

НОВЫЙ ПОДХОД К ПРИМЕНЕНИЮ ИНТЕРВАЛЬНЫХ ГИПОКСИЧЕСКИХ ТРЕНИРОВОК В СПОРТЕ

О. С. ГЛАЗАЧЕВ

*Первый МГМУ им. И.М. Сеченова, кафедра нормальной физиологии,
Международный институт социальной физиологии*

Сведения об авторе:

Глазачев Олег Станиславович – профессор кафедры нормальной физиологии Первого МГМУ им. И. М. Сеченова, директор Международного института социальной физиологии, д.м.н.

Представлен краткий обзор современных подходов к использованию высокогорной адаптации и гипоксических тренировок в искусственных условиях для подготовки и медицинского сопровождения спортсменов. Приводятся результаты апробации новой технологии интервальных гипоксически-гипероксических тренировок (ИГГТ) с биообратной связью для коррекции функционального состояния и восстановления физической работоспособности спортсменов. Курс ИГГТ приводит к повышению устойчивости спортсменов к острой дозированной гипоксии, восстановлению исходно сниженного уровня работоспособности, оптимизации вегетативной регуляции сердца, улучшению психологического статуса. Предлагаемая технология является перспективным подходом в расширении арсенала средств восстановления и повышения работоспособности квалифицированных спортсменов.

Ключевые слова: интервальная гипоксически-гипероксическая тренировка, физическая работоспособность, вегетативная регуляция сердца.

Short review of modern approaches to use of high-mountainous adaptation and hypoxic trainings in artificial conditions for preparation and medical support of sportsmen is presented. Approbation results of interval hypoxic-hyperoxic training (IHNT) method with a biofeedback for correction of a functional conditions and restoration of sportsmen physical working capacity are shown. The course of hypoxic-hyperoxic preconditioning leads to increase of sportsmen resistance to sharp dosed hypoxia, to restoration of initially lowered level of working capacity, endurance, autonomic cardiac regulation optimization, psychological status improvements. Offered technology is considered to be a perspective approach in expansion of an arsenal of means for restoration and potentiation of qualified sportsmen working capacity.

Key words: interval hypoxic-hyperoxic training, working performance, cardiac autonomic regulation.

Введение

Экспериментальные и клинические материалы, свидетельствующие о повышении аэробных возможностей и работоспособности организма человека при высотной адаптации, спортивные результаты, показанные олимпийцами на играх 1968 года в высокогорном Мехико привели к значимому росту интереса к естественной и искусственной гипоксической тренировке в профессиональном спорте [2, 25]. Методы адаптации к гипоксической гипоксии сегодня рассматриваются не только как средство успешной подготовки к соревнованиям в горной местности, но и как фактор эффективной мобилизации функциональных резервов квалифицированных спортсменов в их подготовке к соревнованиям на равнине [4, 6, 22].

Высокая эффективность тренировок в условиях средневысокогорья спортсменов, специализирующихся в видах спорта, связанных с проявлением выносливости, выполнением большого объема нагрузок (легкая атлетика, конь-

кобежный спорт, плавание, лыжи, биатлон), в настоящее время считается доказанной [11]. Разработаны и физиологически обоснованы основные подходы к проведению тренировочных сборов спортсменов в условиях среднегорья (выбор высоты, длительность пребывания, распределение интенсивности нагрузок в микроциклах, соотношение нагрузок разной направленности, кратность пребывания в горах в годичном цикле тренировок и пр.) [2, 11, 17]. Детально исследованы стадии акклиматизации спортсменов при подготовке в горах, сроки реакклиматизации и деадаптации после высокогорных тренировок, что крайне важно учитывать при планировании тренировочных циклов. В ряде фундаментальных работ по исследованию адаптации к гипоксии показано, что это системный процесс, заключающийся в интегрированной перестройке функций от субклеточного (включая «гипоксический ответ» генома) до организменного уровня благодаря координированному перераспределению всех функциональных систем гомеостатического уров-

ня организации [3, 6, 8]. В ряде исследований показано, что тренировка спортсменов в условиях естественного среднегорья или в моделированных условиях умеренной – выраженной периодической гипоксии (сопоставимо с высотой 2500–4000 м над уровнем моря) приводит к комплексу гематологических «ответов» – росту содержания сывороточного эритропоэтина, ретикулоцитозу, повышению содержания гемоглобина, кислородной емкости крови и, как следствие, росту максимальной аэробной производительности [2, 11, 16, 19]. С другой стороны, высокогорная тренировка активирует множественный каскад негематологических механизмов, включая ангиогенез, повышение капилляризации мышц, миоглобина, активацию транспорта глюкозы, гликолитической мощности, утилизации липидов, регуляцию рН, мощность систем антиоксидантной защиты, повышение буферной емкости мышц, их лактатной толерантности, повышение биоэнергетической эффективности митохондриальной дыхательной цепи, снижение симпато-адреналовой реактивности на стресс-стимулы, экономизацию работы миокарда, повышение респираторной реактивности и др. [2, 14, 23]. Важным представляется факт повышения экономичности работы спортсменов как в реальных, так и моделируемых условиях выполнения нагрузок – снижение кислородной «стоимости» бега со стандартной скоростью, выполнения тестов субмаксимальной нагрузки [13, 18].

Наряду с организацией тренировок спортсменов в горных условиях, широкое распространение в спортивной медицине получили методы искусственного моделирования гипоксических условий (барокамеры, гипоксические тенты, масочные аппараты с мембранным или адсорбционным принципом газоразделения воздуха и пр.).

Предложены разные протоколы гипокситренировок:

1) длительная многочасовая экспозиция гипоксии в состоянии покоя, ночью, а тренировочный процесс – в условиях равнины (модель «train low, sleep high»), или чередование физических нагрузок при нормоксии и дозированной гипоксии (модель «sleep high, train low and high»);

2) интервальная 2–6-часовая экспозиция ежедневно в течение 28 дней;

3) гипоксические экспозиции одновременно с физическими нагрузками [20, 23].

Однако в проанализированных исследованиях использовалось разное оборудование, протоколы тренировок, режимы длительности, кратности и интенсивности гипоксических стимулов, поэтому их результаты трудно сопоставимы, а данные по поводу эффективности отдельных режимов гипоксических тренировок в профессиональном спорте неоднозначны [20, 21, 24].

В доступных нам систематических обзорах [12, 20], основанных на мета анализе результатов более 60 исследований, указано, что для «элитных», высококвалифицированных спортсменов эффективным (для повышения мощности

аэробных и аэробно-анаэробных механизмов энергопродукции, прироста спортивных результатов) протоколом гипокситренировок является модель длительных (8–10 часов, 2–3 недели) гипоксических ночных экспозиций в сочетании с дневными физическими тренировками (последовательное сочетание гипоксической гипоксии и гипоксии нагрузки). В то же время показано, что для молодых спортсменов, на начальных этапах тренировочного цикла, для спортсменов игровых видов спорта, в случае снижения работоспособности в тренировочном или соревновательном цикле могут применяться другие протоколы, с более краткими гипоксическими стимулами (1–2 часа, 2 недели ежедневно), однако этот вопрос требует дополнительных исследований, учитывая неоднозначность полученных авторами результатов [13, 15, 18].

Следует отметить, что в последнее время в связи с интенсивным развитием электронной техники, цифровых технологий появились предпосылки к созданию качественно новых технологических решений гипоксического preconditionирования, устраняющих многие из ранее выявленных недостатков (подбор и учет дозы гипоксического воздействия, контроль эффектов, безопасность и пр.), к созданию новых технологий гипоксических тренировок. В нашей стране значительную популярность приобрел метод интервальной гипоксической тренировки (ИГТ) – дыхание через маску гипоксической газовой смесью короткими интервалами – 5–8 минут, прерываемыми 3–4 минутными нормоксическими паузами (фактически многократное моделирование «подъемов» на высоту 3,5–4 км и последующих «спусков» [4, 5]. Метод успешно использован в подготовке профессиональных гребцов, волейболистов, легкоатлетов [6].

Важным в случае применения ИГТ является не только интенсивность гипоксического стимула (обычно используется газовая смесь с 10–11% O₂), но и чередование периодов дозированной гипоксии и реоксигенации (восстановление исходного уровня кислородного снабжения организма) [8]. При этом реоксигенация индуцирует продукцию активных форм кислорода (АФК), которые запускают каскады синтеза защитных внутриклеточных факторов, в том числе с антиоксидантной функцией. Эффективность таких тренировок удалось повысить (не повышая «дозу» гипоксии, что может вызывать неблагоприятные эффекты) чередованием коротких гипоксических экспозиций гипероксическими «импульсами» (вместо нормоксических пауз) [1]. В экспериментальных работах показано: в курсе процедур комбинации периодов умеренных гипоксии и гипероксии эффективность адаптации повышается в первую очередь за счет повышения интенсивности редокс-сигнала без углубления гипоксии, а режим тренировки «гипоксия/гипероксия» более эффективно предупреждает развитие АФК-индуцированных, стрессорных нарушений и быстрее повышает физическую

выносливость животных (тест «плавание до отказа») по сравнению с «традиционным» режимом ИГТ [1]. Сходный методический прием успешно применяется в комплексной реабилитации военных летчиков [5].

Нами разработан новый способ гипокситренировки человека, в котором для потенцирования ее эффектов используется дыхание гипоксическими газовыми смесями, чередующееся с дыханием гипероксическими (30% O₂) газовыми смесями – метод интервальной гипоксическо-гипероксической тренировки (ИГГТ) [7]. В настоящей работе приводятся результаты применения ИГГТ в целях потенцирования функциональных возможностей, гипоксической и аэробной выносливости молодых спортсменов с исходно сниженными (от индивидуальных данных) показателями физической работоспособности.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 15 спортсменов-легкоатлетов (7 муж. и 8 жен.) со спортивной квалификацией КМС и МС, в возрасте 18–21 год (спортивный стаж – 6–8 лет); по результатам тестирования, субъективных самоотчетов и характеристик тренеров, у всех были отмечены снижение общей функциональной готовности и специальной подготовки. Для коррекции сниженных функциональных возможностей был предложен курс ИГГТ (14 процедур по 45 мин., в режиме 3 раза в неделю) в качестве моновоздействий на фоне регулярных физических тренировок (процедуры отпускались после тренировок через 1,5–2 часа). Для создания газовых смесей использовали опытный образец прибора Reoxy Med («AI Mediq», Люксембург).

Перед началом курса тренировок определяли индивидуальную чувствительность спортсменов к гипоксии путем проведения 10-минутного гипоксического теста (ГТ) с ежеминутным мониторингом ЧСС и насыщения гемоглобина кислородом (SaO₂). Процедуры ИГГТ начинали с подачи через маску гипоксической смеси с 11% O₂ (5–7 минут), затем 2–3 минуты подавали гипероксическую газовую смесь с 30% O₂. Длительность гипоксического стимула и последующей гипероксии зависели от индивидуальной гипоксической чувствительности спортсмена в ГТ, а их переключение осуществлялось автоматически по специальным алгоритмам (биообратная связь) [7], в течение процедуры – 8–10 циклов.

До курса процедур ИГГТ и на 3–4 день по их завершении все спортсмены проходили комплексное обследование, которое проводилось в первой половине дня и включало:

- оценку психологического и эмоционального статуса (тест дифференцированных эмоций К. Изарда и шкала хронического утомления, адаптированные проф. А.Б. Леоновой с соавт.);
- анализ состояния вегетативной регуляции методом кардиоинтервалометрии (АПК «ВНС-спектр», ООО «Ней-

рософт», Иваново, 2002) с оценкой временных и частотных характеристик variability сердечного ритма (BCP) в соответствии с известными стандартами [9]. В качестве временных характеристик BCP рассчитывали ЧСС, уд/мин; среднее квадратичное отклонение величин RR интервалов за всю эпоху (SDNN, мс); моду (Mo, мс), амплитуду моды (AMo, %), вариационный размах (BP, мс) и коэффициент вариации (CV, %). Вычисляли индекс напряжения регуляторных систем (ИН, усл. ед). При частотном анализе общей variability эпохи кардиоинтервалов определяли общую мощность спектра BCP (TP), а также мощности в отдельных диапазонах: высокочастотном (HF, %), низкочастотном (LF, %), сверхнизкочастотном (VLF, %). Вычисляли индекс симпато-парасимпатического взаимодействия LF/HF [8];

– тестирование уровня физической работоспособности с использованием теста PWC₁₇₀ с расчетом показателей абсолютной и относительной (на кг массы тела) работоспособности в модификации В.Л. Карпмана [10], МПК, МПК/кг, а также экономичности выполнения нагрузки (индекс инотропного и хронотропного резерва – ИИР и ИХР, показатель «двойного произведения» – ДП) [10].

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием программы «Statistica for Windows» 6.0. Для оценки достоверности внутри- и межгрупповых различий использовали непараметрический критерий Вилкоксона.

Результаты и обсуждение

При исходном обследовании спортсменов установлено, что все они имели различные признаки снижения общей и специальной тренированности: ухудшение общего самочувствия, повышенную утомляемость (80%), высокий уровень субъективной тревоги (66,6%). При анализе показателей BCP установлены сниженные по отношению к нормативам спортсменов значения TP, умеренно повышенные значения LF, сниженный вклад HF (табл. 1), что можно интерпретировать как повышение напряжения нейрогуморальной регуляции сердечной деятельности с преобладанием симпатических влияний [8]. Уровень работоспособности практически у всех участников исследования при исходном тестировании был снижен по сравнению с результатами тестирования 20 спортсменов, тренирующихся в обычном режиме с аналогичными нагрузками (их среднегрупповые значения PWC₁₇₀/MT=19,26±0,64 кгм/мин/кг).

После прохождения курса ИГГТ на фоне продолжающихся спортивных тренировок в несколько облегченном режиме в группе обследованных спортсменов установлено улучшение их психологического, функционального состояния, повышение уровня работоспособности. Выявлено существенное повышение значений PWC₁₇₀, МПК и их относительных величин, а также значимое снижение степени прироста ЧСС, АД, двойного произведения (ДДП), ИХР и ИИР (табл. 1), что

Таблица 1

Динамика показателей физической работоспособности и психовегетативного статуса у спортсменов в курсе ИГГТ (n=15, M±m)

Показатель		Исходно	После курса ИГГТ
1	МПК, мл	2983,52±121,52	3197,04±121,53 (p=0,001)
2	МПК/МТ, мл/кг	46,42±1,32	50,37±1,39 (p=0,001)
3	PWC ₁₇₀ , кгм/мин	1025,60±71,48	1151,20±71,49 (p=0,001)
4	PWC ₁₇₀ /МТ, кгм/мин/кг	15,79±0,75	17,98±0,76 (p=0,005)
5	ИХР, %	65,8±3,6	54,8±5,4 (p=0,01)
6	ИИР, %	50,0±5,3	38,0±5,9 (p=0,01)
7	ДПнагр., усл.ед.	248,2±8,5	213,6±11,3 (p=0,08)
8	ΔДП, усл.ед.	167,1±8,1	132,2±12,5 (p=0,007)
9	TR, мс ²	3118±456	3890±337 (p=0,1)
10	VLF, мс ²	1310±204	1298±136
11	LF, мс ²	1300±566	801±209 (p=0,07)
12	HF, мс ²	257,3±170	624,1±168 (p=0,06)
13	ЧСС, уд/мин	68,25±5,35	67,12±3,72
14	Хроническое утомление (ХУ)	42,45±2,95	38,98±3,40 (p=0,05)
15	Позитивные эмоции (ПЭ)	42,05±2,37	44,57±1,97
16	Негативные эмоции (НЭ)	44,19±2,26	42,79±2,13
17	Тревожно-депрессивные эмоции (ТДЭ)	44,37±3,07	41,57±2,45

свидетельствует о повышении хроноинотропных резервов миокарда и экономизации работы кровообращения при выполнении нагрузки той же мощности.

Большинство спортсменов хорошо переносили курс ИГГТ (лишь 2 отметили затруднение дыхания, одышку), многие отмечали релаксирующее влияние процедур, а к концу курса – улучшение переносимости спортивных тренировок на следующий день после процедуры ИГГТ.

По завершении курса ИГГТ отмечено также существенное повышение устойчивости спортсменов к острой моделируемой гипоксии в гипоксическом тесте – значимое снижение степени десатурации гемоглобина и степени прироста ЧСС при повторном тестировании (табл. 2). При этом значимых гематологических сдвигов не произошло, что, с одной стороны, может отражать вклад «негематологических» механизмов в развитие адаптации к гипоксии, а, с другой – очевидно, гипоксическая экспозиция была недостаточна для активации эритропоэза у тренированных лиц [20].

Полученные данные хорошо согласуются с результатами работ, где показана эффективность использования относительно коротких (2–3 недели) протоколов искусственно моделированной интервальной гипоксии в восстановлении аэробной производительности и «экономизации» выполнения беговых нагрузок [13, 18].

В динамике психовегетативных показателей отмечены значимое снижение степени субъективно оцениваемого хронического утомления (табл. 1), а также тенденции к повышению общей мощности ВСР со снижением вклада LF и повышением вклада HF компонентов, что в целом отражает активацию парасимпатических механизмов регуляции.

В то же время отмечены существенные индивидуальные различия в динамике «ответов» спортсменов на процедуры ИГГТ, что проявляется в результатах сравнительного анализа эффективности ИГГТ в зависимости от исходного уровня работоспособности. По исходным значениям PWC₁₇₀/МТ все участники исследования были разделены на две группы:

1) группа А, 7 чел., с работоспособностью ниже среднего (PWC₁₇₀/МТ – 10–13 кгм/мин/кг);

2) группа Б, 7 чел., со средним уровнем работоспособности (PWC₁₇₀/МТ – 15–18 кгм/мин/кг).

После курса ИГГТ у испытуемых обеих групп уровень работоспособности значимо повысился (рис. 1), однако в группе со средней работоспособностью прирост показателей был существенно выше.

Таблица 2

Динамика показателей гипоксической устойчивости спортсменов при моделировании гипоксии в курсе ИГГТ (M±m)

Показатель	Исходно	После курса ИГГТ
SaO ₂ min, %	77,93±1,88	84,29±1,54 (p=0,001)
ЧСС max, уд/мин	82,2±3,9	76,6±3,0 (p=0,01)
ΔSaO ₂ , %	19,29±2,16	12,21±1,53 (p=0,002)
ΔЧСС, уд/мин	-14,64±2,74	-9,07±2,18 (p=0,016)
Гемоглобин, г/л	138,33±2,68	140,71±2,78
Гематокрит, %	40,51±0,77	41,62±0,73
Эритроциты, 10E12/л	4,82±0,09	4,84±0,09
Ретикулоциты, %	9,05±1,15	9,79±1,09

Условные обозначения: SaO₂min и ЧССmax – соответственно минимальные значения сатурации крови кислородом и максимальные значения ЧСС при проведении ГТ, ΔSaO₂ и ΔЧСС – средние значения степени снижения насыщения крови кислородом и прироста ЧСС в ГТ

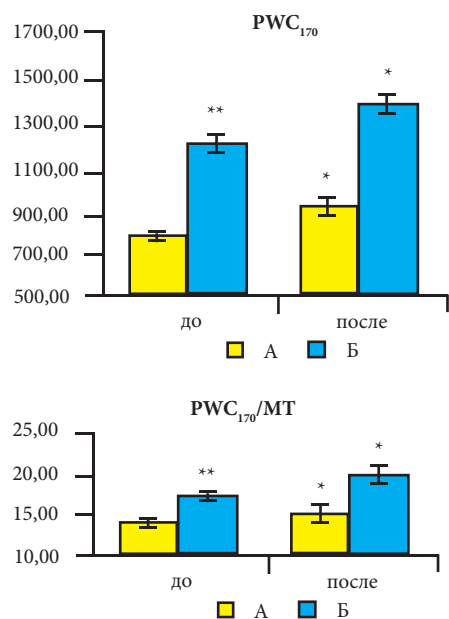


Рис. 1. Динамика показателей физической работоспособности по тесту PWC₁₇₀ у спортсменов выделенных групп в курсе ИГГТ (M±m)

Примечание: * – достоверность различий при p<0,05 по отношению к исходным данным в границе одной группы;

** – достоверность межгрупповых различий при p<0,05 на одном этапе наблюдения

Наиболее существенные межгрупповые различия были выявлены в динамике показателей ВСП (табл. 3). В группе Б после курса ИГГТ отмечены тенденции к увеличению общей мощности спектра ВСП, значимое повышение вариационно-го размаха ВР, снижение значений ИН, что в целом отража-

ет активацию парасимпатических механизмов регуляции сердца, повышение мощности регуляторных систем [9].

В группе спортсменов с исходно сниженной работоспособностью ее повышение под влиянием ИГГТ сопровождалось повышением значений АМо, ЧСС покоя, ИН, что можно интерпретировать как повышение напряжения вегетативной регуляции сердца, преобладание симпатических влияний в покое. Очевидно, у лиц с исходно сниженной работоспособностью ее восстановление под влиянием ИГГТ, а также рост гипоксической устойчивости, нормализация вегетативных функций происходят медленнее, с большим напряжением вегетативной регуляции.

Заключение

Результаты исследования демонстрируют потенциальную эффективность нового метода интервальных гипоксически-гипероксических тренировок (ИГГТ) в нормобарическом режиме с биообратной связью для коррекции функционального состояния, потенцирования физической работоспособности и аэробной выносливости спортсменов. Курс ИГГТ приводит к повышению устойчивости спортсменов к острой дозированной гипоксии, восстановлению работоспособности, оптимизации вегетативной регуляции сердца, улучшению психологического статуса.

В то же время эффекты ИГГТ носят индивидуальный характер и зависят от исходного состояния спортсмена, уровня его работоспособности. У атлетов с исходным уровнем работоспособности ниже среднего процессы восстановления работоспособности и повышения гипоксической устойчивости в курсе ИГГТ происходили менее эффективно, со значительным напряжением вегетативной регуляции сердца, что, очевидно, требует подбора более «щадящих» протоколов проведения гипоксических тренировок с меньшей интенсивностью гипоксических стимулов.

Таблица 3

Динамика показателей ВСП спортсменов выделенных групп в курсе ИГГТ (M±m)

№	Показатель	группа А		группа Б	
		До ИГГТ	После ИГГТ	До ИГГТ	После ИГГТ
1	TR, мс ²	3538±1053	5392±2819	8997±3359	9131±3112
2	VLF, мс ²	1881±948	1981±827	3438±1580	3443±1529
3	LF, мс ²	1404±485	2765±1634	4957±1691	4922±1587
4	HF, мс ²	252±99	645±362	602±154	766±231
5	ЧСС, уд./мин.	66,5±6,6	78,5±410,92*	62,0±5,3	63,9±8,5**
6	Мо, с	0,90±0,07	0,80±0,11	0,97±0,07	0,96±0,09
7	АМо, %	36,25±2,30	44,12±2,64*	41,72±8,22	31,34±7,52**
8	ВР, с	0,47±0,02	0,26±0,06*	0,33±0,07	0,57±0,09*.**
10	ИН, у.е.	71,25±12,23	155,18±5,45*	86,85±12,58	39,18±2,16*.**

Условные обозначения – то же, что на рис. 1.

Список литературы

1. Архипенко Ю.В., Сазонтова Т.Г. Влияние адаптации к различному уровню кислорода на физическую выносливость, свободнорадикальное окисление и белки срочного ответа // Тезисы докладов V Российской конференции: «Гипоксия: механизмы, адаптация, коррекция» // Патогенез. М., 2008. №3. С. 44–45.
2. Булатова М.М., Платонов В.Н. Среднегорье, высокогорье и искусственная гипоксия в системе подготовки спортсменов // Спортивная медицина. 2008. № 1. С. 95–119.
3. Глазачев О.С., Судаков К.В. Взаимодействия функциональных систем гомеостатического уровня у детей и подростков в норме и радиозекологически неблагоприятной среде // Успехи физиологических наук. 1999. №3. С. 70–88.
4. Горанчук В.В., Сапова Н.И., Иванов А.О. Гипокситерапия. СПб., 2003. 536 с.
5. Джанкулдукова А.Д., Милютин В.И., Манжугетова Р.М. и др. Влияние гипобарических гипоксических

тренировок с интервалами гипероксии на содержание оксида азота в крови летчиков с артериальной гипертензией XXI. // Тезисы докладов Съезда Физиологического общества им. И.П.Павлова. М. – Калуга: «БЭСТ-Принт», 2010. С. 185.

6. **Колчинская А.З.** Интервальная гипоксическая тренировка в спорте высших достижений // Спортивная медицина. 2008. №1. С. 9–25.

7. **Костин А.И., Глазачев О.С., Платоненко А.В., Спирина Г.К.** Устройство для проведения комплексной интервальной нормобарической гипоксическо-гипероксической тренировки человека. Патент РФ №2365384 от 27 августа 2009 г. (Заявка № 2008104330).

8. **Лукьянова Л.Д., Германова Э.Л., Цыбина Т.А. и др.** Эффективность и механизм действия различных типов гипоксических тренировок. Возможность их оптимизации // Патогенез. М., 2008. №3. С. 32–36.

9. **Михайлов В.М.** Вариабельность ритма сердца. Иваново, 2000. 182 с.

10. **Михайлов В.М.** Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмилл-тест, степ-тест, ходьба. Иваново, 2005. 440 с.

11. **Уилмор Дж., Костил Д.Л.** Физиология спорта. Киев: «Олимпийская литература», 2005. 504 с.

12. **Bonetti D.L., Hopkins W.G.** Sea-Level Exercise Performance Following Adaptation to Hypoxia: A Meta-Analysis // Sports Medicine. 2009. Vol.39 (2). P. 107–127.

13. **Burtscher M., Gatterer H., Faulhaber M., Gerstgrasser, W., Schenk K.** Effects of intermittent hypoxia on running economy // International Journal of Sports Medicine. 2010. Vol. 31, №9. P. 644–650.

14. **Gore C.J., Clark S.A., Saunders P.U.** Nonhematological mechanisms of improved sea-level performance after hypoxic exposure // Med. Sci. Sports Exerc. 2007. Vol.39, №9. P. 1600–1609.

15. **Hamlin M.J., Hellemans J.** Effect of intermittent normobaric hypoxic exposure at rest on haematological, physiological, and performance parameters in multi-sport athletes // Journal of Sports Sciences. 2007. Vol.25, №4. P. 431–441.

16. **Hamlin M.J., Marshall H.C., Hellemans J., Ainslie P.N., Anglem N.** Effect of intermittent hypoxic training on 20 km time trial and 30 s anaerobic performance // Scand. J. Med. Sci. Sports. 2010. Vol.20, №4. P. 651–61.

17. **Hoppeler H., Vogt M.** Hypoxia training for sea-level performance. Training high-living low // Adv. Exp. Med. Biol. 2001. Vol.502. P. 61–73.

18. **Katayama K., Matsuo H., Ishida K. et al.** Intermittent hypoxia improves endurance performance and submaximal exercise efficiency // High. Alt. Med. Biol. 2003. Vol.4, №3. P. 291–304.

19. **Koistinen P.O., Rusko H., Irjala K. et al.** EPO, red cells, and serum transferrin receptor in continuous and intermittent hypoxia // Medicine & Science in Sports & Exercise. 2000. Vol.32. №4. P. 800–804.

20. **Levine B.D., Stray-Gundersen J.** Dose-response of altitude training: How much altitude is enough? // Advances in Experimental Medicine and Biology. 2006. Vol.588. P. 233–247.

21. **Millet G.P., Roels B., Schmitt L., Woorons X., Richalet J.P.** Combining Hypoxic Methods for Peak Performance // Sports Medicine, 2010. Vol.40. P. 1–25.

22. **Muza S.R., Beidleman B.A., Fulco C.S.** Altitude preexposure recommendations for inducing acclimatization // High Alt. Med. Biol. 2010. Vol.11, №2. P. 87–92.

23. **Robertson E.Y., Saunders P.U., Pyne D.B., Gore C.J., Anson J.M.** Effectiveness of intermittent training in hypoxia combined with live high/train low // European Journal of Applied Physiology. 2010. Vol.110, №2. P. 379–387.

24. **Tadibi V., Dehnert C., Menold E., Barch P.** Unchanged Anaerobic and Aerobic Performance after Short-Term Intermittent Hypoxia // Medicine & Science in Sports & Exercise. 2007. Vol.39, №5. P. 858–864.

25. **Wilber R.L.** Application of Altitude/Hypoxic Training by Elite Athletes // Medicine & Science in Sports & Exercise. 2007. Vol.39, №9. P. 1610–1624.

Контактная информация:

Глазачев Олег Станиславович – профессор кафедры нормальной физиологии Первого МГМУ им И. М. Сеченова, директор Международного института социальной физиологии, д.м.н.

Адрес: 125009, Москва, ул. Моховая 11, стр.4;
тел. (495) 692-53-42; e-mail: glazachev@mail.ru