

УДК 612.812:612.273.2

*Н.Ю. Шунайлова, Е.А. Мадера, С.П. Кожневиков***ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕРВАЛЬНОЙ ГИПОКСИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ
ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА РАБОТНИКОВ
УНИВЕРСИТЕТА**

Состояние здоровья работника играет важную роль в трудовых отношениях, определяя его трудоспособность. Преподаватели и сотрудники высших учебных заведений относятся к категории работников умственного труда с выраженной гипокинезией, что способствует развитию профессиональных заболеваний. Приведены результаты применения двухнедельного курса интервальной нормобарической гипоксической тренировки (ИНГТ) с целью повышения функционального состояния организма работников университета. Для оценки эффективности данного метода проводили до и после курса ИНГТ пробу Штанге и тест устойчивости к гипоксической нагрузке. Измеряли артериальное давление и насыщение капиллярной крови кислородом, на основе ЭКГ-сигнала рассчитывали показатели вариабельности сердечного ритма. В образцах капиллярной крови определяли основные биохимические показатели: уровень гемоглобина, лактата, холестерина и глюкозы. Динамика исследуемых показателей свидетельствует о формировании позитивных адаптационных перестроек и повышении устойчивости функциональных систем организма преподавателей и сотрудников университета к стрессовым воздействиям в результате ИНГТ.

Ключевые слова: стресс, гипоксия, тренировка, функциональное состояние, здоровье, вариабельность сердечного ритма, биохимические показатели.

Изучение профессионального здоровья, поиск способов коррекции донозологических состояний и профилактики заболеваний, обусловленных условиями труда, является актуальной проблемой физиологии адаптации и биомедицины. Состояние здоровья работника играет важную роль в трудовых отношениях, определяя его трудоспособность. Профессиональная деятельность работников высшей школы представляет собой высоконапряженный умственный труд с выраженной гипокинезией, часто в условиях социального дискомфорта. Все это создает предпосылки для возникновения заболеваний, обусловленных перенапряжением систем регуляции вегетативных функций и сердечно-сосудистой системы. Для сохранения профессионального долголетия работников требуется оптимизация условий труда и коррекция функционального состояния организма преподавателей вуза посредством оздоровительных программ [1-3]. Современные представления о здоровье в значительной степени базируются на теории общего адаптационного синдрома, согласно которой реакция организма на любое воздействие сопровождается в первую очередь мобилизацией функциональных резервов [4].

Для повышения уровня здоровья в последние годы широко развиваются немедикаментозные методы, которые направлены на активизацию механизмов повышения неспецифической резистентности функциональных систем к воздействию внешних факторов на организм человека. Одним из таких методов является интервальная нормобарическая гипоксическая тренировка (ИНГТ), разработанная в 1973–1985 гг. Р.Б. Стрелковым и А.Я. Чижовым и рекомендованная в 1985 г. для широкого применения в лечебной практике Минздравом СССР [5; 6]. Особенностью метода является оптимальный режим стимуляции срочных механизмов адаптации к недостатку кислорода во вдыхаемом воздухе, приводящий к долгосрочным эффектам во многих физиологических системах. Благодаря кратковременным периодам дыхания гипоксической смесью компенсаторные механизмы включаются, но повреждающее действие гипоксии не успевает начаться. Возникающая адаптация к гипоксии характеризуется повышением неспецифической резистентности организма, что играет существенную роль для профилактики и лечения заболеваний, коррекции функционального состояния, медицинской реабилитации.

Работа проведена с целью оценки возможности применения интервальной нормобарической гипоксической тренировки для коррекции функционального состояния, повышения устойчивости организма к стрессу и оздоровления работников высшей школы.

Материалы и методы исследований

Исследование проводилось на базе центра профилактики стресса «Вершина» ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» (УдГУ). На основании добровольного информированного

согласия в исследовании приняло участие 38 человек, преподавателей и сотрудников УдГУ, в возрасте от 35 до 60-ти лет, со стажем работы от 7 до 23 лет. Мужчины составили 23 % испытуемых, женщины – 77 %. На основе анкетирования выявлено, что 75 % обследуемых имели хронические заболевания. При этом на первом месте оказались заболевания сердечно-сосудистой системы (25 %), на втором – желудочно-кишечного тракта (20 %), на третьем – болезни дыхательной системы (15 %).

Курс ИНГТ осуществлялся при помощи установки для гипокситерапии «Горный воздух» «Бионнова». Процедура включает в себя дыхание гипоксической смесью с постепенным снижением процентного содержания кислорода с 16 % (в начале курса) до 10 % (к пятому дню курса). Гипокситерапия проводилась один раз в день, в циклически-фракционированном режиме – 6-кратное 5-минутное дыхание гипоксической смесью с интервалом в 5 мин., в течение которых испытуемые дышали атмосферным воздухом. Суммарное время сеанса – 1 час. Курс гипокситерапии длился 14 дней.

Об эффективности курса ИНГТ и степени адаптации к гипоксии судили по результатам пробы Штанге и реакции организма в ответ на гипоксический тест, заключающийся в дыхании гипоксической смесью с 10 %-ым содержанием кислорода в течение 10 мин.

В состоянии покоя и после 10-минутной гипоксической пробы регистрировали ЭКГ и рассчитывали показатели variability сердечного ритма (VCP) с использованием электрокардиографа фирмы «Медиком МТД» (г. Таганрог). Для корректного расчета параметров VCP регистрация ЭКГ проводилась в стандартных условиях, в положении лежа на спине, во втором стандартном отведении, продолжительность записи составляла 5 мин. Перед началом записи испытуемые в течение 5 мин. находились в состоянии покоя (лежа на спине с приподнятым изголовьем). Измеряли систолическое (САД) и диастолическое (ДАД) артериальное давление с помощью механического тонометра. Насыщение капиллярной крови кислородом (SpO_2 , %) определяли неинвазивно с использованием цифрового пульсоксиметра PalmSAT 2500. В образцах капиллярной крови фотометрически определяли основные биохимические показатели: уровень гемоглобина, холестерина, глюкозы и лактата с использованием диагностических наборов реагентов производства Vital. Аналогичные пробы были проведены по окончании 14-ти дневного курса ИНГТ. Субъективную оценку состояния испытуемых проводили по опроснику «Самочувствие, активность, настроение» (САН) в адаптации А. Гончарова [7].

При статистической обработке данных использована компьютерная программа «Statistica 10». Для оценки достоверности отличий применяли непараметрический критерий для зависимых переменных Friedman ANOVA and Kendall.

Результаты и их обсуждение

Перед началом ИНГТ средний результат пробы Штанге у испытуемых составил $40,6 \pm 22,7$ сек, что ниже установленной нормы для взрослых (50-60 сек) и указывает на снижение устойчивости организма к гипоксии. Об этом же свидетельствуют показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы (табл.). Так в ответ на 10-минутный гипоксический тест у испытуемых отмечалось достоверное снижение САД со 115 ± 18 до 108 ± 17 мм.рт.ст., пульсового давления с 39 ± 10 до 33 ± 10 мм.рт.ст., SpO_2 с $97,0 \pm 0,9$ % до $83,6 \pm 5,1$ %. При этом частота сердечных сокращений возрастала с $74 \pm 8,4$ до $81,7 \pm 10,7$ уд/мин. Такие изменения свидетельствуют о неэкономичном режиме работы сердечно-сосудистой системы в стрессовой ситуации, вызванной гипоксией.

При этом анализ показателей VCP в покое указывает на оптимальное состояние систем, регулирующих работу сердца (табл.). Количественные значения таких показателей как мода (M_0), вариационный размах (ВР) и индекс напряжения (ИН) указывают на некоторое преобладание активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и автономных контуров регуляции сердечного ритма. Умеренная ваготония и отсутствие признаков вовлечения в процессы регуляции сердечным ритмом структур ЦНС характерны для здоровых испытуемых, не имеющих нарушений в работе сердца [8]. Функциональные нагрузки (гипоксический стресс-тест) не приводят к достоверному изменению показателей VCP. Отсутствие изменений в ответ на гипоксическую нагрузку может указывать на снижение реактивности систем, осуществляющих регуляцию сердечного ритма в ответ на стрессовые воздействия и, как следствие, возможное замедление (заторможенность) адаптационных процессов к негативным воздействиям окружающей среды со стороны сердечно-сосудистой системы.

**Показатели функционального состояния организма работников университета
в ответ на гипоксический стресс-тест до и после курса ИНГТ**

Показатели	До курса ИНГТ		После 14-дневного курса ИНГТ	
	В покое	После гипоксического теста	В покое	После гипоксического теста
ЧСС, уд/мин	74,0±8,4	81,7±10,7 *	74,4±9,5	78,2,0±9,4
Мода (Мо), мс	767,9±290,7	738,3±276,8	745,0±298,1	858,3±305,1*
Амплитуда моды (АМо), %	32,3±8,9	34,0±13,2	33,1±12,6	27,8±11,7
Вариационный размах (ВР), с	0,68±0,22	0,68±0,32	0,70±0,30	0,92±0,32 *
Индекс напряжения (ИН), у.е	41,3±24,8	41,3±43,3	41,7±25,1	23,0±14,9 *
Индекс вегетативного равновесия (ИВР), у.е.	55,5±33,2	83,2±82,7	63,4±55,4	37,2±28,0 *
Вегетативный показатель ритма (ВПР), у.е	2,64±1,54	3,08±1,43	2,59±1,19	1,69±0,99 *
Показатель адекватной регуляции (ПАПР), у.е.	51,4±32,1	50,6±19,2	51,3±23,6	36,9±17,8
Среднеквадратичное различие смежных RR-интервалов (RMSSD), мс	164,1±111,1	183,2±146,9	175,0±148,8	221,4±137,7
САД, мм.рт.ст	115±18	108±17 *	116±15	109±16
ДАД, мм.рт.ст	75±17	77±15	76±15	74±15
ПД, мм.рт.ст	39±10	33±10 *	39±6	35±9
SpO ₂ , %	97,0±0,9	83,6±5,1 *	96,7±1,8	85,0±5,5
Глюкоза, ммоль/л	5,00±1,05	5,12±1,24	4,90±0,90	5,03±1,42
Гемоглобин, г/л	138±21	135±20	134±20	131±20
Холестерин, ммоль/л	5,6±1,2	5,39±1,05	5,1±1,1 #	5,1±1,1
Лактат, ммоль/л	1,45±0,56	1,33±0,65	1,46±0,55	1,25±0,64*

Примечание. Данные представлены в виде $X \pm s$, где X – среднее групповое значение, s – стандартное отклонение. * отмечены достоверные отличия между покоем и реакцией на гипоксическую нагрузку ($p < 0,05$); # отмечены достоверные отличия до и после курса ИНГТ ($p < 0,05$).

По результатам теста САН у 84 % испытуемых психическое состояние оценивалось как благоприятное, у 11 % испытуемых было выявлено умеренное психическое состояние и у 5 % неблагоприятное. В ходе исследования значимых изменений в самооценке самочувствия не зафиксировано.

После проведения двухнедельного курса ИНГТ отмечено достоверное увеличение среднего результата пробы Штанге на 26,9 % ($p=0,025$), что указывает на повышение устойчивости к гипоксии и эффективность ИНГТ. Ожидаемого увеличения концентрации гемоглобина в крови, как результата адаптации к гипоксической нагрузке, в среднем по группе не обнаружено. Однако анализ индивидуальных данных показал, что у лиц с исходно низким уровнем гемоглобина в крови происходило его увеличение (в среднем на 4 ед.). При этом в покое у испытуемых зарегистрировано снижение уровня общего холестерина крови с $5,6 \pm 1,2$ до $5,1 \pm 1,1$ ммоль/л ($p=0,031$). По данным из литературных источников [9; 10] известно, что гипоксия стимулирует катаболизм холестерина монооксигеназной системой гепатоцитов с одновременным торможением его синтеза. Поэтому ИНГТ рекомендуется для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний.

Были выявлены изменения и в ответной реакции организма испытуемых на 10-минутный гипоксический стресс-тест. При сохраняющейся общей направленности характер ответной реакции стал более благоприятным. Снижение пульсового давления происходило лишь на 10,3 %, а увеличение ЧСС всего на 5,1 % по сравнению с таковыми до курса ИНГТ (15,4 % и 10,3 % соответственно).

Как до, так и после курса ИНГТ проведенный гипоксический тест не вызывал стрессиндуцированной гипергликемии и напряжения механизмов анаэробного окисления. Концентрация глюкозы в крови не изменялась, снижение содержания лактата (на 14,3 %) после ИНГТ приобрело достоверный характер. Такие изменения биохимических показателей указывают на щадящее действие ИНГТ, не приводящее к развитию тканевой гипоксии, способной оказать повреждающее действие. Также мож-

но прогнозировать повышение работоспособности и устойчивости к стрессу за счет уменьшения вклада анаэробного гликолиза в энергообеспечение организма. Следует отметить, что благодаря подобным изменениям данная методика широко применяется и в спортивной практике [11; 12].

Достоверных изменений показателей ВСР после курса ИНГТ в покое не обнаружено, у испытуемых сохранилась преимущественная активность парасимпатического отдела регуляции вегетативной нервной системы. Однако после курса ИНГТ значительно меняется характер реакций на функциональную нагрузку. В частности, гипоксический стресс-тест приводит к достоверному росту таких показателей, как M_o (на 15,2 %), BP (на 31,4 %), а также снижению IN (на 44,8 %), IBP (на 41,3 %) и $ВПР$ (на 34,7 %) (табл.). Данные изменения можно рассматривать как результат адаптации к ИНГТ. Известно, что кратковременные стрессовые гипоксические воздействия приводят к увеличению периферического капиллярного кровотока, усилению вазомоторной активности, увеличению вклада дыхательных изменений (присасывающее действие грудной клетки) на фоне уменьшения значения центральной гемодинамики. Это свидетельствует о возрастании функционального потенциала и адаптационных возможностей сердца, оптимизации влияний на его ритм симпатического и парасимпатического отдела ВНС (с усилением парасимпатических влияний), возрастании эффективности рефлексов с рецепторов систем кровообращения и дыхания [13].

Таким образом, выявленные изменения могут указывать на повышение адаптационных возможностей организма к гипоксии и устойчивости сердечно-сосудистой системы и всего организма к стрессу.

Заключение

Применение двухнедельного курса ИНГТ у сотрудников и преподавателей УдГУ позволило скорректировать их функциональное состояние. Наблюдаемые адаптационные изменения указывают на более экономичный режим функционирования организма и повышение неспецифической резистентности к стрессу. Улучшилось время задержки дыхания на вдохе (проба Штанге), стала более экономичной и оптимальной реакция на гипоксический стресс со стороны сердечно-сосудистой системы и системы энергообеспечения организма.

Снижение уровня холестерина в крови способствует профилактике заболеваний сердечно-сосудистой системы, наиболее часто встречающихся у работников высшей школы. Средние значения биохимических показателей и показателей функционального состояния сердечно-сосудистой системы во время исследования находились в пределах физиологической нормы, что позволяет рекомендовать данный метод в качестве немедикаментозного способа повышения неспецифической резистентности организма к стрессу и профилактики заболеваний работников высшей школы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабанов С.А., Бараева Р.А. Поражения сердечно-сосудистой системы при профессиональных заболеваниях // *Consilium Medicum*. 2014. №1. С. 68-74.
2. Рыжов А.Я. Психофизиологическая характеристика профессиональной деятельности преподавателей вуза // *Вестн. ТвГУ. Сер. «Педагогика и психология»*. 2015. № 2. С. 5-15.
3. Артюхов И.П., Горбач Н.А., Лисняк М.А. Здоровье профессорско-преподавательского состава вузов: проблемы и возможности управления (экспертная оценка) // *Здравоохранение Российской Федерации*. 2015. Т. 59, №4. С. 44-48.
4. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. М.: Изд-во РУДН, 2006. 284 с.
5. Агаджанян Н.А., Стрелков Р.Б., Чижов А.Я. Прерывистая нормобарическая гипокситерапия (исторические предпосылки, теоретическое обоснование и результаты применения) // *Докл. Академии проблем гипоксии РФ*. Т. I. М.: Изд-во «ПАИМС», 1997. С. 18-37.
6. Нормобарическая гипокситерапия / Методические рекомендации Министерства здравоохранения Российской Федерации. М.: Изд-во «ПАИМС», 2001. 16 с.
7. Гончаров С.Ф., Ушаков И.Б., Лядов К.В., Преображенский В.Н. Профессиональная медицинская реабилитация спасателей. М.: ПаритетГраф, 1999. С. 260-262.
8. Шишко В.И. Вегетативная регуляция сердечной деятельности // *Журн. Гродненского гос. мед. ун-та*. 2009. № 3. С. 6-8.
9. Интервальные гипоксические тренировки в кардиологической практике / Е.Э. Загайная, Д.Ю. Щекочихин, Ф.Ю. Копылов и др. // *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2015. №6. С. 28-34.

10. Krivoschekov S.I., Tszo N., Neshumova T.V. et al. Influence of ten sessions of interval hypoxic training on effectiveness of respiratory metabolism and the lipid level in blood of patients with angina in health resort treatment // *Hyp. Med.* 1996. Vol. 4(1). P. 14-15.
11. Колчинская А.З., Цыганова Т.Н., Остапенко Л.А. Нормобарическая интервальная гипоксическая тренировка в медицине и спорте. М.: Изд-во «Медицина», 2003. 408 с.
12. Мадера Е.А. Использование интервальной гипоксической тренировки (ИГТ) в подготовке спортсменов // Современное состояние и перспективы внедрения инновационных технологий в спорте и в системе физкультурного образования: Материалы Всерос. науч.-прак. конф. Набережные Челны: Изд-во КамГАФКСиТ, 2008. С. 182-184.
13. Горанчук В.В., Сапова Н.И., Иванов А.О. Гипокситерапия. СПб.: ЭЛБИ-СПб., 2003. 356 с.

Поступила в редакцию 05.09.17

N.Yu. Shunaylova, E.A. Madera, S.P. Kozhevnikov

EXPERIENCE OF APPLYING AN INTERVAL HYPOXIC TRAINING FOR CORRECTION OF FUNCTIONAL STATE OF UNIVERSITY EMPLOYEES

The state of health of the employee plays a role in the employment relationship, determining his or her work capacity. The teachers and staff of higher educational institutions are workers of intellectual labor with pronounced hypokinesia, which causes the development of occupational diseases. The results of application of a two-week course of interval normobaric hypoxic training (INGT) conducted to enhance the functional state of the body of university employees are presented in the article. To evaluate the effectiveness of this method, before and after the INGT course the Stange test and a test for resistance to hypoxic loading were carried out. Blood pressure and saturation of capillary blood with oxygen were measured, and heart rate variability was calculated on the basis of an ECG signal. The main biochemical parameters of capillary blood were determined: the level of hemoglobin, lactate, cholesterol and glucose. The dynamics of the studied indicators testifies to the formation of positive adaptive rearrangements and the enhancement of the stability of the functional systems of the body of teachers and university staff to stressful influences.

Keywords: stress, hypoxia, exercise, functional state, health, heart rate variability, biochemical parameters.

REFERENCE

1. Babanov S.A., Barayev R.A. [Lesions of the cardiovascular system occupational diseases], in *Consilium Medicum*, 2014, no 1, pp. 68-74 (in Russ.).
2. Ryzhov A.I. [Psychophysiological characteristics of professional activity of teachers of the University], in *Vestnik of Tver state University. Series "Pedagogics and psychology*, 2015, no 2, pp. 5-15 (in Russ.).
3. Artyukhov I.P., Gorbach N. A., Lisnyak M. A. [Health faculty of universities: problems and management options (expert evaluation)], in *Health of the Russian Federation*, 2015, vol. 59, no 4, pp. 44-48 (in Russ.).
4. Agadzhanyan N.A., Baevsky R.M., Berseneva A.P. *Problems of adaptation and teaching about health* [Problems of adaptation and teaching about health], M.: Izd-vo. RUDN, 2006, 284 p. (in Russ.).
5. Agadzhanyan N.A., Strelkov R.B., Chizhov A.J. [Intermittent normobaric hypoxic (historical background, theoretical justification and the results of the application)], in *Reports of the Academy of hypoxia problems of Russian Federation*, vol. I, M.: Izd-vo. PAIMS, 1997, pp. 18-37 (in Russ.).
6. *Normobaric hypoxic. Methodical recommendations of the Ministry of health of the Russian Federation* [Normobaric hypoxytherapy. Methodical recommendations of the Ministry of health of the Russian Federation], M.: Izd-vo. PAIMS, 2001, 16 p. (in Russ.).
7. Goncharov S.F., Ushakov I.B., Lyadov K.V., Preobrazhensky V.N. *Professional medical rehabilitation of rescuers* [Professional medical rehabilitation of rescuers], M.: Pricegroup, 1999, pp. 260-262 (in Russ.).
8. Shishko V.I. [Autonomic regulation of cardiac activity], in *Journal of Grodno state medical University*, 2009, no. 3, pp. 6-8 (in Russ.).
9. Sagina E.E., Shchekochikhin D.Y., Kopylov F.Y. et al. [Interval hypoxic training in cardiology practice], in *Cardiology and cardiovascular surgery*, 2015, no. 6, pp. 28-34 (in Russ.).
10. Krivoschekov S.I., Tszo N., Neshumova, T.V. et al. Influence of ten sessions of interval hypoxic training on effectiveness of respiratory metabolism and the lipid level in blood of patients with angina in health resort treatment, in *Hyp. Med.*, 1996, vol. 4(1), pp. 14-15.
11. Kolchinskaya A.Z., Tsyganova T.N., Ostapenko L.A. *Normobaric interval hypoxic training in medicine and sports* [Normobaric interval hypoxic training in medicine and sport], M.: izd-vo Meditsina, 2003, 408 p. (in Russ.).
12. Madera E.A. [Use of interval hypoxic training (IHT) in the training of athletes], in *Materials Vseros. scientific-prak. conf. «Current state and prospects for the introduction of innovative technologies in sports and in the system of physical education»*, Naberezhnye Chelny: izd-vo KamGAFKSiT, 2008, pp.182-184 (in Russ.).
13. Goranchyk V.V., Sapova N.I., Ivanov A.O. *Hypoxic* [Hypoxic], SPb.: ELBI-SPb, 2003, 356 p. (in Russ.).

Шунайлова Надежда Юрьевна,
кандидат биологических наук,
доцент кафедры физиологии, клеточной биологии
и биотехнологии
E-mail: shun-nadezhda@yandex.ru

Мадера Елена Анатольевна,
кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры физиологии, клеточной биологии
и биотехнологии
E-mail: elenamadera18@gmail.com

Кожевников Сергей Павлович,
кандидат биологических наук,
старший преподаватель кафедры физиологии,
клеточной биологии и биотехнологии
E-mail: ksp55@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1 (корп. 1)

Shunailova N.Yu.,
Candidate of Biology, Associate Professor
at Department of physiology, cell biology
and biotechnology
E-mail: shun-nadezhda@yandex.ru

Madera E.A.,
Candidate of Biology, Associate Professor
at Department of physiology, cell biology
and biotechnology
E-mail: elenamadera18@gmail.com

Kozhevnikov S.P.,
Candidate of Biology, Senior Lecturer
at Department of physiology, cell biology
and biotechnology
E-mail: ksp55@yandex.ru

Udmurt State University
Universitetskaya st., 1/1, Izhevsk, Russia, 426034