

УДК 612.1-053.7:[612.59:612.75]-053.7

РЕАКЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЕМОДИНАМИКИ НА ЛОКАЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ КИСТИ И СТОПЫ У ЛИЦ ЮНОШЕСКОГО ВОЗРАСТА

© 2015 г. ^{1,2}А. Б. Гудков, ^{1,2}Е. В. Коробицына, ²Л. А. Мелькова, ²А. В. Грибанов¹Северный государственный медицинский университет,²Институт медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск

В статье представлены результаты обследования практически здоровых юношей ($n = 27$), родившихся и постоянно проживающих на территории Европейского Севера России. Целью работы являлось выявление особенностей реакций сердечно-сосудистой системы на локальное охлаждение кожи кисти и стопы. При помощи аппаратно-программного комплекса «Система интегрального мониторинга «СИМОНА 111» определены показатели преднагрузки, сократимости миокарда, постнагрузки, работы левого желудочка и показатели, характеризующие гемодинамический статус. У испытуемых регистрировались исходные (фоновые) показатели и показатели сразу после применения холодовой нагрузки, которая заключалась в погружении кисти в сосуд с холодной водой при температуре 24, 15 и 8 °С. Таким же образом охлаждали стопу, при тех же температурах. Показано, что локальное охлаждение кожи кисти и стопы вызывает значимое повышение показателей преднагрузки, сократимости миокарда, постнагрузки, работы левого желудочка и артериального давления, а также снижение частоты сердечных сокращений. При анализе показателей центральной гемодинамики отмечалась наибольшая реактивность сердечно-сосудистой системы после локального охлаждения кожи кисти в водной среде с температурой 15 °С, наименьшая – с температурой 24 °С. При этом более выраженные изменения происходят при охлаждении стопы.

Ключевые слова: локальное охлаждение, кисть, стопа, сердечно-сосудистая система

RESPONSE OF HEMODYNAMICS INDICES TO HAND AND FOOT LOCAL COOLING IN YOUNG PEOPLE

^{1,2}A. B. Gudkov, ^{1,2}E. V. Korobitsyna, ²L. A. Melkova, ²A. V. Gribanov¹Northern State Medical University, Arkhangelsk²Institute of Biological and Medical Research, Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

The article has introduced the examination results of apparently healthy men ($n=27$), who were born and permanently lived in the European North of Russia. The work objective was to discover peculiarities of the cardiovascular system response to local hand and foot skin cooling of the men. The preload rates of the cardiac muscle contractility, the afterload rates of functioning of the left ventricle and the rates characterizing hemodynamic status have been determined with the help of the hardware and software complex «Integrated Monitoring System SYMONA 111». The initial indexes and the indexes just after cold stress (dipping a hand into a vessel with cold water at temperatures of 24, 15, 8 °C) were registered. The same method and the same temperatures were used to cool feet. It has been shown that local hand and foot skin cooling caused a significant rise in the preload rates, the cardiac muscle contractility, the afterload functioning of the left ventricle, arterial pressure, and decreased the heart rate. During the hemodynamics indices analysis, the highest responsiveness of the cardiovascular system was registered after the local hand skin cooling in water at 15 °C, the lowest - in water at 24 °C. More pronounced changes occurred during the foot cooling.

Keywords: local cooling, hand, foot, cardiovascular system

Библиографическая ссылка:

Гудков А. Б., Коробицына Е. В., Мелькова Л. А., Грибанов А. В. Реакция показателей гемодинамики на локальное охлаждение кисти и стопы у лиц юношеского возраста // Экология человека. 2015. № 10. С. 13–18.

Gudkov A. B., Korobitsyna E. V., Melkova L. A., Gribanov A. V. Response of Hemodynamics Indices to Hand and Foot Local Cooling in Young People. *Ecologia cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 11, pp. 13-18.

Россия — самая холодная страна в мире [16]. Большая часть ее территории является зоной с суровыми климатогеографическими условиями, дискомфортными для проживания и трудовой деятельности. К ним относятся резкие сезонные, меж- и внутрисуточные перепады атмосферного давления, холодное воздействие, резкое изменение фотопериодичности и колебания магнитного поля Земли [10, 17]. Ведущим фактором, определяющим специфику Севера, является холод [3, 6, 18], под которым понимается

сочетание метеорологических условий, если их воздействие сопряжено с риском возникновения различных нарушений теплового состояния или развития холодной травмы. Жизнь в этих условиях предъявляет повышенные требования к функциональным системам организма, в том числе и к системе кровообращения.

Сердечно-сосудистая система одной из первых включается в компенсаторно-приспособительные реакции, направленные на уравнивание с внешней средой [4, 11, 15], способствуя продвижению такого

объема крови по сосудам, который необходим для обеспечения энергетических потребностей организма, что играет важную роль в поддержании его гомеостаза [1, 7, 8, 12].

В реальных климатических и производственных условиях Севера локальное холодовое воздействие у человека испытывают лицо, верхние дыхательные пути, а также часто кисти и стопы. Поэтому исследование влияния локального охлаждения кистей и стоп на состояние сердечно-сосудистой системы имеет важное научно-практическое значение.

Цель исследования: выявить особенности реакций сердечно-сосудистой системы на локальное охлаждение кожи кисти и стопы у юношей.

Методы

В исследовании приняли участие практически здоровые юноши ($n = 27$) в возрасте от 17 до 20 лет, родившиеся и постоянно проживающие в условиях Европейского Севера.

Существуют различные методики проведения локальной холодовой пробы с использованием как одной температуры, так и нескольких разных температур [2, 13, 14]. Нами была выбрана методика на основе предложений I. Holmér [20], который различает три уровня напряжения организма при различных температурах применительно к охлаждению конечностей: лёгкое напряжение (температура 24 °С), умеренное (15 °С) и сильное (8 °С).

Исследование проводилось с использованием аппаратно-программного комплекса «Система интегрального мониторинга «СИМОНА 111»». Измерения осуществлялись в первой половине дня в помещении с комфортными микроклиматическими условиями, через 1,5–2 часа после приема пищи, в условиях относительного физиологического покоя в положении лежа на спине после 15-минутного отдыха. У испытуемых фиксировались исходные (фоновые) показатели и показатели сразу после применения холодовой нагрузки, которая заключалась в погружении кисти на одну минуту в сосуд с холодной водой с температурой 24, 15 и 8 °С. Период восстановления после каждой пробы составлял 25 минут. Точно так же осуществлялось и охлаждение стопы.

С помощью метода трансоракальной тетраполярной реографии по Кубичеку в модификации Шрамка – Бернштейна [19] у испытуемых оценивались следующие функциональные показатели центральной гемодинамики:

- показатели преднагрузки – отклонение от нормы волемического статуса (ВОЛ, %);
- показатели сократимости миокарда – индекс состояния инотропии (ИСИ, 1/сек²), индекс сократимости миокарда (ИСМ, 1 000/сек), отклонение от нормы сократимости левого желудочка (ИНО, %);
- показатели постнагрузки – пульсовый индекс периферического сосудистого сопротивления (ПИПСС, $10^{-3} \times \text{дин} \times \text{сек} / \text{см}^5 / \text{м}^2$);
- показатели работы левого желудочка (минутный

индекс работы левого желудочка (МИРЛЖ, кг-м/мин/м²), ударный индекс работы левого желудочка (УИРЛЖ, г-м/уд/м²);

- основные показатели, характеризующие гемодинамический статус: среднее артериальное давление (АДср, мм рт. ст.), частота сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), ударный индекс (УИ, мл/уд/м²), сердечный индекс (СИ, л/мин/м²).

Артериальное давление измерялось с помощью встроенного электронно-измерительного блока методом сфигмоманометрии.

Анализ результатов исследования проводился с помощью статистического пакета SPSS 17.0. Проверка на нормальность распределения данных осуществлялась при помощи критерия Шапиро – Уилка (для выборок до 50 наблюдений). Так как данные не подчинялись закону нормального распределения, результаты описательной статистики для них представлялись в виде медианы (Me), первого и третьего (Q₁ и Q₃) квартилей. Для сравнения групп применялся непараметрический критерий Фридмана, для попарных сравнений – одновыборочный критерий Вилкоксона для зависимых выборок с поправкой Бонферрони. Критический уровень значимости принимался равным 0,05.

Обследование контингентов проводилось с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации и Директивах Европейского сообщества (8/609 ЕС).

Результаты

При анализе гемодинамических показателей, полученных в ходе исследования при локальном охлаждении кисти, были выявлены следующие изменения (табл. 1).

Установлено, что после стимуляции терморепторов кожи кисти у юношей в водной среде с температурой 24 °С не происходит значимых изменений показателей ВОЛ, АДср, ЧСС, УИ и СИ. Можно отметить тенденцию к увеличению показателей ЧСС и АДср. Кроме того, незначительно увеличились показатели сократимости миокарда: ИСИ, ИНО; показатели постнагрузки ПИПСС и показатели интенсивности работы левого желудочка: УИРЛЖ, МИРЛЖ.

Значимые изменения происходят после стимуляции терморепторов кожи кисти у юношей в водной среде с температурой 15 °С. Отмечалось незначительное возрастание доли ВОЛ, что, в свою очередь, вызывает увеличение АДср ($p = 0,014$), незначительное повышение сократимости миокарда: ИСМ, ИНО, а также статистически значимое увеличение УИ ($p = 0,005$), незначительное увеличение СИ. Эти изменения являются следствием увеличения УИРЛЖ. Показатель МИРЛЖ незначительно снижается. Одновременно статистически значимо снижается ЧСС ($p = 0,002$) и периферическое сопротивление сосудов: ПИПСС ($p = 0,001$) по сравнению с фоновыми значениями.

Локальное охлаждение кисти в водной среде с температурой 8 °С вызывало незначительное уве-

Таблица 1

Изменение показателей гемодинамики у юношей (n = 27) в ответ на локальное охлаждение кожи кисти, Md (Q1; Q3)

Показатель	Этап исследования				p	p 1-2	p 1-3	p 1-4
	1	2	3	4				
ВОЛ, %	8,00 (-2,00; 23,00)	10,00 (-2,00; 21,00)	9,00 (-4,00; 17,00)	9,00 (-6,00; 18,00)	0,754			
ИСИ, 1/сек	1,75 (1,38; 2,15)	1,79 (1,33; 2,18)	1,69 (1,56; 1,94)	1,67 (1,35; 1,92)	0,175			
ИСМ, 1000/сек	90,00 (75,00; 114,00)	88,00 (75,00; 105,00)	97,00 (80,00; 112,00)	96,00 (82,00; 105,00)	0,390			
ИНО, %	40,00 (7,00; 55,00)	42,00 (4,00; 55,00)	41,00 (27,00; 53,00)	39,00 (17,00; 52,00)	0,504			
ПИПСС, 10 ⁻³ ×дин×сек/см ⁵ /м ²	90,00 (80,00; 110,00)	91,00 (79,00; 115,00)	85,00 (76,00; 95,00)	88,00 (76,00; 106,00)	<0,001	0,330	0,001	0,012
УИРЛЖ, г×м/уд/м ²	77,00 (67,00; 96,00)	80,00 (67,00; 99,00)	84,00 (76,00; 93,00)	83,00 (70,00; 93,00)	0,506			
МИРЛЖ, кг×м/мин/м ²	5,20 (4,40; 6,00)	5,50 (4,30; 6,70)	5,10 (4,60; 6,30)	5,20 (4,60; 6,00)	0,690			
АДср, мм рт.ст.	83,00 (80,00; 93,00)	84,00 (80,00; 92,00)	84,00 (80,00; 89,00)	82,00 (78,00; 88,00)	0,027	0,918	0,014	0,041
ЧСС, уд/мин	66,00 (60,00; 74,00)	70,00 (61,00; 76,00)	62,00 (59,00; 73,00)	63,00 (58,00; 69,00)	<0,001	0,920	0,002	0,001
УИ, мл/уд/м ²	74,00 (59,00-81,00)	74,00 (60,00; 82,00)	78,00 (68,00; 81,00)	77,00 (66,00; 80,00)	0,004	0,506	0,005	0,028
СИ, л/мин/м ²	4,60 (3,50; 5,60)	5,00 (3,40; 5,80)	4,90 (3,90; 5,30)	4,70 (4,10; 5,20)	0,237			

Примечание. Сравнение зависимых выборок осуществлялось непараметрическим критерием Т-Вилкоксона, Md (Q₁; Q₃). 1 – исходное состояние до охлаждения, 2 – охлаждение до 24 °С, 3 – охлаждение до 15 °С, 4 – охлаждение до 8 °С.

личение доли ВОЛ, что явилось причиной несущественного повышения ИСМ и УИРЛЖ. Кроме того, незначительно снижается величина ИСИ. Также незначительно повышается УИ и СИ, что приводит к снижению величины ПИПСС и значимому снижению ЧСС (p = 0,001).

При анализе гемодинамических показателей, полученных в ходе исследования при локальном охлаждении стопы, были выявлены следующие изменения (табл. 2).

Анализ показателей центральной и периферической гемодинамики у юношей при локальном охлаждении стопы в водной среде с температурой 24 °С не выявил существенных изменений по сравнению с фоновыми значениями. Установлено повышение доли ВОЛ, что привело, в свою очередь, к незначительному снижению ИСМ и ИСИ. Отмечалось незначительное повышение СИ, УИРЛЖ и МИРЛЖ, что привело к снижению ПИПСС.

При охлаждении стопы в водной среде температурой 15 °С значимые изменения произошли лишь с показателем ЧСС, который снизился (p = 0,008), что, вероятно, является результатом повышения доли ВОЛ по сравнению с фоновыми значениями. Остальные показатели существенных изменений не претерпели.

При локальном охлаждении стопы в водной среде с температурой 8 °С отмечалось значимое увеличение отклонения от середины средних значений ВОЛ (p = 0,001), что привело к снижению ИСМ и ПИПСС. Кроме того, незначительно повысились показатели СИ и МИРЛЖ.

Обсуждение результатов

Известно, что локальное воздействие холода вызывает α-адренергическую реакцию [9]. Исходным пунктом афферентной информации при локальном холодом воздействии на организм являются прежде всего периферические кожные терморепторы – окончания центростремительных нервов. Возбуждение холодых рецепторов приводит к активации центров терморегуляции, что, в свою очередь, активизирует эрготропную активность симпатической нервной системы.

Проведенное исследование позволило выявить у юношей изменения центральной и периферической гемодинамики в ответ на холодую стимуляцию периферических терморепторов кожи кисти и стопы в водной среде с температурой 24, 15 и 8 °С.

Установлено, что у юношей после стимуляции терморепторов кожи кисти водой с температурой 24 °С значимых изменений показателей АДср, ЧСС, УИ и СИ не происходит. В нашем исследовании при данной температуре показатели ЧСС и АДср имели тенденцию к увеличению на 6,0 и 1,2 % соответственно. Кроме того, незначительно увеличились показатели сократимости миокарда: ИСИ на 2,3 %, ИНО на 1,5 %; показатели постнагрузки ПИПСС на 1,1 %, ИПСС на 1,65 % и показатели интенсивности работы левого желудочка: УИРЛЖ на 3,9 %, МИРЛЖ на 5,8 %. Незначительные изменения показателей центральной гемодинамики после стимуляции терморепторов кожи кисти при температуре 24 °С свидетельствуют о том, что данная температура является недостаточным раздражителем для необходимо-

Таблица 2

Изменение показателей гемодинамики у юношей (n = 27) в ответ на локальное охлаждение кожи стопы, Md (Q1; Q3)

Показатель	Этап исследования				P	P 1-2	P 1-3	P 1-4
	1	2	3	4				
ВОЛ, %	8,00 (-2,00; 23,00)	9,00 (-2,00-19,00)	14,00 (-2,00; 24,00)	16,00 (5,00; 24,00)	0,001	0,355	0,280	0,001
ИСИ, 1/сек ²	1,75 (1,38; 2,15)	1,56 (1,25; 1,77)	1,62 (1,33; 1,92)	1,53 (1,20; 2,00)	0,251			
ИСМ, 1000/ сек	90,00 (75,00; 114,00)	86,00 (63,00; 108,00)	90,00 (72,00; 118,00)	84,00 (69,00; 105,00)	0,296			
ИНО, %	40,00 (7,00; 55,00)	40,00 (4,00; 51,00)	42,00 (16,00; 52,00)	41,00 (13,00; 58,00)	0,388			
ПИПСС, 10 ⁻³ ×дин×сек/ см ⁵ /м ²	90,00 (80,00; 110,00)	87,00 (80,00; 107,00)	88,00 (79,00; 99,00)	89,00 (83,00; 108,00)	0,268			
УИРЛЖ, г×м/ уд/м ²	77,00 (67,00; 96,00)	84,00 (66,00; 92,00)	87,00 (74,00; 93,00)	86,00 (74,00; 101,00)	0,002	0,909	0,211	0,016
МИРЛЖ, кг×м/мин/м ²	5,20 (4,40; 6,00)	5,40 (4,40; 6,10)	5,20 (4,50; 6,40)	5,70 (4,80; 6,30)	0,008	0,194	0,450	0,400
АДср, мм рт. ст.	83,00 (80,00; 93,00)	84,00 (81,00; 91,00)	87,00 (81,00; 92,00)	88,00 (83,00; 95,00)	0,002	0,466	0,492	0,158
ЧСС, уд/мин	66,00 (60,00; 74,00)	65,00 (61,00; 72,00)	65,00 (59,00; 69,00)	65,00 (59,00; 72,00)	0,032	0,056	0,008	0,121
УИ, мл/уд/ м ²	74,00 (59,00-81,00)	74,00 (61,00; 80,00)	77,00 (69,00; 81,00)	74,00 (64,00; 80,00)	0,142			
СИ, л/мин/м ²	4,60 (3,50; 5,60)	4,70 (4,10; 5,30)	4,70 (4,10; 5,30)	4,80 (3,90; 5,50)	0,038	0,091	0,517	0,879

Примечание. Сравнение зависимых выборок осуществлялось непараметрическим критерием Т-Вилкоксона, Md (Q1; Q3). 1 – исходное состояние до охлаждения, 2 – охлаждение до 24°С, 3 – охлаждение до 15 °С, 4 – охлаждение до 8 °С.

сти и реализации компенсаторно-приспособительной деятельности сердечно-сосудистой системы.

Значимые изменения происходят после стимуляции терморепторов кожи кисти у юношей в водной среде с температурой 15 0С. Отмечалось возрастание доли ВОЛ на 12,5 %, что, в свою очередь, вызывает значимое увеличение АДср на 1,2 %, незначительное повышение сократимости миокарда: ИСМ – на 7,8 %, ИНО – на 2,5 %, а также значимое увеличение УИ на 5,4 %, тенденцию к увеличению СИ на 8,7 %. Эти изменения являются следствием увеличения УИРЛЖ на 9,1 %. Показатель МИРЛЖ незначительно снижается на 1,9 %. Одновременно значимо снижается ЧСС на 6,1 % и периферическое сопротивление сосудов: ПИПСС ниже на 5,5 % по сравнению с фоновыми значениями. Выявленные изменения, вероятно, связаны с активацией симпатoadреналовой системы и могут свидетельствовать о запуске компенсаторно-рефлекторного механизма поддержания гомеостаза при локальном охлаждении кисти в водной среде с температурой 15 0С.

Локальное охлаждение кисти в водной среде с температурой 8 0С вызывало увеличение доли ВОЛ на 12,5 %, что явилось причиной незначительного повышения ИСМ на 6,7 % и УИРЛЖ на 7,8 %. Кроме того, незначительно снижается величина ИСИ на 4,6 %. Также повышается УИ и СИ на 4,0 и 2,2 % соответственно, что приводит к снижению величины ПИПСС на 2,2 % и значимому снижению ЧСС на 4,5 %. Выявленное снижение величины ИСИ является результатом снижения ПИПСС. Возможно, незначительные изменения при локальном

охлаждении кисти при данной температуре можно объяснить блокированием холодových рецепторов и мелких нервных волокон [5, 9].

При анализе показателей центральной и периферической гемодинамики у юношей при локальном охлаждении стопы в водной среде с температурой 24 °С существенных изменений по сравнению с фоновыми значениями не отмечалось. Выявлено повышение доли ВОЛ на 12,5 %, что привело, в свою очередь, к незначительному снижению ИСМ и ИСИ на 4,4 и 10,9 % соответственно. Отмечалось незначительное повышение СИ на 2,2 %, УИРЛЖ на 9 % и МИРЛЖ на 3,5 %, что привело к снижению ПИПСС на 3,3 %.

При охлаждении стопы в водной среде с температурой 15 0С значимые изменения произошли лишь с показателем ЧСС, который снизился на 1,5 %, что, вероятно, является результатом повышения доли ВОЛ на 7,5 % по сравнению с фоновыми значениями. Остальные показатели существенных изменений не претерпели.

При локальном охлаждении стопы в водной среде с температурой 8 °С отмечалось значимое увеличение отклонения от середины средних значений ВОЛ на 100 %, что привело к снижению ИСМ на 6,7 % и ПИПСС на 1,1 %. Кроме того, незначительно повысились показатели СИ на 4,3 % и МИРЛЖ на 9,6 %.

Таким образом, локальное охлаждение кожи кисти и стопы вызывает значимое повышение показателей преднагрузки, сократимости миокарда, постнагрузки, работы левого желудочка и артериального давления, а также снижение частоты сердечных сокращений. При

анализе показателей центральной гемодинамики отмечалась наибольшая реактивность сердечно-сосудистой системы после локального охлаждения кожи кисти в водной среде с температурой 15 °С, наименьшая — с температурой 24 °С. При этом более выраженные изменения происходят при охлаждении стопы.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Коновалова Г. М., Ожева Р. Ш., Уракова Т. Ю. Воздействие внешних факторов на формирование адаптационных реакций организма человека // Новые технологии. 2010. № 2. С. 142–144.
2. Аронов Д. М., Лупанов В. П. Функциональные пробы в кардиологии. 2-е изд. М.: МЕДпресс-информ, 2003. С. 179–180.
3. Бочаров М. И. Физиологические проблемы защиты человека от холода (Науч. докл.: сер. препринтов, № 34–04). Сыктывкар, 2004. 40 с.
4. Варламова М. Г., Евдокимов В. Г. Изменения параметров электрокардиограммы у мужчин Европейского Севера // Физиология человека. 2002. Т. 28, № 6. С. 109–114.
5. Голохваст К. С., Чайка В. В. Некоторые аспекты механизма влияния низких температур на человека и животных (литературный обзор) // Вестник новых медицинских технологий, 2011. Т. 18, № 2. С. 486.
6. Гудков А. Б., Попова О. Н., Пащенко А. В. Физиологические реакции человека на локальное холодное воздействие: монография. Архангельск: Изд-во СГМУ, 2012. 145 с.
7. Гудков А. Б., Мосягин И. Г., Иванов В. Д. Характеристика фазовой структуры сердечного цикла у новобранцев учебного центра ВМФ на Севере // Военно-медицинский журнал. 2014. Т. 335, № 2. С. 58–59.
8. Карпин В. А., Филатова О. Е., Солтыс Т. В., Соколова А. А., Башкатова Ю. В., Гудков А. Б. Сравнительный анализ и синтез показателей сердечно-сосудистой системы у представителей арктического и высокогорного адаптивных типов // Экология человека, 2013. № 7. С. 3–9.
9. Козырева Т. В., Воронова И. П. Вовлечение нейrogenного уровня регуляции в процессы поддержания температурного гомеостаза организма на холоде // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18, № 4/3. С. 1100–1109.
10. Никитин Ю. П., Хаснулин В. И., Гудков А. Б. Современные проблемы северной медицины и усилия учёных по их решению // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. 2014. № 3. С. 63–72.
11. 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.
12. Оляшев Н. В., Варенцова И. А., Пушкина В. Н. Показатели кардиореспираторной системы у юношей с разными типами кровообращения // Экология человека. 2014. № 4. С. 28–33.
13. Орлов Г. А. Хроническое поражение холодом. Л.: Медицина, 1978. 168 с.
14. Пащенко А. В., Гудков А. Б., Волосевич А. И. Реакция срединных структур головного мозга на локальное охлаждение по данным ЭЭГ // Экология человека. 2001. № 4. С. 43–45.
15. Пушкина В. Н., Грибанов А. В. Сезонные изменения взаимоотношений показателей кардиореспираторной

системы у юношей в условиях циркумполярного региона // Экология человека. 2012. № 9. С. 26–31.

16. Ревич Б. А., Шапошников Д. А., Кершенгольц Б. М. Климатические изменения как фактор риска здоровья населения Российской Арктики // Проблемы здравоохранения и социального развития Арктической зоны России. М., 2011. С. 10–11.

17. Хаснулин В. И. Введение в полярную медицину. Новосибирск: СО РАМН, 1998. 337 с.

18. Чащин В. П., Стурин С. А., Гудков А. Б., Попова О. Н., Воронин А. Ю. Воздействие промышленных загрязнений атмосферного воздуха на организм работников, выполняющих трудовые операции на открытом воздухе в условиях холода // Медицина труда и промышленная экология. 2014. № 9. С. 20–26.

19. Bernstein D. P., Lemmens H. J. M. Stroke volume equation for impedance cardiography // Medical & Biological Engineering & Computing 2005, Vol. 43.

20. Holmer I. Risk assessment in cold environment // Barents. 1998. Vol. 1, N 3. P. 77–79.

References

1. Agadzhanyan N. A., Konovalova G. M., Ozheva R. S., Urakova T. Y., The effect of external factors on the formation of adaptive reactions in human body. *Novye tekhnologii* [New Technologies]. 2010, 2, pp. 142-144. [in Russian]
2. Aronov D. M., Lupanov V. P. *Funktsional'nye proby v kardiologii* [Functional tests in Cardiology]. Moscow, 2003, pp. 179-180.
3. Bocharov M. I. *Fiziologicheskie problemy zashchity cheloveka ot kholoda* (Nauch. dokl.: ser. preprintov, 34-04) [Physiological problems of human protection from the cold]. Syktyvkar, 2004, 40 p.
4. Varlamova M. G., Evdokimov V. G. Changes in the electrocardiogram parameters in males of European North. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2002, 28 (6), pp. 109-114. [in Russian]
5. Golokhvast K. S., Chaika V. V. Several aspects of the mechanism of low temperature effect upon human beings and animals (literary review). *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Journal of new medical technologies]. 2011, 18 (2), p. 486. [in Russian]
6. Gudkov A. B., Popova O. N., Pashhenko A. V. *Fiziologicheskie reakcii cheloveka na lokal'noe holodovoe vozdejstvie* [Physiological human response to local cold exposure]. Arkhangelsk, 2012, 145 p.
7. Gudkov A. B., Mosyagin I. G., Ivanov V. D. Characteristic of cardiac cycle phase structure in recruits of a Navy Training Center in the North. *Voенно-meditsinskii zhurnal*. 2014, 335 (2), pp. 58-59. [in Russian]
8. Karpin V. A., Filatova O. E., Soltys T. V., Sokolova A. A., Bashkatova Yu. V., Gudkov A. B. Comparative analysis and synthesis of the cardiovascular system indicators of representatives of arctic and alpine adaptive types. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 7, pp. 3-9. [in Russian]
9. Kozyreva T. V., Voronova I. P. Involvement of neurogenomic regulation in the maintenance of temperature homeostasis in the cold. *Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii* [The Vavilov Journal of Genetics and Breeding]. 2014, 18 (4/3), pp. 1100-1109 [in Russian]
10. Nikitin Yu. P., Khasnulin V. I., Gudkov A. B. Contemporary problems of Northern medicine and researchers' efforts to solve them. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) fede-ral'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie*

nauki [Vestnik of northern (arctic) federal university. Series: Medical and biological sciences]. 2014, 3, pp. 63-72. [in Russian]

11. Nifontova O. L., Litovchenko O. L., Gudkov A. B. Indices of central and peripheral hemodynamics in indigenous children of the North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2010, 1, pp. 28-32. [in Russian]

12. Olyashev N. V., Varentsova I. A., Pushkina V. N. Cardiorespiratory system's indices in young men with different blood circulation types. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2014, 4, pp. 28-33. [in Russian].

13. Orlov G. A. *Khronicheskoe porazhenie kholodom* [Chronic cold damage]. Leningrad, 1978, 168 p.

14. Pashhenko A. V., Gudkov A. B., Volosevich A. I. Reaction of medial brain structures to local cooling according to EEG data. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2001, 4, pp. 43-45. [in Russian]

15. Pushkina V. N., Gribanov A. V. Seasonal changes of interrelations between cardiorespiratory system characteristics of youths in conditions of circumpolar region. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 9, pp. 26-31. [in Russian]

16. Revich B. A., Shaposhnikov D. A., Kershengolts B. M. Climate change as a health risk factor for population in the Russian Arctic. In: *Problemy zdravookhraneniya i sotsial'nogo razvitiya Arkticheskoi zony Rossii* [Problems of Health and Social Development of the Russian Arctic Zone]. Moscow, 2011, pp. 10-11.

17. Khasnulin V. I. *Vvedenie v polyarnuyu meditsinu* [Introduction to the polar medicine]. Novosibirsk, 1998, 337 p.

18. Chashhin V. P., Syurin S. A., Gudkov A. B., Popova O. N., Voronin A. Yu. Influence of industrial pollution of ambient air on health of workers engaged into open air activities in cold conditions. *Meditsina truda i promyshlennaia ekologiya*. 2014, 9, pp. 20-26. [in Russian]

19. Bernstein D. P., Lemmens H. J. M. Stroke volume equation for impedance cardiography. *Medical & Biological Engineering & Computing*. 2005, 43.

20. Holmer I. Risk assesmenin cold environment. *Barents*. 1998, 1 (3), pp. 77-79.

Контактная информация:

Гудков Андрей Борисович – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, директор института гигиены и экологии человека ГБОУ ВПО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории функциональных резервов организма института медико-биологических исследований ФГОУ ВПО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Министерства образования и науки РФ.
Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51
E-mail: gudkovab@nsmu.ru