

СОСТОЯНИЕ УГЛЕВОДНОГО И БЕЛКОВОГО ОБМЕНА ЧЕЛОВЕКА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ГЕРМЕТИЗАЦИИ В НОРМОБАРИЧЕСКИХ ГИПОКСИЧЕСКИХ ГАЗОВЫХ СРЕДАХ

¹Ким А.Ф., ²Николаенко И.О., ³Танова А.А., ⁴Кузьмин А.В., ⁵Онбыш Т.Е.

1-ФГКВОУВО «Военная академия Генерального штаба

Вооруженных Сил РФ», Россия, г. Москва;

2 - Медицинская служба Краснознаменного Черноморского Флота,

Россия, г. Севастополь;

*3-ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский
университет» Минздрава России, Россия, г. Ростов-на-Дону;*

*4 - Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и
реабилитации, Россия, Москва;*

*5-ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет»
Минздрава России, Россия, г. Краснодар;*

Введение

Одним из перспективных направлений повышения пожаробезопасности герметичных обитаемых объектов (ГОО), в частности подводных лодок (пл), является использование нормобарических гипоксических газоздушных сред (НГГС), пригодных для дыхания и при этом существенно снижающих вероятность возникновения и развития пожаров и возгораний [1, 2]. Однако внедрение таких сред на реальные ГОО требует обязательной проверки безопасности длительного пребывания в них для человека.

Цель данного исследования - оценка углеводного и белкового обмена у добровольцев при длительной (100 суток) герметизации в НГГС, снижающей пожароопасность гермообъектов, преимущественно подводных лодок.

Материалы и методы

Исследования проводились в 2017 г. на испытательном стенде (ИС) в АО «АСМ» (С.-Петербург). В испытаниях участвовали 6 мужчин в возрасте 27-33 лет (5 человек) и 53 года (1 человек). Отбор добровольцев для участия в исследованиях был проведен с учетом ряда критериев: необходимый уровень состояния здоровья (годность к выходу в море на пл на 3,5 мес.); достаточный уровень функциональных возможностей организма, позволяющий выполнять физические, умственные и другие нагрузки; высокая мотивация к участию в испытаниях; добровольное информированное согласие на участие в испытаниях.

В течение всего периода герметизации в помещениях ИС формировались НГГС с содержанием кислорода 18-19 % об (в помещениях «постоянного пребывания») и 16-17 % об. (в «периодически посещаемых помещениях», длительность пребывания 4 часа в сут.) при нормальных величинах атмосферного давления и других параметров микроклимата. Длительность периода герметизации составляла 100 сут, в течение которого испытуемые выполняли рабочую программу, заключающуюся в ежедневном

моделировании деятельности интеллектуального или операторского содержания (работа на тренажерах), а также интенсивных разномодальных физических нагрузок (силовая подготовка, велотренажер, индивидуальные специальные программы физических упражнений и т.д.).

В течение периода наблюдения у всех испытуемых проводились этапные комплексные исследования функционального состояния и работоспособности. Одним из направлений этих исследований явилась оценка динамики показателей метаболизма белков и углеводов крови. Результаты этих исследований будут представлены в данной работе.

Отбор проб венозной крови испытуемых проводили натощак с использованием всех правил асептики и антисептики. Гематологические исследования выполнялись в Северо-Западном центре доказательной медицины (С.-Петербург) с использованием стандартных методик на автоматизированных биохимических анализаторах.

Первичное (фоновое) гематологическое исследование проводилось в течение нескольких дней, перед началом испытаний. Контрольные исследования на этапе герметизации осуществлялись примерно через каждые 10-15 дней. Заключительное обследование выполнено на 10-е сут после окончания герметизации.

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием п.п.п. «Статистика». Сравнение данных в динамике наблюдения проводилось с использованием Т-критерия Вилкоксона. Результаты в таблицах представлялись в виде медиан (Me), 1-го и 3-го квартилей (Q25, Q75). Как статистически значимые принимались различия при уровне значимости $p < 0,05$.

Исследования были организованы и проведены в соответствии с положениями и принципами действующих международных и российских законодательных актов, в частности, с Хельсинской декларацией 1964 г. с учетом ее пересмотров 1983 и 2013 гг. Легитимность исследований подтверждена заключением независимого этического комитета при Северном государственном медицинском университете.

Результаты исследований и их обсуждение

Исследования состояния основных обменных процессов у испытуемых показали, что длительное пребывание в заданных НГГС сопровождалось характерными изменениями, отражающими развитие в организме гипоксического состояния и направленными на его компенсацию.

Результаты исследований показателей углеводного и белкового обмена представлены в таблице 1. В исходном состоянии у обследованных лиц основные показатели, характеризующие метаболизм углеводов и белков, находились в пределах референтных значений, за исключением содержания лактата, несколько превышавшего верхнюю границу нормы значений у всех испытуемых.

По всей видимости, данный факт был обусловлен особенностями режима физической активности и питания и не рассматривался как противопоказание к участию в испытаниях.

Контрольные обследования углеводного обмена, проведенные во время герметизации, показали, что у всех добровольцев имело место увеличение содержания лактата в крови без существенной динамики со стороны концентрации глюкозы.

Таблица 1 - Показатели углеводного и белкового обмена испытуемых (n=6) на этапах контрольных исследований, Me (Q₂₅; Q₇₅)

Период обследования	Показатель, ед. изм. (референтные значения)					
	Глюкоза, ммоль/л (4,1-5,9)	Лактат, ммоль/л (0,5-2,22)	Общий белок, г/л (66-82)	Мочевина, ммоль/л (2,81-7,21)	Мочевая кислота, мкмоль/л (208-429)	Креатинин, мкмоль/л (74-109)
Исх. состояние	4,73 (4,62; 5,05)	2,51 (2,16; 2,58)	74,8 (69,0; 74,9)	3,96 (3,64; 5,30)	360 (332; 428)	90,0 (88,0; 93,2)
6-10-е сут. герметиз.	5,29 (4,82; 5,33)	3,30 (3,07; 4,48) p=0,027	73,7 (71,1; 75,8)	3,59 (3,35; 4,48)	384 (351; 386)	90,6 (88,0; 98,9)
25-27-е сут. герметиз.	4,13 (3,69; 4,45)	3,19 (3,11; 3,42) p=0,044	68,5 (68,0; 72,0)	4,48 (4,32; 6,00)	360 (331; 415)	90,0 (88,0; 93,0)
35-37-е сут. герметиз.	5,09 (4,66; 5,28)	3,76 (3,26; 4,56) p=0,027	71,8 (69,2; 73,8)	5,14 (4,70; 5,37)	441 (399; 452) p=0,031	103,2 (102,2; 104,3) p=0,039
45-47-е сут. герметиз.	4,64 (4,58; 4,78)	2,90 (2,83; 3,04)	73,9 (70,3; 75,4)	5,15 (4,25; 5,35)	432 (338; 443) p=0,047	97,1 (89,6; 108,0) p=0,045
55-57-е сут. герметиз.	4,44 (3,94; 4,85)	3,42 (3,30; 4,85) p=0,047	73,5 (70,2; 76,2)	5,02 (4,45; 5,03)	429 (420; 443) p=0,035	96,9 (84,4; 101,4)
65-67-е сут. герметиз.	4,31 (4,28; 4,42)	3,38 (2,95; 4,42) p=0,049	75,4 (71,7; 75,7)	5,02 (4,52; 5,27)	424 (399; 441) p=0,044	96,9 (88,1; 105,0) p=0,049
75-77-е сут. герметиз.	4,28 (4,05; 4,57)	3,02 (2,92; 3,20)	73,4 (71,7; 77,3)	4,50 (4,23; 4,70)	414 (396; 428) p=0,047	99,8 (95,1; 108,2) p=0,039
92-94-е сут. герметиз.	4,25 (4,12; 4,39)	2,99 (2,74; 3,25)	73,8 (70,6; 75,1)	4,35 (4,02; 4,69)	387 (334; 482) p=0,1	98,7 (92,1; 106,2) p=0,039
Через 10 сут. после оконч. герметиз.	4,98 (4,74; 5,23)	2,47 (2,13; 2,69)	73,8 (70,5; 76,7)	5,09 (4,42; 5,70)	374 (302; 419)	100 (98; 100)
Примечание - Уровень значимости различий показателей по сравнению с исходным состоянием (по критерию Вилкоксона) – p						

Пиковые значения уровня молочной кислоты зафиксированы примерно после первого месяца испытаний (35-е сутки), когда величины данного параметра превышали исходные примерно в 1,2 - 1,5 раза (p=0,027). Однако при последующих контрольных обследованиях последующих содержание лактата у всех обследованных лиц постепенно снижалось, так что на

заключительных этапах герметизации значимых различий по сравнению с первичным обследованием не регистрировалось.

Примерно аналогичная динамика оказалось характерной и для показателей белкового обмена. В частности, достоверные колебания уровня общего белка и мочевины в сыворотке крови отсутствовали, находясь в течение всего периода испытаний в рамках референтных значений.

В то же время имело место прогрессирующее нарастание таких катаболитов белкового обмена, как креатинин и мочевая кислота, концентрации которых (так же, как и лактата) достигали пиковых значений примерно после 35 суток герметизации. Причем, если концентрация креатинина даже при максимальном приросте у всех испытуемых не превышала значений верхних границ нормы, то уровень мочевой кислоты на данном этапе наблюдения превосходил таковые у всех обследованных. При этом в дальнейшем (примерно с 45-х суток) имело место постепенное снижение уровня мочевой кислоты в крови, что привело к нормализации значений этого показателя у 3 из 6 обследованных к окончанию герметизации.

На наш взгляд, перечисленные факты были обусловлены компенсаторным увеличением активности анаэробных механизмов энергообеспечения клеток, связанным с длительной гипоксемией, что привело к повышению содержания в циркулирующей крови недоокисленных продуктов обмена веществ. При этом недопустимых явлений метаболического ацидоза, судя по показателям кислотно-основного состояния крови (как будет показано далее), в течение всего периода исследования ни у одного из испытуемых не выявлено. Данный факт мы рассматривали как свидетельство эффективности и сохранности работы буферных систем организма, позволивших нейтрализовать избыточную кислотность поступающих в кровь клеточных метаболитов.

Об отсутствии декомпенсационных нарушений метаболизма свидетельствовал тот факт, что уже через 10 дней после окончания герметизации, имевшие место отклонения показателей углеводного и белкового обменов имели выраженные тенденции к нормализации. Показатели, характеризующие данные виды метаболизма (за исключением концентрации молочной кислоты и у 1 испытуемого - мочевой кислоты), уже к этому этапу у всех испытуемых снизились до границ референтных значений. Уровень лактата у 5 из 6 испытуемых достиг границ нормы ко 2-му этапу отдаленного наблюдения.

Заключение

Таким образом, выявленные в исследовании факты, на наш взгляд, отражают закономерности адаптационно-приспособительных реакций человека при длительном, непрерывном пребывании в условиях выраженного недостатка кислорода. Общая структура изменений метаболизма в начальном периоде пребывания в НГГС заключается в накоплении недоокисленных продуктов обмена углеводов и белков. Однако по мере развития адаптированности к особым условиям обитаемости

выраженность данных реакций постепенно снижается, свидетельствуя о «переходе» метаболизма на новый качественный уровень. В целом, проведенные исследования подтвердили заключение о допустимости пребывания человека в подобных НГГС.

ЛИТЕРАТУРА

1 Чумаков В.В. Альтернативные подходы к решению проблемы предотвращения пожаров в герметично замкнутых объемах // Обитаемость кораблей. Обеспечение радиационной и токсикологической безопасности. Материалы Межотраслевой науч.-практ. конф. «Кораблестроение в XXI веке: проблемы и перспективы» (ВОКОР-2014). - СПб.. 2014. - С. 115-118.

2 Архипов А.В., Карпов А.В., Смуров А.В., Чумаков В.В. Обеспечение пожаробезопасности на подводных лодках // Морской сборник. - 2013. - № 3. С. 2-7.