



© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014
УДК 615.835.3.015:613.6

Шатов Д.В., Иванов А.О., Грошилин В.С. (okt@rostgmu.ru), Беляев В.Ф., Павлиди К.Д., Лобозова О.В., Анистратенко Л.Г. — Влияние длительного периодического пребывания в условиях искусственных нормобарических гипоксических газовых сред на операторскую работоспособность.

Ростовский государственный медицинский университет, г. Ростов-на-Дону

Shatov D.V., Ivanov A.O., Groshilin V.S., Belyaev V.F., Pavlidi K.D., Lobozova O.V., Anistratenko L.G. — Impact of a long-term periodic stay under condition of artificial atmospheric hypoxic gas environment on control working efficiency. *Periodic stay under conditions of artificial atmospheric hypoxic gas environments (90 minutes daily, once a day, in the course of month) with oxygen concentration 13,5% ($pO_2=102,6$ mm of mercury [13,6 kPa]) is highly effective non-medication way to improve a control working efficiency.*

К е у в о р д s: periodic atmospheric hypoxia, artificial gas environments, control working efficiency.

К одному из значимых факторов труда военнослужащих, спасателей, пожарных и других категорий специалистов опасных профессий относится частая необходимость выполнения задач в условиях пониженного парциального давления кислорода. Это может быть связано с работой специалистов в условиях средне- и высокогорья, высотной гипоксией полета, тушением пожаров, пребыванием в герметичных объектах, в т. ч. с искусственно созданными в целях пожаробезопасности гипоксическими газовыми средами. В связи с этим актуальными представляются углубленные системные исследования динамики функционального состояния компонентов профессиональной работоспособности специалистов при пребывании в средах с различной степенью снижения pO_2 .

Целью исследования явилась оценка динамики операторской работоспособности испытуемых-добровольцев при периодическом (непрерывно 1,5 ч 1 раз в сутки.) длительном (ежедневно в течение 1 мес) пребывании в условиях искусственных нормобарических гипоксических газовых сред с содержанием кислорода 13,5% ($pO_2=102,6$ мм рт. ст. — 13,6 кПа).

Материалы и методы. В исследованиях приняли участие 16 испытуемых — мужчин в возрасте 20–24 лет, разделенных по принципу стратифицированной рандомизации на 2 равные по численности группы — основную (ОГ) и группу сравнения (ГС). Условия нормобарической гипоксической газовой среды (НГГС) формировали в гипоксическом комплексе. Дизайн комплекса позволял автоматически поддерживать заданные параметры НГГС, давал возможность находиться испытуемым в обычном режиме двигательной активности, не создавая неизбежных при использовании масочных гипоксикаторов неудобств при дыхании и перемещениях. У лиц ГС пребывание в условиях НГГС имитиро-

валось (в помещение комплекса при работающем оборудовании подавался атмосферный воздух), длительность каждой «процедуры», их общее число, предлагаемые для выполнения психофизиологические нагрузки были аналогичными таковым в ОГ.

Для моделирования операторской деятельности использовали автоматизированные психофизиологические системы, бланковые методики, сложные динамичные компьютерные игры. Тестирование уровня умственной (операторской) работоспособности проводили с применением стандартизированных психофизиологических тестов (Шостак В.И., 1991; Бондарев Э.В. и др., 1993): критическая частота слияния мельканий (КЧСМ), сложная сенсомоторная реакция (ССМР) с выбором и переключением, реакция на движущийся объект (РДО), треморметрия, черно-красные таблицы (ЧКТ), устный сложный арифметический счет (АС). Операторскую деятельность различного содержания (главным образом компьютерные игры) испытуемые выполняли в течение всего периода пребывания в условиях НГГС (или его имитации) за исключением дней, выделенных для контрольных обследований. Стандартные контрольные обследования проводились в нормоксических условиях трижды (1 раз в день) перед началом испытаний (для исключения тренирующего эффекта), затем 1 раз каждые 6 дней пребывания в комплексе (всего 5 раз) и дважды (по 1 разу в день) после окончания цикла гипоксических воздействий (или их имитации). Длительность однократного контрольного обследования составляла примерно 1,5 ч.

Результаты и обсуждение. Проведенные перед началом испытаний обследования показали наличие среднего или высокого уровня большинства тестируемых психофизиологических качеств и познавательных процессов (устойчивости и переключаемости внимания) у испытуемых сравниваемых



групп. Однако у 6 испытуемых из ОГ и у 5 — из ГС, отмечались пониженные значения со стороны показателей успешности выполнения методики АС, несмотря на проведенные тренирующие тестирования. Достоверных межгрупповых различий на этапе первичного обследования не определено.

Исследования, проведенные на ранних этапах периодического пребывания в условиях НГГС (первые 12 дней), выявили, что у всех испытуемых ОГ имело место снижение операторской работоспособности по сравнению с исходным (нормоксическим) уровнем. Характер и степень отклонений психофизиологических параметров имели выраженную индивидуальную вариабельность. Причем отмечена закономерность ухудшения именно тех функций и качеств, исходный уровень которых был ниже среднegrupповых значений.

Практически у всех испытуемых отмечено снижение успешности выполнения теста АС (от 15 до 45% по сравнению с нормоксией) за счет как уменьшения продуктивности работы, так и увеличения числа ошибок в расчетах. В меньшей степени и не у всех добровольцев снижалась устойчивость и переключаемость внимания (от 8 до 20%). Что касается сенсорных и сенсомоторных качеств, то у половины обследованных лиц отмечено умеренное (не превышавшее 2% от исходного) снижение лабильности зрительной системы, у 3 из 8 человек (37,5%) — удлинение среднего латентного времени ССМР (не более 20% от исходного уровня), у 2 испытуемых (25%) — снижение точности РДО (в среднем на 12–17%), главным образом, за счет увеличения числа запаздывающих реакций. Изменений показателей динамической и статической двигательной координации (треморометрии) у обследованных лиц на данном этапе наблюдения не выявлялось.

Характерно, что и у большинства испытуемых ГС в период пребывания в замкнутом помещении отмечались тенденции к снижению продуктивности и эффективности умственной деятельности, изменения показателей сенсомоторики, свидетельствующие о преобладании тормозных процессов в функционировании коры головного мозга. Данный факт свидетельствовал, по нашему мнению, о наличии депримирующего влияния условий, моделируемых в замкнутом помещении, на состояние психофизиологических функций и качеств испытуемых. Определенный вклад в снижение умственной работоспособности, возможно, вносили шумы от работающего оборудования комплекса и вентиляционных потоков воздуха, эффекты так называемой «социальной ингибиции» и др. Однако поскольку

у лиц ГС ухудшение регистрируемых показателей оказалось значимо (p не более 0,45) меньшим, чем в ОГ, можно констатировать наличие, в целом, негативного влияния сформированных условий НГГС на операторскую работоспособность человека.

Анализ результатов последующих контрольных обследований позволил выявить следующие факты. У всех испытуемых ОГ, начиная примерно со 2-й недели нахождения в НГГС, отмечалось прогрессирующее повышение операторской работоспособности по сравнению с начальным периодом пребывания в данных условиях. При этом, несмотря на выраженную индивидуальную вариабельность темпов оптимизации регистрируемых показателей в процессе продолжения испытаний, к 4-й неделе исследования уровень интегральных критериев состояния сенсомоторных качеств, познавательной деятельности достигал примерно 90–95% от их исходных (нормоксических) значений. У лиц ГС за весь период испытаний исследуемые психофизиологические показатели направленной динамики не имели. Указанные явления обусловили нивелирование межгрупповых различий в состоянии операторской работоспособности, начиная с 3-й недели испытаний вплоть до их окончания.

Полученные результаты мы расценивали как проявление признаков ранней адаптации лиц ОГ к условиям нормобарической гипоксии, связанной, как известно (Сапов И.А. и др., 1984; Меерсон Ф.З., 1993; Медведев В.И., 2003), с первичными структурно-функциональными перестройками в организме, направленными на компенсацию длительно или периодически действующего адаптогенного фактора и снижающими выраженность реакции «платы».

Анализ результатов заключительных обследований, которые, как указывалось выше, проводились в нормоксических условиях после окончания цикла гипоксических воздействий (или их имитации), показал наличие достоверных позитивных изменений в состоянии психофизиологических качеств и познавательных процессов у лиц ОГ по сравнению с исходным состоянием. В частности, было отмечено повышение КЧСМ (в среднем на 2,5%, $p=0,026$), снижение средней РДО (на 14%, $p=0,011$) и среднего латентного времени ССМР (на 17%, $p=0,034$).

Важно отметить, что при упомянутом выше отсутствии какой-либо динамики показателей треморометрии у испытуемых при пребывании в НГГС, после окончания испытаний при тестированиях в нормоксических условиях показатель статического тремора



оказался в среднем на 13% ($p=0,037$) ниже исходного уровня, а показатель динамического тремора – на 22% ($p=0,008$). Позитивной у лиц ОГ оказалась и динамика показателей успешности выполнения теста АС: показатель эффективности деятельности повысился в среднем почти на 19% от исходного уровня ($p=0,003$), что было обусловлено как увеличением производительности, так и снижением числа ошибок. Существенной динамики по сравнению с результатами первичного тестирования у испытуемых ОГ не отмечено лишь по показателям устойчивости и переключаемости внимания (тест ЧКТ).

Учитывая, что в ГС за период испытаний достоверных изменений в состоянии операторской работоспособности не происходило, по результатам заключительных тестирований были выявлены достоверные ($p<0,05$) межгрупповые различия по показателям КЧСМ, РДО, ССМР, треморометрии, эффективности и безошибочности выполнения теста АС.

Выявленные особенности в динамике параметров исследованных качеств в сравниваемых группах, на наш взгляд, свидетельствовали о тренирующе-адаптирующих эффектах циклического пребывания в условиях формируемой НГГС на состоянии высших нервных процессов обследованных лиц. По всей видимости, к основным механизмам такого влияния повторяющихся гипоксических воздействий выраженной интенсивности можно отнести повышение устойчивости нейронов высших отделов ЦНС к дефициту кислорода за счет перестройки метаболических процессов, повышения «экономичности» функционирования; увеличения васкуляризации и кровоснабжения головного мозга; синтеза эндогенных субстанций (в частности, NO), обладающих выраженным регуляторным приспособительным действием. О подобных эффектах циклических субэкстремальных гипоксических воздействий уже сообщалось нами (Грошили С.М. и др., 2010; Иванов А.О. и др., 2006, 2012) и

другими авторами (Меерсон Ф.З., 1994; Czyzyk-Krzaska M.F., 2007; Kasimi R. et al., 2008).

Заключение. Проведенные исследования позволили сформулировать следующие основные выводы и рекомендации. Во-первых, начальный этап циклического пребывания неадаптированных к гипоксии лиц в НГГС с содержанием кислорода 13,5% сопровождается существенным снижением операторской работоспособности, что следует учитывать в случае необходимости выполнения задач деятельности в подобных условиях. Во-вторых, со 2-й недели периодического пребывания в такой НГГС в сочетании с выполнением тренирующих «операторских нагрузок» отмечаются первые признаки повышения устойчивости обследованных к гипоксии, проявляющиеся в оптимизации показателей сенсорных и сенсомоторных функций, качеств внимания, успешности комбинаторной мыслительной деятельности. В-третьих, к 4-й неделе выбранных воздействий основные параметры операторской работоспособности практически достигают «нормоксического» уровня за счет продолжающихся адаптивных сдвигов в организме, что также следует учитывать при планировании работ в данных условиях. Кроме этого, предварительная тренировка в режиме, использованном в данной работе, может применяться в качестве эффективного средства подготовки специалистов операторского профиля к выполнению задач деятельности в условиях пониженного парциального давления кислорода. В-четвертых, результатом проведенного цикла сочетаний гипоксического стимула и моделирования операторской деятельности явилось существенное повышение уровня операторской работоспособности в обычных (нормоксических) условиях. В связи с этим подобные тренировки, на наш взгляд, могут рассматриваться как перспективный способ медико-психологической реабилитации специалистов опасных профессий, а также различных категорий больных, раненых и пострадавших.