



Д.В. Шатов¹, С.М. Groшилин², А.О. Иванов⁴, О.В. Лобозова⁵,
Л.Г. Анистратенко², О.Э. Болиев⁶, Н.В. Кочубейник³

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА СПЕЦИАЛИСТОВ ОПАСНЫХ ПРОФЕССИЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИПОКСИЧЕСКИХ ГАЗОВЫХ СРЕД

¹Бюро судебно-медицинской экспертизы Ростовской области
Россия, 344068, г. Ростов-на-Дону, ул. Евдокимова, 35.

Ростовский государственный медицинский университет,

²кафедра безопасности жизнедеятельности и медицины катастроф,

³кафедра анестезиологии и реаниматологии

Россия, 344022, г. Ростов-на-Дону, пер.Нахичеванский, 29

⁴НИО-М НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ военного учебного научного центра ВМФ
«Военно-морская академия»

Россия, 197045, г. Санкт-Петербург, Ушаковская набережная, д. 17/1

⁵Ставропольский государственный медицинский университет, кафедра безопасности
жизнедеятельности и медицины катастроф

Россия, 355017, г. Ставрополь, ул. Мира, 310.

⁶Филиал № 12 ФГКУ «1602 военный клинический госпиталь» Минобороны России.

Россия, 416540, Астраханская область, г Знаменск, ул. Ленина, д. 31

Цель: обоснование использования гипоксических газовых сред для экстренного восстановления функциональных возможностей организма специалистов опасных профессий.

Материалы и методы. Обследовано 26 мужчин в возрасте 20-32 лет, по роду деятельности относящихся к специалистам опасных профессий и имеющих признаки дизадаптации. У 14 человек (основная группа - ОГ) проведены тренировки с использованием нормобарических гипоксических газовых сред - НГГС, начиная с 6-го дня гипоксические воздействия сочетали с физическими нагрузками. Остальные 12 человек (группа сравнения - ГС) выполняли аналогичные физические нагрузки при имитации условий НГГС. Для оценки функциональных возможностей организма (ФВО) обследованных лиц использовали пробу со ступенчато возрастающей физической нагрузкой на велоэргометре до достижения порога анаэробного обмена (ПАНО), параллельно регистрировались параметры гемодинамики и газообмена. Проба выполнялась за 1 день до начала курсов тренировок и через день после их окончания.

Результаты. У всех лиц ОГ после окончания тренировок зарегистрировано увеличение объема выполненной нагрузки до ПАНО хотя бы на 1 ступень по сравнению с исходным уровнем, при отсутствии подобных изменений в ГС, в связи с чем были выявлены статистически значимые ($p < 0,05$) различия по прямым показателям работоспособности (максимальная мощность и время нагрузки). У лиц ОГ отмечено также достоверное улучшение физиологического обеспечения физической работы: снижение артериального давления и частоты сердечных сокращений во время нагрузки, повышение максимального потребления кислорода. Подобные изменения в ГС отсутствовали.

Выводы. Разработанная программа, основанная на использовании НГГС, может рассматриваться как метод выбора в системе физиологических мероприятий экстренного восстановления ФВО у лиц опасных профессий.

Ключевые слова: нормобарические гипоксические газовые среды, дизадаптация, специалисты опасных профессий, функциональные возможности организма.



D.V. Shatov¹, S.M. Groshilin², A.O. Ivanov⁴, O.V. Lobozova⁵, L.G. Anistratenco²,
O.E. Boliev⁶, N.V. Kochubeinik³

THE RESTORATION OF THE FUNCTIONALITY OF THE ORGANISM OF SPECIALISTS HAZARDOUS OCCUPATIONS BY THE USE OF HYPOXIC GAS MEDIA

¹Rostov Bureau of forensic medicine

35 Evdokimova st., Rostov-on-Don, 344068, Russia.

Rostov State Medical University

²Department of safety and disaster medicine

³Anesthesiology and intensive care medicine Department

29 Nakhichevansky st., Rostov-on-Don, 344022, Russia.

⁴the RD-M of Institute of Shipbuilding and Naval weapons of Military educational research center of the NAVY "Naval Academy"

17/1 Ushakovskaya st., St. Petersburg, 197045, Russia

⁵Stavropol State Medical University, Department of safety and disaster medicine

310 Mira str., Stavropol, 355017, Russia

⁶Branch № 12 of FGA»1602 Military Clinical Hospital»

31 Lenina str., Znamensk, Astrakhan region, 416540, Russia

Purpose: to support the use of hypoxic gas media for emergency restoration of functionality of the body specialists hazardous occupations.

Materials and methods. The studies included 26 specialists hazardous occupations (men aged 20-32 years old), with signs of disadaptation. The 14 people (basic group - BG) conducted training with the use of normobaric hypoxic gas media - NHGM (O₂ content 15-17%, the duration of each treatment 45 min, the total number of procedures - 12) starting from 6-th day of the hypoxic exposure combined with physical exercise. The remaining 12 people (comparison group - CG) performed a similar exercise to simulate the conditions of NHGM. To assess the functionality of the organism (FO) used the trial with stepwise increased physical load on the bike until the anaerobic threshold (AT), recording parameters of hemodynamics and gas exchange. Trial run for 1 day prior to the start of training courses and the day after.

The Results. All persons of BG after the workouts recorded an increase in work load up to AT least 1 upper the baseline, in the absence of such changes to the CG, which revealed a statistically significant ($p < 0.05$) differences in direct indicators of physical performance (maximum power and load time). Persons of BG also noted a significant improvement of physiological, physical work: reduction in blood pressure and heart rate during load, improve maximal oxygen consumption. Such changes in persons of CG were absent.

Summary. The program, based on the use of NHGM can be considered as a selection method in the physiological support of emergency restoration FO of specialists hazardous occupations.

Keywords: normobaric hypoxic gas media, disadaptation, specialists hazardous occupations, functionality of the organism.

Введение

Для современного этапа развития профессиональной, экстремальной, военной медицины и медицины катастроф насущной проблемой, требующей решения, является постоянный рост напряженности и сложности труда специалистов «опасных» профессий.

С внедрением и использованием новой техники в процессе трудовой деятельности спасателей, пожарных, военнослужащих МО и МВД, операторов сложных транспортных систем и др. связана необходимость функционирования организма на пределе психофизиологических и физических резервов [1, 2]. В таких условиях суще-

ственно повышаются требования к состоянию здоровья и функциональным возможностям организма (ФВО) специалистов «опасных профессий», а необходимость постоянного совершенствования мероприятий, направленных на повышение сопротивляемости организма воздействиям неблагоприятных факторов труда, сохранение и восстановление физического и психического здоровья, физической и умственной работоспособности, продление профессионального долголетия приобретают особое значение [3].

Одним из важнейших направлений в решении указанной проблемы является поиск и апробация новых немедикаментозных методов, физиологичных для организма, стимулирующих мобилизацию его собственных функциональных резервов и имеющих минимум побоч-



ных эффектов, что позволяет использовать эти средства даже без отрыва специалистов от выполнения профессиональной деятельности [3]. Немедикаментозные методы составляют один из ключевых элементов системы «физиологических мероприятий» медицинского обеспечения профессиональной деятельности различных категорий специалистов опасных профессий [4, 5] и рекомендованы для широкого использования в практике оказания квалифицированной и специализированной медицинской помощи, профилактике и реабилитации.

В ряду таких средств особое место занимает использование так называемых «респираторных воздействий» – дыхания пациентов (тренируемых) газовой смесью с измененным составом, в частности – метод нормобарической гипоксической гипоксии. Исследования, посвященные обоснованию применения данного метода в профилактической и клинической медицине, доказали его высокую эффективность в коррекции пограничных функциональных состояний (ФС), лечении и реабилитации различных категорий хронических соматических больных [6, 7, 8]. Благоприятные эффекты данного метода базируются на искусственной адаптации клеток жизненно важных органов к транзиторной гипоксии, активной стимуляции функциональных резервов организма, повышении общей резистентности. Уникальной особенностью метода гипоксической гипоксии является воздействие тренирующего фактора через систему внешнего дыхания, что обеспечивает его максимально короткий «путь» к клеткам всех тканей организма пациента, находящегося в условиях измененной газовой среды.

Развитие метода гипоксической гипоксии позволило не только уточнить диапазон его профилактических и терапевтических эффектов, но и разработать специальную аппаратуру – масочные гипоксикаторы мембранного типа, позволяющие точно дозировать содержание кислорода во вдыхаемом воздухе и осуществлять оперативный контроль над состоянием пациентов.

Однако и при таком технологическом способе создания гипоксических условий имеет место ряд недостатков, резко ограничивающих его использование. К важнейшему из них, как отмечают все перечисленные специалисты, относится «масочный» вариант дыхания, когда газовая смесь подается гипоксикатором непосредственно под дыхательную маску. При этом, кроме крайне выраженного неудобства при дыхании, у пациента (тренируемого) отсутствует возможность активного перемещения и выполнения параллельных назначаемых процедур (например, физической нагрузки, умственной работы, физиотерапевтических мероприятий). Имеет место недостаточность объема продуцируемой гипоксикатором смеси при развитии у пациента компенсаторной гипервентиляции. Перечисленные и другие недостатки приводят к тому, что, как правило, длительность одной процедуры ограничивается 10-30 мин., что зачастую оказывается недостаточным для достижения желаемых адаптационных эффектов.

Инновационным технологическим решением, позволившим решить перечисленные проблемы, явилось сравнительно недавнее создание нормобарических гипоксических комплексов, моделирующих создание в помещении-камере нормобарической гипоксической газовой среды (НГТС) в диапазоне от 10 до 20% кислорода. К одному из вариантов подобного оборудования относится комплекс «Нурохисо» (США), который дает возможность преодоления всех недостатков традиционно используемых технических средств создания пониженного парциального давления кислорода во внешней среде.

Цель исследования: обоснование использования гипоксических газовых сред для экстренного восстановления функциональных возможностей организма специалистов опасных профессий.

Материалы и методы

К исследованиям были привлечены 26 мужчин в возрасте 20-32 лет, по роду деятельности относящиеся к специалистам опасных профессий (спасатели, пожарные, военнослужащие МО и МВД) и имеющие признаки снижения ФВО в связи с напряженной предшествовавшей деятельностью, трудностями профессиональной адаптации и акклиматизации. Обследованные были разделены на 2 группы, которые были сформированы согласно правилам проведения клинических испытаний (GSP), после получения добровольного информированного согласия на участие в исследованиях. В основную группу (ОГ) были включены 14 человек, в группу сравнения (ГС) – 12 человек.

В основной группе была использована методика периодической нормобарической гипоксии (ПНГ) в сочетании с физическими нагрузками аэробного уровня энергообеспечения (велозергометрия мощностью 0,7 Вт/кг массы тела продолжительностью 15 мин). Формирование ПНГ проводилось по следующему режиму: 45 минутное пребывание в НГТС с содержанием кислорода 15-17% ежедневно, общее число процедур – 12. Степень снижения O_2 в НГТС зависела от этапа исследования: 1-2-я процедуры проводились при содержании кислорода 17%, 3-4-я – при 16%, 5-12-я – при 15%. Таким образом, моделировали так называемый «ступенчато нарастающий» режим ПНГ, смысл которого заключается в постепенном углублении степени гипоксии для развития в организме тренируемых первичных адаптивных сдвигов. Тренирующие велозергометрические нагрузки назначались начиная с 6-й процедуры, т.е. после формирования указанных сдвигов.

У лиц ГС аналогичные по мощности и длительности физические нагрузки проводили в течение всей тренировки (12 дней) при имитации пребывания в условиях НГТС (в помещении комплекса при работающем оборудовании подавался атмосферный воздух), длительность каждой «процедуры» и их общее число были аналогичными таковым в ОГ.

Уровень ФВО обследованных лиц определяли с использованием функциональной пробы с физической нагрузкой до достижения порога анаэробного обмена (ПАНО), проводимой за день до начала тренировок к ПНГ (или их имитации) и через день после их окончания. В качестве тестовой нагрузки испытуемым предлагалось выполнение ступенчато возрастающей непрерывной работы на велозергометре эргоспирометрического комплекса «SCHILLER CARDIOVIT CS-200» (Швейцария). Фиксировали мощность ступени, при выполнении которой достигался ПАНО, а также общее время работы до ПАНО (прямые критерии работоспособности). Кроме этого, определяли косвенные критерии, для чего при выполнении проб проводили регистрацию частоты сердечных сокращений (ЧСС), систолического и диастолического артериального давления (САД, ДАД), а также показателей газообмена – потребления кислорода (VO_2) и выделения углекислого газа (VCO_2).

Нагрузку выполняли по следующему протоколу: мощность 1-й «ступени» – 50 Вт, прирост каждой «ступени» – 25 Вт, длительность каждой «ступени» – 1 мин., кроме 3-й «ступени» (100 Вт), время выполнения которой состав-



ляло 2 мин. Нагрузка прекращалась через 30 сек. после достижения обследуемым ПАНО, фиксируемого по показателям газообмена. Считается, что о достижении ПАНО свидетельствует наличие «анаэробного перекреста», когда значения дыхательного коэффициента (соотношения выделения CO_2 и потребления O_2) превышают единицу [9].

Статистическую обработку данных проводили согласно общепринятым требованиям с использованием программы STATISTICA v. 10. Учитывая малую численность сравниваемых групп, оценку достоверности различий проводили при помощи непараметрических критериев (Вилкоксона, Манна-Уитни), в таблицах данные приводили в виде медиан (Me), верхнего и нижнего квартилей (Q25; Q75).

Результаты и обсуждение

В ходе проведенного исследования было установлено, что для всех обследованных лиц, включенных в ОГ, пребывание в предложенных условиях НГТС в состоянии «оперативного покоя» не сопровождалось выраженными изменениями субъективного статуса. Тем не менее, у всех тренируемых в период проведения начальных процедур отмечались характерные для нетяжелых гипоксических состояний жалобы на общую слабость, легкое головокружение, сонливость, вялость. Полученные результаты рассматривали как свидетельство сниженной гипоксической резистентности, дефицита ФВО и отношения к симптомам дизадаптации. Однако по мере проведения курса тренировок к ПНГ перечисленные жалобы у обследованных постепенно ослабевали, отражая первичные тренирующие эффекты циклических гипоксических воздействий и позволяя к 6-й процедуре дополнительно включить в коррекционную программу физические нагрузки аэробного уровня мощности.

При последующих процедурах, включавших сочетанные воздействия на организм ПНГ и физической нагрузки, также имело место постепенное улучшение переносимости указанных условий. К окончанию курса тренировок, несмотря на то, что лица ОГ выполняли на-

грузку, находясь в НГТС с содержанием кислорода 15%, субъективные ощущения обследованных в сравниваемых группах, параметры физиологического обеспечения организма (ЧСС, САД, ДАД) при заданной физической работе существенно не различались. Выявленные факты расценивали как признаки нарастания резистентности организма дизадаптантов к транзиторной гипоксии, повышения физической работоспособности и, следовательно, расширения ФВО в целом, явившиеся следствием проведенных тренировок.

Подтверждение данному выводу было получено при анализе результатов выполнения лицами сравниваемых групп функциональных проб с субмаксимальной физической нагрузкой, проводимых в нормоксических условиях перед началом и после окончания цикла тренировок (или их имитации). Первичное тестирование показало, что у всех обследованных лиц имело место снижение физической работоспособности (максимальной аэробной производительности), о чем свидетельствовали пониженные значения общего объема работы до ПАНО относительно среднестатистических норм даже для здоровых нетренированных мужчин [9].

В частности, нагрузку мощностью 200 Вт (7-я ступень) не выполнил ни один тестируемый из обеих групп. Работу на 6-й ступени (175 Вт) завершили лишь по 2 человека из каждой группы, на 5-й ступени (150 Вт) – 5 человек из ОГ и 4 – из ГС; на 4-й ступени (125 Вт) – остальные 7 обследуемых – из ОГ и 6 – из ГС. При этом значения показателей кровообращения, фиксируемые на этапе достижения ПАНО (табл. 1), оказались существенно повышенными относительно норм для здоровых нетренированных людей, а показатели газообмена, наоборот, значительно уступали нормативам. Полученные данные свидетельствовали о низком уровне надежности механизмов энергообеспечения интенсивной физической деятельности обследованных, подтверждая заключение о дефиците ФВО, связанном, как мы предполагали, с явлениями дизадаптации. Характерно, что при первичном обследовании по всем рассмотренным показателям не отмечалось значимых межгрупповых различий.

Таблица 1

Показатели, регистрируемые при выполнении физической работы до достижения ПАНО, у испытуемых сравниваемых групп на этапах наблюдения [Me, (Q25; Q75)]

Показатели, ед. измер.	Этап исследования			
	Группа		Группа	
	Перед началом тренировок		После окончания тренировок	
	ОГ (n=14)	ГС (n=12)	ОГ (n=14)	ГС (n=12)
Мощность нагрузки, Вт	150 (150; 150)	150 (150; 150)	175 (175; 175) p=0,042	150 (150; 150) рог-гс=0,052
Время выполнения нагрузки, с	310 (288; 340)	322 (295; 358)	395 (372; 405) p=0,025	338 (295; 358) рог-гс=0,033
ЧСС, уд./мин	149 (145; 164)	151 (146; 170)	142 (134; 154)	150 (143; 169)
САД, мм рт. ст.	181 (161; 205)	179 (165; 203)	163 (141; 180) p=0,029	177 (165; 199) рог-гс=0,052
ДАД, мм рт. ст.	98 (91; 104)	95 (89; 101)	84 (80; 92) p=0,033	93 (87; 101) рог-гс=0,044
VO_2 , л/мин	1,896 (1,770; 2,004)	1,904 (1,799; 2,089)	2,065 (1,903; 2,205) p=0,035	1,912 (1,811; 2,093) рог-гс=0,038
VCO_2 , л/мин	1,964 (1,784; 2,108)	2,060 (1,950; 2,104)	2,109 (1,984; 2,226) p=0,042	2,074 (1,950; 2,104) рог-гс=0,049

Примечание: Уровень значимости различий: p – по сравнению с первичным обследованием; рог-гс – между сравниваемыми группами.



Анализ результатов повторного тестирования позволил выявить существенные различия в динамике регистрируемых показателей аэробной физической выносливости у обследованных лиц сравнимых групп. Так, в ОГ после окончания тренировочного процесса изменилось распределение лиц, обследованных по объему выполненной работы до достижения ПАНО. В частности, 3 человека выполнили 7 ступеней предложенной нагрузки (максимальная мощность 200 Вт), 7 человек завершили работу на 6-й ступени (175 Вт), остальные 4 обследуемых выполнили работу с уровнем мощности 150 Вт (5-я ступень).

Характерно, что у всех лиц из данной группы зарегистрировано увеличение объема выполненной нагрузки до ПАНО хотя бы на 1 ступень по сравнению с исходным уровнем, в связи с чем были выявлены статистически значимые ($p < 0,05$) различия по прямым показателям работоспособности (максимальная мощность и время нагрузки).

В ГС за аналогичный период наблюдения заметных изменений прямых критериев физической работоспособности (объем и время нагрузки) не отмечено, распределение обследованных лиц по уровню максимальной аэробной производительности оказалось примерно идентичным исходному. При этом были выявлены статистически значимые (или близкие к таковым) межгрупповые различия прямых критериев физической выносливости ($p_{ог-гс} = 0,033-0,052$), что, на наш взгляд, можно считать доказательством позитивного влияния проведенных тренировок на уровень ФВО у лиц, включенных в ОГ.

О лучшей динамике физической работоспособности обследованных данной группы свидетельствовали также результаты сравнительной оценки косвенных (физиологических) её критериев. По сравнению с первичным обследованием, у лиц ОГ на последней ступени нагрузки выявлено статистически значимое ($p < 0,05$) снижение САД и ДАД, несмотря на указанный выше больший объем и длительность работы. При этом динамика показателей газообмена имела противоположную направленность

($p < 0,05$), что можно рассматривать как свидетельство повышения максимальной аэробной производительности и ФВО в целом. У лиц, включенных в ГС, достоверных изменений параметров вегетативного обеспечения выполняемой физической деятельности не отмечено, что привело к появлению межгрупповых значимых различий ($p_{ог-гс} < 0,05$) по таким параметрам, как САД, ДАД, VO_2 и VO_2 .

Механизмы саногенного воздействия использованного метода, по нашему мнению, основываются на активной экстренной мобилизации собственных ресурсов организма тренируемых, за счет чего развиваются благоприятные сдвиги в регуляции вегетативных функций, повышается резистентность клеток и тканей жизненно важных органов к гипоксии, позволяя ускорить восстановительные процессы, оптимизировать течение адаптации, «закрепить» развивающиеся позитивные сдвиги [10]. К неоспоримым достоинствам метода относится возможность его безопасного использования у лиц с напряженным и ответственным характером труда, в том числе - без отрыва от выполнения профессиональных обязанностей, учебного процесса. При назначении метода легко реализуется требование индивидуального выбора и текущей корректировки режима тренировок в зависимости от исходного характера и выраженности дизадаптации, гипоксической резистентности, физической выносливости организма тренируемых.

Выводы

Разработанная программа, основанная на использовании нормобарических гипоксических газовых сред, может рассматриваться как метод выбора в системе физиологических мероприятий экстренного восстановления ФВО у лиц опасных профессий, имеющих признаки дизадаптивных проявлений, обусловленных напряженной и сложной предшествовавшей деятельностью, затруденными акклиматизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров С.Ф. Современная стратегия медицинской реабилитации лиц опасных профессий: проблемы и перспективы / С.Ф. Гончаров, А.Ю. Лапин, В.Н. Преображенский // Медицина катастроф. – 2003. - № 3-4. – С. 56-58.
2. Ушаков И.Б., Основные профилактические проблемы медицины труда / И.Б.Ушаков, М.Н.Хоменко // Медико-экологические проблемы лиц экстремальных профессий. – М., 2008. – С. 19-20.
3. Преображенский В.Н. Профессиональная и медицинская реабилитация спасателей / В.Н. Преображенский, С.Ф. Гончаров, И.Б. Ушаков и др. – М.: ПАРИТЕТ ГРАФ, 2004. – 320 с.
4. Юдин В.Е. Медико-психологическая реабилитация лиц опасных профессий с учетом патогенетических механизмов снижения их профессиональных качеств / В.Е. Юдин, А.М. Щегольков, В.П. Ярошенко, В.В. Матвиенко, Р.Ш. Симберде-ев // Медицина катастроф. – 2013. – № 1 (81). – С. 22 – 26.
5. Сапов И.А. Физиологические мероприятия медицинского обеспечения ВМФ / И.А. Сапов, В.С. Щеголев // Клинико-физиологические аспекты реабилитации личного состава ВМФ. – Калининград, 1990. – С. 5-6.
6. Горанчук В.В. Гипокситерапия / В.В. Горанчук, Н.И. Сапова, А.О. Иванов. – СПб.: ООО «ОЛБИ-СПб», 2003. – 536 с.
7. Грошилин С.М. Коррекция астенических расстройств у участников ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций путём тренировок к гипоксии-гиперкапнии / С.М. Грошилин, Р.Н. Ан, Д.Н. Елисеев, А.О. Иванов, А.Н. Джандубаев // Экология человека. – 2006. - №5. – С. 34-37.
8. Иванов А.О. Использование нормобарической гипоксической тренировки для повышения физической работоспособности здоровых лиц / А.О. Иванов, Н.И. Сапова, М.В. Александров, Н.И. Косенков // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 3. – С. 120-125.
9. Карпман В.Л. Тестирование в спортивной медицине / В.Л.Карпман, З.Б. Белоцерковский, И.А. Гудков. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 208 с.
10. Грошилин С.М. Формирование устойчивости организма здоровых мужчин к гравитационным и статическим нагрузкам путём использования тренировок к респирации/С.М. Грошилин, А.О. Иванов, Д.Н.Елисеев, Р.Б. Мусаев, Э.Н. Безкишский, А.В. Чумаков.// Военно- медицинский журнал. – 2012. –Т. 333, №-2. – С. 67-68.

ПОСТУПИЛА 27.02.2014