

УДК 612.1 3-053.8:796.012

ВЛИЯНИЕ ГИПОКСИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ НА КИСЛОРОДТРАНСПОРТНУЮ ФУНКЦИЮ КРОВИ У ЛИЦ ПЕРВОГО И ВТОРОГО ЗРЕЛОГО ВОЗРАСТА

М.В. Балыкин, Р.Ш. Зайнеева, Т.В. Каманина, А.С. Платонов

Ульяновский государственный университет

Изучено влияние прерывистой нормобарической гипоксии на функциональное состояние внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы и системы крови. Проанализированы возможности использования гипоксической тренировки для повышения эффективности механизмов кислородного обеспечения организма лиц зрелого возраста.

Ключевые слова: *зрелый возраст, гипоксическая тренировка, внешнее дыхание, сердечно-сосудистая система, газотранспортная функция крови.*

Введение. В последние годы вопросы сохранения здоровья населения России приобрели характер государственной проблемы. Особое место в решении этой проблемы занимает поиск эффективных методов профилактики и коррекции функционального состояния лиц зрелого возраста, включающих многочисленную группу трудоспособного населения в возрасте 30-60 лет. Показано, что с возрастом снижается эффективность внешнего дыхания [6], изменяется содержание в крови гемоглобина и его сродство к кислороду [8], что в совокупности ухудшает кислородное обеспечение висцеральных и соматических органов, создавая предпосылки для возникновения тканевой гипоксии [6], ограничивающей функциональные возможности и общую физическую работоспособность [1; 4; 12].

Важная роль в коррекции возрастных изменений в организме и профилактике патологических процессов принадлежит немедикоментозным методам, включая физико-химические факторы среды [3; 11; 13]. В последние десятилетия в спортивной физиологии и клинической медицине широкое применение получили методы гипоксической тренировки, которые показали свою высокую эффективность в профилактике (прекондиционирующие эффекты) и реабилитации (посткондиционирующие эффекты) нарушений внешнего дыхания [10; 12], сердечно-сосудистой системы [4], крови [15]. Широкое применение методы гипоксической тренировки получили в спортивной физиологии и медицине для повышения функциональных резервов организма и физической работоспособности спортсменов различной квалификации [1; 2; 12; 14]. В литературе имеются многочисленные сведения о возрастных особенностях использования

нормобарической гипоксии в клинической физиологии и спортивной медицине. Эти исследования охватывают преимущественно детей школьного возраста и лиц молодого возраста [5; 12]. Что касается исследований по использованию гипоксии с лицами старших возрастных групп (средний, пожилой и старческий), эти исследования носят ограниченный характер [6–8].

Цель: изучить реактивность газотранспортных систем, механизмы кислородного обеспечения и изменения физической работоспособности лиц первого и второго зрелого возраста при действии прерывистой нормобарической гипоксии.

Задачи исследования:

- 1) Изучить реактивность кардиореспираторной системы у лиц зрелого возраста при нормобарической гипоксии.
- 2) Оценить влияние прерывистой гипоксической тренировки на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы и внешнего дыхания у лиц первого и второго зрелого возраста.
- 3) Исследовать возрастные изменения газотранспортной функции крови и механизмы кислородного обеспечения организма лиц зрелого возраста после курса нормобарической гипоксической тренировки.

Методика. В обследовании приняли участие 65 мужчин зрелого возраста, не имеющие в анамнезе сердечно-сосудистой и дыхательной патологии. Предварительно все испытуемые прошли полное медицинское обследование в физкультурно-оздоровительном диспансере г. Ульяновска и предварительно дали письменное добровольное согласие на проведение подобного исследования. В ходе обследования все испытуемые были разделены на 2 группы согласно классификации Р. Мартина и К. Заллера (1956): I группа – лица первого зрелого возраста (30–44 года, $n=34$) и II группа – лица второго зрелого возраста (45–60 лет, $n=31$).

В соответствии с задачами было проведено 2 блока исследований. Первый блок включал в себя определение реактивности газотранспортных систем при дыхании нормобарическими гипоксическими газовыми смесями (ГГС) с понижающимся содержанием O_2 . В рамках второго блока исследований проводилась трехнедельная гипоксическая тренировка и оценка ее влияния на системы внешнего дыхания и крови.

Гипоксия моделировалась с использованием гипоксикатора «Тибет-4» (Россия). Для определения реактивности газотранспортных систем, испытуемые дышали газовой смесью со ступенчато-снижающимся содержанием кислорода во вдыхаемом воздухе (15–13–10% O_2).

Трехнедельный курс прерывистой гипоксической тренировки проводился ежедневно 5 раз в неделю. Один сеанс тренировки включал

в себя 6 циклов 5-ти минутного дыхания гипоксической смесью, перемежающихся с 5-ти минутными интервалами дыхания атмосферным воздухом в нормоксии. Прерывистая нормобарическая гипоксическая тренировка (ПНГТ) строилась с учетом реактивности газотранспортных систем и индивидуальной устойчивости к гипоксии. В первую неделю проведения тренировка проходила в щадящем режиме, со снижением содержания O_2 во вдыхаемом воздухе до 15, 13 и 10%. Со второй недели использовались гипоксические газовые смеси (ГГС) с 13 и 10% O_2 , а с III недели исследуемые дышали газовой смесью только с 10% содержанием O_2 .

Для оценки функций внешнего дыхания определяли минутный объем дыхания (V_E), глубину (V_T) и частоту дыхания (f), объем форсированного выдоха (FEV_1), жизненную емкость легких (V_c), форсированную жизненную емкость легких (FV_c). Бронхиальную проводимость оценивали по показателям пиковой (PEF), средней (FEF) и мгновенной объемных скоростей (MEF_{25-75}) воздушного потока. Спирографические измерения проводились на спирографе СМП – 21/01 (Россия). Определение содержания кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе проводилось на газоанализаторе «Спиrolит-2» (Германия). Тип энергообмена исследуемых определялся по уровню потребления O_2 (Vo_2) и значению дыхательного коэффициента (RQ), который вычислялся как соотношение Vo_2 к выделенному CO_2 (Vco_2). Экономичность дыхания определялась по значению вентиляционного эквивалента (VE), который рассчитывался как отношение показателей минутного объема дыхания к потреблению кислорода. Артериальное давление определялось общепринятым методом Рива-Рочи в модификации Н.С. Короткова. Систолический (Q_s) и минутный (Q) объемы сердца, частота сердечных сокращений (HR) определялись на реографе «РЕАН-ПОЛИ» РГПА-6/12 с наложением электродов по Тищенко. Уровень насыщения крови кислородом (SaO_2) измерялся пульсовым оксиметром SO 3 DX (USA) модель Mini SpO₂.

В образцах крови определяли содержание эритроцитов (RBC), гемоглобина (Hb), среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците (MCHC), гематокрит (Ht) общепринятыми лабораторными методиками. Исходя из этого рассчитывали кислородную емкость крови (КЕК), содержание O_2 в артериализированной (CaO_2) и смешанной венозной (CvO_2) крови. На основании этих данных определяли скорость транспорта O_2 артериальной кровью (QaO_2), артерио-венозную разницу по кислороду ($(a-v)O_2$) [1]. Статистическая обработка данных для расчёта средней величины показателей и критерия достоверности (t) Стьюдента проводилась с использованием компьютерной программ. В качестве достоверности оценки результатов использовались вероятности $p < 0,05$, принятые в биологических исследованиях

Результаты и обсуждение. Одним из объективных критериев

степени гипоксической гипоксии является уровень оксигенации крови. Результаты проведенных исследований показали, что при возрастающих уровнях гипоксии SaO_2 в обследуемых группах снижается в соответствии с изменениями содержания кислорода во вдыхаемом воздухе (табл. 1). При этом в группе лиц второго зрелого возраста отмечено большее снижение SaO_2 при снижении O_2 во вдыхаемой смеси. Одной из причин выраженной артериальной гипоксемии в группе второго зрелого возраста, очевидно, является возрастное снижение эффективности газообмена, ухудшение вентиляторных и перфузионных отношений в легких [8].

Таблица 1
Возрастные изменения газообмена, внешнего дыхания и гемодинамики у лиц первого и второго зрелого возраста ($M \pm m$)

Показатели	Группы	Контроль	15%	13%	10%
SaO_2 , %	30-44 лет	97,8 $\pm$ 0,7	95,2 $\pm$ 0,9*	89,6 $\pm$ 0,7*	84,6 $\pm$ 1,2*
	45-60 лет	97,8 $\pm$ 0,5	92,6 $\pm$ 0,9*#	86,6 $\pm$ 1,6*#	80,6 $\pm$ 0,9*#
Vo_2 , мл/мин*кг	30-44 лет	5,9 $\pm$ 0,4	9,0 $\pm$ 0,5*	10,3 $\pm$ 0,8*	14,5 $\pm$ 0,9*
	45-60 лет	5,5 $\pm$ 0,3	6,9 $\pm$ 0,4*#	10,0 $\pm$ 0,4*	9,8 $\pm$ 0,9*#
V_E , л/мин	30-44 лет	11,4 $\pm$ 0,8	14,1 $\pm$ 0,7*	16,8 $\pm$ 1,5*	21,3 $\pm$ 1,8*
	45-60 лет	9,7 $\pm$ 0,8	11,0 $\pm$ 0,9#	14,4 $\pm$ 1,1*#	13,9 $\pm$ 1,0*#
f , мин ⁻¹	30-44 лет	11,4 $\pm$ 0,6	12,8 $\pm$ 0,8	14,0 $\pm$ 0,8*	15,2 $\pm$ 1,0*
	45-60 лет	12,1 $\pm$ 0,9	13,8 $\pm$ 0,8	14,4 $\pm$ 1,2*	15,4 $\pm$ 0,8*
V_T , л	30-44 лет	1,0 $\pm$ 0,1	1,1 $\pm$ 0,1	1,2 $\pm$ 0,1*	1,4 $\pm$ 0,1*
	45-60 лет	0,8 $\pm$ 0,1	0,8 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,1*	0,9 $\pm$ 0,1#
Q , мл/ мин*кг	30-44 лет	57,8 $\pm$ 2,3	59,0 $\pm$ 1,7	65,1 $\pm$ 1,7*	72,3 $\pm$ 2,4*
	45-60 лет	61,6 $\pm$ 2,4	68,5 $\pm$ 2,5#	68,0 $\pm$ 2,0*	66,7 $\pm$ 1,8#
HR, мин ⁻¹	30-44 лет	76,0 $\pm$ 4,0	81,6 $\pm$ 3,6	89,2 $\pm$ 2,8*	96,8 $\pm$ 4,2*
	45-60 лет	72,0 $\pm$ 3,3	69,6 $\pm$ 3,6#	68,2 $\pm$ 3,8#	66,8 $\pm$ 2,8#
Q_s , мл	30-44 лет	64,4 $\pm$ 0,3	61,2 $\pm$ 0,3*	60,2 $\pm$ 0,2*	62,4 $\pm$ 0,3
	45-60 лет	62,5 $\pm$ 0,3	71,2 $\pm$ 0,3*#	75,1 $\pm$ 0,2*#	75,4 $\pm$ 0,2*#
P_s , мм рт. ст.	30-44 лет	121,0 $\pm$ 3,5	117,0 $\pm$ 7,4	112,0 $\pm$ 4,5	114,0 $\pm$ 4,5
	45-60 лет	136,0 $\pm$ 4,5#	128,0 $\pm$ 4,5	126,0 $\pm$ 4,5#	122,4 $\pm$ 4,5
P_d , мм рт. ст.	30-44 лет	82,0 $\pm$ 3,5	76,0 $\pm$ 3,0	73,0 $\pm$ 3,5	67,0 $\pm$ 5,3*
	45-60 лет	84,0 $\pm$ 7,3	78,0 $\pm$ 3,5	76,0 $\pm$ 4,5	77,3 $\pm$ 3,6

Примечание. * – различия достоверны по сравнению с контрольными данными до курса ПНГТ, ($p < 0,05$); # – различия достоверны по сравнению с группой первого зрелого возраста, ($p < 0,05$).

Действительно, результаты исследования показали, что прирост вентиляции при ГГС с 15-13-10% O_2 в первой возрастной группе выше ($p < 0,05$), чем в группе второго зрелого возраста, что свидетельствует о сравнительно низкой реактивности внешнего дыхания при гипоксии, приводящей к более выраженной артериальной гипоксемии. Очевидно, это связано со снижением чувствительности периферических хеморецепторов и дыхательного центра к гипоксии, что в условиях

возрастных и структурных изменений создает предпосылки для возникновения скрытой тканевой гипоксии в различных органах и тканях [6]. Обращают на себя внимание различия в реактивности сердечно-сосудистой системы на гипоксию: в группе лиц 45-60 лет повышение Q достигается за счет повышения HR ($p < 0,05$), при некотором повышении Q_s , а в группе второго зрелого возраста повышается Q_s ($p < 0,05$), при снижении HR . Установлено, что при дыхании ГГС с понижающимся содержанием O_2 в обеих группах имеются тенденции к снижению P_s и P_d . Характерно, что в период нормоксии между дыханием ГГС, восстановления показателя в течение трех минут не происходит, что свидетельствует о коммулятивном эффекте прерывистой гипоксии. Результаты исследования показали, что в ответ на острую гипоксию, потребление кислорода в первой группе возрастает больше ($p < 0,05$), чем во второй, свидетельствуя о сравнительно низкой реактивности тканевого дыхания в данной группе.

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют, что реактивность внешнего дыхания, газообмена и сердечно-сосудистой системы в группе лиц второго зрелого возраста при гипоксии ниже, чем в группе первого зрелого возраста, что ограничивает возможности компенсации тканевого дефицита O_2 при снижении его концентрации во вдыхаемом воздухе.

Для решения поставленных задач, после трехнедельного курса гипоксических тренировок была повторно проведена проба с гипоксической нагрузкой. Результаты исследования показали, что при дыхании ГГС со снижающимся содержанием O_2 в группах отмечено уменьшение реактивности основных показателей гемодинамики и внешнего дыхания. Так, полученные данные свидетельствуют, что адаптация к гипоксии приводит к повышению сродства Hb к O_2 , на фоне сравнительно высокой оксигенации артериальной крови в обеих группах.

При оценке реактивности внешнего дыхания установлено, что после курса ПНГТ в группе лиц первого зрелого возраста отмечается снижение вентиляторного ответа на действие возрастающей гипоксии. При этом динамика f менее выражена при всех гипоксических стимулах, чем в контрольных исследованиях. Следует отметить, что в группе лиц второго зрелого возраста реактивность V_E при возрастающей гипоксии несколько повышается, что может быть связано с усилением чувствительности дыхательного центра к гипоксии. Отмечено снижение f по сравнению с контрольными данными, при тенденции к повышению V_T ($p < 0,05$). Таким образом, курс гипоксической тренировки приводит к снижению реактивности дыхательной системы лиц второго зрелого возраста при острой гипоксии.

Известно, что состояние газотранспортной функции крови

является важным звеном, определяющим эффективность транспорта O_2 и кислородного обеспечения органов и тканей [1; 5; 12]. Установлено, что с возрастом отмечается ухудшение гемопоэза, количества эритроцитов, содержания Hb, имеет место изменение его сродства к O_2 [5; 6; 8]. В рамках контрольных исследований был проведен сравнительный анализ показателей газотранспортной функции крови и механизмов кислородного обеспечения организма лиц первого и второго зрелого возраста до и после курса ПНГТ.

Результаты исследования показали, что до курса ПНГТ содержание эритроцитов в крови и гематокрит не имеют выраженных отличий в группах и находятся в пределах физиологической нормы (Таб.2). При этом содержание Hb во второй возрастной группе на 7,3% ($p < 0,05$) ниже, чем в группе лиц первого зрелого возраста. Это приводит к соответствующему снижению кислородной емкости и содержания O_2 в артериальной крови в старшей возрастной группе, что сказывается на количественных показателях доставки кислорода в ткани, которые определяются объемной скоростью кровотока (QaO_2) и CaO_2 . Результаты исследования показали, что в состоянии мышечного покоя артериальный транспорт O_2 в группе лиц 45-60 лет на 17,1% ($p < 0,05$) ниже, чем в первой группе, что создает определенные предпосылки для ухудшения кислородного обеспечения организма. При этом оказалось, что уровень Vo_2 , характеризующий уровень окислительного метаболизма, в обеих группах практически не различается. Это возможно лишь в случае увеличения утилизации O_2 из единицы притекающей в органы и ткани крови [1]. Действительно, результаты исследования свидетельствуют, что в группе лиц второго зрелого возраста содержание O_2 в смешанной венозной крови снижено на 19,1% ($p < 0,05$). Это приводит к достоверно высокой артерио-венозной разнице по кислороду и повышенному на 6,3% ($p < 0,05$) коэффициенту утилизации O_2 тканями. Полученные данные свидетельствуют, что при одинаковом уровне окислительного метаболизма, механизмы его обеспечения имеют свои особенности. Так, в группе лиц первого зрелого возраста удовлетворение кислородного запроса организма осуществляется за счет сравнительно высокого минутного объема кровообращения и содержания O_2 в артериальной крови, определяющих повышенную доставку O_2 , в соответствии с уровнем окислительного метаболизма. В группе лиц 45-60 лет складываются иные соотношения: при некотором снижении Q и CaO_2 уменьшается количество доставляемого в органы и ткани O_2 . При этом кислородное обеспечение организма (Vo_2) компенсируется за счет сравнительно высокой способности тканей к утилизации O_2 .

Известно, что гипоксия активизирует гемопоэз, оказывает существенное влияние на сродство Hb к O_2 и приводит к формированию тканевой адаптации к дефициту O_2 [5; 14]. При этом вопрос об

изменении этих показателей в соответствии с возрастом остается открытым. Исходя из этого, в рамках исследования были изучены изменения газотранспортной функции крови и механизмы кислородного обеспечения организма лиц зрелого возраста под влиянием курса ПНГТ.

Таблица 2

Состояние кислородтранспортной функции крови
у лиц первого и второго зрелого возраста до и после курса ПНГТ ($M \pm m$)

Исследуемые показатели	30-44 года		45-60 лет	
	до курса ПНГТ (контроль)	после курса ПНГТ	до курса ПНГТ (контроль)	после курса ПНГТ
RBC, $10^{12}/л$	$5,0 \pm 0,2$	$5,1 \pm 0,2$	$4,9 \pm 0,1$	$5,3 \pm 0,1^*$
Ht, %	$46,8 \pm 2,1$	$46,9 \pm 1,1$	$44,4 \pm 1,3$	$46,1 \pm 1,2$
Hb, г/л	$145,8 \pm 1,6$	$164,4 \pm 1,1^*$	$135,8 \pm 1,6\#$	$151,0 \pm 1,8^{*\#}$
MCHC, г/л	$344,1 \pm 3,8$	$366,8 \pm 5,8^*$	$338,2 \pm 2,6$	$345,2 \pm 5,2^{*\#}$
VO_2 , мл/мин*кг	$5,6 \pm 0,5$	$6,1 \pm 0,5$	$5,5 \pm 0,4$	$7,6 \pm 0,3^{*\#}$
QaO_2 , мл/мин	$950,4 \pm 20,3$	$902,0 \pm 18,7$	$810,1 \pm 18,5\#$	$970,2 \pm 20,8^{*\#}$
КЕК, об. %	$20,0 \pm 0,3$	$22,0 \pm 0,3^*$	$18,8 \pm 0,3\#$	$20,2 \pm 0,2^{*\#}$
CaO_2 , об. %	$19,8 \pm 0,3$	$21,5 \pm 0,2^*$	$18,8 \pm 0,3\#$	$20,2 \pm 0,3^{*\#}$
CvO_2 , об. %	$14,3 \pm 0,2$	$16,1 \pm 0,2^*$	$12,0 \pm 0,2\#$	$11,7 \pm 0,2\#$
$(a-v)O_2$, об. %	$5,5 \pm 0,2$	$5,8 \pm 0,3$	$6,0 \pm 0,3\#$	$7,3 \pm 0,3^{*\#}$
KY O_2 , %	$27,0 \pm 0,9$	$28,5 \pm 0,6$	$33,3 \pm 0,3\#$	$38,6 \pm 0,3^{*\#}$
RQ, у.е.	$1,02 \pm 0,03$	$1,05 \pm 0,07$	$0,92 \pm 0,07$	$1,01 \pm 0,03$

Примечание. * – различия достоверны по сравнению с контрольными данными до курса ПНГТ, ($p < 0,05$); # – различия достоверны по сравнению с группой первого зрелого возраста, ($p < 0,05$).

Результаты исследования показали, что курс гипоксической тренировки приводит к повышению Hb в обеих группах на 11-13% ($p < 0,05$). Очевидно, это связано с усилением эритропоэза под действием гипоксических воздействий, увеличением в крови числа «молодых» эритроцитов и ускорением гибели «старых». В результате в обеих группах отмечается увеличение КЕК ($p < 0,05$) и CaO_2 ($p < 0,05$) в единице объема крови, что создает предпосылки для повышенной доставки O_2 в органы и ткани.

Отмеченное в исследовании снижение Q у лиц первого зрелого возраста и тенденции к его увеличению в группе второго после курса ПНГТ, приводят к изменению соотношений в системе кислородного обеспечения организма, отмеченные до гипоксической тренировки (табл. 2). Так, несмотря на увеличение содержания Hb, КЕК и CaO_2 , артериальный транспорт O_2 в первой группе имеет тенденцию к снижению, в результате снижения Q. При этом, несколько увеличивается артерио-венозная разница ($p < 0,05$) и KY O_2 ($p < 0,05$), в результате повышения CaO_2 , что указывает на важную роль Hb и повышения КЕК в механизмах кислородного обеспечения тканей. Таким образом, установлено, что курс ПНГТ приводит к повышению

кислородтранспортной функции крови на фоне экономизации работы сердца, определяющих адекватный уровень окислительного метаболизма.

Результаты исследования показали, что на фоне увеличения содержания эритроцитов, Hb и CaO_2 после курса ПНГТ в группе лиц второго зрелого возраста имеют место определенные различия в механизмах кислородного обеспечения организма, описанные для группы первого зрелого возраста. Так, после курса ПНГТ в группе отмечается повышение V_{O_2} , что свидетельствует об усилении окислительного метаболизма. При этом, если в группе лиц 30-44 лет отмечалось некоторое снижение QaO_2 , то в этой группе артериальный транспорт O_2 увеличивается на 19,7% ($p < 0,05$). На этом фоне отмечается снижение SvO_2 и достоверное увеличение артерио-венозной разницы по O_2 на 30% ($p < 0,05$) и КУ O_2 на 5,3% ($p < 0,05$), что на 6,1 % ($p < 0,05$) выше данных, отмеченных в первой возрастной группе. Эти данные свидетельствуют о формировании тканевой адаптации и повышении тканевого дыхания в группе после курса ПНГТ, которые на фоне увеличения Q и артериального транспорта O_2 способствуют улучшению окислительных процессов в организме.

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют, что курс ПНГТ приводит к повышению кислородтранспортной способности крови в обеих группах. При этом кислородное обеспечение организма в группе лиц первого зрелого возраста осуществляется за счет кислородсвязывающей способности крови и повышения утилизации O_2 тканями, на фоне экономизации функции сердечно-сосудистой системы; в группе второго зрелого возраста – за счет увеличения доставки O_2 и повышения эффективности тканевого дыхания.

Заключение. Снижение содержания O_2 во вдыхаемом воздухе приводит к повышению газообмена, функции внешнего дыхания и сердечно-сосудистой системы в зависимости от величины гипоксического воздействия; степень снижения оксигенации артериальной крови, повышения окислительного метаболизма, легочной вентиляции и минутного объема кровообращения при возрастающей гипоксии свидетельствует о сравнительно низкой реактивности кардиореспираторной системы у лиц старшей возрастной группы.

Отмечено, что гипоксическая тренировка приводит к повышению эффективности механизмов кислородного обеспечения организма лиц первого зрелого возраста за счет увеличения кислородсвязывающей способности крови и повышения утилизации O_2 тканями, на фоне экономизации функции сердечно-сосудистой системы; в группе второго зрелого возраста кислородное обеспечение организма осуществляется за счет сочетанного увеличения объемного кровотока, кислородной емкости крови, артериального транспорта O_2 при повышении окислительного метаболизма и эффективности тканевого дыхания.

Полученные данные приводят к заключению о возможности применения прерывистой гипоксической тренировки для расширения функциональных резервов газотранспортной системы лиц зрелого возраста, в отсутствии регулярных физических тренировок.

Список литературы

1. *Балыкин М.В., Каркобатов Х.Д.* Системные и органные механизмы кислородного обеспечения организма в условиях высокогорья // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2012. № 1. С. 127–136.
2. *Балыкин М.В., Сагидова С.А., Васильева Е.В.* Механизмы морфофункциональной адаптации к гипоксической гипоксии // физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2008. Т. 54, №4. С. 59.
3. *Бочаров М.И., Позняков И.А.* Индивидуальные особенности моносинаптического Н-рефлекса икроножной мышцы при острой гипоксии // Вест. Твер. гос. ун-та. Сер. Биология и экология. 2009. Вып. 15, № 34. С. 31–38.
4. *Диккер В.Е., Галенок В.А., Бондар П.Н.* Гликозилированные протеины. Новосибирск: Наука, 1989. 256 с.
5. *Колчинская А.З., Цыганова Т.Н., Остапенко Л.А.* Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте. М.: Медицина, 2003. 408 с.
6. *Коркушко О.В., Асанов Э.О., Чеботарев Н.Д.* Изменение газообмена в легких при гипоксии у пожилых людей с физиологическим и ускоренным старением дыхательной системы // Украинский пульмонологический журн. 2010. № 1. С. 54–56.
7. *Коркушко О.В., Асанов Э.О., Писарук А.В., Чеботарев Н.Д.* Устойчивость к гипоксии в пожилом возрасте и факторы ее определяющие // Буковинский медицинский вестн. 2011. Т. 15, № 3(59). С. 185–192.
8. *Коркушко О.В., Писарук А.В., Асанов Э.О.* Изменения кислородтранспортной функции крови при артериальной гипоксемии у людей пожилого возраста // Буковинский медицинский вестник- 2011. Т. 15, №3 (59). С. 200-204.
9. *Кривошеков С.Г., Диверт Г.М.* Изменение центрального контроля функции внешнего дыхания после однократного сеанса прерывистой нормобарической гипоксии // Физиология человека. 2003. Т. 29, № 1. С. 13–15.
10. *Кривошеков С.Г., Диверт Г.М.* Принципы физиологической регуляции организма при незавершенной адаптации // Физиология человека. 2001. Т. 27, № 1. С. 127–133.
11. *Кривошеков С.Г., Ковтун Л.Т., Некипелова Н.В.* Реакция кардиореспираторной системы здоровых людей на гипоксическое воздействие в зависимости от психофизиологических характеристик

- // Бюл. Сибирского отдел. Рос. акад. мед. наук. 2010. Т. 30, № 4. С. 14–18.
12. Пупырева Е.Д., Балыкин М.В., Балыкин Ю.М. Влияние гипоксической тренировки на физическую работоспособность и функциональные резервы организма спортсменов // Вестн. Твер. гос. ун-та. Сер. Биологи и экология. 2011. Вып. 21, № 2. С. 7–17.
13. Сороко С.И., Бурых Э.А. Различия в стратегиях и возможностях адаптации человека к гипоксическому воздействию // Физиология человека. 2007. Т. 33, № 3. С. 63–74.
14. Филиппов М.М. Процесс массопереноса респираторных газов при мышечной деятельности. Степени гипоксии нагрузки // Вторичная тканевая гипоксия / под ред. А.З. Колчинской. Киев: Наукова думка, 1983. С. 197–216.
15. Шахматов И.И., Вдовин В.М., Бондарчук Ю.А. Гипоксическая гипоксия как фактор, активирующий систему гемостаза // Бюл. сибирской медицины. 2007. Т. 6, № 1. С. 67–72.

EFFECT OF HYPOXIC TRAINING ON OXYGEN TRANSPORT FUNCTION OF BLOOD IN PATIENTS THE FIRST AND SECOND COMING OF AGE

M.V. Balykin, R.Sh. Zayneeva, T.V. Kamanina, A.S. Platonov

Ulyanovsk State University

The effect of intermittent normobaric hypoxia on the functional state of the respiratory, cardiovascular system and blood. The possibility of using hypoxic training to improve the effectiveness of oxygen supply of the body of persons of mature age.

Keywords: *adulthood, hypoxic training, external respiration, cardiovascular system, gas-transport function of blood.*

Об авторах:

БАЛЫКИН Михаил Васильевич—доктор биологических наук, заведующий кафедрой адаптивной физической культуры, ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», 432017, Ульяновск, ул. Л. Толстого, д. 42, e-mail: balmv@yandex.ru

ЗАЙНЕЕВА Роза Шамилевна—аспирант кафедры адаптивной физической культуры, ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», 432017, Ульяновск, ул. Л. Толстого, д. 42.

КАМАНИНА Татьяна Владимировна—аспирант кафедры адаптивной физической культуры, ФГБОУ ВПО «Ульяновский

государственный университет», 432017, Ульяновск, ул. Л. Толстого, д. 42.

ПЛАТОНОВ Александр Сергеевич–аспирант кафедры адаптивной физической культуры, ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет», 432017, Ульяновск, ул. Л. Толстого, д. 42.