



УДК 796.058.2

## ГИПОКСИЧЕСКИЙ СТИМУЛ В ПОВЫШЕНИИ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СПОРТСМЕНОВ



**Тимушкин Александр Владимирович** – доктор педагогических наук, профессор, декан факультета физической культуры и безопасности жизнедеятельности, Балашовский институт (филиал) Саратовского государственного университета  
E-mail: timushkin-box@rambler.ru

Показаны возможности гипоксической тренировки спортсменов в условиях равнины, заключающейся в дыхании газовой смеси с обедненным содержанием кислорода и одновременном выполнении велоэргометрической нагрузки. Доказано повышение физической работоспособности спортсменов в результате шестинедельной тренировки, установлена возможность использования гипоксического стимула в оперативной оценке функционального состояния регуляторных систем организма. Результаты исследования свидетельствуют о возможности выявления нарушений в деятельности сердечно-сосудистой системы и регуляторных систем организма спортсменов в обследовании, сочетающем метод интервалакардиографии с гипоксическим стимулированием.

**Ключевые слова:** гипоксическая тренировка, газовая смесь, физическая работоспособность, функциональное состояние, регуляторные системы организма.

Среди факторов, способных оказать активное влияние на повышение функциональных резервов организма спортсменов и рост физической работоспособности, важное место занимают тренировки в условиях горной местности. Адаптационная перестройка вегетативных функций организма обусловлена низким атмосферным давлением и связанным с этим уменьшенным парциальным давлением кислорода в атмосферном воздухе, которое снижается по мере повышения высоты местности над уровнем моря. Адаптация к условиям больших высот приводит к существенным функциональным изменениям, которые усиливаются при физических нагрузках. Суммарное воздействие на организм комплекса горных факторов и мышечной деятельности ведет к его приспособительной перестройке, вызывает активизацию систем, ответственных за обеспечение организма кислородом, повышая, в первую очередь, функции дыхания, кровообращения и кроветворения [1]. В процессе адаптации к физическим нагрузкам в горах происходит улучшение утилизации кислорода, и организм спортсмена может максимально повысить его потребление.

В период кратковременной высотной адаптации происходят изменения и в объеме циркулирующей крови: первоначальное увеличение объема

циркулирующей крови при подъеме на высоту происходит благодаря рефлекторному выбросу ее из «депо», а позже – вследствие усиления кроветворения и нарастания массы эритроцитов.

Существенная роль в приспособлении организма к гипоксии принадлежит компенсаторным реакциям системы красной крови, направленным на поддержание гомеостаза и эффективное снабжение тканей кислородом. Гипоксия стимулирует красное кроветворение благодаря усилению синтеза гемоглобина и увеличению числа эритроцитов. Физиологическая целесообразность указанных сдвигов заключается в необходимости усиления кислородо-транспортной функции крови для обеспечения адекватного снабжения тканей кислородом.

Гипоксия стимулирует перестройку тканевых процессов, заключающуюся в повышении утилизации тканями имеющегося в крови кислорода. Сама по себе гипоксия без увеличения кислородного запроса ткани, скорее всего, не приводит к интенсификации утилизации кислорода и субстратов мышц, однако при совместном применении физической нагрузки и гипоксии активность окислительных ферментов увеличивается быстрее, чем при тренировке на уровне моря.

Таким образом, многочисленные факты убеждают в том, что условия горного климата стимулируют активизацию функциональных систем организма человека. Дополнительные возмущения в виде различных режимов двигательной деятельности усиливают влияние гипоксической гипоксии. Следовательно, условия горного климата вызывают в организме человека большие функциональные сдвиги, чем равнинные условия, повышая эффект тренировочных занятий в расширении функциональных возможностей организма. Многочисленные факты спортивных результатов после тренировок в условиях горной местности свидетельствуют об их эффективности. Однако возможность использования тренировок в условиях средне- и высокогорья для спортсменов массовых разрядов весьма



ограничены. Практически недоступны они и для людей, занимающихся оздоровительной физической культурой, ставящих перед собой цель повысить функциональные резервы организма. В связи с этим необходим поиск путей повышения функциональных возможностей организма с помощью гипоксических тренировок без выезда в горную местность.

Среди способов гипоксической стимуляции в условиях равнины обращают на себя внимание тренировки в барокамере [1, 2], дыхание через дополнительное мертвое пространство [3], тренировки с дозированной задержкой дыхания [4], дыхание в процессе тренировки газовыми смесями с низким процентным содержанием кислорода [5] и т.п. Эти модели кислородного голодания могут применяться в условиях равнины и как средство повышения специальной физической работоспособности [6]. По мнению ряда исследователей, интервальная гипоксическая тренировка в условиях равнины способствует расширению функциональных резервов газотранспортных систем, оптимизации психоэмоционального состояния, повышению общей физической работоспособности [7, 8].

Несмотря на то, что указанные способы гипоксической стимуляции предложены спортивными физиологами и известны в теории и методике спортивной тренировки, широкое использование их в тренировочном процессе сдерживается отсутствием разработанной методики применения этих средств в подготовке спортсменов различной квалификации. Отсутствуют исследования определения места гипоксической стимуляции в условиях равнины в целостной системе подготовки спортсмена; не показаны их сравнительная эффективность и целесообразность применения представителями различных видов спорта.

С целью проверки эффективности гипоксической тренировки в условиях равнины нами были организованы и проведены экспериментальные исследования в течение шести недель с группой спортсменов, специализирующихся в триатлоне. Гипоксическая стимуляция спортсменов проводилась газовой смесью с обедненным содержанием кислорода: на первых гипоксических тренировках газовая смесь соответствовала высоте 4000 м над уровнем моря, затем постепенно изменялась, достигая к шестой неделе тренировки состава воздуха, аналогичного высоте 7000 м над уровнем моря. Спортсмены дышали газовой смесью, выполняя велоэргометрическую нагрузку мощностью 120–150 Вт два раза по пять минут через пять минут отдыха. Гипоксическая тренировка выполнялась спортсменами 4–5 раз в неделю

дополнительно к обычному тренировочному процессу, включающему в недельный цикл шесть беговых тренировок, две-три плавательные в бассейне и три велосипедные. Физическая работоспособность определялась по скорости передвижения спортсменов при пульсе 170 уд/мин в соответствии с общепринятой методикой по результатам, показанным в беге, плавании и езде на велосипеде [9].

Анализ результатов тестирования спортсменов на заключительном этапе гипоксической тренировки выявил однонаправленную динамику – улучшение, однако степень выраженности сдвигов в контрольных упражнениях была различной (табл. 1). Наиболее выраженный прирост скорости передвижения спортсменов при пульсе 170 уд/мин был в беге (15,7%,  $p < 0,05$ ); статистически достоверно возросла скорость езды на велосипеде при той же частоте пульса (7,8%,  $p < 0,05$ ); в плавании отмечена лишь тенденция к увеличению скорости при аналогичной частоте пульса (5,7%), не носящая статистически значимого характера.

Таблица 1

**Скорость передвижения спортсменов при пульсе 170 уд/мин до (I) и после (II) гипоксической тренировки ( $\bar{X} \pm S\bar{X}$ )**

Этап	Скорость передвижения при пульсе 170 уд/мин (м/с)		
	Плавание	Езда на велосипеде	Бег
I	1,41±0,04	9,77±0,47	4,7 ±0,17
II	1,49±0,06	10,53±0,28	5,44±0,13
Различие, %	5,7	7,8*	15,7*
P <sub>1-2</sub>		<0,05	<0,05

Примечание. \* –  $p \leq 0,05$ .

Таким образом, предлагаемая нами модель гипоксической тренировки в условиях равнины является эффективным средством повышения физической работоспособности спортсменов. В то же время перекрестная адаптация организма к гипоксическому стимулу и физической нагрузке является мощным средством воздействия на функциональные системы организма: возникает опасность перенапряжения функциональных систем организма и срыва процесса адаптации. В связи с этим для практики спорта весьма актуален вопрос о перестройках нейрогуморальной регуляции деятельности сердца и других органов при сочетанном влиянии гипоксической стимуляции и мышечных нагрузок.

Исследование влияния кратковременного воздействия гипоксии на состояние регулятор-



ных систем организма спортсменов проводилось нами в лабораторных условиях по результатам гипоксической пробы. Спортсмены в состоянии покоя в течение трех минут дышали газовой смесью, соответствующей высоте 7000 м над уровнем моря. Одновременно проводилась запись электрокардиограмм для последующего расчета показателей вариационной пульсометрии. Анализу подвергались статистические характеристики сердечного ритма, рассчитанные по параметрам последовательного ряда кардиоинтервалов. На основе этих статистических параметров рассчитывался индекс напряжения регуляторных систем организма (ИН), отражающий соотношение нервных и гуморальных факторов регуляции сердечного ритма [10].

Результаты анализа показателей вариационной пульсометрии показали, что даже кратковременная острая гипоксия ведет к повышенному напряжению регуляторных систем организма и служит критерием потенциальных способностей спортсменов противостоять воздействию недостатка кислорода. В процессе всего периода проведения пробы отмечалось постепенное повышение частоты пульса и показателя напряжения регуляторных систем организма: уже в конце первой минуты пробы среднегрупповой показатель ИН поднимался выше нормы (табл. 2).

Таблица 2

**Показатели напряжения регуляторных систем организма (ИН) и частоты сердечных сокращений (ЧСС) спортсменов в процессе гипоксической пробы ( $\bar{X} \pm S\bar{x}$ )**

Время пробы	Показатели	
	ЧСС	ИН
0–30 с	65,75±1,26	100,53±26,2
31–60 с	69,28±1,44	119,05±15,23
61–90 с	72,33±1,4	189,09±34,17
91–120 с	74,98±1,43	215,93±32,9
121–150 с	75,88±1,39	257,67±34,99
151–180 с	75,98±1,47	230,64±27,16

Анализ индивидуальных реакций на гипоксическую пробу позволил выделить пять групп спортсменов, различающихся по степени физиологического ответа на гипоксические возмущения:

1) первую группу составили спортсмены (38,6%), у которых исходный уровень напряжения регуляторных систем организма находился в пределах нормы и остался в границах нормы в

момент завершения пробы: реакция расценивалась как хорошая гипоксическая устойчивость;

2) при исходном состоянии регуляторных систем в пределах нормы у спортсменов второй группы отмечалось увеличение ИН выше нормы в конце пробы; данный факт расценивался как удовлетворительная гипоксическая устойчивость и отмечался у 29,8% испытуемых;

3) в третьей группе спортсменов фоновый уровень диагностировался как состояние повышенного тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, ИН был ниже 15; в конце третьей минуты пробы состояние регуляторных систем организма соответствовало физиологической норме: эта реакция определялась как удовлетворительная гипоксическая устойчивость у 5,3% испытуемых;

4) повышенный тонус симпатического отдела вегетативной нервной системы спортсменов четвертой группы сохранялся на этом же уровне в начале пробы или увеличивался в конце; количество таких спортсменов составляло 21% от всех испытуемых, а реакция организма расценивалась как проявление удовлетворительной гипоксической устойчивости на фоне начинающегося переутомления;

5) преобладание вагусного влияния в состоянии регуляторных систем спортсменов пятой группы в исходном состоянии изменялось в процессе выполнения пробы на повышение тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы; такое резкое изменение состояния регуляторных систем организма можно расценить как неудовлетворительную гипоксическую реакцию организма, определяемую у 1,7% испытуемых.

В случаях нарушения работы миокарда гипоксическая проба показывала резкое увеличение напряжения регуляторных систем организма: так, при наличии у одного спортсмена желудочковой экстрасистолии исходный уровень ИН, равный 18, повысился до 568 в конце пробы.

Таким образом, гипоксическая стимуляция вызывает напряжение в деятельности функциональных систем организма и, в сочетании с электрокардиографической оценкой состояния регуляторных систем, может использоваться в качестве критерия отбора спортсменов к участию в соревнованиях в сложных климатических и гипоксических условиях, для выявления предрасположенности к занятиям видами спорта с преимущественным требованием к качеству выносливости, коррекции двигательного режима и выявлению ранних донологических и патологических изменений миокарда.



## Список литературы

1. Меерсон Ф. З. Адаптация, стресс и профилактика. М., 1981. 278 с.
2. Пенкина Ю. Н., Вишневецкий А. А. Адаптация к физическим нагрузкам и использование барокамерных условий для тренировочных целей // Педагогические и медико-биологические аспекты физвоспитания и спортивной подготовки в Кыргызстане. Бишкек, 1995. С. 63–64.
3. Солопов И. Н. Совершенствование механизмов адаптации у спортсменов при тренировках с дыханием через дополнительное мертвое пространство // Педагогические и медико-биологические аспекты физвоспитания и спортивных тренировок в Киргизии. Фрунзе, 1988. С. 101–102.
4. Кръстев К., Илиев И. Височина, гипоксия и спорт. София, 1970. 133 с.
5. Чижов А. Я., Потиевская В. Н. Нормализующий эффект нормобарической гипоксической гипоксии // Физиология человека. 1997. Т. 23, № 1. С. 108–112.
6. Тимушкин А. В., Тимушкина Н. В. Совершенствование системы тренировки спортсменов в условиях высокогорья // Вопросы укрепления здоровья населения, теории, методики и психофизиологии физического воспитания и спорта : сб. науч. тр. : в 2 т. Чебоксары, 1995. Т. 2. С. 217–221.
7. Антипов И. В. Влияние гипоксических и гипоксически-гиперкапнических газовых смесей на функциональные резервы организма человека : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ульяновск, 2006. 23 с.
8. Махова Н. А. Психофизиологические и функциональные изменения у детей с отклонениями интеллектуального развития при физических и гипоксических тренировках : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ульяновск, 2009. 24 с.
9. Карпман В. Л., Белоцерковский З. Б., Гудков И. А. Тестирование в спортивной медицине. М., 1988. 208 с.
10. Баевский Р. М., Кириллов О. И., Клецкин С. З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М., 1984. 219 с.

### The Role of Hypoxic Stimulus in the Increase of Physical Working Capacity of the Students

A. V. Timushkin

Balashov Institute (branch) of Saratov State University  
83, Astrakhanskaya, Saratov, 410012, Russia  
E-mail: timushkin-box@rambler.ru

The paper shows the capacities of a hypoxic training on the plain. The training consists of breathing gas mixture with depleted oxygen content and a simultaneous performance bicycle exercise load. It was proved that exercise performance of the sportsmen increases after six weeks of training. The use of hypoxic stimulus for the operative assessment of the functional state of regulatory systems of the organism is also shown. The results of the research demonstrate the possibility of revealing the regulatory systems disorders in the organisms of sportsmen during the checkup, which combines the method of interval cardiography with hypoxic stimulation.

**Key words:** hypoxic training, gas mix, exercise performance, functional state, regulatory systems of the organism.

## References

1. Meerson F. Z. *Adaptatsiya, stress i profilaktika* (Adaptation, stress and prevention). Moscow, 1981. 278 p.
2. Penkina Yu. N., Vishinevsky A. A. *Adaptatsiy k fizicheskim nagruzkam i ispolzovanie barokamernykh usloviy dlya trenirovochnykh tseley* (Adaptation to physical stress and the use of altitude chamber conditions for training purposes). *Pedagogicheskie i medikobiologicheskie aspekty fizvospitaniy i sportivnoy podgotovky v Kyrgyzstane* (Pedagogical and biomedical aspects of physical education and sports training in Kyrgyzstan). Bishkek, 1995, pp. 63–64.
3. Solopov I. N. *Sovershenstvovanie mehanizmov adaptatsiy u sportsmenov pri trenirovkakh s dyhaniem cherez dopolnitelnoe mertvoe prostranstvo* (Improving adaptation mechanisms of athletes during training with breathing through an additional dead space). *Pedagogicheskie i medikobiologicheskie aspekty fizvospitaniy i sportivnykh trenirovok v Kirgizii* (Pedagogical and biomedical aspects of physical education and sports training in Kyrgyzstan). Frunze, 1988, pp. 101–102.
4. Krstev K., Iliev I. *Visochina, hipoksiy i sport* (Altitude, hypoxia and sports). Sofiya, 1970. 133 p.
5. Chizhov A. Ya., Potievskaya V. N. *Normalizuyuchiy effect normobaricheskoy gipoksicheskoy gipoksiy* (Normalizing effect of normobaric hypoxic hypoxia). *Fiziologiyi cheloveka* (Human Physiology), 1997, vol. 23, no. 1, pp. 108–112.
6. Timushkin A. V., Timushkina N. V. *Sovershenstvovanie sistemy trenirovki sportsmenov v usloviyakh vysokogoriya* (Improvement of the system of training athletes at high altitudes). *Voprosy ukrepleniya zdoroviya naseleniya, teoriy, metodiki i psikhofiziologii fizicheskogo vospitaniya i sporta: v 2 t.* (Questions of health promotion, theory, methodology and psychophysiology of physical education and sport: in 2 vol.). Cheboksary, 1995, vol. 2, pp. 217–221.
7. Antipov I. V. *Vliyanie gipoksicheskikh i gipoksicheskigiperkapnicheskikh gazovukh smesey na funktsionalnye rezervy organizma cheloveka: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* (Effect of hypoxia and hypoxic-hypercapnic gas mixtures on the functional reserves of the human body: synopsis of a thesis of candidate of biology). Ulyanovsk, 2006. 23 p.
8. Makhova N. A. *Psikhofiziologicheskie i funktsionalnye izmeneniya u detey s otkloneniyami intellektualnogo razvitiya pri fizicheskikh i gipoksicheskikh trenirovkakh: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk* (Physiological and functional changes of children with intellectual development in physical and hypoxic training: synopsis of a thesis of candidate of biology). Ulyanovsk, 2009. 24 p.
9. Karpman V. L., Belotserkovskiy Z. B., Gudkov I. A. *Testirovanie v sportivnoy meditsine* (Tests in sports medicine). Moscow, 1988. 208 p.
10. Baevsky R. M., Kirillov O. I., Kletskin S. Z. *Matematicheskiy analiz izmeneniy serdechnogo ritma pri stresse* (Mathematical analysis of heart rate changes under stress). Moscow, 1984. 219 p.