

ИНТЕРВАЛЬНЫЕ ГИПОКСИЧЕСКИ-ГИПЕРОКСИЧЕСКИЕ ТРЕНИРОВКИ В РЕАБИЛИТАЦИИ СПОРТСМЕНОВ С СИНДРОМОМ ХРОНИЧЕСКОЙ ПЕРЕТРЕНИРОВАННОСТИ (ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

© О.С. Глазачев, 2010
УДК 612.1/.8
Г 52

О.С. Глазачев¹, А.В. Смоленский², Е.Н. Дудник¹, Л.А. Ярцева¹,
Л.И. Колбая², А.В. Платоненко³

¹Московская медицинская академия им. И.М. Сеченова,
кафедра нормальной физиологии

²Российский государственный университет физической культуры, спорта и туризма,
кафедра спортивной медицины.

³Группа компаний ВНИИМИ (Москва)
glazachev@mail.ru

PERIODIC HYPOXIC-HYPEROXIC TRAINING IN THE REHABILITATION OF SPORTSMEN WITH THE CHRONIC HYPER-TRAINING SYNDROME (A PILOT STUDY)

O.S. Glazachev¹, A.V. Smolensky², Ye.N. Dudnik¹, L.A. Yartseva¹,
L.I. Kolbaya², A.V. Platonenko³

¹Sechenov's Moscow Medical Academy, Normal Physiology Faculty

²Russian State University of Physical Culture, Sports and Tourism, Sports Medicine Department.

³VNIIMI Group of Companies (Moscow)

SUMMARY

The testing of the method of periodic hypoxic-hyperoxic physical training sessions (PHHPTS) was conducted with a view of correcting the functional status and rehabilitating physical exercise performance of sportsmen with the syndrome of chronic hyper-training. The course of hypoxic-hyperoxic preconditioning has led to increasing tolerance of the sportsmen to acute dosed hypoxia, eliminating clinical manifestations of excess training, rehabilitation regarding the initially reduced exercise performance, aerobic stamina, and optimizing the vegetative regulation of heart.

In spite of the pilot nature of the study, the offered method of periodic hypoxic-hyperoxic training sessions, given its experimental justifications and the accumulated experience of applied usage, is the prospective approach to widening the range of rehabilitation means for the sportsmen with the syndrome of chronic hyper-training.

Key words: *periodic hypoxic-hyperoxic physical training session, chronic hyper-training, aerobic efficiency, vegetative regulation of heart.*

РЕЗЮМЕ

Проведена апробация метода интервальных гипоксически-гипероксических тренировок (ИГГТ) для коррекции функционального состояния и восстановления физической работоспособности спортсменов с синдромом хронической перетренированности. Курс гипоксическо-гипероксического прекодиционирования приводит к повышению устойчивости спортсменов к острой дозированной гипоксии, устранению клинических проявлений перетренированности, восстановлению исходно сниженной работоспособности, аэробной выносливости, оптимизации вегетативной регуляции сердца.

Несмотря на пилотный характер исследования, предложенный метод интервальных гипоксически-гипероксических тренировок, учитывая его экспериментальные обоснования и накапливаемый опыт прикладного применения, является перспективным подходом в расширении арсенала средств реабилитации спортсменов с синдромом хронической перетренированности.

Ключевые слова: *интервальная гипоксически-гипероксическая тренировка, хроническая перетренированность, аэробная работоспособность, вегетативная регуляция сердца.*

ВВЕДЕНИЕ

Высокие спортивные достижения практически в каждом виде спорта сопровождаются предельными нагрузками как в тренировочном, так и в соревновательном периоде. Если тренировочный процесс, интенсивность нагрузок не соответствуют возрастным, индивидуальным особенностям спортсмена, уровню подготовленности, при наличии предрасполагающих факторов (заболевания, нарушения режима и т.п.) могут возникать различные нарушения: переутомление, перетренированность, перенапряжение, сопровождающиеся снижением психомоторной, физической работоспособности, изменением функционального состояния, снижением уровня здоровья спортсмена [4, 10]. Восстановление спортивной работоспособности и оптимального функционирования после тренировочных и соревновательных нагрузок является неотъемлемой частью подготовки и медицинского обеспечения высококвалифицированных спортсменов.

Одним из перспективных методов эффективного восстановления функционального состояния спортсменов, повышения их аэробных возможностей, физической работоспособности и выносливости является высокогорная или аппаратная гипоксическая тренировка [22]. В довольно многочисленных исследованиях показано, что тренировка спортсменов в условиях среднегорья или в моделированных условиях умеренной – выраженной периодической гипоксии (сопоставимо с высотой 4200-5000 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 [15, 16]. Наряду с этим активирует мультифакторный каскад негематологических «ответов», включая ангиогенез, транспорт глюкозы, утилизацию липидов, регуляцию pH, мощность систем антиоксидантной защиты, улучшение мышечной производительности на митохондриальном уровне, повышение устойчивости к лактоацидозу и пр. [12, 19]. Предложены разные методы моделирования высокогорной гипоксии – барокамеры, гипоксические палатки, масочные аппараты [18], разные протоколы гипокситренировок: 1) длительная многочасовая экспозиция гипоксии (модель «train low, sleep high»), 2) интервальная 1-5-часовая экспозиция ежедневно в

течение 12-14 дней, 3) гипоксические экспозиции во время выполнения тренировочных физических нагрузок [11]. Поскольку в разных исследованиях используются 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 [13, 20]. В единственном доступном систематическом обзоре [11], основанном на метаанализе результатов 51 исследования показано, что для элитных спортсменов эффективным протоколом гипокситренировок является модель «train low, sleep high», для молодых спортсменов, в случае нарушения функций, сниженной работоспособности могут применяться другие протоколы с более краткими гипоксическими экспозициями, однако этот вопрос требует дополнительных исследований.

В России большую популярность приобрел метод интервальной гипоксической тренировки (ИГТ) – дыхание через маску гипоксической газовой смесью короткими интервалами – 5-8 мин, прерываемыми 3-4-минутными нормоксическими паузами. Показана эффективность применения ИГТ в комплексной реабилитации пациентов с сердечно-сосудистой патологией, бронхиальной астмой, ожирением и пр., при подготовке квалифицированных спортсменов, повышении стрессоустойчивости и физиологических резервов здорового работающего человека [3, 5, 18].

В ряде исследований установлено, что важным моментом в случае применения ИГТ является чередование периодов дозированной гипоксии (активация всех механизмов транспорта и утилизации O_2) и реоксигенации (восстановление исходного уровня кислородного снабжения организма на фоне повышенной активности механизмов его транспорта и утилизации) [7, 9]. В этом случае периоды реоксигенации индуцируют продукцию активных форм кислорода (АФК), которые запускают сигнальные 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 возрастает 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 повышает физическую выносливость животных (тест «плавание до отказа») по сравнению с режимом «гипоксия/нормоксия» [1, 9]. При этом тренирующие эффекты ИГТ при режиме «гипоксия/гипероксия» развиваются быстрее [9].

Нами разработаны 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 (ИГТТ) [2], а также устройство для его реализации [17].

Цель выполненной работы – исследование возможности применения нового метода – ИГТТ для реабилитации спортсменов с синдромом хронической перетренированности и повышения уровня их работоспособности.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании, проведенном на базе поликлиники РГУФКСИТ, приняли участие 15 спортсменов-легкоатлетов (7 мужчин и 8 женщин) со спортивной квалификацией КМС и МС, в возрасте 18-21 год (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 ИГТТ (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 ч). Перед началом курса тренировок определяли индивидуальную чувствительность спортсменов к гипоксии путем проведения 10-минутного гипоксического теста (ГТ) с ежеминутным контролем ЧСС и SaO₂. Процедуры ИГТТ начинали с подачи через маску гипоксической смеси с 11% O₂ (5-7 мин), затем 2-3 мин подавали гипероксическую газовую смесь с 30% O₂. Длительность гипоксического воздействия и последующей гипероксии зависели от индивидуальной гипоксической чувствительности спортсмена в ГТ, а их переключение осуществлялось автоматически по специальным алгоритмам (биообратная связь) [17].

В течение процедуры проводили 6-7 таких циклов. После 5-7 процедур интенсивность гипоксии повышали до 10% O₂.

До курса процедур ИГТТ и на 3-4-й 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.) [6];
- регистрацию кардиоинтервалограмм в положении лежа (АПК «ВНС-спектр», ООО «Нейрософт», Иваново, 2002) в течение 5 мин с последующей оценкой временных и частотных характеристик variability сердечного ритма (BCP) в соответствии с общепринятыми стандартами [21]. В качестве временных характеристик BCP рассчитывали ЧСС, уд/мин; среднее квадратическое отклонение величин RR интервалов за всю эпоху (SDNN, мс); моду (Mo, мс), амплитуду моды (AMo, %), вариационный размах (BP, мс) и коэффициент вариации (CV, %); процент от общего количества последовательных пар RR интервалов, значения которых различались больше, чем 50 миллисекунд (pNN50, %). 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 симпатопарасимпатического взаимодействия LF/HF [21];
- тестирование уровня физической работоспособности с использованием теста PWC-170 с расчетом показателей абсолютной и относительной (на килограмм массы) работоспособности в модификации В.Л. Карпмана [8], МПК, МПК/кг, а также экономичности выполнения нагрузки (степень прироста ЧСС, АД, индексов хронотропного и инотропного резерва (ИХР и ИИР), двойного произведения – ДП) [8];
- 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. Учитывая малую численность группы наблюдения и ненормальность распределения значений отдельных показателей, для оценки достоверности различий использовали непараметрический критерий Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При исходном обследовании спортсменов установлено, что все они имели различные признаки перетренированности. Большинство участников исследования отмечали ухудшение 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 психологическом тестировании обследуемые демонстрировали высокий уровень негативных и тревожно-депрессивных эмоций (при границе референсных значений для популяции здоровых лиц [6] – 36 и 33 балла соответственно), а также значительную

степень хронического утомления (табл. 1). При анализе показателей ВСП установлены несколько сниженные по отношению к нормативам спортсменов значения TP, умеренно повышенные значения низкочастотной составляющей ВСП (LF), сниженный вклад высокочастотного компонента HF и повышение индекса LF/HF, что можно интерпретировать как высокую степень напряжения нейрогуморальной регуляции сердечной деятельности с доминированием симпатических влияний [8].

Уровень работоспособности и аэробная производительность практически у всех участников исследования при исходном тестировании были значимо снижены (табл. 2) по сравнению с результатами тестирования 20 спортсменов без признаков хронической перетренированности (у них среднегрупповые значения PWC/MT – $19,26 \pm 0,64$ кгм/мин/кг).

После прохождения курса ИГГТ на фоне продолжающихся тренировок в облегченном режиме в группе обследованных спортсменов установлены улучшение их психологического, функционального состояния, повышение уровня работоспособности. Так, по субъективным самоотчетам, у всех обследуемых после курса ИГГТ происходили улучшение общего самочувствия, нормализация сна и настроения, исчезли ощущения

Таблица 1

Динамика показателей психологического статуса и вариабельности сердечного ритма спортсменов в курсе ИГГТ (M±m)

№	Показатель	Исходно	После курса ИГГТ
1	Хроническое утомление (ХУ)	42,45±2,95	38,98±3,40 (p=0,05)
2	Позитивные эмоции (ПЭ)	42,05±2,37	44,57±1,97
3	Негативные эмоции (НЭ)	44,19±2,26	42,79±2,13
4	Тревожно-депрессивные эмоции (ТДЭ)	44,37±3,07	41,57±2,45
5	SDNN, мс	54,0±7,7	82,0±8,6 (p=0,03)
6	pNN50, %	28,3±8,4	34,02±9,4
7	CV, %	5,75±0,49	6,62±0,59
8	TP, мс ²	3118±456	3890±337 (p=0,1)
9	LF/HF	8,01±6,51	1,35±0,71 (p=0,007)
10	VLF, мс ²	1310±204	1298±136
11	LF, мс ²	1300±566	801±209 (p=0,005)
12	HF, мс ²	257,3±170	624,1±168 (p=0,005)
13	ЧСС, уд/мин	68,25±5,35	67,12±3,72
14	Mo, с	0,934±0,07	0,927±0,05
15	AMo, %	39,8±4,6	36,7±4,8
16	BP, с	0,304±0,03	0,350±0,03
17	ИН, усл. ед.	100,9±15,7	75,3±21,1 (p=0,1)

Условные обозначения: здесь и далее в последней графе в скобках – значимость различий по отношению к исходным данным.

перебоев в работе сердца. При психотестировании выявлено значимое снижение проявлений хронического утомления, однако в структуре эмоций существенных изменений не произошло – по-прежнему доминировали негативные эмоции.

Гипоксически-гипероксическое прекодиционирование привело к уменьшению (исчезновению) клинически значимых изменений на ЭКГ: у 11 спортсменов из 15 произошло восстановление процессов реполяризации желудочков, у всех обследуемых нарушения ритма после курса реабилитации не выявлены.

Большинство спортсменов хорошо переносили курс ИГГТ, лишь у 3 из 15 первые процедуры сопровождались жалобами на чувство нехватки воздуха, затруднения вдоха, эмоциональным возбуждением. После незначительного снижения гипоксической экспозиции и соответствующих разъяснений спортсмены продолжили курс тренировок. Многие отмечали релаксирующее влияние процедур, а к концу курса – улучшение переносимости спортивных тренировок на следующий день после процедуры ИГГТ.

По завершении курса ИГГТ отмечено существенное повышение устойчивости спортсменов к острой моделируемой гипоксии в гипоксическом тесте – значимое

снижение степени десатурации гемоглобина и степени прироста ЧСС при повторном тестировании (табл. 3).

В динамике показателей ВСР отмечены тенденции к повышению общей мощности вариабельности со снижением вклада LF и повышением вклада HF компонентов, что нашло отражение в значимом снижении индекса симпатопарасимпатических отношений. Подобные сдвиги расцениваются как некоторое повышение вагусных влияний и снижение симпатически индуцированного напряжения вегетативной регуляции сердца.

При повторном (после ИГГТ) тестировании физической работоспособности выявлено существенное повышение значений PWC170, МПК и их относительных (к массе тела) величин, а также значимое снижение степени прироста ЧСС, АД, двойного произведения (ДП), ИХР и ИИР (табл. 2.), что свидетельствует о повышении хроноинотропных резервов миокарда и экономизации работы кровообращения при выполнении нагрузки той же мощности. Полученные данные хорошо согласуются с результатами работ [11, 15], где показана эффективность использования относительно коротких (2-3 недели) протоколов искусственно моделированной интервальной гипоксии (изолированно или сочетанно с выполнением нагрузок умеренной интенсивности)

Таблица 2

Динамика показателей физической работоспособности по тесту PWC170 у спортсменов в курсе ИГГТ (M±m)

Показатель	Исходно	После курса ИГГТ
МПК, мл	2983,52±121,52	3197,04±121,53 (p=0,001)
МПК/МТ, мл/кг	46,42±1,32	50,37±1,39 (p=0,001)
PWC170, кгм/мин	1025,60±71,48	1151,20±71,49 (p=0,001)
PWC170/МТ, кгм/мин/кг	15,79±0,75	17,98±0,76 (p=0,005)
ИХР, %	65,8±3,6	54,8±5,4 (p=0,01)
ИИР, %	50,0±5,3	38,0±5,9 (p=0,01)
ДПнагр., усл. ед.	248,2±8,5	213,6±11,3 (p=0,08)
ΔДП, усл. ед.	167,1±8,1	132,2±12,5 (p=0,007)

Условные обозначения: ДПнагр. – значения двойного произведения на второй ступени нагрузки, ΔДП – прирост значения показателя ДП на второй ступени нагрузки по отношению к значениям в состоянии покоя.

Таблица 3

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	-14,6429±2,74	-9,07±2,18 (p=0,016)

Условные обозначения: SaO₂ min 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.

в восстановлении аэробной производительности, коррекции вегетативной регуляции спортсменов в постсоревновательном периоде, при снижении выносливости, но не в повышении работоспособности элитных спортсменов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты выполненного пилотного исследования показали возможность и потенциальную эффективность применения интервальных гипоксически-гипероксических тренировок (ИГГТ) в нормобарическом режиме с биообратной связью для коррекции функционального состояния и восстановления физической работоспособности спортсменов с синдромом хронической перетренированности. Курс гипоксически-гипероксического прекодиционирования приводит к повышению устойчивости спортсменов к острой дозированной гипоксии, устранению клинических проявлений перетренированности, восстановлению исходно сниженного уровня работоспособности и аэробной выносливости, оптимизации вегетативной регуляции сердца.

Полученные результаты носят предварительный характер и требуют уточнения в сравнительных контролируемых исследованиях эффектов режимов ИГГТ и «традиционной» ИГТ, с контролем динамики специальной работоспособности в квалиметрических тестах. Вместе с тем метод интервальных гипоксически-гипероксических тренировок, с учетом его экспериментальных обоснований и накапливаемого опыта прикладного применения, является перспективным подходом расширения арсенала средств реабилитации спортсменов с синдромом хронической перетренированности.

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.: Физкультура и спорт, 2000. 162 с.
4. Гаврилова Е.А., Чурганов О.А. Современные представления о синдроме перетренированности // Мат-лы Междунар. науч. конф. по вопросам состояния и перспективам развития медицины в спорте высших достижений «Спортмед – 2007». – М.: Физическая культура, 2007. С. 91–94.
5. Горанчук В.В., Сапова Н.И., Иванов А.О. Гипокситерапия. СПб., 2003. 536 с.
6. Леонова А.Б., Капица М.С. Методы субъективной оценки функциональных состояний человека // Практикум по инженерной психологии и эргономике / Под ред. Ю.К. Стрелкова. М.: Академия, 2003. С. 136–166.
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. Нагрузочное тестирование под контролем ЭКГ: велоэргометрия, тредмилл-тест, степ-тест, ходьба. Иваново, 2005. 440 с.
9. Сазонтова Т.Г., Пылаева Е.А., Кривенцова Н.А. Роль гипоксической и стрессорной компонент в защитных эффектах различных видов адаптации к гипоксии и гипероксии / Пятая Российская конференция «Гипоксия: механизмы, адаптация, коррекция»: тезисы докладов // Патогенез [Научно-практический журнал]. – 2008. – № 3. – С. 85.
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. – N 39(9). – P. 1600–1609.
13. Friedmann B., Borisch S., Kucera K., et al. Strength Endurance Training in Normobaric Hypoxia Is Not Superior To Equivalent Training in Normoxia // Medicine & Science in Sports & Exercise. – May, 2001. – V. 33(5). – P. 599.
14. Hoppeler H., Vogt M. Hypoxia training for sea-level performance. Training high-living low // Adv. Exp. Med. Biol. – 2001. – N 502. – P. 61–73.
15. 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.
16. Koistinen P.O., Rusko H., Irljala K. et al. EPO, red cells, and serum transferrin receptor in continuous and intermittent hypoxia // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2000. – Vol. 32. – N 4. – P. 800–804.
 17. Kostin I.A., Glazachev O.S., Platonenko A.V., Spirina G.K. Device for Complex interval normobaric hypoxic hyperoxic training of a human: Patent application publication No: US 2009/0183738 A1, 23.07.2009 (Appl. number 12015840, 01.22.2008).
 18. Serebrovskaya T.V. Intermittent hypoxia research in the former soviet union and the commonwealth of independent States: history and review of the concept and selected applications // High Alt Med Biol. – 2002. – N 3(2). – P. 205–221.
 19. Schobersberger W., Schmid P., Lechleitner M., et al. Austrian Moderate Altitude Study 2000 (AMAS 2000). The effects of moderate altitude (1,700 m) on cardiovascular and metabolic variables in patients with metabolic syndrome // Eur. J. Appl. Physiol. – 2003. – N 88. – P. 506–514.
 20. 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.
 21. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation. – 1996. – V. 87. – P. 1043.
 22. Wilber R. L. Application of Altitude/Hypoxic Training by Elite Athletes // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2007. – Vol. 39(9). – P. 1610–1624.

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ КОНТРОЛЯ ВОЗБУДИМОСТИ МЫШЦ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

© А.В. Лапченков, 2010

УДК 612.816-612.766.2

Л 24

А.В. Лапченков, Е.А. Михайлова, Ю.А. Поварещенкова

Великолукская академия физической культуры и спорта, кафедра физиологии

и спортивной медицины, г. Великие Луки, Псковская область

p_j_a@mail.ru

NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF CONTROL OF EXCITABILITY OF LOWER LIMB MUSCLES

A.V. Lapchenkov, Ye.A. Mikhailova, Yu.A. Povareschenkova

Velikiye Luki Academy of Physical Culture and Sports, Physiology
and Sports Medicine Department, Velikiye Luki, the Pskov Region

SUMMARY

Reflexory motion responses of bilateral muscles of lower limbs were induced by means of cutaneous electric stimulation at the level of T_{11} - T_{12} of the spinal cord in the state of rest and during isometric effort. Athletes who have specialized in cyclic sports asking for the manifestation of stamina and neurologically healthy subjects took part in the study. It was established that the threshold of tested muscles in the healthy youths was above that of the sportsmen. The amplitude of reflexory motion responses of the muscles of crus of the working limb increased with growing isometric effort, and the latent period had a certain tendency to shortening. This fact, as well as the change of the threshold, maximum amplitude and latency of the muscles under survey are the result of the adaptation to cyclic load.

Key words: excitability of α -motor neurons, motion responses, sportsmen engaged in sports requiring stamina.

РЕЗЮМЕ

Рефлекторные двигательные ответы билатеральных мышц нижних конечностей вызывали накожной электрической стимуляцией на уровне T_{11} - T_{12} спинного мозга в состоянии покоя и при изометрическом усилии. В исследовании приняли участие атлеты, специализирующиеся в циклических видах спорта, требующих проявления выносливости, и неврологически здоровые лица. Установлено, что порог тестируемых мышц у здоровых юношей более высокий, чем у спортсменов. Амплитуда рефлекторных двигательных ответов мышц голени рабочей конечности увеличивалась с ростом изометрического усилия, а латентный период имел не-