д. и др. Применение гипобаротерапии в комплексной прегравидарной подготовке при «тонком эндометрии» // Лечение и профилактика. – 2017. – № 2 (22). – С. 31–34. [Konstantinova O.D. et al. The use of hypobarotherapy in complex pre-gravid preparation for “thin endometrium” // Treatment and Prevention. – 2017. – No 2(22). – P. 31–34. In Russian].
32. Константинова О.Д. и др. Гипобаротерапия в коррекции клинических проявлений менопаузального синдрома у женщин с естественной и хирургической менопаузой // Уральский медицинский журнал. – 2012. – № 6. – С. 73–78. [Konstantinova O.D. et al. Hypobarotherapy in the correction of clinical manifestations of menopausal syndrome in women with natural and surgical menopause // Ural Medical Journal. – 2012. – No 6. – P. 73–78. In Russian].
33. Зайцева О.Е. и др. Клиническая эффективность и безопасность гипобаротерапии в комплексном лечении пациенток с неспецифическими воспалительными заболеваниями матки и придатков // Архив клінічної та експериментальної медицини. – 2009. – Т. 18. – № 2. – С. 180–184. [Zaitseva O.E. et al. Clinical efficacy and safety of hypobarotherapy in the complex treatment of patients with nonspecific inflammatory diseases of the uterus and appendages // Archive of Clinical and Experimental Medicine. – 2009. – V. 18. – No 2. – P. 180–184. In Russian].
34. Хасанов Ш.Х. и др. Авторское свидетельство № 1688873 A1 СССР, МПК A61G 10/02. Способ лечения больных с аллергическими ринитами и риносинусопатиями: № 4675388: заявл. 06.02.1989: опубл. 07.11.1991. [Khasanov Sh.K. et al. Copyright certificate No. 1688873 A1 USSR, IPC A61G 10/02. Method of treatment of patients with allergic rhinitis and rhinosinusopathies: No 4675388: application 02/06/1989: published 11/07/1991. In Russian].
35. Атаманов А.А. и др. Патент № 2193382 C2 Российская Федерация, МПК A61G 10/02. Гипобаротерапия тревожных расстройств при неврозах и психосоматических заболеваниях: № 99120430/14: заявл. 27.09.1999: опубл. 27.11.2002 / заявитель Челябинская государственная медицинская академия. [Atamanov A.A. et al. Patent No 2193382 C2 Russian Federation, IPC A61G 10/02. Hypobarotherapy of anxiety disorders in neurosis and psychosomatic diseases: No 99120430/14: application 09/27/1999: published 11/27/2002 / applicant Chelyabinsk State Medical Academy. In Russian].
36. Фахретдинова Ю.Я. и др. Перекисное окисление липидов и экспрессия HIF-1α в миокарде при адаптации к прерывистой гипобарической гипоксии // Вестник медицины и образования. – 2024. – № 1 (7). – С. 45–52. [Fakhretdinova Yu.Ya. et al. Lipid peroxidation and HIF-1α expression in the myocardium during adaptation to intermittent hypobaric hypoxia // Bulletin of Medicine and Education. – 2024. – No 1 (7). – P. 45–52. In Russian].
37. Алдашукуров Ы.А. и др. Влияние барокамерной гипоксии на эмоционально-двигательное поведение животных // Бюллетень науки и практики. – 2022. – Т. 8. – № 4. – С. 313–319. [Aldashukurov Y.A. et al. The influence of pressure chamber hypoxia on the emotional and motor behavior of animals // Bulletin of Science and Practice. – 2022. – V. 8. – No 4. – P. 313–319. In Russian].
38. Джалилова Д.Ш. и др. Продукция IL-1β и IL-10 клетками крови крыс до и через месяц после сублетальной гипоксической нагрузки в барокамере // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2024. – Т. 178. – № 11. – С. 637–642. [Dzhalilova D.Sh. et al. Production of IL-1β and IL-10 by rat blood cells before and one month after sublethal hypoxic load in a pressure chamber // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. – 2024. – V. 178. – No 11. – P. 637–642. In Russian].
39. Благинин А.А. и др. Гипобарическая гипоксическая тренировка как способ реабилитации пациентов, перенесших травматическую ампутацию конечностей // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2024. – Т. 26. – № 3. – С. 373–380. [Blaginin A.A. et al. Hypobaric hypoxic training as a method of rehabilitation of patients who have undergone traumatic amputation of limbs // Bulletin of the Russian Military Medical Academy. – 2024. – V. 26. – No 3. – P. 373–380. In Russian].
40. Благинин А.А. и др. Возможности и перспективы применения гипобаротерапии у пациентов с ампутацией нижних конечностей // Университетская клиника. – 2024. – № S1. – С. 10–11. [Blaginin A.A. et al. Possibilities and prospects of using hypobarotherapy in patients with lower limb amputation // University Clinic. – 2024. – No S1. – P. 10–11. In Russian].