

УДК [612.13:612.59](470.1/2)

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ НА ЛОКАЛЬНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ КОЖИ КОНЕЧНОСТЕЙ У ЮНОШЕЙ И ДЕВУШЕК – УРОЖЕНЦЕВ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

© 2017 г. ¹⁻³А. Б. Гудков, ²И. П. Уварова, ¹О. Н. Попова, ²Н. Б. Лукманова, ¹В. П. Пащенко¹Северный государственный медицинский университет,²Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова,³Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики Российской академии наук, г. Архангельск

В статье представлены результаты обследования практически здоровых девушек (n = 35) и юношей (n = 35), родившихся и постоянно проживающих в условиях Европейского Севера. Цель работы – выявление особенностей изменений показателей гемодинамики в ответ на локальное охлаждение кожи кисти и стопы. При помощи реографического комплекса «Рео-Спектр-3» исследованы показатели работы сердца, сосудистого тонуса, а также показатели энергии и скорости движения крови по сосудам. У обследованных регистрировались исходные показатели (фоновые) и данные сразу после применения холодной пробы, которая заключалась в погружение кисти в сосуд с водой, температура которой составляла 6 °С. Таким же способом и при той же температуре производилось охлаждение стопы. Установлено, что локальное воздействие на терморецепторы кожи кисти и стопы вызывает статистически значимое уменьшение частоты сердечных сокращений, увеличение ударного объема крови, систолического артериального давления, объемной скорости выброса крови, величины расхода энергии как у девушек, так и у юношей. Кроме того, у девушек увеличивается среднее гемодинамическое давление, линейная скорость движения крови по сосудам и мощность левого желудочка. При этом реакции сердечно-сосудистой системы на локальное холодное воздействие в большей степени выражены у девушек, чем у юношей, и в большей степени при охлаждении стопы, чем кисти.

Ключевые слова: локальное охлаждение, кисть, стопа, юноши, девушки, центральная гемодинамика

PHYSIOLOGICAL REACTIONS OF CARDIOCIRCULATORY SYSTEM TO LOCAL COOLING OF EXTREMITIES IN YOUNG MALE AND FEMALE, NATIVES OF EUROPEAN NORTH

¹⁻³A. B. Gudkov, ²I. P. Uvarova, ¹O. N. Popova, ²N. B. Lukmanova, ¹V. P. Pashchenko¹Northern State Medical University, Arkhangelsk²Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk³Federal Center for Integrated Arctic Research, Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

The paper presents the diagnostic results of apparently healthy girls (n=35 per.) and boys (n=35 per), born and permanently residing in the European North. The aim of the study was to detect peculiarities of hemodynamic parameters' change in reaction to local hand and foot skin cooling. Indices of cardiac function, vascular tone, as well as energy and velocity of blood flow have been studied by means of rheographic device «Reo-Spektr-3». Initial indices and indices straight after cold test (hand dipping into the water with temperature 6 °C) have been registered in surveyed. The same method and temperature were used for foot cooling. It has been stated, that local effect on hand and foot skin thermoreceptors induced statistically significant decrease of heart rate, increase of stroke volume, systolic blood pressure, volumetric blood flow rate, energy flow rate in girls and boys. Besides, the girls had increase in average hemodynamic pressure, linear velocity of blood flow and aortic ventricle capacity. Thus, circulatory response on local cooling to a greater extent typical for girls than boys and in foot cold tests than in hand cold tests.

Keywords: local cooling, hand, foot, young male, young female, central hemodynamics

Библиографическая ссылка:

Гудков А. Б., Уварова И. П., Попова О. Н., Лукманова Н. Б., Пащенко В. П. Физиологические реакции системы кровообращения на локальное охлаждение кожи конечностей у юношей и девушек – уроженцев Европейского Севера // Экология человека. 2017. № 2. С. 22–26.

Gudkov A. B., Uvarova I. P., Popova O. N., Lukmanova N. B., Pashchenko V. P. Physiological Reactions of Cardiocirculatory System to Local Cooling of Extremities in Young Male and Female, Natives of European North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 2, pp. 22-26.

Известно, что одним из основных неблагоприятных климатических факторов северных территорий является холод [1, 7, 14], т. е. совокупность метеорологических условий (температура, влажность, скорость движения воздуха), воздействие которых на организм человека связано с риском возникновения нарушений теплового состояния организма. Воздействие холода

вызывает изменения во многих функциональных системах организма человека, приводит к уменьшению функциональных резервов и в конечном итоге к снижению работоспособности [2, 9, 13]. Факторы охлаждения в северных регионах России проявляются довольно часто, они ощущаются в слабости солнечного тепла, в температурном и ветровом режимах [1].

Известно, что низкая температура воздуха является одним из основных лимитирующих факторов, ограничивающих производственную деятельность человека на Севере [5, 6, 12].

В реальных природно-климатических и производственных условиях Севера холодному воздействию могут подвергаться не только лицо и верхние дыхательные пути, но также кисти и стопы.

В настоящее время имеется значительное количество обстоятельных работ о влиянии локального охлаждения рук и ног на дыхательную систему человека [3, 5, 8]. Так, показано, что локальное охлаждение кожи кисти и стопы в термонеutralных условиях сопровождается изменениями статических, динамических легочных объемов и показателей форсированного выдоха: возрастает величина дыхательного объема, минутного объема дыхания, изменяется структура жизненной емкости легких, снижаются скоростные показатели форсированного выдоха, происходит также усиление легочного газообмена. Однако сведения о реакции сердечно-сосудистой системы при локальном холодном воздействии на кожу кистей и особенно стоп единичны [4, 10], что и побудило провести настоящее исследование.

Цель исследования — выявить особенности изменений показателей гемодинамики у девушек и юношей в ответ на локальное охлаждение кожи кисти и стопы.

Методы

В обследовании приняли участие практически здоровые девушки ($n = 35$) в возрасте от 16 до 20 лет и юноши ($n = 35$) в возрасте от 17 до 21 года, родившиеся и постоянно проживающие в условиях Европейского Севера.

Исследование проводилось при помощи реографического комплекса «Рео-Спектр-3». Показатели гемодинамики регистрировались с использованием метода реокардиографии по Кубичеку с наложением двух тетраполярных электродов рулеточного типа на основание шеи и грудную клетку на 2 см ниже мечевидного отростка грудины и трех электрокардиографических электродов для обеспечения записи ЭКГ во втором стандартном отведении. Обследование осуществлялось в первой половине дня в помещении с комфортными микроклиматическими условиями, спустя 1,5–2 часа после приема пищи, в условиях относительного физиологического покоя в положении лежа на спине после 15-минутного отдыха. После регистрации показателей в покое проводилось локальное охлаждение кисти и стопы. Рука погружалась до дистальной части предплечья в сосуд с водой с температурой 6 °C на 1 минуту [11], после чего проводилась запись показателей. Через 25 минут у испытуемых осуществлялось локальное охлаждение стопы по той же методике.

Артериальное давление измерялось по методу Н. С. Короткова.

Анализировались следующие функциональные показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС, уд./

мин); ударный объем крови (УОК, мл); минутный объем кровообращения (МОК, л/мин); ударный индекс (УИ, у. е.); сердечный индекс (СИ, у. е.); систолическое артериальное давление (САД, мм рт. ст.); диастолическое артериальное давление (ДАД, мм рт. ст.); среднее гемодинамическое давление (СГД, мм рт. ст.); конечное диастолическое давление левого желудочка (КДДЛЖ, мм рт. ст.); общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС, $\text{дин}/\text{с}^{-1}/\text{см}^{-5}$); удельное периферическое сосудистое сопротивление (УПСС, у. е.); рабочее периферическое сосудистое сопротивление (РПСС, у. е.); объемная скорость выброса крови (ОСВ, мл/с); линейная скорость движения крови по сосудам (ЛСДК, см/с); мощность левого желудочка (МЛЖ, Вт) и расход энергии (РЭ, Дж).

Анализ полученных результатов проводился с помощью статистического пакета SPSS 21. Проверка на нормальность распределения осуществлялась при помощи теста Шапиро — Уилка (для выборок до 50 наблюдений). В случае нормального распределения переменных применялись параметрические методы (Т-Стьюдента) для зависимых выборок, при ненормальном — непараметрические (Т-Вилкоксона). Результаты обработки данных ненормального распределения выборки представлялись в виде медианы (M_d), первого (Q_1) и третьего (Q_3) квартилей, нормального — среднего значения (M) и стандартного отклонения (s). Критический уровень значимости (p) принимался равным 0,05 или меньшим, чем 0,05.

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

Результаты

Полученные показатели состояния гемодинамики у девушек после локального охлаждения кисти свидетельствуют о статистически значимом возрастании величин УОК на 5,1 % ($p = 0,044$), УИ на 7,3 % ($p = 0,042$) и СИ на 7,9 % ($p = 0,021$) (табл. 1).

После холодного воздействия на кисть у девушек снизились величины ОПСС на 8,3 % ($p = 0,033$) и УПСС на 9,7 % ($p = 0,001$). Остальные изучаемые показатели статистически значимо не изменились.

После охлаждения стопы у девушек снизилась величина ЧСС на 5,84 % ($p = 0,001$), а величины УОК и УИ возросли на 10,9 % ($p = 0,001$) и 9,1 % ($p = 0,022$) соответственно. Величина САД возросла на 4,13 % ($p = 0,008$), отреагировал увеличением на 3,51 % ($p = 0,024$) и показатель СГД.

Кроме того, при локальном холодном воздействии на стопу у девушек увеличились показатели скорости движения крови по сосудам: ОСВ на 5,7 % ($p = 0,007$) и ЛСДК на 5,4 % ($p = 0,034$), а также величины МЛЖ на 10,6 % ($p = 0,001$) и РЭ на 3,4% ($p = 0,024$).

Анализ изменений гемодинамики у юношей после локального холодного воздействия на перифериче-

Таблица 1

Изменения показателей гемодинамики у девушек (n = 35) в ответ на локальное охлаждение кожи кисти и стопы

Показатель	Этап исследования			P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₂₋₃
	1	2	3			
ЧСС ² , уд./мин	64,79 (61,05–70,51)	67,6 (63,09–72,00)	63,63 (60,61–66,12)	0,226	0,001	0,001
УОК ² , мл	51,03 (46,47–53,00)	53,64 (48,75–57,00)	55,84 (52,89–60,49)	0,044	0,01	0,154
ДОО ¹ , мл	1441,06±82,10	1423,53±92,13	1461,65±81,99	0,363	0,132	0,070
МОК ² , л/мин	3,24 (2,91–3,71)	3,63 (3,12–3,79)	3,4 (3,05–3,65)	0,101	0,330	0,214
УИ ² , у. е.	31,52 (27,49–35,96)	32,95 (31,41–37,65)	33,02 (30,85–38,8)	0,042	0,022	0,700
СИ ¹ , у. е.	2,02±0,32	2,18±0,31	2,07±0,33	0,021	0,481	0,133
САД ¹ , мм рт. ст.	118,23±6,52	118,94±8,58	123,11±8,43	0,654	0,008	0,041
ДАД ² , мм рт. ст.	70 (70,00–80,00)	70 (68,00–80,00)	80 (69,00–80,00)	0,372	0,080	0,089
СГД ² , мм рт. ст.	86,67 (83,33–93,33)	84,33 (83,33–93,33)	93,33 (91,00–95,33)	0,470	0,024	0,022
КДДЛЖ ² , мм рт. ст.	13,06 (11,57–14,04)	12,21 (10,94–13,9)	12,89 (11,21–14,13)	0,132	0,272	0,390
ОПСС ¹ , дип/с/см ⁻⁵	2240,59±394,3	2054,67±305,39	2209,66±353,24	0,033	0,684	0,080
УПСС ² , у. е.	45,15 (39,36–52)	38,86 (36,81–42,65)	45,57 (38,68–50,00)	0,010	0,990	0,030
РПСС ² , у. е.	37,79 (35,4–44,92)	36,87 (32,86–41,97)	38,45 (34,18–43,55)	0,181	0,431	0,31
ОСВ ² , мл/с	154,71 (135–164)	164,14 (144–169,41)	168,52 (150,05–178,68)	0,383	0,007	0,420
ЛСДК ² , см/с	42,89 (39,07–48,88)	46,11 (41,59–48,81)	47,11 (39,83–52)	0,332	0,034	0,534
МЛЖ ¹ , Вт	1,79±0,23	1,80±0,31	1,98±0,20	0,910	0,001	0,005
РЭ ² , Дж	11,53 (11,08–12,41)	11,08 (11,08–12,41)	12,41 (12,10–12,68)	0,320	0,024	0,020

Примечания для табл. 1 и 2: сравнение зависимых выборок осуществлялось: ¹ – параметрическим критерием Т-Стьюдента ($M \pm s$); ² – непараметрическим критерием Т-Вилкоксона, Md (Q1–Q3); 1 – исходное состояние (до охлаждения), 2 – после охлаждение кисти, 3 – после охлаждение стопы; жирным шрифтом обозначено статистически значимое различие.

Таблица 2

Изменения показателей гемодинамики у юношей (n = 35) в ответ на локальное охлаждение кожи кисти и стопы

Показатель	Этап исследования			P ₁₋₂	P ₁₋₃	P ₂₋₃
	1	2	3			
ЧСС ² , уд./мин	64 (61–68)	62,55 (57,01–66)	60 (54–66)	0,17	0,001	0,03
УОК ² , мл	61,53±10,48	66,29±13,01	60,97±10,77	0,02	0,77	0,02
ДОО ¹ , мл	1857,04 (1704,76–1951,79)	1857,04 (1689,77–1951,79)	1861 (1734,31–1975,52)	0,23	0,56	0,29
МОК ² , л/мин	3,85 (3,36–4,27)	4,04 (3,48–4,87)	3,48 (3,24–3,73)	0,03	0,007	0,001
УИ ² , у. е.	32,94±6,32	35,7±7,95	32,61±6,43	0,01	0,74	0,02
СИ ¹ , у. е.	2,05±0,43	2,19±0,55	1,89±0,36	0,04	0,008	0,001
САД ¹ , мм рт. ст.	119,09±7,23	121,49±6,77	122,26±7,46	0,02	0,02	0,47
ДАД ² , мм рт. ст.	80 (70–80)	80 (74–82)	80 (74–81)	0,08	0,62	0,83
СГД ² , мм рт. ст.	93,33 (83,33–93,33)	93,33 (87,67–96)	93,33 (89–95,33)	0,07	0,23	0,86
КДДЛЖ ² , мм рт. ст.	11,95±0,94	11,75±0,97	11,91±1,06	0,23	0,83	0,33
ОПСС ¹ , дип/с/см ⁻⁵	1969,74±385,73	1895,32±396,52	2138,88±396,72	0,16	0,02	0,001
УПСС ² , у. е.	47,27±10,19	44,6±11,08	50,6±11,9	0,06	0,06	0,01
РПСС ² , у. е.	41,13±8,95	38,75±9	43,21±8,69	0,02	0,08	0,001
ОСВ ² , мл/с	176,02 (151–215,1)	180,55 (163–205,53)	172,59 (154,04–183,7)	0,04	0,43	0,006
ЛСДК ² , см/с	45,88 (36,89–53)	46,23 (40,8–53)	42,23 (38,46–47,3)	0,07	0,38	0,005
МЛЖ ¹ , Вт	2,18 (1,8–2,46)	2,17 (2,01–2,62)	2,11 (1,91–2,28)	0,05	0,05	0,005
РЭ ² , Дж	12,01±0,75	12,28±0,7	12,2±0,86	0,01	0,28	0,6

ские терморесепторы кожи кисти выявил, что величина УОК возросла на 7,7 % (p = 0,02), повысились величины МОК на 5,8 % (p = 0,007), СИ на 6,8 % (p = 0,04) и УИ на 8,4 % (p = 0,001) (табл. 2).

Величина САД у юношей возросла после охлаж-

дения кисти на 2 % (p = 0,02) по отношению к исходному показателю, а РПСС снизилась на 5,8 % (p = 0,02).

Показатель ОСВ у юношей увеличился на 5,4 % (p = 0,04) после локального охлаждения кисти,

величина МЛЖ снизилась в сравнении с исходным уровнем на 2,3 % ($p = 0,05$), РЭ возрос на 2,2 % ($p = 0,01$).

После холодового воздействия на стопу снизились: ЧСС на 6,3 % ($p = 0,02$), МОК на 7,6 % ($p = 0,007$) и СИ на 7,8 % ($p = 0,008$).

Величины САД и ОППС возросли на 2,7 % ($p = 0,02$) и на 8,6 % ($p = 0,02$) соответственно по сравнению с исходной величиной после охлаждения стопы, а величина МЛЖ снизилась на 7,3 % ($p = 0,05$).

Обсуждение результатов

При внешнем холодом воздействии на организм, в том числе и локальном, исходным пунктом афферентной информации являются прежде всего периферические кожные холодовые терморецепторы в виде окончания центростремительных нейронов. Поток сенсорной информации от терморецепторов зависит от количества функционирующих в данный момент времени рецепторов, о числе которых можно судить по количеству холодовых точек, при этом известно, что каждая холодовая точка диаметром 1 мм иннервируется по крайней мере одним терморецептором [18]. Известно, что основными сенсорами являются термочувствительные TRP-каналы [17, 19], среди которых идентифицировано два холодо-чувствительных ионных канала — TRPA 1 и TRP 8 [20]. Возбуждение холодовых терморецепторов вызывает активацию центров терморегуляции, что, в свою очередь, усиливает эрготропную активность симпатической нервной системы [15].

Наиболее заметным внешним проявлением усиления эрготропной активности симпатического отдела вегетативной нервной системы в результате локального холодового воздействия на кожу рук и ног является возрастание величины УОК и УИ как у девушек, так и у юношей. Величина ЧСС снизилась и у девушек, и у юношей, однако лишь после охлаждения стопы. Показатель МОК у девушек не изменился, а у юношей снизился — после охлаждения стопы. Подобную динамику имеет и величина СИ.

Повышение силы сердечных сокращений приводит также к возрастанию САД и СГД при охлаждении стоп у девушек и возрастанию САД у юношей в ответ на охлаждение кистей и стоп. Увеличение показателей скорости движения крови по сосудам (ОСВ и ЛСДК) под воздействием холодового стресса на периферические терморецепторы кожи кисти и стопы также обусловлено увеличением силы сердечных сокращений.

Возрастание эрготропной активности симпатической нервной системы, приводящее к повышению силы сердечных сокращений, обуславливается сократительной активностью кардиомиоцитов, требующей поступления и расходования в них большего количества макроэргических соединений.

Можно предположить, что снижение величин ОППС, УППС и РПСС у обследованных девушек и юношей при охлаждении кисти связано с тем, что при холодом воздействии может происходить парез гладких мышц сосудов, потеря чувствительности данных

мышц к норадреналину при сохранении способности к сокращению и локальному увеличению активности кинин-каллекреиновой системы [16], что приводит к вазодилатации. Такой ответ организма на охлаждение кисти может служить защитным механизмом, направленным на предотвращение холодовой травмы рук, хотя и не является оптимальным для организма с точки зрения сохранения тепла в целом.

При охлаждении стоп величины ОППС, УППС и РПСС возрастают, что является классическим примером результата возбуждения симпатической нервной системы и выброса катехоламинов, приводящего к снижению периферического кровотока и, как следствие, к уменьшению теплоотдачи с поверхности кожи.

Таким образом, локальное холодом воздействие на кожу конечностей вызывает существенные изменения гемодинамики. В целом следует подчеркнуть, что локальное охлаждение стопы приводит к более выраженным изменениям гемодинамики, чем охлаждение кисти, и у девушек эти изменения выражены в большей степени.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Петрова П. Г. Человек в условиях Севера. М. : КРУК, 1996. 208 с.
2. Бочаров М. И. Физиологические проблемы защиты человека от холода : Научные доклады. Серия препринтов № 34-04. Сыктывкар, 2004. 40 с.
3. Гришин О. В., Устюжанинова Н. В. Дыхание на севере. Функция. Структура. Резервы. Патология. Новосибирск : Изд-во «Art — Avence», 2006. 253 с.
4. Гудков А. Б., Коробицына Е. В., Мелькова Л. А., Грибанов А. В. Реакции показателей гемодинамики на локальное охлаждение кисти и стопы у лиц юношеского возраста // Экология человека. 2015. № 11. С. 13–18.
5. Гудков А. Б., Попова О. Н., Скрипаль Б. А. Реакция системы внешнего дыхания на локальное охлаждение у молодых лиц трудоспособного возраста // Медицина труда и промышленная экология. 2009. № 4. С. 26–30.
6. Гудков А. Б., Попова О. Н., Никанов А. Н. Адаптивные реакции внешнего дыхания у работающих в условиях Европейского Севера // Медицина труда и промышленная экология. 2010. № 4. С. 24–27.
7. Ким Л. Б. Транспорт кислорода при адаптации человека к условиям Арктики и кардиореспираторной патологии. Новосибирск : Наука, 2015. 216 с.
8. Козырева Т. В., Симонова Т. Г., Гришин О. В. Влияние локального охлаждения кожи на спирометрические показатели человека // Бюллетень СО РАМН. 2002. № 1 (103). С. 71–73.
9. Кубушка О. Н., Гудков А. Б. Особенности структуры жизненной емкости легких у северян старшего школьного возраста // Вестник Поморского университета. Серия: Физиологические и психолого-педагогические науки. 2003. № 1. С. 42–50.
10. Лукманова Н. Б. Возрастные изменения гемодинамики у мужчин при локальных холодовых воздействиях : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Архангельск, 2000. 18 с.
11. Орлов Г. А. Хроническое поражение холодом. Л. : Медицина, 1978. 68 с.
12. Руководство по гигиенической оценке факторов рабо-

чей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (Руководство Р 2.2.2006-05).

13. 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.

14. Шишкин Г. С., Устюжанинова М. В. Функциональное состояние внешнего дыхания здорового человека. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. 329 с.

15. Avakian E. V., Horvath S. M. Starvation suppressed sympatho-adrenal medullary response to cold exposure in rats // Amer. J. Physiol. 1981. Vol. 241, N 4. P. 316–20.

16. Cushieri A. Kinin release during cold vasodilation in human fingers // Br. J. Surg. 1969. N 8. P. 624–625.

17. Jordt S. E., McKemy D. D., Julius D. Lessons from peppers and peppermint: the molecular logic of thermosensation // Curr Opin Neurobiol. 2003. Vol. 13. P. 487–492.

18. Kenshalo D. R. Cutaneous temperature sensitivity // Foundation of sensory science. Eds. Dawson W. W., Enock J. M. Berlin ; Heidelberg ; New York ; Tokyo : Springer-Verlag, 1984. P. 419.

19. McKemy D. How cold is it? TRPM8 and TRPA1 in the molecular logic of cold // Molecular Pain. 2005. Vol. 1. P. 16.

20. Voets T. The principle of temperature - dependent gating in cold - and heat-sensitive TRP channels // Nature. 2004. Vol. 430. P. 748.

References

1. Agadzhanyan N. A., Petrova P. G. *Chelovek v usloviyakh Severa* [People in the North]. Moscow, KRUK Publ., 1996, p. 208.

2. Bocharov M. I. *Fiziologicheskie problemy zashchity cheloveka ot kholoda* [Physiological problems of protection from cold]. Syktyvkar, 2004, p. 40.

3. Grishin O. V., Ustyuzhaninova N. V. *Dykhaniye na severe. Funktsiya. Struktura. Rezervy. Patologiya* [Breathing in the North. Function. Structure. Reserves. Pathology]. Novosibirsk, 2006, p. 253.

4. Gudkov A. B., Korobitsyna E. V., Mel'kova L. A., Griбанov A. V. Response of Hemodynamics Indices to Hand and Foot Local Cooling in Young People. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2015, 11, pp. 13-18. [in Russian]

5. Gudkov A. B., Popova O. N., Skripal' B. A. External respiration system reaction to local cooling of skin of young able-bodied persons. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational Medicine and Industrial Ecology]. 2009, 4, pp. 26-30. [in Russian]

6. Gudkov A. B., Popova O. N., Nikanov A. N. Adaptive reactions of external respiration in persons working in European North conditions. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational Medicine and Industrial Ecology]. 2010, 4, pp. 24-27. [in Russian]

7. Kim L. B. *Transport kisloroda pri adaptatsii cheloveka k usloviyam Arktiki i kardiorespiratornoy patologii* [The transport of oxygen in human adaptation to Arctic conditions, and cardiorespiratory diseases]. Novosibirsk, 2015, pp. 216.

8. Kozyreva T. V., Simonova T. G., Grishin O. V. Influence of skin local cooling on spirometric indicators of the person. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk* [Bulletin of Siberian Branch of Russian

Academy of Medical Sciences]. 2002, 1 (103), pp. 71-73. [in Russian]

9. Kubushka O. N., Gudkov A. B. Features of pulmonary capacity structure in northerners of the high school age. *Vestnik Pomorskogo universiteta* [Bulletin of the Pomor university. Series: Physiological, psychological and pedagogical sciences]. 2003, 1, pp. 42-50. [in Russian]

10. Lukmanova N. B. *Vozrastnye izmeneniya gemodinamiki u muzhchin pri lokal'nykh kholodovyykh vozdeystviyakh* [Age-related changes of hemodynamics in men with local cold exposure]. Arkhangelsk, 2000, p. 18.

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

12. *Rukovodstvo po gigienicheskoj otsenke faktorov rabochei sredy i trudovogo protsesssa. Kriterii i klassifikatsiya uslovii truda. Rukovodstvo P 2.2.2006-05* [Guidelines on Health Assessment of Working Environment and Working Process Factors. Criteria and Classification of Working Conditions. Guidelines]. Saint Petersburg, 2005, 144 p.

13. Sarychev A. S., Gudkov A. B., Popova O. N. Compensatory-adaptive reactions of external respiration in oil industry workers in dynamics of field work regime in Polar region. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011, 3, pp. 7-13. [in Russian]

14. Shishkin G. S., Ustyuzhaninova N. V. *Funktsional'nye sostojaniya vneshnego dyhaniya zdorovogo cheloveka* [Functional conditions of external breath in healthy person]. Novosibirsk, Siberian Branch of Russian Academy of Medical Sciences Publ., 2012, 329 p.

15. Avakian E. V., Horvath S. M. Starvation suppressed sympatho-adrenal medullary response to cold exposure in rats. *Amer. J. Physiol.* 1981, 241 (4), pp. 316-320.

16. Cushieri A. Kinin release during cold vasodilation in human fingers. *Br. J. Surg.* 1969, 8, pp. 624-625.

17. Jordt SE, McKemy DD, Julius D. Lessons from peppers and peppermint: the molecular logic of thermosensation. *Curr Opin Neurobiol.* 2003, 13, pp. 487-492.

18. Kenshalo D.R. *Cutaneous temperature sensitivity*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer-Verlag, 1984, p. 419

19. McKemy D. How cold is it? TRPM8 and TRPA1 in the molecular logic of cold. *Molecular Pain.* 2005, 1, p. 16.

20. Voets T. The principle of temperature - dependent gating in cold - and heat-sensitive TRP channels. *Nature.* 2004, 430, p. 748.

Контактная информация:

Гудков Андрей Борисович – доктор медицинских наук, профессор, директор института гигиены и экологии человека ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, заслуженный работник высшей школы РФ; главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории функциональных резервов организма института медико-биологических исследований ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Минобрнауки России; зам. директора по научно-методической работе Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики РАН Федерального агентства научных организаций

Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51

E-mail: gudkovab@nsmu.ru