

РАЗВИТИЕ НАУКИ О ГИПОКСИИ

Т.Н. Цыганова

THE DEVELOPMENT OF THE SCIENCE OF HYPOXIA

T.N. Tsyganova

Наука о действии на организм человека и животных недостатка кислорода — самого необходимого для жизни на Земле элемента — стала одной из важнейших для медицины, физиологии труда и спорта.

Гипоксия (hypoxia: hypo — «ниже, меньше», oxygenium — «кислород»), разные ее типы и степени — постоянный спутник человека, начиная от его зарождения и появления на свет и до конца его жизненного пути. Она сопровождает человека во время любой деятельности, умственной и физической. Неудивительно поэтому, что о гипоксии разных типов и степеней в настоящее время публикуется ежегодно не менее 2000 сообщений. Наука о гипоксии многогранна. Она включает сравнительную, возрастную, высокогорную, специальную и клиническую физиологию гипоксических состояний.

Хотя кислород был открыт всего лишь 240 лет тому назад, предпосылками для развития науки о кислородной недостаточности послужили результаты многовековых исследований ученых, не знавших еще кислорода. Задолго до того как он был открыт и осуществился строго научный подход к исследованию гипоксических состояний организма человека и животных, уже имелись сообщения путешественников, военных, философов о необычайном поведении человека, об ухудшении самочувствия в горах. Было описано особое состояние организма человека во время горных

переходов, которое впоследствии получило названия «морская болезнь на суше», «дамгари» в Центральной Азии, «биш-хакава» («отравленный воздух»), «ладаг» («пройти через ад») в Гималаях, «пуна» в Мексике, mountain sickness в англоговорящих и *maleur de montagne* во франкоговорящих странах, «горная болезнь» в России, «хвороба висоти» на Украине.

Завоевание новых территорий, покорение горных массивов, освоение горных районов и их богатых полезными ископаемыми недр, появление воздухоплавания, освоение космического пространства, успехи клинической медицины сделали необходимым, а развитие фундаментальных и прикладных наук — возможным глубокое изучение гипоксических состояний.

Случайные наблюдения воинов и путешественников, греческих философов — наблюдения и исследования натуралистов Греции, Египта, Китая еще за несколько веков до нашей эры, основополагающие исследования ученых круга Везалиуса и Гарвея, научные труды ученых европейских и азиатских стран в I и в трех четвертях II тысячелетия оформились в конце XIX века в науку о кислородной недостаточности.

До нашей эры отношение к науке было неодинаковым в разных странах. Греческие ученые не заботились о прикладном применении описываемых ими фактов и открываемых закономерностей, их интерес был направлен на получение знаний. В отличие от них умы ученых Египта, Вавилонии, Китая

были сконцентрированы на возможности применения получаемых знаний для практических целей. В этих странах в 3000–2000 годах до нашей эры получила развитие медицина. Были описаны признаки основных болезней, что имело большое значение для хирургии и прогноза состояния больных. В Китае за 2000 лет до нашей эры были описаны способы измерения пульса, катетеризации, иглоукалывания, установлено 365 точек, уколы в которые улучшают состояние организма человека, был предложен особый вид упражнений для улучшения дыхания — «лиен-чи». Следует сказать, что и в Греции было сделано немало для медицины Гиппократом (460–360 годы до нашей эры). Им были введены высокоэтическое, бережное обращение с больным, индуктивный метод анализа сложности болезни — «метод Гиппократа».

Биология и физиология своим оформлением обязаны грекам Аристотелю (IV век до нашей эры) и Эрасистрату (III век до нашей эры). Аристотель описал 450 видов наземных и морских животных, дышащих воздухом и имеющих плаценту, развитие куриного эмбриона, у которого сердце начинает функционировать ранее других органов и прекращает свою функцию позднее всех. Аристотель был идеалистом, теологом в отличие от последователей творца атомной теории материалиста Демокрита. Конфликт в биологии между идеалистами и материалистами длился до работ Клода Бернара, нанесшего идеалистам сокрушительный удар. Эрасистрат в отличие от Аристотеля был материалистом. Он подошел к описанию двух кругов кровообращения, однако не сделал того, что гораздо позднее было сделано Гарвеем, описавшим большой и малый круги кровообращения.

Великому Леонардо да Винчи (1452–1519), художнику и ученому, принадлежат не только великолепные рисунки сердца, кровеносных сосудов, мышц, но и описание дыхательных движений

грудной клетки и утверждение, что воздух не может поступать в сердце, как полагал Гален, но прежде всего он поступает в бронхи, что кровь получает воздух в легких, увеличение объема которых является следствием расширения грудной клетки.

Новая эра началась с исследований Роберта Бойля (1627–1691). Ассистент Бойля Роберт Гук (1635–1703) изобрел вакуумный насос и аппарат для искусственного дыхания. Гук открыл снижение давления с высотой над уровнем моря. Бойль и Гук доказали, что в вакууме животные умирают и огонь гаснет, и предположили, что в воздухе есть что-то, что поддерживает горение и жизнь. Они доказали сходство дыхания и горения.

Первым, кто получил (в 1872 году) экспериментальные данные для кривой диссоциации оксигемоглобина, был Поль Бэр. От него ведет свое начало наука о гипоксии, в развитии которой после открытия кислорода выделяют пять этапов: I этап — 1872–1889 годы; II этап — 1890–1914 годы; III этап — 1916–1939 годы; IV этап — 1940–1970 годы; V этап — конец XX и начало XXI века.

В XVIII веке роль кислорода в жизни и деятельности животных и человека и механизмы его доставки к тканям — местам утилизации кислорода и образования углекислого газа — стали общепризнанными. Начались истинно научные исследования действия кислорода и его пониженного парциального давления во вдыхаемом воздухе на организм человека и животных.

Пионерами, осуществившими фундаментальные исследования действия недостатка кислорода на организм, были Поль Бэр и Иван Михайлович Сеченов. На основании своих экспериментальных исследований, проведенных на первом этапе развития учения о гипоксии, его основатель П. Бэр (1833–1886) всесторонне охарактеризовал действие разреженного воздуха и пониженного напряжения

кислорода в крови на живой организм. Бэр нашел, что человек реагирует на снижение парциального давления кислорода в воздухе изменениями психики, учащением дыхания и сердечных сокращений, что снижение PO_2 вызывает увеличение содержания гемоглобина и эритроцитов в крови, обусловленное при кратком действии пониженного PO_2 выбросом эритроцитов в кровь из селезенки и других депо. Он предположил, что при длительном пребывании в среде с пониженным парциальным давлением кислорода в горах происходит новообразование эритроцитов в костном мозге. Его предположение о более высоком содержании гемоглобина в крови горцев нашло подтверждение в 1882 году, когда анализы крови жителей больших высот Боливии показали, что действительно у горцев количество эритроцитов в крови и содержание в ней гемоглобина выше, чем у обитающих на уровне моря.

Началом развития науки о гипоксии (или, как ее тогда называли, аноксии) было открытие кислорода в 1775 году, полученное А. Лавуазье.

Итак, на I этапе развития науки о гипоксии была открыта и доказана роль P_{IO_2} в проявлениях горной болезни, роль гемоглобина в транспорте кислорода, адаптации к низкому P_{IO_2} . Согласно Бэру, все организмы, живущие на Земле, приспособились к тому PO_2 , которое есть на нашей планете. Всякое уменьшение либо повышение PO_2 в воздухе вредно для организма. Бэр доказал, что вредное действие пониженного PO_2 может быть устранено вдыханием кислорода в количествах, достаточных для поддержания нормального PO_2 во вдыхаемом воздухе и в крови.

И. М. Сеченов [18], посвятивший значительную часть своей творческой жизни физиологии дыхания, установил закономерности изменений состава воздуха в легких при снижении PO_2 во вдыхаемом воздухе. Он доказал,

что при разрежении окружающего воздуха парциальное давление кислорода в воздухе легких падает быстро и доходит до таких пределов, что кислород уже не может поглощаться гемоглобином крови в необходимых для организма количествах. И. М. Сеченов рассчитал, что снижение парциального давления кислорода в легких до 20 мм рт. ст. и ниже угрожает человеку смертельной опасностью, и предположил, что предельной, критической границей для жизни человека является разрежение воздуха, соответствующее 1/3 атмосферы (то есть такое, как на высоте 8000 м над уровнем моря). Расчеты И. М. Сеченова легли в основу появившейся авиационной физиологии.

Антуан Лавуазье (1743–1794) был первым, кто объяснил истинную природу горения и дыхания. Он доказал, что оба эти процесса сходны, так как они включают присоединение *oxugin* («кислоторождающего» газа) из воздуха и образование углекислого газа. Лавуазье установил, что при дыхании поглощается только одна часть воздуха (дыхательный газ, который он в 1779 году назвал кислоторождающим кислородом) и выделяется углекислый газ.

Проблема кислородной недостаточности привлекала внимание многих ученых России. Почти одновременно с П. Бэром влияние разреженного воздуха на человеческий организм изучал М. О. Жирмунский (1877–1885), доказавший, что повторные «подъемы» в барокамере приводят к привыканию к разреженному воздуху, что симптомы горной болезни становятся слабее во время последующих сеансов. Он положил начало изучению адаптации к гипоксии в России.

На II этапе происходило дальнейшее развитие высокогорной физиологии. Были изобретены газовые часы, определены в горах МОД (Цунтц), потребление O_2 и выделение CO_2 (Дуглас, Холдейн), обращено внимание на зна-

чение O_2 в развитии горной болезни, открыт закон постоянства состава альвеолярного воздуха (И. М. Сеченов), сделаны расчеты его изменений при снижении P_{IO_2} .

Этот период характеризуется и другими достижениями: был изобретен аппарат для определения содержания кислорода в крови; установлена роль артериальной гипоксемии в патогенезе аноксии; выделены O_2 и CO_2 из крови (И. М. Сеченов, Э. Фернэ); охарактеризованы свойства и структура гемоглобина (Дж. Баркрофт, Миликэн, Е. К. Жуков); представлена первая классификация гипоксии, основанная на изменении свойств гемоглобина (Дж. Баркрофт).

На III этапе было положено начало развитию биохимии гипоксических состояний, развиваются высокогорная, возрастная и сравнительная физиология, специальная и клиническая физиология гипоксических состояний; В. А. Энгельгардтом открыты АТФ и креатинфосфат, описаны изменения психики и поведения человека в условиях пониженного P_{IO_2} (Д. Холдейн, Н. Сиротинин и др.) [19].

На IV этапе произошло промышленное освоение высокогорных районов, осуществлены восхождение на Эверест, покорение стратосферы и космоса, освоение глубин Мирового океана.

На этом этапе успешно развиваются в России и на Украине (Н. Н. Сиротинин, И. А. Аршавский, Н. В. Лауэр, А. З. Колчинская, М. И. Гуревич, М. М. Середенко и др.), в США и других странах возрастная и сравнительная физиология гипоксических состояний. Раскрыты механизмы высокой устойчивости к гипоксии незрелорождающихся новорожденных (Н. В. Лауэр); установлены особая реакция на снижение PO_2 во вдыхаемом воздухе и высокая чувствительность к недостатку кислорода в пубертатном и старческом возрасте [10]; дана характеристика гипоксическому состоянию в старости, снижению устойчивости к гипоксии у лиц пожилого и старческого возрас-

та (В. В. Фролькис, М. М. Середенко); открыта способность миоглобина обратимо связывать кислород (Милликен), описаны гипоксические состояния при патологии органов дыхания, кровообращения (Л. Л. Шик и др.) [27]; получают развитие реаниматология (В. А. Неговский) [16], искусственное кровообращение (С. С. Брюхоненко, В. Д. Янковский), что вместе с успехами пульмонологии, кардиологии, гематологии и других клинических дисциплин обусловило становление клинической физиологии гипоксических состояний.

На этом же IV этапе были открыты митохондрии (А. Ленинджер) и доказана их функция в качестве основных энергетических станций клеток (Д. А. Барбашова, В. П. Скулачев и др.) [3; 20]. Успехи биофизики, электронной микроскопии, биоэнергетики, молекулярной биологии, генетики, эндокринологии, мембранологии, кибернетики способствовали переходу науки о гипоксии из разряда описательных в разряд точных наук.

На V, современном этапе развития науки о гипоксии значительно возросло количество посвященных ей исследований. Наиболее значимы результаты отдельных авторов и их школ о патогенезе гипоксических состояний, о действии гипоксии на организм человека. Перечислим лишь важнейшие направления и результаты исследований.

В этот период создана основа для понимания механизмов синтеза протеидов, осуществляющих доставку кислорода к митохондриям, ферментных комплексов дыхательной цепочки митохондрий, увеличения в них крист и количества самих митохондрий, массы мышечных и строительных тканей белков в процессе адаптации организма к гипоксии разных типов. Важным явилось открытие механизма ускорителя экспрессии генов, синтеза эритропоэтина, гемо- и миоглобинов гипоксией индуцируемого фактора (HIF-1), действия гормонов щитовидной и поджелудочной желез на транс-

крипцию и трансляцию генов синтеза белков [28]. Значительно расширились знания о патогенезе гипоксических состояний. К ранее известным прибавились сведения о роли оксида азота в патогенезе гипоксии. Получены многочисленные данные о последствиях деструктивного действия тканевой гипоксии: накоплении кислых продуктов, снижении pH, изменении состояния дыхательных ферментов, структурных изменениях митохондрий, нарушении целостности клеточных мембран и изменении функции Ca^{++} , Mg^{++} и Na^{+} , K^{+} -насосов, о судьбе ферментов, участвующих в мембранном транспорте ионов [11].

Особое место в современных работах отводится изысканию возможностей профилактики кислородной недостаточности, фармакологической и безлекарственной коррекции тканевой гипоксии и ее последствий, изучению действия антигипоксантов, антиоксидантов, протекторов [2]. Широкое применение антиоксиданты и антигипоксанты получают в кардиологических и других клиниках. В 1970–1990-е годы появились новые сведения о механизмах действия недостатка кислорода на физиологические системы, обеспечивающие доставку кислорода к тканям; расширились представления о механизмах действия гипоксии различной степени на дыхание, кровообращение, кровь, механизмах адаптации организма к физическим нагрузкам и стрессорным ситуациям [1; 14].

Ряд публикаций в современных журналах посвящены результатам углубленных исследований действия гипоксии на систему кровообращения. В литературе интенсивно обсуждается роль эритропоэтина в изменениях красной крови в процессе адаптации к гипоксии. Значение эритропоэтина для синтеза гемоглобина подчеркивалось еще в 1940-е и последующие годы, но механизмы его образования стали изучаться только в последнее время [15].

Продолжает развиваться возрастная физиология гипоксических состояний. В медицинской литературе представлены многочисленные данные о гипоксических состояниях плода, о гипоксии новорожденных и профилактике осложнений беременности, смертности новорожденных. В профилактике осложнений беременности успешно используются гипоксическая тренировка беременных с признаками развития гестоза [25], средства кислородной терапии неполноценных новорожденных. Описаны особенности реакции женского организма на вдыхание воздуха с пониженным PO_2 , выявлена зависимость состояния ФСД и его изменений при гипоксии от циклических изменений гормонального статуса организма, свойственных женскому организму [11].

На современном этапе развития науки о гипоксии получены новые результаты в специальной физиологии гипоксических состояний — авиационной и особенно космической физиологии, физиологии и гигиене труда, физиологии спорта. Особое место заняли исследования гипоксических состояний при напряженной мышечной деятельности в спорте высших достижений. Курс интервальной гипоксической тренировки, проведенный в соревновательный период, в сочетании с традиционной спортивной подготовкой способствует повышению общей и специальной работоспособности, улучшению спортивных результатов, может также служить эффективным средством реабилитации после соревнований. Наконец, может быть применен как метод подготовки к соревнованиям в горных условиях [6; 11].

Представлены новые данные об особенностях гипоксических состояний в пожилом и старческом возрасте. Выявлены низкие резистентность и способность адаптации к недостатку кислорода у пожилых лиц и стариков [10].

Нормобарическая гипокситерапия — один из вариантов предложенного еще в 1940-е годы Н. Н. Сиротининым метода использования адаптации к гипоксии в терапии, гигиене труда и спорте. Термин «нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка» (ИГТ), принятый по предложению доктора медицинских наук, профессора А. З. Колчинской на Международном научном совещании в Киеве в 1992 году, более точно раскрывает смысл и механизм ее действия, утвержден в качестве нетрадиционного метода гипокситерапии Минздравом России и рекомендован для применения в медицинской практике.

Под термином «интервальная» подразумевается, что гипоксическую газовую смесь вдыхают не непрерывно, а с интервалами строго определенной длительности, во время которых пациент дышит обычным воздухом, содержащим 20,9% кислорода либо с повышенным содержанием кислорода до 36%. Интервалам придается большое значение, так как в эти строго ограниченные временные периоды при нормальном содержании кислорода во вдыхаемом воздухе создаются условия для осуществления синтеза белковых соединений, что обуславливает конструктивное действие ИГТ.

Во время курса ИГТ тренируются органы внешнего дыхания, кровообращения, кроветворения, тканевые и молекулярные механизмы, обеспечивающие доставку кислорода к клеткам и утилизацию кислорода в митохондриях, то есть тренируются системы организма, осуществляющие компенсацию снижения парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе, его напряжения в артериальной крови и тканях [11; 31].

Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка (ИГТ) — эффективное терапевтическое средство. Высокая эффективность ИГТ обуславливается тем, что в процессе адаптации к гипоксии происходит усиление

деятельности всех компенсаторных механизмов. Еще в XIX веке Поль Бэр обратил внимание на увеличение содержания гемоглобина в крови. Всеми последующими исследователями, в том числе и нами, этот факт был подтвержден. Увеличение содержания гемоглобина в крови наряду с увеличением дыхательного и минутного объема дыхания, отношения альвеолярной вентиляции к вентиляции легких, повышение насыщения артериальной крови кислородом, а также напряжение кислорода в ней обуславливают лучшее снабжение тканей и клеток кислородом. Активизация дыхательных ферментов в митохондриях способствует более полной утилизации кислорода тканями из крови. ИГТ приводит к улучшению состояния органов внешнего дыхания, гипоксическое воздействие вызывает расширение бронхов и снижение сопротивления воздушному потоку, что обуславливает положительное действие ИГТ на больных с хроническими легочными заболеваниями [11].

Уже давно применяется тренировка пациентов к гипоксии в среднегорных и высокогорных условиях в практике лечения таких заболеваний, как бронхиальная астма, гипопластические и железодефицитные анемии, хронические лейкозы, гипертоническая болезнь и др., что рассматривается специалистами в качестве одного из реальных методов лечения. Важными являются сведения о том, что заболеваемость злокачественными опухолями снижается по мере увеличения высоты местности над уровнем моря [13]. Основным компонентом высокогорного климата является гипобарическая гипоксия. Имеются данные о тормозящем действии на опухолевый рост гипобарической гипоксии, искусственно создаваемой в барокамере (B. Heindon et al., 1983). Высокогорная гипоксия является фактором, способствующим восстановлению в периферической крови онкологических боль-

ных уровня лейкоцитов и тромбоцитов, сниженного вследствие побочного действия противоопухолевой лучевой и цитостатической терапии. У пациентов в горах увеличивается количество ретикулоцитов, эритроцитов, возрастает содержание гемоглобина [13].

Основой в механизме действия газовых гипоксических смесей является усиление транспорта кислорода к тканям, а также тренировка ферментативных процессов биологического окисления и воспроизводство макроэргических соединений. Это ведет к активации всей группы антиоксидантных ферментов. Таким образом, перспективность продолжения исследований в этом направлении несомненна, учитывая простоту лечебной процедуры и отсутствие каких-либо побочных эффектов.

В настоящее время в клинике внутренних болезней ИГТ успешно применяется для лечения больных с хроническими неспецифическими заболеваниями дыхательных путей и легких [5; 7; 26], некоторыми сердечно-сосудистыми заболеваниями, нейрофункциональной дистонией [30], железодефицитной анемией, астенией [8; 32] и др. ИГТ оказалась эффективным средством лечения и реабилитации больных хроническими неспецифическими заболеваниями женской половой сферы [29], профилактики осложнений беременности, подготовки к родам беременных группы высокого риска, сохранения их полноценного потомства [25; 32].

ИГТ — эффективное средство профилактики осложнений и реабилитации после хирургических операций [22]. Она успешно используется в эндокринологии для лечения диабета и гипотиреоза [1; 8]. ИГТ стала применяться в офтальмологии для лечения близорукости у детей и подростков, а также хориоретинальной дистрофии [24]. Не менее эффективна ИГТ в качестве профилактического средства при ряде профессиональных заболеваний

и как средство реабилитации после радиационных поражений. По оценке Минздрава России, гипоксическая терапия и гипоксическая тренировка позволяют снизить в этих случаях заболеваемость в 2,5–4 раза.

Интервальная гипоксическая тренировка является эффективным заменителем тренировок в горах, она позволяет адаптироваться к низкому PO_2 во вдыхаемом воздухе в течение более короткого периода времени и более простыми и доступными средствами. Курс ИГТ, проведенный в соревновательный период, способствует повышению аэробной и анаэробной производительности, а в сочетании с традиционной спортивной тренировкой — общей и специальной работоспособности, улучшению спортивных результатов [17]. Курс ИГТ может служить эффективным средством реабилитации после соревнований. Наконец, ИГТ может быть применена как метод подготовки к соревнованиям в горных условиях.

Итак, метод гипокситерапии не является методом лечения или профилактики какого-то специфического заболевания. Этот метод повышает неспецифическую резистентность организма, благодаря чему достигаются эффект лечения и профилактики многих заболеваний, устойчивость организма к различным неблагоприятным воздействиям, повышение физической и умственной работоспособности [11; 21].

В настоящее время нормобарическая ИГТ все более широко применяется в клинической и спортивной медицине России и за ее пределами. Этому способствовало изобретение аппарата «Гипоксикатор», конвертирующего обычный комнатный воздух в гипоксические газовые смеси с желаемым содержанием в них кислорода [12; 25]. Аппарат позволяет получать из окружающего воздуха как гипоксические газовые смеси с содержанием кислорода 9–19%, так

и гипероксические смеси (ДО 30% O₂). Наличие в аппарате пульсоксиметра позволяет вести определение частоты сердечных сокращений и насыщения артериальной крови кислородом [12; 25].

Перечисленное позволяет предложить использовать «Гипоксикатор» не только для проведения ИГТ, но и в качестве диагностического прибора, позволяющего оценивать и контролировать состояние организма пациентов. Выяснилось, что адаптация к сочетанному применению гипоксии и гипероксии обладает выраженным защитным эффектом, и адаптационный эффект достигается значительно раньше, чем при использовании для адаптации только периодов гипоксии.

Гипоксия, некогда именовавшаяся «горной болезнью», служит ныне медицине на самых передовых ее рубежах, получив справедливое право именоваться «горным здоровьем». А методика интервальной гипоксической тренировки имеет большое практическое значение, получив широкое распространение в медицине. Таким образом, этому эффективному методу восстановительной медицины — безлекарственной коррекции гипоксических состояний — принадлежит не только настоящее, но и будущее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абазова З.Х. Эффективность использования ИГТ в лечении эндокринной патологии / З.Х. Абазова // Автоматизированный анализ эффективности использования адаптации к гипоксии в медицине и спорте. — М. — Нальчик, 2001. — Т. 2. — С. 95–124, 146–157.
2. Архипенко Ю.В. Влияние адаптации к периодической гипобарической гипоксии на Са-насос саркоплазматического ретикулума сердца у крыс с различной устойчивостью к гипоксии / Ю.В. Архипенко // *Nuroxia Med. J.* — 1998. — № 2. — С. 61.

3. Барбашова З.И. Акклиматизация к гипоксии и ее физиологические механизмы / З.И. Барбашова. — М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1960. — 216 с.

4. Биология старения / Под ред. Н.И. Арипча. — Л.: Наука, 1982. — 616 с.

5. Борукаева И.Х. Автоматизированный анализ эффективности использования адаптации к гипоксии в медицине и спорте. — М. — Нальчик, 2001. — Т. 2. — С. 5–38.

6. Волков Н.И. Интервальная тренировка в спорте / Н.И. Волков. — М.: Физкультура и спорт, 2000. — 162 с.

7. Доненко Ю.И. Сравнительный анализ результатов применения гипобаротерапии и прерывистой нормобарической гипокситерапии в комплексном лечении хронических неспецифических заболеваний легких / Ю.И. Доненко // Прерывистая нормобарическая гипокситерапия: Докл. Академии проблем гипоксии РФ. — М., 1997. — Т. 1. — С. 95–99.

8. Закусило М.П. Возможность коррекции гормонального статуса при помощи адаптации к гипоксии / М.П. Закусило // Вестн. Рос. АМН. — 1998. — № 3. — С. 29–36.

9. Кавецкий Р.Е. Взаимоотношения организма и опухоли. — Киев: Наукова думка, 1977. — 235 с.

10. Колчинская А.З. Кислородные режимы организма ребенка и подростка / А.З. Колчинская. — Киев: Наукова думка, 1973. — 320 с.

11. Колчинская А.З., Цыганова Т.Н., Остапенко Л.А. Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте. — М.: Медицина, 2003. — 407 с.

12. Кончугова Т.В., Орехова Э.М., Кульчицкая Д.Б. Основные достижения и направления развития аппаратной физиотерапии // Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК. — 2013. — № 1. — С. 26–31.

13. Кулиш О.П. Особенности течения опухолевого процесса в условиях высокогорья и экспериментально-кли-

ническое обоснование использования адаптации к высотной гипоксии в онкологии: Автореф. дис. д-ра мед. наук. — М., 1989. — 33 с.

14. *Меерсон Ф.З.* Общий механизм адаптации и профилактики. — М.: Медицина, 1973. — 366 с.

15. *Миррахимов М.М.* О лечении больных тяжелыми формами малокровия и лейкозами в условиях высокогорного климата / М.М. Миррахимов // Географическая среда и здоровье населения. — Нальчик, 1970. — С. 123–125.

16. *Неговский В.А.* Основы реаниматологии. — М.: Медицина, 1975. — 361 с.

17. *Радзиевский П.А.* Гипобарическая гипоксическая тренировка в спорте / П.А. Радзиевский // Автоматизированный анализ эффективности использования адаптации к гипоксии в медицине и спорте. — М. — Нальчик, 2001. — Т. 1. — С. 31–52.

18. *Сеченов И.М.* Избранные труды. — М.: Биомедгиз, 1935. — 168 с.

19. *Сиротинин Н.Н.* Некоторые итоги изучения гипоксии / Н.Н. Сиротинин // Патол. физиология и эксперим. терапия. — 1957. — № 1. — С. 5–13.

20. *Скулачев В.П.* Соотношение окисления и фосфорилирования в дыхательной цепи / В.П. Скулачев. — М.: Изд-во АН СССР, 1986. — 156 с.

21. *Стрелков Р.Б., Чижов А.Я.* Прерывистая нормобарическая гипоксия в профилактике, лечении и реабилитации. — Екатеринбург: Уральский рабочий, 2001. — 397 с.

22. *Ткачук Е.Н.* Профилактика постоперационных осложнений у гинекологических больных в результате применения интервальной гипоксической тренировки: Автореф. дис. канд. мед. наук. — М., 1994. — 22 с.

23. Физиология дыхания. Основы современной физиологии дыхания / Под ред. И.С. Бреслав, Г.Г. Исаева. — СПб., 1994. — 680 с.

24. *Хацуков Б.Х.* Гипокситерапия в лечении миопии / Б.Х. Хацуков. —

М. — Нальчик: Полиграфсервис и Т, 2001. — 84 с.

25. *Цыганова Т.Н.* Автоматизированный анализ эффективности и механизмы действия нормобарической интервальной гипоксической тренировки в восстановительной коррекции функциональных резервов организма: Автореф. дис. д-ра мед. наук. — М., 2004. — 48 с.

26. *Чижов А.Я.* Нормобарическая гипокситерапия / А.Я. Чижов и др. — М.: РУДН, 1994. — 95 с.

27. *Шик Л.Л.* Руководство по клинической физиологии дыхания / Л.Л. Шик, Н.С. Канаев. — Л.: Медицина, 1980. — 375 с.

28. *Шустер и др., 1989–1994.* Цит. по: *Колчинская А.З., Цыганова Т.Н., Остапенко Л.А.* Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте. — М.: Медицина, 2003. — 407 с.

29. *Шутова Л.С.* Лечебно-профилактическое применение прерывистой нормобарической гипоксии у больных хроническим неспецифическим сальпингоофоритом: Автореф. дис. канд. мед. наук. — М., 1990. — 25 с.

30. *Эренбург И.В.* Влияние режима интервальной гипоксической тренировки на ее эффективность / И.В. Эренбург // *Hypoxia Med. J.* — 1996. — № 2. — С. 95–96.

31. *Houston Ch.* Going higher / Houston Ch. — 1987. — 322 p.

32. *Jacson M.* The human placenta at high altitude in Bolivia. Reached growth of villi / M. Jacson, T. Mayhen, J. Haas // *Anat.* — 1986. — Vol. 146. — P. 238–239.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Цыганова Татьяна Николаевна — доктор медицинских наук, профессор, ведущий научный сотрудник отдела физиотерапии ФГБУ «Российский научный центр медицинской реабилитации и курортологии» Минздрава России, г. Москва. E-mail: tanya8279@yandex.ru.