

УДК 612.172.2

Е.В. Кривоногова, Д.Б. Дёмин, О.В. Кривоногова, Л.В. Поскотинова
**ВАРИАНТЫ РЕАКТИВНОСТИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ РИТМА
СЕРДЦА У МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ НА КРАТКОВРЕМЕННОЕ
ОБЩЕЕ ВОЗДУШНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ**

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
им. академика Н.П. Лавёрова РАН, Архангельск, Российская Федерация

E.V. Krivonogova, D.B. Demin, O.V. Krivonogova, L.V. Poskotinova
**VARIANTS OF AUTONOMOUS NERVOUS REGULATION
OF HEART RHYTHM IN YOUNG PEOPLE DURING SHORT-TERM
WHOLE-BODY COLD AIR EXPOSURE**

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, RAS; Arkhangelsk, Russian Federation

Резюме. *Цель* — выявить варианты реакций вегетативной нервной системы по данным вариабельности ритма сердца (ВРС) при кратковременном воздействии холода у молодых здоровых людей 18-21 года. *Материалы и методы.* Обследовано 15 здоровых мужчин в возрасте 18-21 года г. Архангельска в зимний период (январь-февраль). Этапы исследования включали фон, нахождение в холодной камере при температуре -20°C в течение 10 минут, этап сразу после воздействия холода и через 10 минут после данного воздействия (положение сидя). Регистрировали показатели ВРС, артериальное давление, температуру тела (кожного покрова кисти и в слуховом проходе) инфракрасным термометром. *Результаты.* По результатам кластеризации выделено два варианта реакции вегетативной нервной системы по частотным показателям ВРС (HF, LF, VLF %) на фоне значимого снижения температуры тела при воздействии холода. Лица с первым вариантом отличались статистически большими значениями показателя HF на всех этапах исследования по сравнению с лицами со вторым вариантом реакции. При воздействии холода у них происходило увеличение диастолического артериального давления и повышение вагусных влияний на ритм сердца, а по истечении 10 минут — возвращение к исходным показателям. У лиц со вторым вариантом реакции сразу и через 10 минут после воздействия холода отмечалась тенденция повышения VLF, достигая значимых различий с лицами группы с первым вариантом реакции, на фоне минимальных изменений артериального давления и других показателей ВРС. *Заключение.* При первом варианте реакции вегетативной регуляции ритма сердца на общее охлаждение происходит усиление вклада дыхательных модуляций на ритм сердца, повышение артериального давления (преимущественно диастолического) и возвращение к исходным показателям после воздействия холода. При втором варианте происходит выраженная активизация центральных, гуморально-метаболических механизмов регуляции

Abstract. *The aim* was to identify the variants of the autonomic nervous system reactions according to heart rate variability (HRV) at short-term whole-body air exposure in young healthy people 18-21 years. *Methods.* 15 practically healthy men aged 18–21 in Arkhangelsk were surveyed during the winter period (January-February). The stages of the study included stage 1 (baseline), in the cold air chamber at -20°C for 10 min (stage 2), immediately after cold air exposure to (stage 3) and 10 minutes after this exposure (stage 4); people were at rest in a sitting position. HRV, blood pressure, body temperature (skin of the hands and ear canal) using an infrared thermometer were recorded. *Results.* According to the results of statistical clustering, two variants of autonomic nervous system reaction were distinguished by the HRV frequency indices (HF, LF, VLF, %) against the background of a significant decrease in body temperature during cold air exposure. Individuals with the first variant differed statistically in large values of the HF index at all stages of the study compared with individuals with the second variant of the reaction. During cold exposure they had an increased diastolic blood pressure and increased vagal influences on the heart rhythm, and after 10 minutes after exposure to cold these parameters returned to the initial levels. Persons with the second variant of the reaction immediately and after 10 minutes after cold exposure had increase VLF index, reaching significant differences with individuals of the group with the first variant of reaction, against the background of minimal changes in blood pressure and other HRV parameters. *Conclusion.* In the first variant the autonomic nervous reaction during air cold whole-body exposure in young people 18-21 years increased the contribution of respiratory modulations to the heart rate and blood pressure (mainly diastolic), and returned to baseline values after cold exposure. In the second variant, the activity of the central, humoral-metabolic mechanisms of heart rhythm regulation is increased against the background of minimal changes in central hemodynamic parameters.

сердечного ритма при минимальном изменении показателей центральной гемодинамики.

Ключевые слова: молодые люди, холод, вариабельность ритма сердца

Keywords: young people, cold exposure, heart rate variability

Конфликт интересов отсутствует.
Контактная информация автора, ответственного за переписку:
Кривоногова Елена Вячеславовна
elena200280@mail.ru
Дата поступления 15.04.2019.
Образец цитирования:
Кривоногова Е.В., Дёмин Д.Б., Кривоногова О.В., Поскотинова Л.В. Варианты реактивности вегетативной регуляции ритма сердца у молодых людей на кратковременное общее воздушное охлаждение. Вестник уральской медицинской академической науки. 2019, Том 16, №2, с. 140–146, DOI: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-140-146

There is no conflict of interest.
Contact details of the corresponding author:
Elena V. Krivonogova
elena200280@mail.ru
Received 15.04.2019.
For citation:

Krivonogova E.V., Demin D.B., Krivonogova O.V., Poskotinova L.V. Variants of autonomous nervous regulation of heart rhythm in young people during short-term whole-body cold air exposure. Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki. = Journal of Ural Medical Academic Science. 2019, Vol. 16, no. 2, pp. 140–146. DOI: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-140-146 (In Russ)

Изучение индивидуальных реакций вегетативной нервной системы на холод позволит уточнить механизмы для лучшей адаптации человека к холоду, а также для проведения реабилитационных программ. Ведущую роль в переносимости низких температур окружающей среды занимают изменения в сердечно-сосудистой системе, ее резервные возможности определяют варианты приспособления организма к холоду [1]. Применение криотерапии способствует уменьшению боли в суставах, улучшению общего самочувствия, уменьшению симптомов психических расстройств, таких как тревога и депрессия [2], способствует снижению веса, широко используется для самостоятельного лечения или закаливания организма, а также для парасимпатической реактивации после интенсивных упражнений [3]. Молодые люди возраста 18-21 года представляют наглядную модель для изучения индивидуально-типологических особенностей реактивности вегетативной нервной системы на внешние воздействия, что обусловлено медико-социальной значимостью состояния здоровья молодежи, особенно родившейся и проживающей в дискомфортных условиях Арктической зоны РФ. Представляется важным определить критерии индивидуальной реактивности сердечно-сосудистой системы к воздействию низкой температуры окружающей среды с позиции прогноза дезадаптационных нарушений сердечно-сосудистой системы у лиц, чья профессия связана с работой в условиях низких температур.

Цель этого исследования состояла в том, чтобы выявить варианты реакций вегетативной нервной системы по данным вариабельности сердечного ритма на холодное воздействие у молодых здоровых людей 18-21 года.

Материалы и методы

Обследовано 15 практически здоровых мужчин в возрасте 18-21 года г. Архангельска. Критериями исключения были сердечно-сосудистые заболевания, неврологические расстройства, повышенная чувствительность к холоду (синдром Рейно). Всех обследуемых просили не курить и не пить алкоголь или горячие напитки в течение 4 часов перед сеансом воздействия холода, чтобы избежать влияния на зарегистрированные переменные. На подготовительном этапе со всеми обследуемыми подписывалось информированное согласие на участие в исследованиях (протокол исследования одобрен Этическим комитетом ИФПА ФИЦКИА РАН). Молодые люди подвергались воздействию холодного воздуха в положении сидя при температуре -20°C в течение 10 минут в холодовой камере «УШЗ-25Н», установленной в лаборатории регуляторных механизмов иммунитета (зав. лаб., к.б.н. А.В. Самодова). Все обследуемые были в однотипной одежде — кроссовки, брюки, футболка и медицинский халат. Обследование проводилось в зимний период (январь-февраль) в первой половине дня.

Исследование холодного воздействия на организм человека состояло из 4 этапов.

1 этап: в помещении при комнатной температуре проводили у молодых людей оценку параметров вариабельности ритма сердца (5 минут), систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД) и температуру кожного покрова кисти и слухового прохода (фон).

2 этап: оценка параметров вариабельности ритма сердца (ВРС) в холодовой камере (температура -20°C) в течение 10 минут, для анализа ВРС использовали запись с 5 по 10 минуту нахождения в холодовой камере; измерение температуры кожного покрова кисти и

слухового прохода на 5 и 10 минут пребывания в холоде (холод).

3 этап: сразу после выхода из холодной камеры регистрировали параметры ВРС в положении сидя (5 минут), артериальное давление и температуру кожного покрова кисти и слухового прохода (после холода).

4 этап: через 10 минут после холода регистрировали параметры ВРС в положении сидя (5 минут), артериальное давление и температуру кожного покрова кисти и слухового прохода (через 10 минут после холода).

Для регистрации ВРС применялся АПК «Варикард» («Рамена», Россия). Оценивали следующие показатели: ЧСС (уд. в мин.) – частота сердечных сокращений; Stress Index (SI, усл.ед.) – индекс напряжения регуляторных систем; HF% – мощность спектра в диапазоне высоких частот (0,4–0,15 Гц); LF% – мощность спектра в низкочастотном диапазоне (0,04 до 0,15 Гц) и VLF% – мощность спектра в очень низкочастотном диапазоне (0,04–0,015 Гц); TP, мс² (суммарная мощность спектра ВРС) – суммарный уровень активности регуляторных систем. Артериальное давление (АД) измеряли методом по Короткову. Температуру кожного покрова кисти и слухового прохода регистрировали медицинским электронным инфракрасным термометром B.Well WF — 1000 (Швейцария). Статистическую обработку данных проводили в программе Statistica 6.0. Проверка распределения количественных данных на нормальность осуществлялась с использованием статистических критериев Shapiro-Wilk. Данные в статье представлены в виде медианы и 25- и 75-перцентилей (Me (25p; 75p)). Сравнения количественных данных для двух независимых групп проводили с помощью критерия Манна-Уитни, использовали критический уровень значимости 0,05. Для анализа повторных измерений применяли критерий Вилкоксона путем попарного сравнения в четыре различных момента времени (применяли критический уровень значимости 0,0085) и в три различных момента времени (критический уровень значимости 0,017). Поскольку данные ВРС не всегда соответствовали предположениям о нормальности, то для проведения кластерного анализа они были преобразованы логарифмически, чтобы уменьшить смещение, возникающее из-за ошибки неравномерности.

Результаты исследования и их обсуждение

Применение кластерного анализа на четырех этапах исследования позволило выделить 2 варианта реакции вегетативной нервной системы на холод по частотным показателям ВРС (табл. 1).

По результатам кластеризации выделено два кластера: кластер 1 составили 10 человек, кластер 2 — 5 человек. Сравнили ЧСС, SI и спектральные показатели ВРС в сформированных кластерах (табл. 1). Спектральный анализ кардиоритма позволяет дифференцировать вклад центральных механизмов в его управ-

ление, мы проанализировали изменения его высоко-, низко- и очень низкочастотных характеристик ВРС у молодых людей, имеющих разнонаправленную реакцию организма на холодое воздействие. Молодые люди кластера 1 отличались статистически большими значениями показателя HF% на этапах исследования — фон, после холода и через 10 минут после холода по сравнению с молодыми людьми кластера 2. При воздействии холода значимых различий спектральных характеристик ВРС не выявлено между кластерами. Сразу и по истечении 10 минут после холода у молодых людей кластера 2 отмечались статистически выше значения показателя VLF%. У молодых людей кластера 1 при холодоем воздействии SI (p=0,003) ниже по сравнению с молодыми людьми кластера 2.

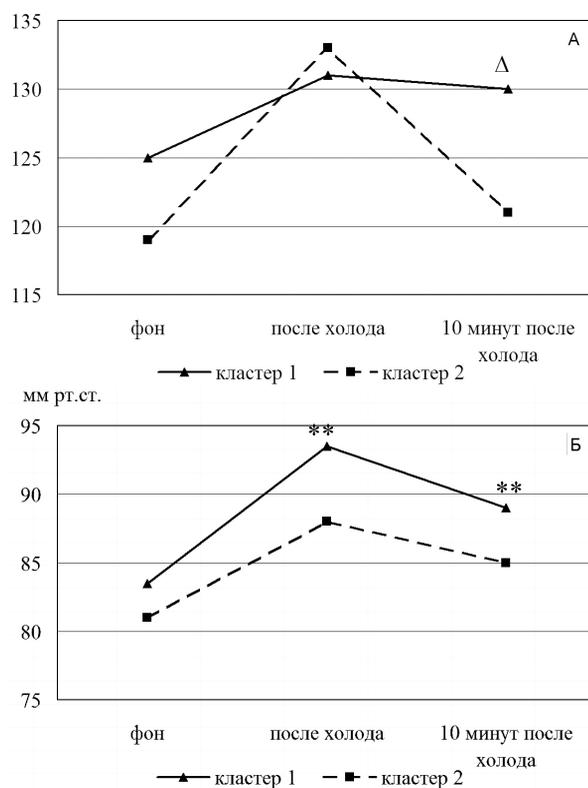


Рис. 1. Систолическое (А) и диастолическое (Б) артериальное давление у молодых людей на этапах исследования

Fig. 1. Systolic and diastolic blood pressure in young people at the research stages.

Примечание: уровень статистической значимости различий при сравнении с фоном, ** — p<0,01, между кластерами, Δ — p<0,05

Note: the level of statistical significance of differences when compared with the background, ** — p<0.01, between clusters, Δ — p<0.05.

Сравнительный анализ изменения показателей ВРС по этапам исследования показал, что у обследуемых кластера 1 отмечалось при холодоем воздействии повышение TP (p=0,005) и снижение SI (p=0,003). После холодоем воздействия и по истечении 10 минут у молодых людей кластера 1 статистически значимо

снижалась ЧСС ($p=0,005$), остальные изучаемые показатели ВРС возвращались к исходным значениям. В группе молодых людей кластера 2 отмечалась тенденция повышения значений показателя VLF% после холода.

Провели анализ изменения артериального давления на этапах исследования. У молодых людей кластера 1 отмечалось статистически выше САД ($p=0,03$) после холодного воздействия по сравнению с молодыми людьми кластера 2 (рис. 1). У молодых людей кластера 2 изменения САД при холодном воздействии не выявлено.

У молодых людей кластера 1 после воздействия холода на организм увеличивалось ДАД ($p=0,01$), а затем, спустя 10 минут снизилось ($p=0,005$) до исходных значений. У молодых людей кластера 2 статистически значимых изменений ДАД на холод не было выявлено (рис. 1).

Изменения температуры в слуховом проходе и кожного покрова кисти на этапах исследования между кластерами не выявлено статистически значимых различий (рис. 2).

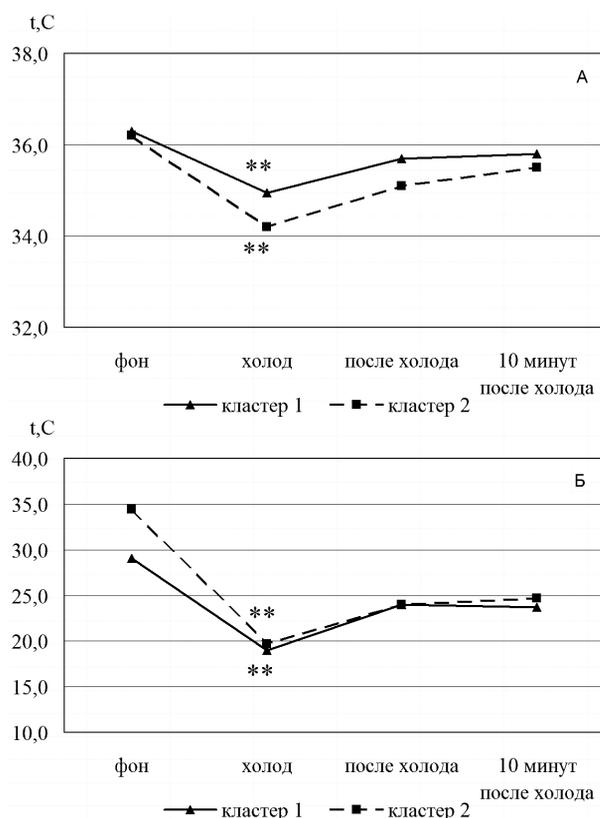


Рис. 2. Температура в слуховом проходе (А) и кожного покрова кисти (Б) у молодых людей на этапах исследования

Fig. 2. The temperature of the ear canal and the skin of the brush in young people at the research stages.

Примечание: уровень статистической значимости различий при сравнении с фоном, ** — $p<0.01$

Note: the level of statistical significance of differences when compared with the background, ** — $p<0.01$.

Таблица 1

Показатели вариабельности ритма сердца
у молодых людей, Ме (25p;75p)

Table 1

Parameters of heart rate variability in young people,
Ме (25p;75p)

Показатели/ Parameters	кластер1/ cluster 1	кластер 2/ cluster 2	Уровень статистической значимости, p
фон/ background			
ЧСС, уд. в мин.	72,9(69,1;78,9)	74,7(72,0;76,2)	
SI	87,6(54,0;177,8)	84,1(80,4;145,9)	
TP, мс ²	2616,6(1286,3;3830,9)	2815,6(1756,8;3885,7)	
HF, %	28,9(25,5;37,2)	12,4(11,1;14,6)	0,006
LF, %	49,4(39,7;53,9)	60,2(57,6;60,8)	
VLF,%	20,1(10,6;23,7)	29,3(26,8;31,3)	
холод/ cold			
ЧСС, уд. в мин.	69,3(66,2;77,2)	71,5(64,3;72,7)	
SI	32,1(16,8;44,9)	71,8(53,6;103,5)	0,02
TP, мс ²	6512,2(4360,8;17521,5)	2972,6(2591,4;4885,2)	
HF, %	35,7(18,9;51,5)	28,9(22,8;31,3)	
LF, %	42,9(30,9;55,2)	46,6(38,8;52,2)	
VLF,%	19,6(10,7;23,7)	24,5(17,6;28,3)	
после холода / after the cold			
ЧСС, уд. в мин.	64,9(61,6;66,3)	60,4(58,4;68,0)	
SI	53,4(30,4;62,2)	71,6(59,6;87,4)	
TP, мс ²	3813,2(2826,4;7930,5)	3972,1(2639,8;4348,5)	
HF, %	39,3(32,7;40,6)	13,6(13,1;14,2)	0,01
LF, %	40,1(31,6;44,1)	41,9(28,4;48,8)	
VLF,%	22,2(19,6;25,6)	44,4(37,0;44,5)	0,007
через 10 минут после холода/ 10 minutes after the cold			
ЧСС, уд. в мин.	67,1(63,3;70,2)	40,2(60,4;68,9)	
SI	59,7(34,9;137,6)	129,3(84,4;142,8)	
TP, мс ²	3517,7(1244,2;5057,2)	2072,6(1915,9;2416,5)	
HF, %	34,9(31,7;46,6)	20,8(15,9;22,4)	0,004
LF, %	41,6(33,9;55,2)	49,4(45,2;58,5)	
VLF,%	18,9(15,1;20,9)	33,4(28,2;38,9)	0,03

У молодых людей кластера 1, так и кластера 2 при холодном воздействии снижается температура в слуховом проходе ($p=0,005$) и кожного покрова кисти ($p=0,005$), далее после прекращения холодного воздействия температура возвращается к исходным значениям.

Обсуждение результатов

Один из наиболее известных физиологических ответов на воздействие холода вызван снижением температуры кожи, что стимулирует кожные рецепторы и

их сенсорные нейроны передают возбуждение симпатическим адренергическим волокнам, что в свою очередь, вызывают сужение местных артериол и венул. Холодная стимуляция вызывает периферическую вазоконстрикцию, что приводит к смещению объема крови к ядру тела [4]. Результирующее повышение центрального артериального давления активизирует барорефлекс, ответственный за снижение активности симпатической нервной системы, смещая вегетативный контроль сердечного ритма в сторону парасимпатического доминирования [5]. У молодых людей кластера 1 в ответ на снижение температуры кожных покровов увеличивалось диастолическое АД и повышались показатели ВРС, отражающие парасимпатическую модуляцию сердечного ритма.

У молодых людей кластера 2 при снижении температуры кожных покровов существенно не изменялись показатели ВРС и АД. Показатель VLF% после воздействия холода был статистически выше по сравнению с молодыми людьми кластера 1. В настоящее время немного известно о факторах контроля очень низкой частоты ВРС. Некоторые авторы [6, 7] предполагают связь показателя VLF с гуморальными факторами, терморегуляцией, ренин-ангиотензиновой системой, в то время как другие авторы [8, 9] — с метаболическими влияниями на ритм сердца. В работе Fleisher с соавторами (1996) экспериментальными исследованиями показали, что очень низкочастотная мощность значительно увеличилась в ответ на охлаждение температуры ядра тела [10]. Существуют два основных способа получения дополнительной теплопродукции — дрожательный и недрожательный термогенез. Оба способа сопровождаются преобразованием химической энергии в тепло. Это происходит в бурой жировой ткани путем разобщения окислительного фосфорилирования, что приводит к выработке тепла [11]. Недрожательный термогенез активизируется симпатической нервной системой, посредством выделения и взаимодействия норадреналина с рецепторами адипоцитов бурой жировой ткани.

Исследование у молодых людей реактивности вегетативной нервной системы на холодное воздействие проводили в зимнее время, в этот период формируются адаптационные особенности гормональной [12, 13, 14], иммунологической [15], нервной системы [16] т.д. В своем обзоре авторы Castellani J.W., Young A.J. (2016) показали, что коренные жители За-

полярья реагируют на воздействие холода так же, как и люди, проживающие в умеренном климате, то есть метаболическое выделение тепла увеличивается из-за дрожи, а температура кожи снижается из-за вазоконстрикции [17]. Некоторые исследователи предположили, что хроническое воздействие холода может привести к развитию более выраженного термогенного ответа на холод [17]. У авторов van der Lans et al. (2013) программа акклиматизации в холодовых камерах увеличила термогенез без дрожания [18]. В работе авторов Алениковой, Типисовой [19] показано в условиях проведения холодного эксперимента в естественных погодных условиях повышались уровни T3, T4 только спустя 30 минут, что подтверждает возможность отсроченной по времени активизации термогенеза при возвращении в теплое помещение.

Заключение

При воздействии холода на организм человека определены типологические особенности реакции вегетативной нервной системы по данным вариабельности ритма сердца. При первом варианте реакции вегетативной регуляции ритма сердца на общее охлаждение происходит усиление вклада дыхательных модуляций на ритм сердца и возвращение к исходным показателям после воздействия холода. При втором варианте отмечается выраженная активизация центральных, гуморально-метаболических механизмов регуляции сердечного ритма при минимальном изменении показателей центральной гемодинамики. Необходимо дальнейшее изучение выделенных типов вегетативной регуляции ритма сердца с использованием данных других регуляторных систем (центральной нервной, эндокринно-метаболической) для уточнения степени эффективности того или иного типа реакции вегетативной нервной системы на воздействие холода, в том числе при криотерапии. Полученные данные будут также востребованы для оценки рациональности тот или иного варианта использования организмом человека своих ресурсов функциональных систем для успешного выполнения профессиональных задач в условиях Арктики.

Работа выполнена по программе фундаментальных НИР ФГБУН ФИЦКИА РАН № госрегистрации 115050610141.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян Н.А., Батоцыренова Т.Е., Северин А.Е., Семенов Ю.Н., Сушкова Л.Т., Гомбоева Н.Г. Сравнительные особенности вариабельности сердечного ритма у студентов, проживающих в различных природно-климатических регионах. Физиология человека. 2007. 33(6): 66–70.
2. Miller E., Mrowicka M., Malinowska K., Mrowicki J., Saluk-Juszczak J., Kędziora J. Effects of

REFERENCES

1. Agadzhanian N.A., Batotsyrenova T.E., Severin A.E., Semenov Yu.N., Sushkova L.T., Gomboeva N.G. Comparative features of heart rate variability among students living in different natural climatic regions. Human physiology. 2007. 33 (6): 66–70. (in Russ)
2. Miller E., Mrowicka M., Malinowska K., Mrowicki J., Saluk-Juszczak J., Kędziora J. Effects of whole-body cryotherapy on a total antioxidative status and

whole-body cryotherapy on a total antioxidative status and activities of antioxidative enzymes in blood of depressive multiple sclerosis patients. *World J Biol Psychiatry*. 2011.12(3):223-227.

3. Schaal K., Meur Y. Le, Bieuzen F. Effect of recovery mode on postexercise vagal reactivation in elite synchronized swimmers. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013. 38(2):126-133.

4. Shibahara N., Matsuda H., Umeno K., Shimada Y., Itoh T., Terasawa K. The responses of skin blood flow, mean arterial pressure and R-R interval induced by cold stimulation with cold wind and ice water. *J Auton Nerv Syst*. 1996.61(2):109-115.

5. Pump B., Shiraiishi M., Gabrielsen A., Bie P., Christensen N.J., Norsk P. Cardiovascular effects of static carotid baroreceptor stimulation during water immersion in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2001.280(6):2607-2615.

6. Vazquez L., Blood J.D., Wu J., Chaplin T.M., Hommer R.E., Rutherford H.J. V. et.al. High frequency heart-rate variability predicts adolescent depressive symptoms, particularly anhedonia, across one year. *J Affect Disord*. 2016.196: 243–247.

7. Taylor J.A., Carr D.L., Myers C.W., Eckberg D.L. Mechanisms underlying very-low-frequency RR-interval oscillations in humans. *Circulation*.1998. 98(6):547–555.

8. Friedman B.H. An autonomic flexibility-neurovisceral integration model of anxiety and cardiac vagal tone. *Biol Psychol*. 2007.74(2):185-199.

9. Флейшман А.Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск, 2009.194с.

10. Fleisher L.A., Frank S.M., Sessler D.I., Cheng C., Matsukawa T., Vannier C.A. Thermoregulation and heart rate variability. *Clin Sci (Lond)*. 1996. 90(2):97-103.

11. Bleakley C.M., Davison G.W. What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A systematic review. *Br J Sports Med*. 2010. 44(3):179-187.

12. Горенко И.Н., Типисова Е.В. Сравнительная характеристика состояния системы «гипофиз – гонады» и уровня дофамина у мужчин различных территорий Европейского Севера. *Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки*. 2013.4:12–19.

13. Дёмин Д.Б. Поскотинова Л.В. Тиреоидный статус и физическое развитие детей, проживающих на различных географических широтах Европейского Севера. *Педиатрия*.2009. 88(2):144–146.

14. Кубасов Р.В. Гормональные изменения в ответ на экстремальные факторы внешней среды. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2014. 69(9–10):102–109.

15. Добродеева Л.К., Дюжикова Е.М., Щеголева Л.С, Сенькова Л.В., Добродеев К.Г., Типисова Е.В. и др. Состояние иммунной системы у детей, прожива-

ющих в условиях арктических широт. *World J Biol Psychiatry*. 2011.12(3):223-227.

3. Schaal K., Meur Y. Le, Bieuzen F. Effect of recovery mode on postexercise vagal reactivation in elite synchronized swimmers. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013. 38(2):126-133.

4. Shibahara N., Matsuda H., Umeno K., Shimada Y., Itoh T., Terasawa K. The responses of skin blood flow, mean arterial pressure and R-R interval induced by cold stimulation with cold wind and ice water. *J Auton Nerv Syst*. 1996. 61(2):109-115.

5. Pump B., Shiraiishi M., Gabrielsen A., Bie P., Christensen N.J., Norsk P. Cardiovascular effects of static carotid baroreceptor stimulation during water immersion in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2001.280(6):2607-2615.

6. Vazquez L., Blood J.D., Wu J., Chaplin T.M., Hommer R.E., Rutherford H.J. V. et.al. High frequency heart-rate variability predicts adolescent depressive symptoms, particularly anhedonia, across one year. *J Affect Disord*. 2016.196: 243–247.

7. Taylor J.A., Carr D.L., Myers C.W., Eckberg D.L. Mechanisms underlying very-low-frequency RR-interval oscillations in humans. *Circulation*.1998. 98(6):547–555.

8. Friedman B.H. An autonomic flexibility-neurovisceral integration model of anxiety and cardiac vagal tone. *Biol Psychol*. 2007.74(2):185-199.

9. Fleishman A.N. Heart rate variability and slow hemodynamic fluctuations: non-linear phenomena in clinical practice. - 2nd ed., Corr. and add. - Novosibirsk, 2009.194с. (in Russ)

10. Fleisher L.A., Frank S.M., Sessler D.I., Cheng C., Matsukawa T., Vannier C.A. Thermoregulation and heart rate variability. *Clin Sci (Lond)*. 1996. 90(2):97-103.

11. Bleakley C.M., Davison G.W. What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A systematic review. *Br J Sports Med*. 2010. 44(3):179-187.

12. Gorenko I.N., Tipisova E.V. Comparative characteristics of the state of the pituitary-gonad system and the dopamine level in men from different territories of the European North. *Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Series: Medical and Biological Sciences*. 2013.4: 12–19. (in Russ)

13. Demin D.B. Poskotinova L.V. Thyroid status and physical development of children living in different geographic latitudes of the European North. *Pediatrics*. 2009. 88 (2): 144–146. (in Russ)

14. Kubasov R.V. Hormonal changes in response to extreme environmental factors. *Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2014. 69 (9–10): 102–109. (in Russ)

15. Dobrodeeva L.K., Dyuzhikova E.M., Schegoleva L.S., Senkova L.V., Dobrodeev K.G., Tipisova E.V. et.al. The state of the immune system in children living in the North in areas of varying degrees of discomfort.

ющих на Севере в зонах различной степени дискомфорта. Иммунология. 2004. 25(4): 238.

16. Поскотинова Л.В., Галашева З.В., Дёмин Д.Б., Кривоногова Е.В., Ставинская О.А., Балашова С.Н. Показатели электроэнцефалограммы и уровни интерлейкинов в крови у подростков-северян 15–17 лет. Вестник уральской медицинской академической науки. 2014. 3(49): 84–86.

17. Castellani J.W., Young A.J. Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure. *Autonomic Neuroscience*. 2016. 196: 63-74.

18. van der Lans A.A., Hoeks J., Brans B., Vijgen G.H., Visser M.G., Vosselman M.J., et.al.

Cold acclimation recruits human brown fat and increases nonshivering thermogenesis. *J Clin Invest*. 2013.123(8):3395-3403.

19. Аленикова А.Э., Типисова Е.В. Динамика гормонов жителей г. архангельска в ходе холодого эксперимента. В книге: XXII съезд Физиологического общества имени И. П. Павлова Тезисы докладов. Волгоградский государственный медицинский университет. 2013. С. 21.

Immunology. 2004. 25 (4): 238. (in Russ)

16. Poskotinova L.V., Galasheva Z.V., Demin D. B., Krivonogova E. V., Stavinskaya O.A., Balashova S.N. Electroencephalogram indices and blood levels of interleukins in adolescents are 15-17 years of age. *Bulletin of the Ural Medical Academic Science*. 2014. 3 (49): 84–86. (in Russ)

17. Castellani J.W., Young A.J. Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure. *Autonomic Neuroscience*. 2016. 196: 63-74.

18. van der Lans A.A., Hoeks J., Brans B., Vijgen G.H., Visser M.G., Vosselman M.J., et.al.

Cold acclimation recruits human brown fat and increases nonshivering thermogenesis. *J Clin Invest*. 2013.123(8):3395-3403.

19. Alenikova A.E., Tipisova E.V. The dynamics of the hormones of the inhabitants of Arkhangelsk during the cold experiment. In the book: XXII Congress of the Physiological Society named after IP Pavlov Abstracts. Volgograd State Medical University. 2013. p. 21. (in Russ)

Авторы

Кривоногова Елена Вячеславовна
Кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
elena200280@mail.ru

Дёмин Денис Борисович
Доктор медицинских наук, старший научный сотрудник
denisdemin@mail.ru

Кривоногова Ольга Вячеславовна
Кандидат биологических наук, младший научный сотрудник
ja.olga1@gmail.com

Поскотинова Лилия Владимировна
Доктор биологических наук, доцент, заведующая лабораторией, главный научный сотрудник
liliya200572@mail.ru

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова РАН
Российская Федерация, 163000, Архангельск, пр. Ломоносова, 249

Authors

Elena V. Krivonogova
Cand. Sci. (Biology), Senior Research Officer
elena200280@mail.ru

Denis B. Demin
Dr. Sci. (Med.), Senior Research Officer
denisdemin@mail.ru

Olga V. Krivonogova
Cand. Sci. (Biology), Research Assistant
ja.olga1@gmail.com

Liliya V. Poskotinova
Dr. Sci. (Biology), Docent, Head of laboratory, Principal Research Scientist
liliya200572@mail.ru

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, RAS
Lomonosov av. 249 Arkhangelsk Russian Federation 163000