



Т.Ю. Быковская¹, Д.В. Шатов², А.О. Иванов³, В.Ф. Беляев³, М.В. Мазур⁴

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ АДАПТАЦИИ ЧЕЛОВЕКА К УСЛОВИЯМ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ НОРМОБАРИЧЕСКОЙ ГИПОКСИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭРИТРОЦИТАРНОГО ЗВЕНА ЦИРКУЛИРУЮЩЕЙ КРОВИ

¹Ростовский государственный медицинский университет,
кафедра организации здравоохранения и общественного здоровья с курсом информационных технологий в здравоохранении и медицине.

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

²Бюро судебно-медицинской экспертизы Ростовской области

Россия, 344068, г. Ростов-на-Дону, ул. Евдокимова, 35.

³НИО-М НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ военного учебного научного центра ВМФ
«Военно-морская академия».

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

⁴Брянская областная больница № 1.

Россия, 241033 г. Брянск, проспект Станке Димитрова, д. 86.

Цель: оценка динамики показателей эритроцитарного звена циркулирующей крови человека при проведении искусственной адаптации к периодической нормобарической гипоксии.

Материалы и методы: обследовано 16 относительно здоровых мужчин в возрасте 20-24 лет, которым проведён курс искусственной адаптации к периодической нормобарической гипоксии (ИАПНГ). Режим ИАПНГ заключался в периодическом (непрерывно 1,5 часа, 1 раз в сутки, ежедневно в течение 1 мес.) пребывании обследованных лиц в условиях газовой среды с содержанием кислорода 13,5%. Гематологические исследования проводились 4-хкратно: перед началом курса ИАПНГ, на следующий день после его окончания, затем через 3 и 6 месяцев.

Результаты: у всех испытуемых в результате ИАПНГ были отмечены приспособительные изменения клеточного состава крови, заключающиеся в умеренном снижении числа циркулирующих эритроцитов, гематокрита, среднего объема эритроцитов, при параллельном статистически значимом повышении среднего содержания и концентрации гемоглобина в эритроците. На отдаленных этапах наблюдения выявленные тенденции сохранялись.

Выводы: использование ИАПНГ в разработанном режиме сопровождается повышением кислородной емкости циркулирующей крови (за счет синтеза функционально более полноценных эритроцитов) при параллельном «стремлении» к недопущению ухудшения ее реологических свойств.

Ключевые слова: искусственная адаптация, периодическая нормобарическая гипоксия, циркулирующие эритроциты, эритропоэз.

T.Y. Bykovskaya¹, D.V. Shatov², A.O. Ivanov³, V.F. Belyaev³, M.V. Mazur⁴

INFLUENCE OF ARTIFICIAL HUMAN ADAPTATION TO INTERMITTENT NORMOBARIC ANOXIA ON THE OPTIONS OF ERYTHROCYTES OF CIRCULATING BLOOD

¹Rostov State Medical University,
Department of health and public health organizations with course of information technology
in health and medicine.

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

²Rostov Bureau of forensic medicine.

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

³RD-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.

⁴Bryansk Region Hospital № 1.

86 Stanke Dimitrova st., Bryansk, 241033, Russia.

Purpose: to estimate changes and dynamics of the options of circulating blood erythrocytes in artificial human adaptation to intermittent normobaric hypoxia.

Materials and methods: Sixteen healthy male volunteers aged 20-24 years were underwent to course of artificial adaptation to intermittent normobaric hypoxia (AAINH): 1,5 h daily for 30 days in the gas atmosphere with an oxygen content of 13.5%. Venous blood samples were collected before exposure (day 0), day after exposure, then after 3 and 6 months.

Results: adaptive changes of red blood cells after the course of AAINH were registered in all cases. Moderate reduction of the number of circulating erythrocytes, hematocrit and average erythrocyte volume were noticed. At the same time such parameter as hemoglobin concentration and its content in red blood cell was significantly higher than an average one. The long-term follow up demonstrated that the registered trends were continued.

Summary: use of AAINH accompanied with increasing oxygen capacity of circulating blood (due to the synthesis of improved oxygen capacity of red cells), while «determination» to prevent the deterioration of its rheological properties.

Keywords: artificial adaptation, intermittent normobaric hypoxia, circulating erythrocytes, erythropoiesis.

Введение

К одному из значимых факторов профессиональной деятельности военнослужащих, спасателей, пожарных и других категорий специалистов «опасных» профессий относится необходимость выполнения задач зачастую 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 том числе с искусственно созданными в целях пожаробезопасности гипоксическими газовыми средами. Поэтому высокая устойчивость организма таких специалистов к транзитной гипоксии может рассматриваться как необходимое условие надежности их профессиональной деятельности и требует особого внимания при проведении мероприятий ее медицинского и физиологического обеспечения [1,2,3].

В ряде публикаций, в том числе в работах нашего авторского коллектива [4,5], указано, что в качестве одного из наиболее перспективных способов повышения устойчивости организма человека к пониженному содержанию кислорода может рассматриваться искусственная адаптация к условиям периодической нормобарической гипоксии (ИАПНГ). В этой связи актуальными представляются углубленные системные исследования физиологических процессов, лежащих в основе саногенных эффектов ИАПНГ и обеспечивающих искусственное управляемое повышение толерантности организма тренируемых к недостатку кислорода во внешней среде.

Из фундаментальных исследований в области гипоксической медицины известно [6,7 и др.], что одним из компонентов специфической адаптации организма к условиям пониженного парциального давления кислорода (pO_2) в воздухе являются долгосрочные изменения механизмов переноса газов в организме, в частности, сдвиги кислородтранспортной функции крови. Однако в большинстве случаев подобные гематологические исследования проводились с участием лиц, достаточно длительное

время непрерывно находившихся в горных условиях [6,8, и др.], при этом особенности изменений данной функции при периодической нормобарической гипоксии, несомненно, нуждаются в дополнительном целенаправленном изучении.

Таким образом, целью данного исследования явилась оценка динамики показателей эритроцитарного звена циркулирующей крови человека при проведении искусственной адаптации к периодической нормобарической гипоксии.

Материалы и методы

В исследованиях приняли участие 16 испытуемых – мужчин в возрасте 20-24 лет, не имевших выраженных отклонений в состоянии соматического здоровья, у которых был проведен курс ИАПНГ. В наших предварительных исследованиях [4,5] был разработан один из вариантов режима проведения ИАПНГ, который оказался наиболее эффективным и удобным по сравнению с другими вариантами использования данного метода. Условия нормобарической гипоксической газовой среды (НГГС) формировали в гипоксическом комплексе «Нурохисо» (США). Дизайн комплекса позволял автоматически поддерживать заданные параметры НГГС, давал возможность находиться испытуемым в обычном режиме двигательной активности, не создавая неизбежного при использовании масочных гипоксикаторов неудобства при дыхании и перемещениях. Режим ИАПНГ заключался в периодическом (непрерывно 1,5 часа, 1 раз в сутки, ежедневно в течение 1 мес.) пребывании испытуемых в условиях НГГС с содержанием кислорода 13,5% ($pO_2=102,6$ мм рт. ст. [13,6 кПа]).

Для решения задач исследования в динамике наблюдения у испытуемых четырёхкратно проводился отбор капиллярной крови: перед началом курса ИАПНГ, на следующий день после его окончания, затем через 3 и 6 месяцев. Исследования проводились с использованием автоматического счетчика клеток крови «ABX MICROS 60 OT 18» (Франция). Определяли традиционные пока-



затели, количественно и качественно характеризующие состояние эритроцитарного звена циркулирующей крови: общее содержание эритроцитов (RBC), концентрацию гемоглобина (HGB), гематокрит (HCT), средний объем эритроцитов (MCV), среднее содержание гемоглобина в эритроците (MCH), среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците (MCHC).

Статистическую обработку данных проводили согласно общепринятым требованиям [9] с использованием программы STATISTICA v. 10.0. Учитывая малую численность выборки, оценку статистической значимости различий проводили при помощи непараметрического критерия Вилкоксона, данные в таблице приведены в виде медиан (Me), верхнего и нижнего квартилей (Q25; Q75).

Результаты и обсуждение

Анализ данных первичного гематологического обследования показал, что у большинства испытуемых имело место относительно высокое содержание эритроцитов и гемоглобина в циркулирующей крови (табл. 1), что рассматривалось нами как одно из проявлений сохранности механизмов компенсации острой гипоксической гипоксии.

Контрольное гематологическое обследование, проведенное непосредственно после окончания курса ИАПНГ, показало, что в результате 30-суточного цикла тренировок к гипоксии в выбранном режиме у человека развиваются первичные адаптационные сдвиги показателей эритроцитарного звена циркулирующей крови.

Таблица 1

Показатели эритроцитарного звена циркулирующей крови испытуемых (n=16) в динамике наблюдения [Me (Q25; Q75)]

Показатель, ед. изм.	Этап обследования			
	Период ИАПНГ		Период после окончания ИАПНГ	
	Исходное состояние	Окончание курса	3 мес.	6 мес.
RBC, 10 ¹² /л	5,08 (4,80; 5,16)	4,98 (4,74; 5,06)	4,92 (4,75; 4,98)	4,93 (4,60; 4,90)
HGB, г/л	147,8 (147,5; 154,0)	154,0 (150,0; 159,0) p=0,047	157,0 (152,0; 161,1) p=0,039	155,5 (152,0; 157,0) p=0,045
HCT, отн.ед.	0,44 (0,44; 0,46)	0,42 (0,41; 0,43)	0,43 (0,42; 0,44)	0,42 (0,42; 0,43)
MCV, мкм ³	87,9 (86,3; 89,9)	87,1 (84,2; 88,9)	85,4 (84,8; 86,6) p=0,044	86,3 (83,3; 87,6) p=0,048
MCH, пкг	30,2 (29,3; 31,0)	31,5 (30,9; 32,1) p=0,045	31,9 (30,7; 31,9) p=0,042	31,0 (30,3; 31,0) p=0,048
MCHC, г/л	341 (336; 348)	361 (352; 370) p=0,041	366 (360; 369) p=0,021	362 (360; 366) p=0,039

Примечание. Уровень значимости различий по сравнению с исходным состоянием – p.

К ним можно отнести тенденции к снижению числа циркулирующих эритроцитов, гематокрита, среднего объема эритроцитов при параллельном повышении цветового показателя (среднего содержания гемоглобина в эритроците) и средней концентрации гемоглобина в эритроците. К последующим этапам наблюдения (через 3 и 6 месяцев после окончания периода ИАПНГ) выявленные тенденции сохранялись, что привело к появлению достоверных различий или повышению уровня их значимости.

Важно отметить, что перечисленные выше односторонние изменения показателей «красной» крови различной степени выраженности на отдаленных этапах наблюдения были отмечены у всех 16 испытуемых, что и обусловило достоверность различий по указанным выше параметрам. В связи с этим, мы рассматривали полученные данные как одно из возможных проявлений отсроченных изменений в организме испытуемых, связанных

с циклическими воздействиями гипоксического фактора.

Можно предварительно предположить, что физиологическим механизмом, лежащим в основе зарегистрированных гемических сдвигов, является стимулирующее действие длительного пониженного содержания кислорода в воздухе на систему кроветворения, известное из классических трудов по физиологии гипоксической гипоксии [6,7,10 и др.].

Однако в отличие от результатов указанных выше авторов, исследовавших длительное влияние на организм горной гипоксии, в нашей работе не выявлено прироста числа эритроцитов в результате циклических гипоксических воздействий. По нашему мнению, указанные несоответствия в эффектах хронической горной (гипобарической) гипоксии и периодической нормобарической гипоксии можно объяснить различиями в характере, интенсивности и длительности воздействия на организм.



В нашем случае полуторачасовые циклы пребывания испытуемых в помещении с НГГС (содержание кислорода 13,5%) чередовались с последующим 22,5-часовым нахождением в условиях нормоксии, что, по всей видимости, и объясняет отсутствие выраженного стимулирующего эффекта такой периодической гипоксии на количественные показатели эритропоэтической функции.

При этом, как указывалось выше, у всех испытуемых имели место однонаправленные сдвиги качественных характеристик циркулирующих эритроцитов, что позволяет констатировать наличие адаптирующего влияния примененных в нашем исследовании периодических гипоксических воздействий на эритропоэз.

Физиологическая целесообразность таких выявленных сдвигов, как повышение цветового показателя и концентрации гемоглобина в эритроците, может быть объяснена стимулированным гипоксией выходом в кровь «молодых» эритроцитов, функционально более полноценных, чем ранее циркулировавшие. Эритроциты с повышенным содержанием гемоглобина при прочих равных условиях имеют большую «кислородную емкость», естественно, увеличивая кислородтранспортные возможности цельной крови, что является крайне важным для компенсации организмом гипоксических состояний. Появление на отдаленных этапах наблюдения в циркуляции «новых» эритроцитов косвенно подтверждается достоверным изменением их морфометрических харак-

теристик (уменьшение среднего объема) по сравнению с исходным состоянием.

Что касается отмеченных у всех испытуемых тенденций к снижению концентрации эритроцитов и гематокрита, подобная реакция организма также не лишена физиологической целесообразности, поскольку указанные сдвиги обязательно сопровождаются оптимизацией реологических свойств крови. Улучшение текучести крови, как известно, является фактором, существенно расширяющим функциональные возможности газотранспортных систем при повышенных метаболических потребностях организма. Возможно также, что дополнительным фактором, вносящим свой вклад в оптимизацию реологических свойств крови, являются зарегистрированные в нашем исследовании у большинства испытуемых тенденции к уменьшению среднего объема циркулирующих эритроцитов.

Выводы

Приспособительный характер выявленных в результате ИАПНГ гемических сдвигов заключается в развитии реакций, направленных на повышение кислородной емкости циркулирующей крови (за счет синтеза функционально более полноценных эритроцитов) при параллельном «стремлении» к недопущению ухудшения ее реологических свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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. Симбердеев // Медицина катастроф. – 2013. – № 1 (81). – С. 22 – 26.
3. 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.
4. Шатов Д.В. Влияние длительного периодического пребывания в условиях искусственных нормобарических гипоксических газовых сред на операторскую работоспособность / Д.В. Шатов, А.О. Иванов, В.С. Грошилин и др. // Военно-медицинский журнал. – 2014. – Т. 8. – С. 63-65.
5. Шатов Д.В. Восстановление функциональных возможностей организма специалистов опасных профессий путем использования гипоксических газовых сред / Д.В. Шатов, С.М. Грошилин, А.О. Иванов и др. // Медицинский вестник Юга России. – 2014. – № 2. – С. 108-112.
6. Барбашова З.И. Динамика повышения резистентности организма и адаптивных реакций на клеточном уровне в процессе адаптации к гипоксии / З.И. Барбашова // Успехи физиол. наук. – 1970. – Т. 8, № 3. – С. 70-81.
7. Войткевич В.И. Хроническая гипоксия. Приспособительные реакции организма / В.И. Войткевич. – Л.: Наука, 1973. – 191 с.
8. Бободжанов Ю.Р. К вопросу об адаптации кровяного аппарата к условиям высокогорья Памира / Ю.Р. Бободжанов // Здравоохранение Таджикистана. – 1980. – С. 83-88.
9. Гржибовский А.М. Типы данных, проверка распределения и описательная статистика / А. М. Гржибовский // Экология человека. – 2008. – № 1. – С. 52-58.
10. Ван Лир Э. Гипоксия / Э. Ван Лир, К. Стикней: Пер. с англ. - М.: Медицина, 1967. - 368 с.

ПОСТУПИЛА 30.06.2014