

ГИПОКСИЧЕСКИ-ГИПЕРОКСИЧЕСКИЕ ТРЕНИРОВКИ В СПОРТЕ: ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И АЭРОБНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ

*О.С. ГЛАЗАЧЕВ, Е.Н. ДУДНИК, Л.А. ЯРЦЕВА,
Московская медицинская академия им. И.М. Сеченова;
А.В. ПЛАТОНЕНКО, Г.В. СПИРИНА,
Группа компаний ВНИИМИ, г. Москва*

Аннотация

Проведена апробация метода интервальных гипоксическо-гипероксических тренировок (ИГГТ) с биообратной связью для коррекции функционального состояния и восстановления физической работоспособности, аэробной выносливости спортсменов. Курс гипоксическо-гипероксического прекодиционирования приводит к повышению устойчивости спортсменов к острой дозированной гипоксии, устранению клинических проявлений перетренированности, восстановлению исходно сниженного уровня работоспособности, оптимизации вегетативной регуляции сердца, улучшению психологического статуса. Эффекты ИГГТ носят индивидуальный характер и зависят от исходного состояния спортсмена, что требует подбора индивидуальных протоколов проведения гипоксических тренировок. Предложенный метод ИГГТ является перспективным подходом в расширении арсенала средств восстановления и потенцирования работоспособности квалифицированных спортсменов.

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

Abstract

Approbation of interval hypoxic-hyperoxic training (IHHT) method with a biofeedback for correction of a functional condition and restoration of physical working capacity, aerobic endurance of sportsmen has been done. The course of hypoxic-hyperoxic preconditioning leads to increase of sportsmen resistance to sharp dosed hypoxia, to elimination of clinical overtraining symptoms, to restoration of initially lowered level of working capacity, autonomic cardiac regulation optimization, improvement of the psychological status. Effects of IHHT have individual character and depend on an initial condition of the sportsman that demands selection of individual hypoxic-hyperoxic training protocols. Offered method is the perspective approach in expansion of an arsenal of means for restoration and potentiation of qualified sportsmen working capacity.

Keywords: interval hypoxic-hyperoxic training, physical working capacity, cardiac autonomic regulation.

Введение

Восстановление спортивной работоспособности после тренировочных и соревновательных нагрузок является неотъемлемой частью всей системы подготовки спортсмена. Особенности протекания восстановительных процессов могут обусловить как прогрессивное повышение тренированности и работоспособности спортсмена, так и кумуляцию вызванных утомлением сдвигов, развитие переутомления, синдрома перетренированности и в связи с этим прекращение роста спортивных результатов и падение работоспособности [10]. Оптимальное сочетание утомления и последующего восстановления является физиологической основой долговременной адаптации организма к физическим нагрузкам.

Одним из перспективных методов эффективного восстановления функционального состояния спортсменов, повышения их аэробных возможностей, физической работоспособности и выносливости является высокогорная, или аппаратная, гипоксическая тренировка [18], имеющая довольно продолжительную историю. В ряде исследований показано, что тренировка спортсменов в условиях естественного среднегорья или в моделированных условиях умеренно выраженной периодической гипоксии (сопоставимо с высотой 4000–5000 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 [13, 15], а также активирует множественный каскад негематологических механизмов, включая ангиогенез, повышение капилляризации мышц, активацию транспорта глюкозы, утилизации липидов, регуляцию рН, мощность систем антиоксидантной защиты, повышение буферной емкости мышц, их лактатной толерантности, повышение биоэнергетической эффективности митохондриальной дыхательной цепи, снижение симпат-адреналовой реактивности на стресс-стимулы [12, 14].

Предложены разные методы моделирования высокогорной гипоксии – барокамеры, гипоксические палатки, масочные аппараты, разные протоколы гипокситренировок: 1) длительная многочасовая экспозиция гипоксии (модель «train low, sleep high»); 2) интервальная 2–6-часовая экспозиция ежедневно в течение 12–28 дней; 3) гипоксические экспозиции в сочетании с физическими нагрузками [4, 16]. Однако, поскольку в разных исследованиях использовалось разное оборудование, протоколы тренировок, режимы длительности,

кратности и интенсивности гипоксических стимулов, их результаты зачастую несопоставимы, а данные по поводу эффективности гипоксических тренировок в спорте неоднозначны и противоречивы [17, 18].

В доступных нам систематических обзорах [11, 16], основанных на метаанализе результатов многих исследований, указано, что для «элитных» спортсменов эффективным протоколом гипокситренировок является модель длительных (8–10 часов) гипоксических ночных экспозиций в сочетании с дневными физическими тренировками; для молодых же спортсменов или в случае сниженной работоспособности могут применяться протоколы с более краткими гипоксическими стимулами.

В нашей стране большую популярность приобрел метод интервальной гипоксической тренировки (ИГТ) – дыхание через маску гипоксической газовой смесью короткими интервалами – 5–8 минут, прерываемыми 3–4-минутными нормоксическими паузами [3, 5].

В ряде исследований установлено, что важной в случае применения ИГТ является не только интенсивность гипоксического стимула, но и чередование периодов дозированной гипоксии и реоксигенации (восстановление исходного уровня кислородного снабжения организма) [7]. При этом периоды реоксигенации индуцируют продукцию активных форм кислорода (АФК), которые запускают каскады синтеза защитных внутриклеточных факторов, в том числе с антиоксидантной функцией. Эффективность таких тренировок удалось повысить чередованием коротких гипоксических экспозиций гипероксическими «импульсами» [1]. В экспериментальных работах показано, что 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]. 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 гипоксически-гипероксической тренировки (ИПГТ) [2], а также устройство для его реализации [6].

В настоящей работе представлены результаты апробации метода ИПГТ для восстановления работоспособности, гипоксической и аэробной выносливости спортсменов с исходно сниженными (от индивидуальных данных) показателями физической работоспособности и признаками перетренированности.

Организация и методы исследования

В исследовании, проведенном на базе поликлиники РГУФКСиТ, приняли участие 15 спортсменов-легкоатлетов (7 муж. и 8 жен.) со спортивной квалификацией КМС и МС в возрасте 18–21 года (спортивный стаж – 5–8 лет). На момент первичного

обследования у всех спортсменов клинически был верифицирован диагноз «синдром хронической перетренированности».

Для коррекции проявлений хронической перетренированности был предложен курс ИПГТ (14 процедур по 45 мин, в режиме 3 раза в неделю) в качестве моновоздействий на фоне регулярных облегченных физических тренировок (процедуры отпускались после тренировок через 1,5–2 часа). Перед началом курса тренировок определяли индивидуальную чувствительность спортсменов к гипоксии путем проведения 10-минутного гипоксического теста (ГТ) с ежеминутным мониторингом ЧСС и SaO₂. Процедуры ИПГТ 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 зависела от индивидуальной гипоксической чувствительности спортсмена в ГТ, а их переключение осуществлялось автоматически по специальным алгоритмам (биообратная связь) [6]. В течение процедуры проводили 8–10 таких циклов.

До курса процедур ИПГТ 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.) [10];

- регистрацию кардиоинтервалограмм в положении лежа (АПК «ВНС-спектр», ООО «Нейрософт», Иваново, 2002) в течение 5 минут с последующей оценкой временных и частотных характеристик variability сердечного ритма (ВСР) в соответствии с общепринятыми стандартами [21]. В качестве временных характеристик ВСР рассчитывали ЧСС, уд./мин; среднее квадратическое отклонение величин RR интервалов за всю эпоху (SDNN, мс); моду (Mo, мс), амплитуду моды (AMo, %), вариационный размах (ВР, мс) и коэффициент вариации (CV, %). Вычисляли индекс напряжения регуляторных систем (ИН, усл. ед) и показатель адекватности процессов регуляции ПАПР. При частотном анализе общей variability эпохи кардиоинтервалов определяли общую мощность спектра ВСР (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 [9], МПК, МПК/кг, а также экономичности выполнения нагрузки (степень прироста ЧСС, АД, индексы инотропного и хронотропного резерва – ИИР и ИХР, показатель «двойного произведения» – ДП) [9];

- запись ЭКГ покоя в 12 отведениях для клинической оценки состояния перетренированности и выявления признаков нарушений в миокарде.

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 их обсуждение

При исходном обследовании спортсменов установлено, что все они имели различные признаки перетренированности: ухудшение общего самочувствия, повышенную утомляемость (80%), ощущения перебоев в работе сердца, нарушения цикла сон–бодрствование (73,3%), высокий уровень субъективной тревоги (66,6%); при ЭКГ-обследовании выявлены нарушения ритма сердца (как правило, в виде желудочковой экстрасистолии) – у 80%, нарушение реполяризации желудочков (горизонтальная депрессия ST-сегмента – у 73,3%). При анализе показателей ВСП установлены несколько сниженные по отношению к нормативам спортсменов значения ТР, умеренно повышенные значения низкочастотной составляющей ВСП (LF), сниженный вклад высокочастотного компонента HF (табл.1), что можно интерпретировать как высокую степень напряжения нейрогуморальной регуляции сердечной деятельности с доминированием симпатических влияний [8]. Уровень работоспособности практически у всех исследуемых при исходном тестировании был значимо снижен (табл.1) по сравнению с результатами тестирования 20 спортсменов без признаков хронической перетренированности (их среднegrupповые значения $PWC_{170}/MT=19,26\pm 0,64$ кгм/мин/кг).

После прохождения курса ИГГТ на фоне продолжающихся спортивных тренировок в облегченном режиме в группе обследованных спортсменов установлено улучшение их психологического, функционального состояния (исчезновение клинически значимых изменений на ЭКГ), повышение уровня работоспособности. После курса ИГГТ выявлено существенное повышение значений PWC_{170} , МПК и их относительных (к массе тела) величин, а также значимое снижение степени прироста ЧСС, АД, двойного произведения (ΔДП), ИХР и ИИР (табл.1), что свидетельствует о повышении хроноинотропных резервов миокарда и экономизации работы кровообращения при выполнении нагрузки той же мощности. Большинство спортсменов хорошо переносили курс ИГГТ, 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 гипоксии в гипоксическом тесте – значимое снижение степени десатурации гемоглобина и степени прироста ЧСС при повторном тестировании (табл. 1).

В то же время в динамике психовегетативных показателей существенных сдвигов не было выявлено – отмечены лишь значимое снижение степени субъективно оцениваемого хронического утомления (табл.1), а также тенденции к повышению общей мощности ВСП со снижением вклада LF и повышением вклада HF-компонентов, что в целом отражает снижение степени напряжения вегетативной регуляции сердца, активацию парасимпатических механизмов регуляции.

Таблица 1

Динамика показателей физической работоспособности по тесту PWC_{170} у спортсменов в курсе ИГГТ ($n=15$, $M\pm m$)

Показатель		Исходно	После курса ИГГТ
1.	МПК, мл	2983,52 ± 121,52	3197,04 ± 121,53 (p=0,001)
2.	МПК/MT, 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}/MT , 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.	ДП _{нагр.} , 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.	ТР, 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
18.	ЧСС _{max} , уд/мин	77,93 ± 1,88	84,29 ± 1,54 (p=0,001)
19.	SaO _{2 min} , %	82,2 ± 3,9	76,6 ± 3,0 (p=0,01)

Условные обозначения: SaO_{2 min} и ЧСС_{max} – соответственно минимальные значения сатурации крови кислородом и максимальные значения ЧСС при проведении гипоксического теста – ГТ.

Таким образом, установлено, что курс гипоксическо-гипероксического преко кондиционирования приводит к повышению устойчивости спортсменов к острой дозированной гипоксии, устранению клинических проявлений перетренированности, восстановлению исходно сниженного уровня работоспособности. Вместе с тем были отмечены существенные межиндивидуальные различия в динамике «ответов» организма спортсменов на процедуры ИГТТ, что отразилось, очевидно, в первую очередь в значительном «разбросе» показателей психологического статуса, вегетативной регуляции. Поэтому в дальнейшем проведен сравнительный анализ эффективности

ИГТТ в зависимости от исходного уровня работоспособности спортсменов. По исходным значениям PWC_{170}/MT все участники исследования были разделены на две группы: 1) группа А, 7 чел., с работоспособностью ниже среднего (PWC_{170}/MT – 10–13 кгм/мин/кг); 2) группа Б, 7 чел., со средним уровнем работоспособности (PWC_{170}/MT – 15–18 кгм/мин/кг).

Установлено, что после курса ИГТТ у испытуемых обеих групп уровень работоспособности значительно повысился (рис. 1), однако в группе со средней работоспособностью прирост показателей был существенно выше.

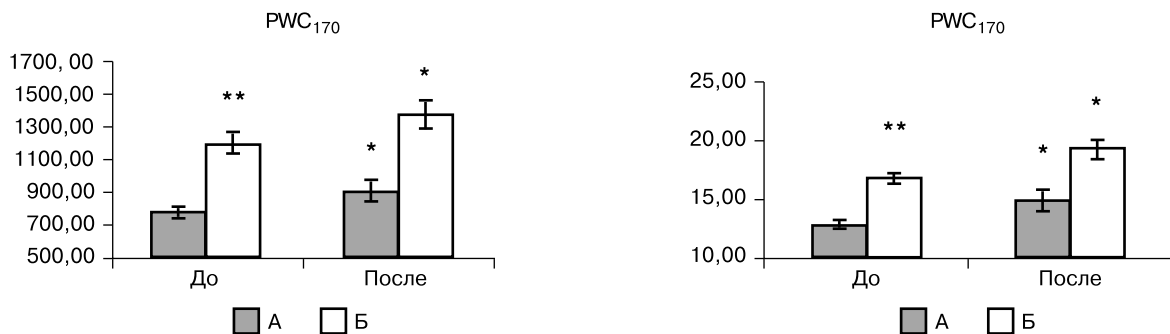


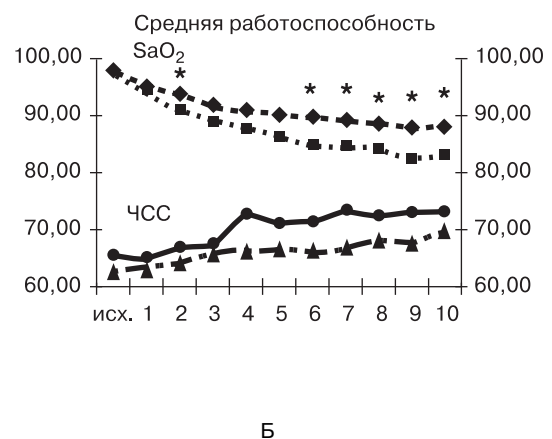
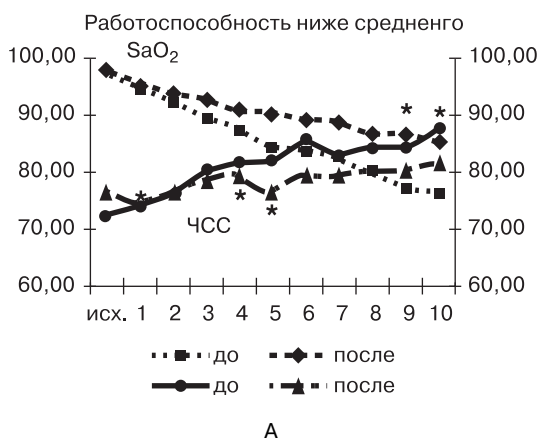
Рис. 1. Динамика показателей физической работоспособности по тесту PWC_{170} у спортсменов выделенных групп в курсе ИГТТ ($M \pm m$)

* Достоверность различий при $p < 0,05$ по отношению к исходным данным в границе одной группы.

** Достоверность межгрупповых различий при $p < 0,01$ на одном этапе наблюдения.

Прирост работоспособности сопровождался повышением толерантности спортсменов к острой гипоксии в ГТ (рис. 2). В группе со средней работоспособностью степень снижения SaO_2 при повторном проведении ГТ стала достоверно ниже начиная с 6-й минуты теста, а значения ЧСС в течение всего ГТ не превышали 70 уд./мин. В то же время в группе А степень снижения SaO_2 в тесте после ИГТТ стала менее выраженной лишь на 9–10-й минуте при сохранении более высоких (в сравнении с группой Б) значений ЧСС в тесте.

Курс ИГТТ и отдельные процедуры гипоксических тренировок сопровождалась умеренным гипотензивным эффектом (рис. 3). При этом в группе Б значимое снижение значений АД на гипоксическое преко кондиционирование происходило уже с 8–9-й процедуры, в то время как в группе спортсменов со сниженной работоспособностью существенной динамики значений САД и ДАД не выявлено – лишь эпизодические снижения значений САД.



* То же, что на рис. 1.

Рис. 2. Динамика показателя степени десатурации гемоглобина (SaO_2) и ЧСС у спортсменов выделенных групп в гипоксическом тесте (ГТ) до и после ИГТТ ($M \pm m$)

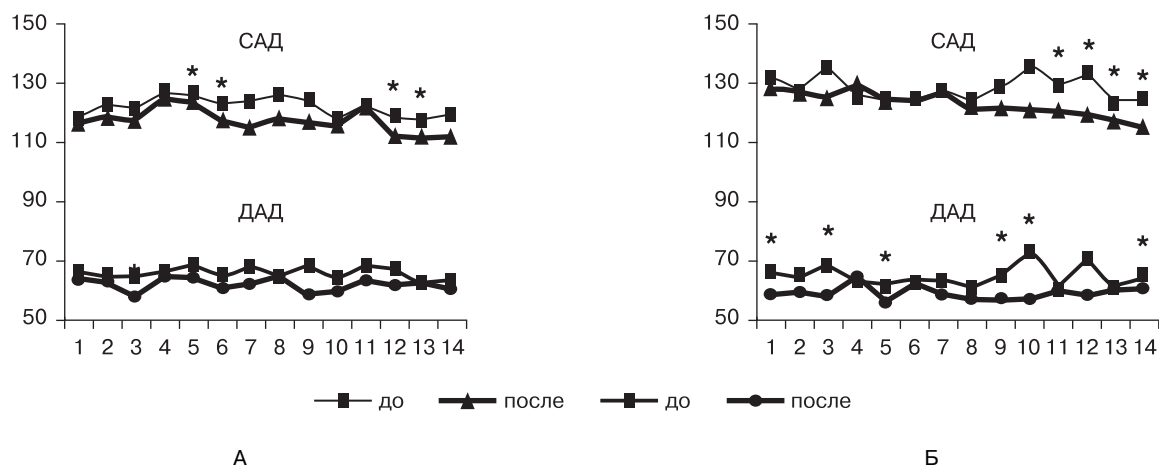


Рис. 3. Динамика значений показателей систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД) до и после каждой из 14 процедур ИГГТ у спортсменов выделенных групп

Примечания: по оси абсцисс – номер процедуры, по оси ординат – АД, мм рт. ст.; * то же, что на рис. 1.

Наиболее существенные межгрупповые различия были выявлены в динамике показателей ВСП (табл. 2).

Таблица 2

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

№ п/п	Показатель	Группа А		Группа Б	
		до ИГГТ	после ИГГТ	до ИГГТ	после ИГГТ
1.	ТР, 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***
9.	ПАПР, у.е.	43,08±8,36	60,54 ± 9,93*	45,40 ± 3,89	35,84 ± 2,53*
10.	ИН, у.е.	71,25±12,23	155,18 ± 5,45*	86,85 ± 12,58	39,18 ± 2,16***

* p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001.

Так, в группе Б после курса ИГГТ отмечены тенденции к увеличению общей мощности спектра ВСП, значимое повышение вариационного размаха ВР, снижение значений интегральных индексов ПАПР и ИН, что в целом отражает активацию парасимпатических механизмов регуляции сердца, повышение мощности регуляторных систем. В группе спортсменов с исходно сниженной работоспособностью повышение работоспособности под влиянием ИГГТ также сопровождалось тенденцией к повышению значений ТР, однако при этом отмечено повышение значений АМо, ЧСС покоя, рост ИН до диапазона симпатикотонии, значимое повышение ПАПР, что можно интерпретировать как повышение напряжения вегетативной регуляции сердца, преобладание симпатических влияний в покое. Следовательно, у лиц с исходно сниженной работоспособностью ее восстанов-

ление под влиянием ИГГТ, а также рост гипоксической устойчивости, нормализация вегетативных функций происходят медленнее, с большим напряжением вегетативной регуляции, что, очевидно, требует коррекции протоколов ИГГТ для этой категории спортсменов.

Заключение

Результаты выполненного исследования показали возможность и потенциальную эффективность применения нового метода интервальных гипоксически-гипероксических тренировок (ИГГТ) в нормобарическом режиме с биообратной связью для коррекции функционального состояния и восстановления физической работоспособности, аэробной выносливости спортсменов. Курс гипоксически-гипероксического прекондиционирования приводит к повышению устойчивости спортсменов

к острой дозированной гипоксии, устранению клинических проявлений перетренированности, восстановлению исходно сниженного уровня 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 исходной работоспособности. При этом у спортсменов с исходным средним уровнем работоспособности процесс ее восстановления проходил в более короткие сроки и с большей эффективностью. У обследуемых атлетов с исходным уровнем работоспособности ниже среднего процессы восстановления работоспособности и повышение гипоксической устойчивости в курсе ИГГТ происходили менее эффективно, со значительным напряжением вегетативной регуляции сердца, что, оче-

видно, требует подбора более «щадящих» протоколов проведения гипоксических тренировок с меньшей интенсивностью гипоксических стимулов.

Ограничения и перспективы исследования

Полученные результаты носят предварительный характер и требуют уточнения в сравнительных контролируемых исследованиях эффектов режимов ИГГТ и «традиционной» ИГТ, с контролем динамики работоспособности в квалитметрических тестах с учетом спортивной специализации. Вместе с тем метод интервальных гипоксически-гипероксических тренировок, учитывая его экспериментальные обоснования и накапливаемый опыт прикладного применения, является перспективным подходом расширения арсенала средств восстановления функционального статуса и работоспособности квалифицированных спортсменов.

Литература

1. *Архипенко Ю.В., Сазонтова Т.Г.* Влияние адаптации к различному уровню кислорода на физическую выносливость, свободнорадикальное окисление и белки срочного ответа / Пятая Российская конференция «Гипоксия: механизмы, адаптация, коррекция»: тезисы докладов // Патогенез: научно-практический журнал. – 2008. – № 3. – С. 44–45.
2. *Архипенко Ю.В., Сазонтова Т.Г., Глазачев О.С., Платоненко В.И.* Способ повышения неспецифических адаптационных возможностей человека на основе гипоксически-гипероксических газовых смесей. – Патент РФ на изобретение № 2289432 от 20 декабря 2006 г. (Заявка № 2005130748).
3. *Волков Н. И.* Интервальная тренировка в спорте. – М.: ФиС, 2000. – 162 с.
4. *Горанчук В.В., Сапова Н.И., Иванов А.О.* Гипокситерапия. – СПб., 2003. – 536 с.
5. *Колчинская А. З.* Интервальная гипоксическая тренировка в спорте высших достижений // Спортивная медицина. – 2008. – № 1. – С. 9–25.
6. *Костин А.И., Глазачев О.С., Платоненко А.В., Спирина Г.К.* Устройство для проведения комплексной интервальной нормобарической гипоксическо-гипероксической тренировки человека. – Патент РФ на изобретение № 2365384 от 27 августа 2009 г. (Заявка № 2008104330).
7. *Лукьянова Л.Д., Германова Э.Л., Цыбина Т.А. и др.* Эффективность и механизм действия различных типов гипоксических тренировок. Возможность их оптимизации // Патогенез: научно-практический журнал. – 2008. – № 3. – С. 32–36.
8. *Михайлов В.М.* Вариабельность ритма сердца. – Иваново, 2000. – 182 с.
9. *Михайлов В.М.* Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмилл-тест, степ-тест, ходьба. – Иваново, 2005. – 440 с.
10. *Смоленский А.В.* Краткий курс лекций по спортивной медицине. – М.: РГУФКСИТ, 2004. – 190 с.
11. *Bonetti D.L., Hopkins W.G.* Sea-Level Exercise Performance Following Adaptation to Hypoxia: A Meta-Analysis // Sports Medicine. – 2009. – V. 39 (2). – P. 107–127.
12. *Gore C.J., Clark S.A., Saunders P.U.* Nonhematological mechanisms of improved sea-level performance after hypoxic exposure // Med. Sci. Sports Exerc. – 2007. – 39 (9). – P. 1600–1609.
13. *Hoppeler H., Vogt M.* Hypoxia training for sea-level performance. Training high-living low // Adv. Exp. Med. Biol. – 2001. – 502. – P. 61–73.
14. *Katayama K., Matsuo H., Ishida K. et al.* Intermittent hypoxia improves endurance performance and submaximal exercise efficiency // High. Alt. Med. Biol., – 2003. – 4 (3). – P. 291–304.
15. *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. – V. 32. – № 4. – P. 800–804.
16. *Millet G. P., Roels B., Schmitt L., Woorons X., Richalet J. P.* Combining Hypoxic Methods for Peak Performance // Sports Medicine. – 2010. – V. 40. – P. 1–25.
17. *Tadibi V., Dehnert C., Menold E., Bartch P.* Unchanged Anaerobic and Aerobic Performance after Short-Term Intermittent Hypoxia // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2007. – Vol. 39 (5). – P. 858–864.
18. *Wilber R. L.* Application of Altitude / Hypoxic Training by Elite Athletes // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2007. – Vol. 39 (9). – P. 1610–1624.