

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А. Б. Гудков, С. П. Ермолин, О. Н. Попова

Целью исследования явилось изучение функциональных параметров внешнего дыхания у военнослужащих, выполняющих служебные обязанности в Арктической зоне Российской Федерации в период полярной ночи и полярного дня. Установлено, что в период полярной ночи по сравнению с полярным днем у военнослужащих увеличиваются величины жизненной емкости легких, изменяется характер взаимосвязей между ее составляющими, изменяются статические легочные объемы, а также эффективность легочного газообмена: значимо увеличиваются коэффициент использования кислорода ($p = 0,003$), кислородный эффект одного дыхательного ($p = 0,002$) и одного сердечного циклов ($p = 0,005$).

Ключевые слова: внешнее дыхание, военнослужащие, Арктика, полярный день, полярная ночь.

Обеспечение национальной безопасности России требует присутствия ее Вооруженных Сил в Арктической зоне, поскольку этот регион на современном этапе становится одним из центров пересечения геостратегических интересов и выстраивания новой системы обеспечения глобальной и региональной безопасности. Природно-климатические условия Арктики являются экстремальными для человека [1–4]. Существенным фактором формирования текущего функционального состояния организма человека является характер компенсаторно-приспособительных реакций кардиореспираторной системы к различным климато-географическим и сезонным условиям [5–7].

Цель работы – изучить функциональные параметры внешнего дыхания у военнослужащих Арктической зоны.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование функционального состояния организма военнослужащих было проведено в полевых условиях у практически здоровых лиц, проходящих военную службу на острове Земля Александры архипелага Земля Франца Иосифа ($80^{\circ}04'$ с. ш., $47^{\circ}05'$ в. д.), самой северной точке территории РФ, в условиях которой проживают и выполняют служебные задачи военнослужащие. Обследовались одни и те

же лица в ноябре-декабре (период полярной ночи) и в июле-августе (период полярного дня). Всего обследовано 20 человек, в возрасте $28,9 \pm 5,02$ лет. Исследование проводилось с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации и Директивах Европейского сообщества (8/609ЕС), и одобрено локальным Комитетом по этике Северного государственного медицинского университета. Для оценки функции внешнего дыхания использовался спирограф микропроцессорный портативный СМП-2/01-«Р-Д» (Россия), обеспечивающий приведение измеренных легочных объемов, емкостей и показателей вентилизации к стандартным газовым условиям. При помощи спирографии оценивались следующие показатели:

1. Легочные объемы и емкости: дыхательный объем (ДО), резервный объем вдоха (РОВд), резервный объем выдоха (РОВвд), жизненная емкость легких (ЖЕЛ);

2. Показатели легочной вентилизации: частота дыхания (ЧД), минутный объем дыхания (МОД), максимальная вентилизация легких (МВЛ), резерв дыхания (РД), минутная альвеолярная вентилизация (МAB) и эффективность вентилизации (ЭВ).

Кроме спирографического исследования, для изучения функции внешнего дыхания проводилось определение газового состава выдыхаемого воздуха при помощи газоанализатора ПГА-200: определялось со-

PHYSIOLOGICAL REACTIONS OF EXTERNAL RESPIRATION IN MILITARY PERSONNEL DEPLOYED IN THE RUSSIA'S ARCTIC

A. B. Gudkov, S. P. Yermolin, O. N. Popova

The study objective is the investigation of external respiration's functional properties in the military personnel deployed in Russia's Arctic region, during polar day and polar night. It has been found that in polar night (compared to polar day) the vital lung capacity in military persons increases; the relations between the vital capacity components are changed; the static lung capacity, and the lung performance are also changed: the oxygen utilization ratio significantly rises ($p = 0.003$), as well as the oxygen supply by one respiration cycle ($p = 0.002$) and one heart beat ($p = 0.005$).

Keywords: external respiration, military personnel, Arctic, polar day, polar night.

держание кислорода (FeO_2), углекислого газа (FeCO_2), рассчитывались величины потребления кислорода (PO_2) и минутного выделения CO_2 (BCO_2). В помещении, где осуществляли исследования, измеряли температуру воздуха и атмосферное давление, чтобы привести величину потребления кислорода и выделения углекислого газа к стандартным физическим условиям (STPD). Для оценки экономичности внешнего дыхания определяли следующие показатели: вентиляционный эквивалент (ВЭ), кислородный эффект одного дыхательного цикла ($\text{O}_{2\text{RC}}$) и кислородный эффект одного сердечного цикла ($\text{O}_{2\text{SC}}$). С целью определения эффективности вентиляции и газообмена в легких рассчитывался коэффициент использования кислорода (КИО_2).

Анализ полученных результатов исследования проводился с помощью статистического пакета SPSS 13.0. В связи с малым размером выборки (20 человек) было принято считать распределение данных отличающимся от нормального, использовался дисперсионный анализ по Фридману, для попарных сравнений – критерий Вилкоксона с поправкой Бонферрони. Результаты обработки данных представлялись в виде медианы (Md), первого (Q_1) и третьего квартилей (Q_3). Критический уровень значимости (p) для всех проверяемых в работе статистических гипотез принимался равным 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных результатов показал, что у военнослужащих, проходящих военную службу в Арктике, в контрастные сезоны года происходят функциональные перестройки в системе внешнего дыхания. При анализе статических легочных объемов и емкостей у военнослужащих в период полярной ночи величина ЖЕЛ была на 26,6 % больше, чем в период полярного дня ($p < 0,001$). Известно, что величина ЖЕЛ косвенно указывает на максимальную площадь дыхательной поверхности легких, обеспечивающей газообмен, и в целом косвенно характеризует аэробные возможности системы внешнего дыхания. Возрастные значения ЖЕЛ в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня можно рассматривать как компенсаторно-приспособительную реакцию организма, направленную на увеличение площади дыхательной поверхности легких, обеспечивающую газообмен, и тем самым удовлетворяющую повышенные метаболические потребности организма в холодный период года. Кроме этого, увеличение ЖЕЛ в период полярной ночи способствует улучшению кондиционирования вдыхаемого воздуха. При изучении объемов, составляющих ЖЕЛ, установлено, что у военнослужащих прослеживалась тенденция к увеличению ДО в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня.

Выявлено, что в период полярной ночи наблюдается повышение на 21,4 % величины РОвыд по сравнению с таковой в период полярного дня ($p = 0,006$). В то же время, величина РОвд не имела значимых сезонных изменений ($p = 0,141$). Известно, что величина РОвыд более важна для стабилизации дыхания, чем значение РОвд [9], так как она участвует в формировании остаточной емкости легких. Связано это с тем, что РОвыд играет важную роль в механизмах регуляции и накопления метаболического CO_2 , поскольку в функциональном отношении РОвыд представляет собой буферную емкость проводящих воздухоносных путей, снижающую возможность беспрепятственного

выделения метаболического CO_2 через легкие наружу [5; 9]. Поэтому РОвыд выступает в роли шлюза, позволяющего постепенно снижать напряжение кислорода во вдыхаемом воздухе до уровня альвеолярного и, наоборот, препятствовать резкому снижению парциального давления углекислого газа в легких до уровня атмосферного давления. Таким образом, выявленные сезонные изменения РОвыд у военнослужащих могут являться целесообразной компенсаторно-приспособительной реакцией системы внешнего дыхания.

Проведенный расчет отношения ДО к ЖЕЛ в контрастные сезоны года показал, что военнослужащие при дыхании в состоянии покоя в период полярной ночи используют 13,3 % абсолютной величины ЖЕЛ, а в период полярного дня – 15,2 %. Величина РОвд у обследованных военнослужащих составила 26,5 % ЖЕЛ в период полярной ночи, причем она несколько уменьшается в период полярного дня (16,9 % ЖЕЛ). Величина РОвыд у обследованных военнослужащих находилась в диапазоне 59,6–62,2 % ЖЕЛ соответственно в периоды полярной ночи и полярного дня. В проведенном исследовании установлено, что величина частоты дыхания (ЧД) в период полярного дня была статистически значимо выше, чем в период полярной ночи ($p = 0,028$). Известно, что при увеличении ЧД возрастает балластная вентиляция анатомического мертвого пространства, при этом эффективность вентиляции закономерно снижается. Величина МВЛ, характеризующая способность аппарата внешнего дыхания использовать свои функциональные резервы, статистически значимо выше в период полярной ночи, чем в период полярного дня ($p = 0,01$), что указывает на достаточно стабильный уровень предельных способностей аппарата внешнего дыхания у военнослужащих в этот период года. Анализ показателей резервных возможностей и эффективности вентиляции у военнослужащих в условиях Арктической зоны РФ выявил статистически значимое на 44,2 % превышение РД в период полярной ночи ($p = 0,023$), чем в период полярного дня. Величина ЭВ в период полярной ночи статистически значимо на 23,2 % превышала таковую в период полярного дня, что указывает на меньшую эффективность альвеолярной вентиляции у военнослужащих в условиях Арктики в период полярного дня, по всей вероятности, за счет существования функционального механизма, затрудняющего газообмен на уровне альвеол. Исследование легочного газообмена у военнослужащих в условиях Арктики в контрастные сезоны года также показало наличие статистически значимых функциональных изменений. Важным показателем, характеризующим обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью легочных капилляров, является величина PO_2 . Установлено, что величина PO_2 в период полярной ночи была на 16,6 % выше, чем в период полярного дня ($p = 0,015$), вероятно, за счет интенсификации окислительного метаболизма, поскольку нахождение в экстремальных климатогеографических условиях Арктики сопровождается повышением энерготрат и, следовательно, повышением потребности в кислороде.

Для оценки функционального состояния аппарата внешнего дыхания рассчитан коэффициент использования кислорода (КИО_2). Установлено, что величина КИО_2 у военнослужащих в период полярной ночи была значимо выше, чем в период полярного дня ($p = 0,003$).

При анализе эффективности легочного газообмена и экономичности кислородных режимов у военнослужащих в контрастные сезоны года установлено статистически значимое увеличение величин O_2RC и O_2CC в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня ($p = 0,002$ и $p = 0,005$ соответственно), что указывает на повышение эффективности легочного газообмена в период полярной ночи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н. А., Ермакова Н. В. Экологический портрет человека на Севере. М. : КРУК, 1997. 208 с.
2. Гудков А. Б., Теддер Ю. Р., Дегтева Г. Н. Некоторые особенности физиологических реакций организма рабочих при экспедиционно-вахтовом методе организации труда в Заполярье // Физиология человека. 1996. Т. 22. № 4. С. 137–142.
3. Ким Л. Б. Транспорт кислорода при адаптации человека к условиям Арктики и кардиореспираторной патологии. Новосибирск : Наука, 2015. 216 с.
4. Сарычев А. С., Гудков А. Б., Попова О. Н. Компенсаторно-приспособительные реакции внешнего дыхания у нефтяников в динамике экспедиционного режима труда в Заполярье // Экология человека. 2011. № 3. С. 7–13.
5. Агаджанян Н. А. Стресс и теории адаптации. Оренбург : ГОУ ОГУ, 2005. 191 с.
6. Нифонтова О. Л., Литовченко О. Л., Гудков А. Б. Показатели центральной и периферической гемодинамики детей коренной народности Севера // Экология человека. 2010. № 1. С. 28–32.
7. Попова О. Н., Ефимова Н. В., Гудков А. Б. Сезонные изменения показателей гемодинамики и типов реакции на стандартную физическую нагрузку у жителей Европейского Севера // Науч. мед. вестн. Югры. 2012. № 1–2. С. 220–222.
8. Гришин О. В., Устюжанинова Н. В. Дыхание на Севере. Функция. Структура. Резервы. Патология. Новосибирск : Арт-Авеню, 2006. 253 с.
9. Шишкин Г. С., Устюжанинова Н. В. Функциональные состояния внешнего дыхания здорового человека. Новосибирск : СО РАН, 2012. 329 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Гудков Андрей Борисович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой гигиены и медицинской экологии, Северный государственный медицинский университет Минздрава РФ, г. Архангельск; e-mail: gudkovab@nsmu.ru.

Ермолин Сергей Петрович – кандидат медицинских наук, подполковник медицинской службы, войсковая часть № 2057, г. Архангельск.

Попова Ольга Николаевна – доктор медицинских наук, профессор кафедры гигиены и медицинской экологии, Северный государственный медицинский университет Минздрава РФ, г. Архангельск; e-mail: popova_nsmu@mail.ru.

ABOUT AUTHORS

Gudkov Andrei Borisovich – Doctor of Science (Medicine), Professor, Head, Department of Hygiene and Medical Ecology, North State Medical University, Arkhangelsk; e-mail: gudkovab@nsmu.ru.

Yermolin Sergei Petrovich – PhD (Medicine), Lieutenant Colonel, Medical Corps, unit No. 2057, Arkhangelsk.

Popova Olga Nikolayevna – Doctor of Sciences (Medicine), Professor, Department of Hygiene and Medical Ecology, North State Medical University, Arkhangelsk; e-mail: popova_nsmu@mail.ru.