



© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2017
УДК 612.766.1.057.36

Возможности повышения холодовой устойчивости военнослужащих при тренировках с возвратным дыханием

САМОЙЛОВ В.О., член-корреспондент РАН, профессор, генерал-майор
медицинской службы в отставке¹
МАКСИМОВ А.Л., член-корреспондент РАН, профессор²
ГОЛУБЕВ В.Н., профессор, полковник медицинской службы в отставке (gol.kor@mail.ru)^{1,2}
КОРОЛЕВ Ю.Н., доцент, полковник медицинской службы в отставке^{1,2}
МАКСИМОВА Н.Н.²
БОРИСЕНКО Н.С.²
ТИМОФЕЕВ Н.Н., доцент^{2,3}

¹Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург; ²Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, г. Магадан; ³Военный институт физической культуры, Санкт-Петербург

В статье представлены результаты изучения индивидуальных и усредненных показателей вариабельности функционального ответа – сатурации гемоглобина кислородом – в процессе классической гипоксической пробы, а также варианты перестроек температуры поверхности кисти и вариабельности сердечного ритма у курсантов военного вуза до и после тренировок с дыханием в замкнутом пространстве без удаления углекислого газа из этого пространства. Установлено, что тренировки с ререспирацией повышают холодовую устойчивость, влияя на температуру поверхности оболочки тела, следовые реакции которой сохраняются до 3 недель. При этом происходит коррекция регуляции кардиоритма за счет сдвига регуляторных влияний вегетативной нервной системы в направлении нормотонических реакций. Картина тепловизионной структуры тыльной поверхности кисти в ответ на локальное холодное воздействие после тренировок с ререспирацией указывает на отсутствие эффектов вазоконстрикции, которые до этого ярко проявлялись при снижении усредненной температуры кисти. Проведенные исследования показали, что тренировки с дыханием в замкнутом пространстве без удаления углекислого газа из этого пространства у лиц с исходным вагонормотоническим типом вегетативной нервной регуляции практически не влияют на перестройки вариабельности кардиоритма при локальных холодных воздействиях, однако ререспирация способствует достоверному повышению температуры оболочки тела. Использование тренировок с ререспирацией может оказаться эффективным методом повышения не только холодовой, но гипоксически-гиперкапнической устойчивости человека, что может служить основой подготовки и отбора специальных контингентов для действий в экстремальных условиях окружающей среды, включая арктические регионы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: военнослужащие, холодовая проба, экстремальные условия, нормобарическая гипоксия, ререспирация, следовые реакции, температура кисти, вариабельность кардиоритма.

Samoilov V.O., Maksimov A.L., Golubev V.N., Korolev Yu.N., Maksimova N.N., Borisenko N.S., Timofeev N.N. – Increasing the resistance to low ambient temperatures in military men with different sensitivity to normobaric hypoxia. The article presents the results of the study of individual and average parameters of variability of functional response of saturation of hemoglobin with oxygen during the classical hypoxic test, as well as options of hands' temperature reconstructions and heart rate variability in military higher school students. The study was performed before and after trainings with breathing in a closed space without carbon dioxide absorption (rerespitation). It is determined that trainings with rerespiration increase cold resistance by influencing on body's temperature and its aftersensations last out up to 3 weeks. This is accompanied by the correction of heart rate regulation due to the shift of regulatory influences of autonomic nervous system towards normotonic reactions. Picture of thermal structure of hand during local cold exposure after trainings with rerespiration indicates the absence of vasoconstriction effects, which are clearly manifested during decreasing of an averaged hand's temperature. Conducted researches have shown that trainings with breathing in a closed space without



carbon dioxide absorption in patients with initial vagotonic type of autonomic nervous regulation do not practically affect the heart rate variability during local cold exposures, but rerespiration promotes significant increasing of body's temperature. Using trainings with rerespiration can be an effective method to increase not only the cold, but also the hypoxic-hypercapnic human's resistance that can serve as the basis for the preparation and selection of special troops for operations in extreme environmental conditions, including the Arctic regions.

Key words: military men, cold test, extreme conditions, normobaric hypoxia, rerespiration, aftersensations, averaged hand's temperature, heart rate variability.

Еще во второй половине прошлого века многочисленными физиологическими исследованиями было установлено, что среди лиц, ранее не подвергавшихся в процессе жизнедеятельности недостатку кислорода, встречаются индивидуумы, демонстрировавшие при подъеме в горы как высокую, так и низкую устойчивость к гипоксии. При этом индивидуальные особенности устойчивости к природной или экспериментально формируемой нормобарической гипоксии проявляются даже среди альпинистов, что было детально проанализировано как российскими, так и зарубежными исследователями, найдя свое отражение в фундаментальном труде «Физиология человека в условиях высокогорья» [12].

В то же время было показано, что устойчивость к гипоксии можно повысить различными специальными тренировками с использованием барокамер или дыханием гипоксическими смесями, оба метода продолжают применяться [4, 15, 16]. Однако такие подходы требуют дорогостоящего специального оборудования, привлечения высококвалифицированного персонала, весьма продолжительны по времени.

Все это ограничивает их широкое применение для массового использования при необходимости подготовки значительных воинских контингентов для действий в экстремальных природных условиях, сочетающих факторы гипоксии, низких температур и значительных физических нагрузок, что на фоне целого ряда других факторов может влиять на организацию медицинского обеспечения в Арктике [9]. Рядом исследований было показано, что лица, имеющие достаточно высокую исходную гипоксическую резистентность, проявляли и более высокую устойчивость к локальному холодному воздействию [5].

Известно, что холодovou резистентность изучают в основном в специализированных климатических камерах, где процедура тестирования не предусматривает одновременного нахождения более 3–4 человек и требует весьма продолжительного времени, что также ограничивает возможности применения метода в целях массового отбора контингентов для направления в условия Крайнего Севера и Арктики.

Вместе с тем в ряде работ показано, что динамика изменения температуры кистей или стоп человека является высокоинформативным маркером для оценки теплового баланса организма, а кратковременное (3–5 мин) дыхание в замкнутом пространстве (ререспирация) влияет на изменение температурного паттерна верхней конечности [6].

Цель исследования

Изучение эффективности применения тренировок с ререспирацией у лиц с различной гипоксической устойчивостью при изменении терморегуляции, а также выявление возможности формирования и сохранения холодовой резистентности в процессе дыхания в замкнутом пространстве без удаления углекислого газа из этого пространства.

Материал и методы

В исследованиях принимали участие 22 курсанта ВМедА им. С.М.Кирова в возрасте $19,1 \pm 0,3$ года, с массой тела $75,8 \pm 1,9$ кг, индексом массы тела 23 кг/м^2 . Из-за медицинского отбора, который проходят юноши при поступлении в академию, основное количество зачисленного контингента составляют лица, имеющие нормотонический или вагонормотонический типы вегетативной регуляции. И практически не встречаются выраженных симпатотоников.

Следуя методическим требованиям, для изучения динамики *вариабельности сердечного ритма* (ВСР) с учетом продол-



жительности записей, необходимости предварительной оценки у обследуемых лиц исходного типа вегетативной нервной регуляции [8], для исследований, на основе статистических и спектрально-волновых показателей кардиоритма, была сформирована выборка курсантов, тип вегетативной регуляции которых в состоянии покоя в основном соответствовал вагонормотоническому. Лица с симпатотоническим или нормосимпатотоническим типом из исследований исключались, т. к. известно, что они обладают исходно сниженными функциональными резервами, что ярко проявляется при воздействии экстремальных факторов.

Регистрация ВСР проводилась с использованием компьютерного электрокардиографа Поли-Спектр-8/Е и прилагаемого к нему программного обеспечения с учетом методических рекомендаций по регистрации кардиоритма группы российских экспертов, Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества по электрофизиологии. Анализировались следующие показатели ВСР:

- мода (M_0 , мс); разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов ($MxDMn$, мс);
- число пар кардиоинтервалов с разницей более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов ($pNN50$, %);
- стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов ($SDNN$, мс);
- амплитуда моды при ширине класса 50 мс (AMo , %);
- индекс напряжения регуляторных систем (SI , усл. ед.);
- суммарная мощность спектра сердечного ритма (TP , $мс^2$);
- мощность спектра высокочастотного компонента variability сердечного ритма в диапазоне 0,4–0,15 Гц (дыхательные волны, NF , $мс^2$);
- мощность спектра низкочастотного компонента variability сердечного ритма в диапазоне 0,15–0,04 Гц (LF , $мс^2$);
- мощность спектра очень низкочастотного компонента variability ритма сердца в диапазоне 0,04–0,015 Гц (VLF , $мс^2$).

Тип исходного вегетативного тонуса определяли на основании значений сле-

дующих показателей: $MxDMn$, SI , $AMo50$, TP , где диапазон нормотонии (эйтонии) для $MxDMn$ мы принимали равным от 200 до 300 мс, для SI – от 70 до 140 усл. ед., для $AMo50$ от 51% до 65%, TP – от 1000 до 2000 $мс^2$. Если исследуемые показатели $MxDMn$, $AMo50$ и TP были меньше нижних значений, а величины SI больше верхнего, то вегетативный баланс был оценен как симпатико-тонический. В случае обратных соотношений вегетативная активность оценивалась как ваготоническая. Запись кардиоритма проводилась как в фоновых условиях, так и при выполнении холодовой пробы до и после тренировок с ререспирацией.

Оттипизированные таким образом курсанты проходили гипоксическую пробу с дыханием в течение 15 мин воздушной нормобарической смесью с 10% содержанием кислорода, концентрация которого обеспечивалась гипоксикатором «Эверест». Относительную устойчивость к гипоксии определяли по уровню сатурации гемоглобина кислородом с помощью пальцевого пульсоксиметра «Nonin 9843».

Изучение реакции организма на локальное холодовое воздействие проводили на основе разработанного и ранее апробированного нами модифицированного теста, когда в процессе его выполнения одна кисть (контактная) погружалась в емкость с водой температурой 4–5 °С на 4 мин, после чего вынималась и промокалась салфеткой [7]. Запись температурного профиля проводилась на другой (интактной) кисти с помощью тепловизора FLIR SC 620 (Швеция) как до холодового воздействия (фон), так и сразу по окончании выполнения пробы. В процессе обработки тепловизионных термограмм тыльной поверхности кисти измерялись абсолютные значения температуры в 20 условных точках с точностью до 0,1 °С, с последующим расчетом *усредненной температуры кисти* (УТК) и определением ее максимальных и минимальных значений. Расположение точек контроля температуры представлено на рис. 1.

Все исследования проводились в первую половину дня. Предварительно перед холодовой пробой испытуемые находились в помещении с комфортной

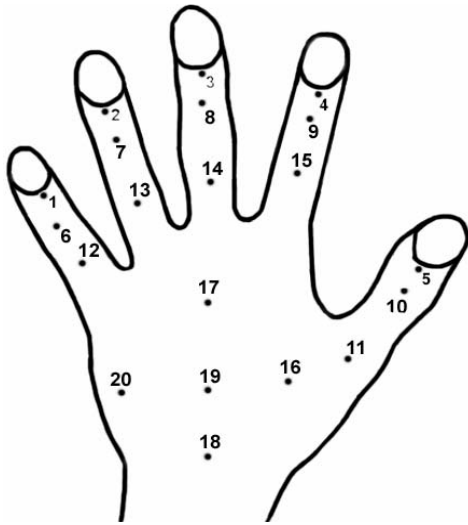


Рис. 1. Расположение условных точек замеров при тепловизионной регистрации температуры на поверхности тыла кисти

температурой 19–21 °С, не менее 15–20 мин в обычной форменной одежде, в состоянии покоя, сидя. При этом температура тела измерялась электронным термометром в подмышечной впадине до и во время холодной пробы.

Для изучения перестроек температурного профиля поверхности интактной кисти после проведения тренировок с дыханием в замкнутом пространстве в ответ на локальное холодное воздействие, у 22 испытуемых, выполнявших ежедневно в течение 2 нед ререспираторную пробу, после ее окончания, на четвертые, пятнадцатые и двадцать первые сутки вновь исследовали температурную реакцию. Для выполнения процедуры ререспирации использовались специальные прорезиненные мешки емкостью не менее 25 л, имеющие загубник. Перед началом дыхания испытуемый 3 раза делал глубокий вдох через нос и выдох через рот в мешок, после чего на нос устанавливался зажим, и в течение 4 мин вдох и выдох проводился только из мешка. За одну тренировку выполнялось 3 ререспираторных цикла с 2–3-минутными перерывами, когда обследуемый дышал обычным воздухом. В процессе исследований было установлено, что такой режим дыхания в замкнутом пространстве безопасен для испытуемого и не приводит

к потере сознания или другим неблагоприятным для здоровья проявлениями.

Результаты исследований подвергнуты статистической обработке с применением пакета прикладных программ «Statistica 7.0». Проверка на нормальность распределения измеренных переменных осуществлялась на основе теста Шапиро–Уилка и методом Колмогорова–Смирнова. При сравнении связанных выборок статистическая значимость различий определялась с помощью *t*-критерия Стьюдента для зависимых выборок с нормальным распределением. Для показателей вариабельности кардиоритма, отличающихся от нормального распределения, определялось значение медианы (*Me*) и 25-го, 75-го квартилей, а различия между этапами исследования оценивались по критерию Вилкоксона (*T*) для сравнения двух зависимых переменных, где *Z* соответствует параметрическому *t*-критерию Стьюдента. Критический уровень значимости различий (*p*) принимался равным или менее 0,05, а для оценки тенденций к изменениям $p \leq 0,1$ [2].

Результаты и обсуждение

Анализ изменений сатурации гемоглобина кислородом при выполнении гипоксической пробы при использовании гипоксикатора «Эверест» показал, что среди обследуемого контингента встречались индивидуумы, у которых насыщение гемоглобина кислородом к концу 15-й минуты пробы снижалось с фонового уровня $98 \pm 0,2\%$, составляя в среднем $65 \pm 2,1\%$. Такие испытуемые относились в группу гипоксически неустойчивых. Лица, у которых уровень оксигемоглобина на пике пробы не снижался более чем до $80 \pm 3,5\%$, считались гипоксически устойчивыми. При этом на пике гипоксического воздействия обследуемые с высоким и низким уровнем насыщения гемоглобина кислородом не проявляли значимых различий в уровне артериального давления, которое в среднем составляло: систолическое $117 \pm 3,5$ мм рт. ст., а диастолическое 71 ± 4 мм рт. ст.

Значения артериального давления на пике гипоксического воздействия статистически не отличались от величин до начала выполнения пробы (фон). Необходимо отметить, что лица с различным



уровнем оксигенации гемоглобина в абсолютном большинстве отвечали на локальный холодовой тест снижением тем-

пературы как в исследуемых точках интактной кисти, так и по ее усредненному значению (табл. 1). При этом *усредненная*

Таблица 1

Показатели температуры (°С) тыльной поверхности интактной кисти у курсантов до и после холодовой пробы на разных этапах исследования ($M \pm m$)

Условные номера точек замеров	1-й этап, температура тыла кисти у курсантов до тренировки с ререспирацией*		2-й этап, температура тыла кисти курсантов на 4-й день после тренировки с ререспирацией*		3-й этап, температура тыла кисти курсантов на 21-й день после тренировки с ререспирацией	
	фон	пик холодовой пробы	фон	пик холодовой пробы	фон	пик холодовой пробы
1	28,3±0,7	27,4±0,7	33,0±0,6	33,8±0,3	33,4±0,5	33,7±0,4
2	29,0±0,7	27,4±0,7	33,3±0,6	34,1±0,4	33,7±0,4	33,9±0,4
3	29,3±0,6	27,6±0,7	33,3±0,6	34,0±0,4	33,9±0,4	34,0±0,4
4	29,3±0,6	27,6±0,8	33,5±0,6	34,4±0,3	33,8±0,4	34,1±0,4
5	29,7±0,6	28,0±0,7	33,7±0,4	34,4±0,2	34,0±0,4	34,3±0,3
6	28,4±0,6	26,8±0,6	32,2±0,5	32,9±0,4	32,2±0,5	32,8±0,5
7	28,9±0,6	27,5±0,6	32,6±0,5	33,3±0,4	32,8±0,5	33,3±0,4
8	29,2±0,6	27,8±0,6	32,8±0,5	33,5±0,4	33,0±0,4	33,3±0,5
9	29,1±0,6	27,7±0,7	32,9±0,5	33,7±0,2	33,0±0,4	33,5±0,5
10	29,3±0,5	28,3±0,6	32,8±0,4	33,7±0,2	32,9±0,4	33,6±0,3
11	30,2±0,4	29,5±0,5	32,8±0,5	33,4±0,2	32,8±0,4	33,6±0,3
12	28,7±0,6	27,4±0,5	31,8±0,5	32,5±0,4	32,0±0,5	32,5±0,5
13	29,1±0,6	28,0±0,6	32,3±0,5	32,9±0,4	32,6±0,4	33,0±0,5
14	29,3±0,5	28,4±0,5	32,6±0,5	33,2±0,4	32,7±0,4	33,1±0,4
15	29,2±0,5	28,3±0,6	32,3±0,3	33,3±0,4	32,4±0,4	33,2±0,4
16	31,3±0,3	30,7±0,3	33,0±0,4	33,3±0,4	32,9±0,4	33,4±0,3
17	29,5±0,4	29,1±0,4	31,5±0,4	32,3±0,3	31,9±0,4	32,6±0,3
18	31,0±0,3	30,5±0,3	32,7±0,4	32,9±0,3	32,9±0,4	33,2±0,3
19	30,9±0,3	30,5±0,3	32,8±0,4	33,1±0,3	32,9±0,4	33,3±0,4
20	30,5±0,4	29,6±0,4	32,4±0,4	32,6±0,4	32,5±0,4	32,8±0,4
УТК	29,5±0,4 ^{1,2}	28,4±0,3 ^{1,3}	32,7±0,2 ²	33,4±0,2 ³	32,7±0,2 ²	33,3±0,3 ³

Примечания: ¹ – статистически значимые различия УТК между показателями фона и холодовой пробой до тренировки с ререспирацией, $p < 0,05$; ² – статистически значимые различия УТК между показателями фона до и значениями фона на 4-й и 21-й дни после тренировки с ререспирацией, $p < 0,05$; ³ – статистически значимые различия УТК между значениями на пике холодовой пробы до и на 4-й и 21-й дни после тренировки с ререспирацией, $p < 0,05$; * – по данным, полученным ранее А.Л.Максимовым и соавт., 2016.



температура кисти (УТК) статистически значимо уменьшалась на $1,1^{\circ}\text{C}$. Однако статистически значимых изменений температуры тела в состоянии фона и на пике холодовой пробы как до тренировок с ререспирацией, так и после нее не наблюдалось, а ее значения в среднем составляли $36,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

Исходя из общеизвестных физиологических механизмов терморегуляции, снижение температуры оболочки, и в первую очередь открытых участков тела, при воздействии низкотемпературного фактора является адекватной реакцией, направленной на поддержание гомеостаза температуры жизненно важных внутренних органов (ядра тела): печени, почек, сердца, мозга, в интересах которых и перераспределяется кожный кровоток. При этом известно, что на теплосодержание ядра тела даже в комфортных условиях основного обмена расходуется до 40% ккал, получаемых организмом с пищей. В связи с этим одним из признаков адаптации к холоду является снижение температуры оболочки тела как одного из механизмов сбережения тепла организмом.

Однако в проведенных нами ранее исследованиях жителей Магаданской области и Чукотки было показано, что среди обследованных в этих условиях контингентов встречаются индивидуумы, у которых реакция на холодовой фактор не только не снижала температуру открытых участков кожи, а даже ее повышала [7]. Как правило, эти лица демонстрировали и лучшие функциональные резервы со стороны кардиогемодинамики, устойчивость к физическим нагрузкам и гипоксии. Вероятно, эти процессы связаны с тем, что при высоких функциональных резервах со стороны систем теплопродукции, кардиогемодинамики и дыхания, организм в состоянии обеспечивать оптимальный уровень кровоснабжения жизненно важных внутренних органов, не снижая кровоснабжение оболочки тела, включая этот механизм только в чрезвычайных обстоятельствах, когда влияние низкотемпературного фактора резко выражено либо по силе и времени воздействия, либо по совокупности действующих негативных факторов.

Исходя из этого, была сформулирована гипотеза о возможном повышении холодовой и гипоксической устойчивости посредством тренировок с дыханием в замкнутом пространстве и возможном сохранении положительных следовых реакций достаточно продолжительное время. С этой целью была проведена серия исследований, когда холодовая устойчивость определялась на 4-й, 15-й и 21-й дни после окончания двухнедельных тренировок с ререспирацией.

Оказалось, что на 15-е сутки характер температурной реакции на холодовой фактор практически не отличается от 4-го дня и УТК в состоянии фона составляет $32,2 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$, а на пике холодового воздействия $32,7 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$. По всем 20 условным точкам на термограммах также наблюдалось только увеличение температуры. Для сокращения объема табл. 1 и упрощения ее восприятия мы сочли возможным не представлять в ней детальную динамику температурных изменений 15-го дня, и основной упор сделали на 21-й день исследований, т. к. было возможно ожидать, что ранее зафиксированные термopоложительные следовые эффекты на действие холодового фактора уже проявляться не будут.

Однако оказалось, что и на 21-й день холодовая проба вызывала на интактной кисти эффект разогрева. При этом минимальное увеличение температуры в пределах $0,2^{\circ}\text{C}$ наблюдалось только в двух точках (№ 2, 3) концевых фаланг безымянного и среднего пальца, тогда как превышение температуры относительно фонового уровня на $0,5^{\circ}\text{C}$ и более наблюдалось в 9 точках (№ 6, 7, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17), соответствующих зонам не только различных фаланг, но и пястья. Разница между исходными значениями УТК и УТК на пике холодового воздействия после 21-й дня тренировок с ререспирацией статистически значимо возросла. Показатели УТК относительно фонового уровня и на 4-й и 21-й дни после тренировок с ререспирацией достоверно увеличились на $4,2^{\circ}\text{C}$. Вариабельность показателей температуры на поверхности кисти после тренировок с ререспирацией значимо уменьшилась. Это указывает на более равномерное распределение



подкожного кровотока, обеспечивающего более высокую температуру всей тыльной поверхности.

На рис. 2 (вкл. 2, с. 4) представлены типичные тепловизионные термограммы курсанта К., демонстрирующие увеличение температуры интактной кисти на пике холодной пробы после тренировок с дыханием в замкнутом пространстве. Хорошо видно, что термограмма, снятая после тренировки с ререспирацией, практически имеет однородный цвет (особенно в зонах фаланг пальцев) и более высокую температуру при низкой степени вариабельности ее значений на тыльной поверхности кисти.

Учитывая роль вегетативной нервной системы в обеспечении тонуса кровеносных сосудов, особый интерес представляло изучение возможных перестроек временных показателей вариабельности кардиоритма, значения которых, согласно многочисленным исследованиям, выступают информативными маркерами, позволяющими оценить активность симпатического или парасимпатического регуляторного звена [1]. Естественно можно было предположить, что в процессе холодной пробы структура кардиоритма может статистически значимо измениться.

В табл. 2 представлены основные статистические и частотные спектрально-волновые показатели ВСП до и после тренировок с ререспирацией на 4-й и 21-й дни в состоянии фона и на пике холодной пробы. Оказалось, что холодное воздействие в основном принципиально не изменяло вагонормотонического типа вегетативной регуляции кардиоритма как до тренировки с ререспирацией, так и после нее. Однако при этом наметилась явная тенденция к уменьшению вклада парасимпатического звена вегетативной нервной системы в регуляцию кардиоритма. На это указывают изменения значений M_0 , $RMSSD$, $pNN50$, уменьшение которых в состоянии фона на 4-й и 21-й дни после тренировки с ререспирацией можно с учетом требований, предъявляемых к статистической оценке вероятностных различий в медико-биологических исследованиях, рассматривать только как различия на уров-

не тенденций процесса, при значении $p \leq 0,1$. Исходя из этого, были проанализированы и тенденции изменений высокочастотной (HF) и очень низкочастотной (VLF) спектральных составляющих ВСП, значения которых также уменьшились к 21-му дню окончания тренировок с ререспирацией.

На первый взгляд такая тенденция перестройки структуры высокочастотной составляющей сердечного ритма кажется парадоксальной, т. к. якобы указывает на некоторое снижение функциональных резервов [12]. Известно, что активация дыхательного центра продолговатого мозга определяет процесс дыхания и связанную с ним физиологическую аритмию сердца за счет реципрокного воздействия на симпатические и парасимпатические ядра блуждающих нервов, что в конечном итоге и определяет вклад высокочастотной составляющей спектра (HF) при активации автономного контура регуляции кардиоритма.

Однако в нашем случае увеличение вклада высокочастотной составляющей, по всей видимости, отражает не уменьшение функциональных резервов, а формирование оптимального баланса взаимодействия парасимпатического и симпатического звеньев вегетативной регуляции и формирование у курсантов выраженного нормотонического типа за счет ререспирационных тренировок. При этом сбалансированность влияния вегетативной нервной системы на ритм сердца происходит не за счет уменьшения ваготонической составляющей, а посредством активации симпатического звена, что характеризуется уменьшением вариационного размаха значений кардиоинтервалов ($MxDMn$), амплитуды моды (AM_0) и некоторым увеличением индекса напряжения (SI).

Вместе с этим при формировании в процессе дыхательных тренировок нормотонического типа вегетативной регуляции (за счет определенной активации симпатического звена регуляции) происходит относительное снижение напряжения метаболических процессов, на что указывает тенденция уменьшения к 21-му дню (относительно значений до тренировки) величин VLF. Известно, что



одной из действующих гипотез, объясняющих в структуре кардиоритма генезис очень низкочастотных волн (VLF), является их взаимосвязь с ритмами терморегуляции, задаваемыми гипоталамусом [13]. По всей видимости, в процессе тренировок с ререспирацией происходит снижение напряжения терморегуляционной

системы с эффектом балансировки температуры ядра и оболочки тела, что хорошо демонстрировали тепловизионные термограммы интактной кисти при холодовых воздействиях.

Таким образом, проведенные исследования показали, что тренировки с дыханием в замкнутом пространстве без

Таблица 2

Показатели variability кардиоритма при холодной пробе до и после тренировок с ререспирацией на различных этапах исследования (Ме, 25-й; 75-й квартал)

Показатели variability кардиоритма	Этапы исследования		
	1-й, до тренировок с ререспирацией	2-й, на 4-й день после тренировок	3-й, на 21-й день после тренировок
BP (MxDMn), с	0,402 (0,273; 0,441) 0,382 (0,301; 0,490)	0,392 (0,296; 0,441) 0,404 (0,353; 0,439)	0,352 (0,271; 0,416) 0,281 (0,259; 0,429)
Mo, с	0,911 (0,810; 0,977) 0,839 (0,737; 0,869)	0,834 (0,734; 0,883) 0,863 (0,749; 0,904)	0,788 (0,746; 0,875) 0,798 (0,743; 0,861)
AMo, %	28 (22; 40) 29 (23; 33)	32 (25; 40) 29 (25; 37)	35 (29; 46) 31 (26; 39)
SDNN, мс	75 (50; 85) 67 (58; 95)	66 (48; 80) 76 (57; 89)	54 (43; 68) 56 (46; 84)
RMSSD, мс	53 (35; 68) 51 (33; 58)	38 (31; 54) 45 (34; 49)	41 (27; 50) 37 (25; 52)
pNN50, %	29 (13; 46) 29 (13; 39)	16 (9; 28) 22 (14; 32)	19 (6; 27) 17 (3; 30)
ИИ (SI), у. е.	40 (27; 94) 49 (25; 70)	52 (36; 75) 42 (30; 72)	62 (40; 127) 69 (31; 104)
HF, мс ²	1069 (638; 1739) 1338 (521; 1644)	665 (525; 1073) 884 (552; 1363)	539 (390; 918) 577 (316; 1226)
LF, мс ²	1901 (824; 3157) 1361 (879; 2068)	1572 (1102; 2569) 1952 (1255; 2587)	1973 (980; 2523) 1116 (797; 3339)
VLF, мс ²	2197 (1073; 3698) 2373 (2061; 3852)	2410 (962; 3094) 2381 (1742; 4274)	1413 (612; 2080) 1927 (1481; 3563)

Примечание. Показатели этапов 1, 2, 3, расположенные сверху ячейки, характеризуют значения до холодной пробы (фон); внизу – во время проведения холодной пробы.



удаления углекислого газа из этого замкнутого пространства у улиц с исходным вагонормотоническим типом вегетативной нервной регуляции мало влияют на перестройки variability кардиоритма при локальных холодовых воздействиях, однако ререспирация способствует достоверному повышению температуры оболочки тела. В определенной степени это может быть связано с процессами адаптивной перестройки капиллярного и кожно-подкожного кровотока [14], а также явлениями несократительного термогенеза, роль которого в поддержании температурного и субстратного гомеостаза была показана современными исследованиями [10].

Вместе с этим на снижение мощности спектра высокочастотных дыхательных волн может влиять снижение чувствительности хеморецепторов к углекислому газу вследствие тренировок к его высокому уровню (6–8%), который к 4-й минуте ререспирации может достигать в мешке, используемом для выполнения пробы [11]. При этом общеизвестно, что уровень напряжения в крови углекислого газа является ведущим триггером в регуляции дыхательного акта. Естественно, что расширение функциональных возможностей системы терморегуляции, возникающее в процессе ререспирационных тренировок, обеспечивается перестройкой кровотока в кожных и подкожных сосудах, определяющего стойкий вазодилатационный эффект, проявляющийся через повышение температуры интактной кисти.

Подробная детализация продолжительности сохранения положительных эффектов ререспирации и влияния ее на уровень как гипоксической, так и гиперкапнической устойчивости, а также физической работоспособности у военно-

служащих, призванных действовать в экстремальных природно-климатических условиях окружающей среды, составляет задачу наших дальнейших исследований.

В Ы В О Д Ы

1. Проведенные исследования динамики следовых реакций температурных перестроек поверхности кисти и variability кардиоритма при локальных холодовых воздействиях с использованием тренировок с дыханием в замкнутом пространстве показали, что ререспирация позволяет повысить температуру оболочки тела, эффекты которой сохраняются не менее чем 21 день у всех лиц вне зависимости от исходного уровня гипоксической устойчивости.

2. Изменения показателей variability сердечного ритма при локальных кратковременных холодовых воздействиях не могут служить достаточно информативными маркерами для оценки уровня холодовой устойчивости военнослужащих и отбора их для действий в условиях низких температур, отражая только тенденции адаптивных перестроек.

3. Тренировки с ререспирацией способствуют повышению устойчивости человека к действию холодового фактора, при этом резистентность к низкой температуре может сохраняться достаточно продолжительное время.

4. Учитывая возможность тренировок с ререспирацией вне специально оборудованных помещений, отсутствие необходимости оснащения дорогостоящим оборудованием, безопасность и простоту выполнения пробы, она может широко применяться для подготовки личного состава к действиям в условиях низких температур, характерных для Арктики.

Литература

1. Баяевский, Р.М., Луцицкая Е.С., Фунтова И.И., Черникова А.Г. Исследования вегетативной регуляции кровообращения в условиях длительного космического полета // Физиология человека. — 2013. — Т. 39, № 5. — С. 42–52.
2. Боровиков В.П. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. — СПб: Питер, 2003. — 423 с.

3. Бутова О.А., Гришко Е.А. Системный подход к оценке уровней регуляции кардиоритма военнослужащих воздушно-десантных войск // Фундаментальные исследования. — 2012. — № 8. — С. 47–55
4. Ковылин М.М., Волков Н.И. Интервальные гипоксические тренировки для повышения выносливости спортсменов высшей квалификации // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. — 2011. — № 2. — С. 49–56.



5. Максимов А.Л. Информативность температурных реакций кисти при воздействии на человека гипоксических факторов // Физиология человека. — 2005. — Т. 31, № 3. — С. 108–117.

6. Максимов А.Л., Борисенко Н.С., Максимова Н.Н., Королев Ю.Н., Голубев В.Н. Индивидуальные следовые реакции показателей кардиоритма и температуры поверхности кисти после тренировок с ререспирацией при локальном охлаждении // Вестник СВНЦ ДВО РАН. — 2015. — № 4. — С. 95–100.

7. Максимов А.Л., Максимова Н.Н., Борисенко Н.С., Королев Ю.Н., Голубев В.Н. Температурные перестройки поверхности кисти рук при холодовой пробе у молодых жителей Северо-Востока и Северо-Запада России // Вестник СВНЦ ДВО РАН. — 2016. — № 2. — С. 100–105.

8. Максимов А.Л., Лоскутова А.Н. Возрастные перестройки variability сердечного ритма и гемодинамики у аборигенов Севера в зависимости от ведущего типа вегетативной нервной регуляции // Российский физиологический журнал им. И.М.Сеченова. — 2014. — Т. 100, № 5. — С. 634–647.

9. Солдатов Е.А., Голота А.С., Корнилова А.А., Крассий А.Б., Левандо К.К., Чувашев М.Л., Шалахин Р.А. Медицинское обеспечение в Арктике: 2015 г. // Воен.-мед. журн. — 2016. — Т. 337, № 5. — С. 44–51.

10. Сонькин В.Д., Кирдин А.А., Андреев Р.С., Акимов У.Б. Гомеостатический несократительный термогенез у человека: факты и гипоте-

зы // Физиология человека. — 2010. — Т. 36, № 5. — С. 121–139.

11. Суханова И.В., Вдовенко С.И., Максимов А.Л. Динамика показателей внешнего дыхания и газообмена у магаданской группы участников спутникового исследования в рамках проекта «Марс-500». Материалы международного симпозиума по результатам эксперимента моделируемого пилотируемого полета на Марс (Марс-500). — М.: ГНЦ РФ-ИМБП РАН. — 2012. — С. 35.

12. Физиология человека в условиях высокогорья / Ред. О.Г.Газенко. — М.: Наука, 1987. — 520 с.

13. Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики. — Новосибирск: Наука, 1999. — 264 с.

14. Харин А.В., Максимов А.Л. Морфофункциональные особенности состояния капиллярного кровотока у аборигенов и европеоидов Магаданской области // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. — 2014. — № 4 (52). — С. 17–22.

15. Чуб И.С., Милькова А.В., Елисеева Н.С. Состояние кардиореспираторной системы у студентов с различной степенью устойчивости к гипоксии // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. — 2014. — № 52. — С. 8–15.

15. Шишов А.А., Оленев Н.И., Шишкин А.Н., Филатов В.Н. Барокамерные подъемы как метод специального обследования личного состава государственной авиации // Воен.-мед. журн. — 2014. — Т. 335, № 4. — С. 54–58.

ЛЕНТА НОВОСТЕЙ

Силы поисково-спасательного обеспечения *Тихоокеанского флота* провели учение по спасению экипажа подводной лодки условно терпящей бедствие в заливе Петра Великого.

В учении были задействованы спасательное судно «Игорь Белоусов» с глубоководным обитаемым аппаратом «Бестер-1» на борту и телеуправляемым подводным аппаратом «Пантера плюс», вспомогательные суда, катера и группа водолазов, а так же самолет Ил-38 и вертолеты Ка-27ПС морской авиации ТОФ.

В ходе учения был осуществлен поиск с помощью самолета Ил-38 «аварийной» подводной лодки, залегшей на грунт на глубине около 50 м. Обнаружение подводников самостоятельно покинувших условно аварийную подводную лодку проходило с помощью вертолетов и быстроходных катеров.

Во второй части после обследования подлодки с помощью необитаемого подводного аппарата «Пантера плюс» силы поисково-спасательного обеспечения ТОФ эвакуировали личный состав с «аварийной» подлодки с помощью глубоководного спасательного аппарата «Бестер-1».

После доставки членов экипажа на борт судна «Игорь Белоусов», специалисты оказали первую медицинскую помощь условно раненым, провели лечебную рекомпрессию и декомпрессию подводников.

Пресс-служба Восточного военного округа, 19 июля 2017 г.
http://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12133710@egNews