

На правах рукописи

ЕРМОЛИН Сергей Петрович

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЗМА
ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

03.03.01 – физиология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Архангельск – 2015

Работа выполнена в государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации на кафедре гигиены и медицинской экологии

Научный руководитель: доктор медицинских наук, профессор
Гудков Андрей Борисович

Официальные оппоненты: **Грибанов Анатолий Владимирович**
заслуженный деятель науки РФ,
заслуженный работник высшей школы РФ,
доктор медицинских наук, профессор,
ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический)
федеральный университет имени
М.В. Ломоносова», директор института
медико-биологических исследований
Северин Александр Евгеньевич
доктор медицинских наук,
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы
народов», профессор кафедры нормальной
физиологии

Ведущая организация: БУ ВО ХМАО – Югры «Ханты – Мансийская
государственная медицинская академия»

Защита состоится «__» марта 2015 года в «__» часов на заседании диссертационного совета Д 208.004.01 при государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России по адресу: 163000, г. Архангельск, Троицкий пр., д. 51

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России по адресу: 163000, г. Архангельск, Троицкий пр., д. 51; www.nsmu.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2015 года

**Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
на соискание ученой степени кандидата
наук, доктора наук
доктор медицинских наук, профессор**

Вилова Татьяна Владимировна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Арктический регион на современном этапе становится одним из центров пересечения геостратегических интересов и выстраивания новой системы обеспечения глобальной и региональной безопасности. В период до 2020 года планируется завершить создание и развертывание сбалансированных по задачам и боевым возможностям группировок сил Северного флота, способных в прилегающих океанских и морских зонах совместно с другими видами Вооруженных Сил Российской Федерации, войсками, воинскими формированиями и органами выполнять задачи по защите государственных интересов и безопасности Российской Федерации в Северном Ледовитом океане («Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», утверждены Президентом РФ 18 сентября 2008 г. № Пр-1969).

В настоящее время выполнены исследования, которые были направлены на исследования фундаментальных механизмов адаптации человека к условиям Крайнего Севера (Неверова Н.П., 1972; Казначеев В.П., 1980; Авцын А.П., Милованов А.П., 1985; Агаджанян Н.А. и др., 1998; Величковский Б.Т., 2013), особенностей физиологических реакций организма рабочих при различных типах вахтовой организации труда в Заполярье (Дёгтева Г.Н., 1996; Гудков А.Б. и др., 1998; Симонова Н.Н., 2010; Фатеева Н.М., Колпаков В.В., 2011; Сарычев А.С., 2012), а также моряков при плавании в высоких широтах (Лупачёв В.В., 1999; Щербина Ф.А., 2008; Юрьев Ю.Ю. и др., 2008; Гудков А.Б. и др., 2011).

Кроме того, имеются работы, посвященные изучению особенностей адаптивных реакций организма у военнослужащих по призыву в начальный период службы на Европейском Севере (Иванов В.Д., 2006; Небученных А.А., 2006; Гудков А.Б. и др., 2014) и сезонным изменениям, происходящим в организме человека в периоды полярного дня и полярной ночи, в условиях Крайнего Севера (Кононов А.С., 1972; Щербина Ю.Ф., 2013).

Известно, что существенным фактором формирования текущего функционального состояния организма человека является характер компенсаторно-приспособительных реакций кардиореспираторной системы к различным климато-географическим и сезонным условиям (Агаджанян Н.А., 2004; Гришин О.В., Устюжанинова Н.В., 2006; Баевский Р.М., Берсенева А.П., 2008; Северин А.Е. и др., 2011; Шишкин Г.С., Устюжанинова Н.В., 2012; Чашин В.П. и др., 2014).

В настоящее время отсутствуют сведения о физиологических реакциях организма военнослужащих, в том числе и сезонных, в условиях Арктической зоны Российской Федерации, что и побудило провести настоящее исследование. Данное исследование проведено на самой северной точке территории Российской Федерации, в условиях которой проживают и

выполняют служебные задачи военнослужащие (остров Земля Александры, архипелаг Земля Франца-Иосифа: 80°04'сш, 47°05'вд).

Цель и задачи исследования. Цель работы – выявить особенности компенсаторно-приспособительных реакций организма военнослужащих в условиях Арктической зоны Российской Федерации в периоды полярной ночи и полярного дня.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Установить характер компенсаторно-приспособительных реакций дыхательной системы у военнослужащих в период полярной ночи и полярного дня.
2. Изучить характерные особенности сердечно-сосудистой системы у обследованного контингента в различные сезоны года.
3. Проанализировать функциональные резервы кардиореспираторной системы у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. В период полярной ночи по сравнению с полярным днем у военнослужащих в условиях Арктической зоны Российской Федерации наблюдаются значимые изменения в системе внешнего дыхания и легочного газообмена: в период полярной ночи увеличиваются величины ЖЕЛ, изменяется характер взаимосвязей между ее составляющими, газообменная эффективность вентиляции увеличивается.
2. В период полярной ночи наблюдается функциональное напряжение в деятельности сердечно-сосудистой системы: в ответ на физическую нагрузку начинают преобладать гипотонические реакции, увеличивается биоэлектрическая активность миокарда – больше в правых отделах, чем в левых.
3. В период полярной ночи у военнослужащих в условиях Арктической зоны Российской Федерации наблюдается повышение расходования функциональных резервов кардиореспираторной системы, которое проявляется снижением миокардиального резерва, уменьшением продолжительности пробы Генча, снижением силового индекса ведущей кисти.

Научная новизна. Впервые установлены особенности функционального состояния внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы, проанализированы резервы кардиореспираторной системы в период полярной ночи и полярного дня у военнослужащих, выполняющих служебные обязанности на самом северном рубеже Российской Федерации, на острове Александры архипелага Земля Франца-Иосифа (80°04'сш, 47°05'вд). Установлено, что в период полярной ночи по сравнению с полярным днем у военнослужащих изменяются статические легочные объемы и емкости, а также эффективность легочного газообмена: значимо увеличиваются КИО₂ ($p=0,003$),

O_{2RC} ($p=0,002$) и O_{2CC} ($p=0,005$). Впервые выявлено, что в полярную ночь у военнослужащих (до 65%) преобладает гипотонический тип ответных реакций на стандартную физическую нагрузку, индекс инотропного резерва сердца и силовой индекс снижаются. Сезонные изменения биоэлектрической активности миокарда наблюдаются в правых отделах сердца в большей степени, чем в левых.

Теоретическая значимость. Выявленные сезонные особенности функционального состояния кардиореспираторной системы у военнослужащих, дислоцированных в Арктической зоне Российской Федерации, позволяют более детально оценить характер компенсаторно-приспособительных реакций организма на воздействие экстремальных факторов окружающей среды и особенностей военной службы.

Установленные сезонные изменения внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы и функциональных резервов кардиореспираторной системы у военнослужащих в экстремальных условиях Арктики в контрастные сезоны года могут быть использованы в качестве научного материала для дальнейших исследований, а также в учебном процессе на кафедрах теоретического профиля (нормальная физиология, гигиена) и лечебного профиля (терапевтические кафедры) медицинских ВУЗов для обучения студентов, а также врачей на факультетах последипломного образования (усовершенствование, специализация). Полученные результаты дополняют научные знания в рамках экологической физиологии и физиологии труда.

Работа выполнена в рамках региональной научно-технической программы «Здоровье населения Европейского Севера» и имеет номер государственной регистрации 01201365565.

Практическая значимость, внедрение результатов. Материалы исследования включены в лекционный курс для студентов, магистрантов, бакалавров и аспирантов, проходящих очное и заочное обучение по разделам: «Экологическая безопасность жизненной среды», «Физиология висцеральных систем», «Экологическая физиология», «Системные механизмы защиты организма», экспериментальной базовой кафедры экологической физиологии и биохимии Северного (Арктического) федерального университета (САФУ) имени М.В.Ломоносова на базе ФГБУН Института физиологии природных адаптаций (ИФПА) Уральского отделения Российской академии наук (УрО РАН) и используются при обучении по специальности «Физиология» в системе последипломного образования ФГБУН ИФПА УрО РАН (акт внедрения от 11 ноября 2013 года), внедрены в научно-исследовательскую работу Института медико-биологических исследований ФГАОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова» для сравнительной оценки результатов, полученных в других работах (акт внедрения от 14 ноября 2013

года), внедрены в учебный процесс ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет» Минздрава России для студентов медико-профилактического и лечебного факультетов в рамках преподавания темы «Современные вопросы акклиматизации» (акт внедрения от 17 февраля 2014 года), используются в повседневной деятельности медицинской службы войсковой части 21514 для контроля за состоянием здоровья личного состава (акт внедрения от 28 мая 2014 года), внедрены в учебный процесс и используется в рамках преподавания темы «Адаптация организма человека к экстремальным условиям Севера» на кафедре физиологии для студентов лечебного факультета медицинского института при ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» (акт внедрения от 18 сентября 2014 года).

Легитимность исследования подтверждена решением Независимого междисциплинарного этического комитета СГМУ (протокол № 04 от 13 апреля 2011 года).

Достоверность полученных результатов обеспечена применением методов регистрации, обработки и анализа данных, адекватных предмету и задачам исследования, с использованием современного программного обеспечения и статистических методов, а также согласованностью полученных результатов с данными других исследователей.

Критерием исключения из группы обследования являлся отказ от участия в исследовании. Все сведения, полученные при опросе, осмотре военнослужащих, использовании дополнительных методов обследования внесены в специально разработанные анкеты. Обследование проводилось с применением сертифицированного оборудования.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы представлены на научной конференции молодых ученых Северного (Арктического) Федерального университета имени М.В.Ломоносова «Адаптация и здоровье человека на Севере» (г. Архангельск, март 2013 года), на заседании проблемной комиссии Северного государственного медицинского университета по гигиене, физиологии труда, экологии и безопасности в чрезвычайных ситуациях (г. Архангельск, апрель 2013 года), Архангельского регионального отделения Физиологического общества им. И.П. Павлова (Архангельск, октябрь 2013), на научной конференции Уральского отделения Российской академии наук «Резервные возможности адаптации и компенсаторные реакции у людей, работающих в условиях Арктики» (г. Архангельск, июнь 2014 года), на Итоговой научной сессии Северного государственного медицинского университета «Медицинская наука Европейского Севера: прошлое, настоящее, будущее» (г. Архангельск, ноябрь 2014 года).

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности:

03.03.01 «Физиология» по областям исследований:

п. 3 – исследование закономерностей функционирования основных систем организма (нервной, иммунной, сенсорной, двигательной, крови, кровообращения, лимфообращения, дыхания, выделения, пищеварения, размножения, внутренней секреции и др.);

п. 8 – изучение физиологических механизмов адаптации человека к различным географическим, экологическим, трудовым и социальным условиям.

Личный вклад автора составляет не менее 95% и заключается в сборе материалов исследования, создании баз данных, выполнении статистического анализа и изложении в диссертации его результатов, а также в написании обзора литературы, осуждении результатов, выводов и разработке практических рекомендаций.

Публикации: материалы исследования опубликованы в 5 печатных работах, в том числе 3 из них в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 133 страницах машинописного текста и состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Работа иллюстрирована 19 таблицами и 7 рисунками. Библиографический указатель литературы включает 298 источников (247 - отечественных и 51 - иностранный).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

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°04'сш, 47°05'вд). 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±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 - «РД» (Россия), обеспечивающий приведение измеренных легочных объемов, емкостей и показателей вентиляции 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 (РОВыд),

жизненная емкость легких (ЖЕЛ); 2. Показатели легочной вентиляции: частота дыхания (ЧД), минутный объем дыхания (МОД), максимальная вентиляция легких (МВЛ), резерв дыхания (РД), минутная альвеолярная вентиляция (МАВ) и эффективность вентиляции (ЭВ).

Кроме спирографического исследования для изучения функции внешнего дыхания проводилось определение газового состава выдыхаемого воздуха при помощи газоанализатора ПГА-200: определялось содержание 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, для того, чтобы привести величину потребления кислорода и выделения углекислого газа к стандартным физическим условиям (STPD) (Анохин М.И., 2003).

Для оценки экономичности внешнего дыхания определялись следующие показатели: вентиляционный эквивалент (ВЭ), кислородный эффект одного дыхательного цикла ($\text{O}_{2\text{RC}}$) и кислородный эффект одного сердечного цикла ($\text{O}_{2\text{CC}}$). С целью определения эффективности вентиляции и газообмена в легких рассчитывался коэффициент использования кислорода (КИO_2).

Для оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы определялись следующие показатели: число сердечных сокращений (ЧСС), артериальное систолическое (САД) и диастолическое давление (ДАД). Артериальное давление регистрировалось по методу Н.С. Короткова. Кроме того, рассчитывались среднединамическое давление (СДД) по формуле Хикема, общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) по формуле Пуазейла, минутный объем кровообращения (МОК), систолический выброс (СВ), показатель внешней работы миокарда (ВРМ), индекс напряжения миокарда (ИНМ), критерий эффективности миокарда (КЭМ).

Для определения функциональных резервов сердечно-сосудистой системы применялась проба Мартине-Кушелевского, заключающаяся в выполнении испытуемыми 20 приседаний за 30 секунд. После выполнения пробы определялся тип ответной реакции сердечно-сосудистой системы, а по величинам прироста ЧСС и САД рассчитывались индексы хронотропного и инотропного резервов (ИХР, ИИР).

Биоэлектрическая активность миокарда определялась с помощью электрокардиографии с использованием электрокардиографа портативного ЭК1Т-07 «АКСИОН». Согласно общепринятым рекомендациям, методом ручного промера, определялись длительность интервалов и зубцов ЭКГ и их амплитуда.

Для оценки функциональных резервов кардиореспираторной системы, устойчивости организма военнослужащих к гипоксии в контрастные сезоны

года в Арктике применялись пробы с произвольной задержкой дыхания на вдохе (проба Штанге), на выдохе (проба Генча), рассчитывался индекс Богомазова (ИБ) и индекс респираторной адаптации (ИРА).

Измерение мышечной силы в контрастные сезоны года у военнослужащих в арктических условиях осуществлялось с помощью кистевого динамометра, определялся силовой индекс ведущей кисти.

Исследование вегетативного баланса у военнослужащих в период полярной ночи и полярного дня осуществлялось при помощи определения вегетативного индекса Кердо (ВИК).

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 (Chen, 1991), 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 ИССЛЕДОВАНИЯ 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 ($p < 0,001$) (табл. 1).

Известно, что величина ЖЕЛ косвенно указывает на максимальную площадь дыхательной поверхности легких, обеспечивающей газообмен, и в целом косвенно характеризует аэробные возможности системы внешнего дыхания. Возрастание 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.

Таблица 1

Показатели системы внешнего дыхания у военнослужащих
в контрастные сезоны года в Арктике, Md (Q₁-Q₃)

n=20

Показатели	Период обследования		p
	Полярная ночь	Полярный день	
ЖЕЛ, л	8,1 (7,4; 8,3)	6,4 (5,6; 7,2)	<0,001
ДО, л	1,08 (0,89; 1,38)	0,97 (0,82; 1,45)	0,160
РОВд, л	2,15 (1,18; 2,60)	1,08 (0,55; 2,43)	0,141
РОВыд, л	4,83 (4,40; 5,60)	3,98 (1,58; 4,96)	0,006
МОД, л/мин	14,7 (11,6; 18,2)	15,5 (11,5; 24,1)	0,794
ЧД, кол/мин	14,5 (12,0; 15,7)	15,5 (14,0; 18,0)	0,028
МВЛ, л/мин	140,5 (113,9; 202,2)	103,7 (87,8; 138,8)	0,015
РД, л/мин	124,9 (98,6; 184,5)	86,6 (68,6; 124,7)	0,023
МАВ, л/мин	13,5 (10,1; 16,2)	12,9 (10,2; 21,2)	0,852
ЭВ, %	104,1(100,5;110,3)	84,5 (81,1; 89,7)	<0,001

Примечание: p – различия между показателями периода полярной ночи и 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 (Шишкин Г.С. и др., 2005), 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 (Агаджанян Н.А., 2001). 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 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 заочномерно 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 (табл. 2).

Важным показателем, характеризующим обмен газов между альвеолярным воздухом и кровью легочных капилляров, является величина $ПО_2$. Установлено, что величина $ПО_2$ 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, а, следовательно, и повышением потребности в кислороде.

Таблица 2

Показатели легочного газообмена и его экономичности у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике, Md (Q₁; Q₃)

n=20

Показатели	Период обследования		p
	Полярная ночь	Полярный день	
FeO ₂ , %	16,9 (16,4; 17,3)	17,9 (17,6; 18,3)	0,006
FeCO ₂ , %	2,1 (1,7; 2,5)	2,8 (2,6; 3,2)	<0,001
ПО ₂ , мл/мин	548,8 (432,9; 677,1)	470,9 (270,2; 571,8)	0,015
BCO ₂ , мл/мин	259,6 (205,9; 312,8)	450,8 (308,5; 571,5)	0,008
КИО ₂ , мл/л	46,8 (41,1; 52,2)	30,4 (25,9; 33,6)	0,003
O _{2RC} , мл	40,2 (35,2; 46,7)	27,5 (18,5; 41,0)	0,002
O _{2CC} , мл	7,4 (5,7; 9,2)	5,6 (3,7; 7,1)	0,005
SpO ₂ , %	97 (96; 97)	97 (97; 98)	0,174

Примечание: p - различия между показателями периода полярной ночи и полярного дня.

Для оценки функционального состояния аппарата внешнего дыхания рассчитан коэффициент использования кислорода (КИО₂). Установлено, что величина КИО₂ у военнослужащих в период полярной ночи была значимо выше, чем в период полярного дня (p = 0,003) (рис. 1).

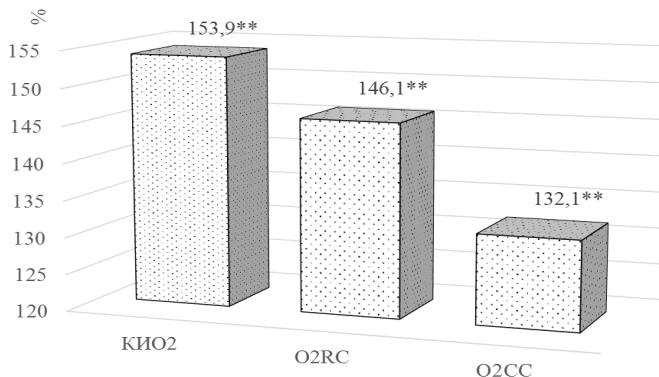


Рис. 1. Характеристика экономичности легочного газообмена у военнослужащих в Арктической зоне РФ в период полярной ночи по сравнению с периодом полярного дня.

Примечание. За 100 % приняты величины в полярный день. Различия по сравнению с полярным днем статистически значимы: ** - p < 0,01.

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.

Известно, что исследование сердечно-сосудистой системы имеет важное значение при оценке степени напряжения регуляторных механизмов и функциональных резервов организма.

При анализе полученных в контрастные сезоны года результатов установлено, что кардинальных изменений со стороны величин ЧСС, САД, ДАД, а также расчетных показателей (СДД, ОПСС, СВ) у военнослужащих не произошло.

При анализе электрокардиограмм у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике было установлено, что наибольшие изменения претерпела биоэлектрическая активность желудочков сердца. Была выявлена статистически значимо большая амплитуда зубца Q во втором стандартном отведении в период полярной ночи, чем в период полярного дня ($p=0,033$), что отражает повышение биоэлектрической активности межжелудочковой перегородки в период полярной ночи.

Исследование амплитуды зубца Q в грудных отведениях выявило некоторые межсезонные различия. Так, в отведениях V_4 и V_5 отмечалось статистически значимое углубление амплитуды зубца Q в период полярной ночи в сравнении с полярным днем ($p=0,008$ и $p=0,02$ соответственно).

При анализе амплитуды зубца R в грудных отведениях установлена статистически значимо меньшая его амплитуда в период полярной ночи в отведениях V_1 ($p=0,03$) и V_2 ($p=0,001$) в сравнении с периодом полярного дня.

Установлено, что глубина зубца S статистически значимо уменьшалась в период полярной ночи в отведениях V_4 ($p=0,007$), V_5 ($p=0,005$) и V_6 ($p=0,03$) относительно периода полярного дня.

В отведениях V_1 и V_2 показатели амплитуды зубца T в период полярной ночи статистически значимо ниже показателей полярного дня ($p=0,007$ и $p=0,004$ соответственно), что может косвенно указывать на ухудшение обменных процессов в правых отделах сердца в период полярной ночи по сравнению с полярным днем. В отведении V_4 также прослеживается статистически значимое уменьшение амплитуды зубца T в период полярной ночи в сравнении с периодом полярного дня ($p=0,007$).

Таким образом, у военнослужащих в арктических условиях наблюдаются сезонные изменения биоэлектрической активности миокарда, причем в большей степени в правых отделах сердца.

Проведение проб Штанге и Генча выявило наличие статистически значимых функциональных изменений в кардиореспираторной системе военнослужащих в контрастные сезоны года в условиях Арктики. Так, продолжительность пробы Генча в период полярной ночи была статистически значимо ниже таковой в период полярного дня ($p < 0,001$), что, по всей видимости, обусловлено снижением устойчивости к гипоксии и уменьшением экономичности функционирования кардиореспираторной системы в период полярной ночи.

Для комплексной оценки функционального состояния кардиореспираторной системы также рассчитывался индекс Богомазова (Загрядский В.П., Сулимо-Самуйло З.К., 1991) (рис. 2). При анализе полученных результатов установлено удовлетворительное состояние резервных возможностей кардиореспираторной системы в период полярной ночи лишь у 30% военнослужащих (95% ДИ: 9,9 – 50,1), пограничное состояние – у 65% (95% ДИ: 44,1 – 85,9) и неудовлетворительное – у 5% обследованных (95% ДИ: 4,5 – 14,5). В период полярного дня резервы кардиореспираторной системы военнослужащих характеризовались как удовлетворительные у 45% обследованных (95% ДИ: 23,1 – 66,8), пограничное состояние – у 45% (95% ДИ: 23,1 – 66,8) и неудовлетворительные – у 10% (95% ДИ: 3,1 – 23,1).

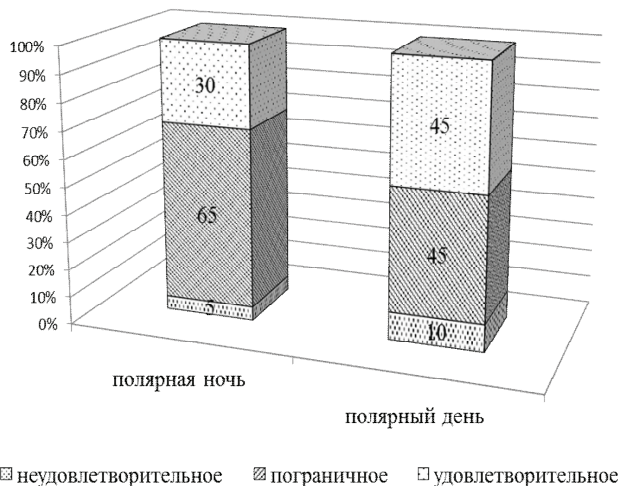


Рис. 2. Характеристика резервных возможностей кардиореспираторной системы военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике по величине индекса Богомазова.

Анализ показателей ИИР и ИХР при проведении пробы Мартинес-Кушелевского установил более низкие величины ИИР ($p=0,012$), тенденцию к снижению величины ИХР в период полярной ночи по сравнению с полярным днем, что свидетельствует о более напряженной деятельности сердечно-сосудистой системы, снижении миокардиального резерва в этот сезон года, вероятно, в ответ на воздействие суровых климатических условий и особых условий военно-профессиональной деятельности.

Анализ характера ответных реакций сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку показал, что в период полярной ночи у 65% военнослужащих наблюдался гипотонический тип реакции, свидетельствующий о напряжении механизмов регуляции, энергетически затратной гиперфункции системы кровообращения, поскольку необходимый уровень минутного объема кровообращения достигался в большей степени за счет увеличения ЧСС, а не за счет возрастания СВ. Высокая частота сердечных сокращений сопровождается большим потреблением кислорода и, как следствие, меньшей экономичностью в работе сердца. Лишь у 10% военнослужащих регистрировался нормотонический тип ответной реакции.

В период полярного дня до 5% снижалось количество военнослужащих с гипотонической реакцией сердечно-сосудистой системы за счет прироста до 65% числа военнослужащих, имеющих нормотонический тип ответной реакции, которая является признаком оптимального расходования функциональных резервов системы кровообращения.

При оценке результатов динамометрии у военнослужащих в контрастные сезоны года регистрировалось статистически значимое снижение силы ведущей кисти на 19 % в период полярной ночи в сравнении с периодом полярного дня ($p=0,027$), что может расцениваться как косвенный показатель нарастающего утомления.

Изучение взаимоотношений симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике выявило, что в период полярной ночи у 40 % военнослужащих (95% ДИ: 18,5 – 61,4) преобладал тонус симпатического отдела, а у 60% (95% ДИ: 38,5 – 81,4) – парасимпатического. В период полярного дня у 15 % военнослужащих (95% ДИ: 0,64 – 30,6) достигнуто вегетативное равновесие, у 40 % (95% ДИ: 18,5 – 61,4) – преобладание симпатического, а у 45 % (95% ДИ: 23,1 – 66,8) – парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Можно предположить, что полученный вариант изменений вегетативного равновесия у военнослужащих в Арктике в контрастные сезоны года объясняется неустойчивостью вегетативной регуляции и, вероятно, является результатом компенсаторно-

приспособительных реакций, направленных на уравнивание с экстремальными условиями внешней среды.

Анализ результатов термометрии у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике показал, что как аксиллярная, так и сублингвальная температура, у них в период полярной ночи была статистически значимо выше по сравнению с аналогичными показателями в период полярного дня ($p=0,01$ и $p=0,03$ соответственно). Данный факт, по всей вероятности, обусловлен интенсификацией обменных процессов организма в период полярной ночи, направленных на поддержания энергетического и температурного гомеостаза в холодное время года.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить особенности компенсаторно-приспособительных реакций организма военнослужащих в условиях Арктической зоны Российской Федерации в периоды полярной ночи и полярного дня.

ВЫВОДЫ

1. В результате комплексных физиологических исследований выявлены особенности компенсаторно-приспособительных реакций в деятельности системы внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы, дана характеристика функциональных резервов кардиореспираторной системы у военнослужащих в контрастные сезоны года в Арктике.

2. В Арктической зоне Российской Федерации у военнослужащих наблюдаются сезонные изменения статических легочных объемов и емкостей: в период полярной ночи величина ЖЕЛ выше летних значений на 26,6% ($p<0,001$), а величина РОвыд – на 21,4% ($p=0,006$).

3. В период полярной ночи возрастает величина PO_2 на 16,5% ($p=0,015$), повышается эффективность вентиляции – увеличивается: КИО₂ на 53,9% ($p=0,003$), кислородный эффект одного дыхательного и одного сердечного циклов, соответственно на 46,2% ($p=0,002$) и на 32,1% ($p=0,005$).

4. Сезонные изменения биоэлектрической активности миокарда наблюдается в большей степени в области межжелудочковой перегородки. При этом наибольшая биоэлектрическая активность сердечной мышцы регистрируется в период полярной ночи и в большей степени затрагивает правые отделы сердца, по сравнению с левыми.

5. В период полярной ночи у 65% военнослужащих преобладает гипотонический тип ответных реакций сердечно-сосудистой системы на дозированную физическую нагрузку, снижаются индекс инотропного резерва ($p=0,012$), продолжительность пробы Генча ($p<0,001$), а также силовой индекс на 19% ($p=0,022$).

6. В период полярной ночи у 60% военнослужащих преобладает тонус парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, а в период полярного дня у 15 % военнослужащих достигнуто вегетативное равновесие и у 45 % - преобладание тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Для 40 % военнослужащих в контрастные сезоны года была характерна симпатикотония.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При проведении ежегодных медицинских обследований военнослужащих, дислоцированных в Арктической зоне Российской Федерации, рекомендуется учитывать сезонную динамику показателей деятельности дыхательной и сердечно-сосудистой системы.

2. Данные об особенностях функционирования кардиореспираторной системы у военнослужащих, проходящих военную службу в условиях Арктики, рекомендуется использовать в учебном процессе в военно-медицинских ВУЗах и факультетах, а также они должны быть включены в учебные программы на факультетах последипломного образования.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Гудков А.Б. Характеристика легочных объемов у военнослужащих в Арктической зоне России в периоды полярного дня и полярной ночи / А.Б. Гудков, С.П. Ермолин, О.Н. Попова // Вестник Архангельского отделения Петровской академии наук и искусств. – 2014. – № 4. – С. 52 – 56;

2. Ермолин С.П. Характеристика биоэлектрической активности миокарда в контрастные сезоны года у военнослужащих в Арктике / С.П. Ермолин // Бюллетень СГМУ. – 2014. – № 2. – С. 22 – 25

3. Гудков А.Б. Функциональные изменения системы внешнего дыхания военнослужащих в Арктике в контрастные сезоны года / А.Б. Гудков, С.П. Ермолин, О.Н. Попова, А.С. Сарычев // Экология человека. – 2014 – № 6. – С. 3 – 7;

4. Ермолин С.П. Характеристика легочного газообмена и его экономичность в контрастные сезоны года у военнослужащих в Арктике / С.П. Ермолин // Вестник Уральской медицинской академической науки – 2014. – № 2 (48). – С. 33 – 35.

5. Ермолин С.П. Характеристики гемодинамических показателей и физической работоспособности у военнослужащих в Арктике в контрастные сезоны года / С.П. Ермолин // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия «Естественные науки». – 2014 - № 4. – С. 75 – 80.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВРМ	– внешняя работа миокарда, усл. ед.
ДАД	– диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.
ДО	– дыхательный объем, л
ЖЕЛ	– жизненная емкость легких, л
ИНМ	– индекс напряжения миокарда, усл. ед.
КЭМ	– критерий эффективности миокарда, усл. ед.
МАВ	– минутная альвеолярная вентиляция, л/мин
МВЛ	– максимальная вентиляция легких, л/мин
МОД	– минутный объем дыхания, л/мин
МОК	– минутный объем кровообращения, л/мин
ОПСС	– общее периферическое сопротивление сосудов, $\text{дин} \times \text{с}^{-1} \times \text{см}^{-5}$
ПО ₂	– потребление кислорода, мл/мин
РД	– резерв дыхания, л/мин
РОвд	– резервный объем вдоха, л
РОВыд	– резервный объем выдоха, л
САД	– систолическое артериальное давление, мм рт. ст.
СВ	– систолический выброс, мл
СДД	– среднединамическое артериальное давление, мм рт. ст.
ЧД	– частота дыхания, кол/мин
ЧСС	– частота сердечных сокращений, уд./мин.
ЭВ	– эффективность вентиляции, %
FeCO ₂	– содержание углекислого газа в выдыхаемом воздухе, %
FeO ₂	– содержание кислорода в выдыхаемом воздухе, %

Подписано в печать 23.12.2014.
Формат 60×84^{1/16}. Бумага офсетная.
Гарнитура Times New Roman.
Печать ризография. Усл. печ. л. 1.0.
Тираж 100 экз. Заказ № 1503

ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет»
163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, 51
Телефон 20-61-90. E-mail: izdatel@nsmu.ru

