

УДК: 612.1+612.8:57.045

*А.А. Мартынова, Р.Е. Михайлов, С.В. Пряничников***ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ГЕМОДИНАМИКА
ЖИТЕЛЕЙ ВЫСОКИХ ШИРОТ ЕВРО-АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА**

Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике — филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук (НИЦ МБП КНЦ РАН), г. Апатиты, Мурманская обл., Российская Федерация

*A.A. Martynova, R.E. Mikhailov, S.V. Prjanichnikov***HEART RATE VARIABILITY AND HEMODYNAMICS OF POPULATION
HIGH LATITUDES OF EURO-ARCTIC REGION**

Research Centre for Human Adaptation in the Arctic — Branch of the Federal Research Centre "Kola Science Centre" of the Russian Academy of Sciences (RCHAA KSC RAS), Apatity, Russian Federation

Резюме. *Цель работы* — оценка гемодинамики и вариабельности сердечного ритма в условиях высоких широт Евро-Арктического региона. *Материалы и методы.* Всего было обследовано более 600 человек из Мурманской области. По результатам обследования было отобрано 577 человек, которые были сгруппированы в три возрастные группы: 18–35, 35–48 и старше 48. Параметры гемодинамики оценивали по частоте сердечных сокращений, артериальному и пульсовому давлению. Оценку вариабельности сердечного ритма проводили согласно стандартам, принятым Европейским обществом кардиологов и Североамериканским обществом электростимуляции и электрофизиологии в 1996 г. *Результаты и обсуждение.* Результаты исследования показали, что с возрастом происходит ослабление вегетативного влияния на ритм сердца, отмечается усиление напряжения регуляторных механизмов и снижение функциональной активности сердца. Гендерный анализ гемодинамических характеристик показал, что у мужчин, по сравнению с женщинами, независимо от возраста наблюдается повышенный тонус периферических сосудов. Выделены типы вегетативной регуляции для каждого возраста. Рассмотрено влияние гелиогеофизических показателей на вариабельность сердечного ритма. Было показано, что экстремальные условия Арктического региона усиливают напряжение регуляторных механизмов организма, что приводит к более раннему истощению адаптационных резервов и развитию дизадаптивных процессов за счёт дисбалансировки вегетативной регуляции.

Ключевые слова: гемодинамика, вариабельность сердечного ритма, высокие широты, геомагнитная активность

Abstract. *Aim.* The aim of the study is to assess hemodynamics and heart rate variability in the high latitudes of the Euro-Arctic region. *Materials and methods.* Total 600 people surveyed in the Murmansk region was examined. According to the results of the study 577 people were selected which were grouped into three age groups: 18–35, 35–48 and older than 48 years. Parameters of hemodynamics were evaluated according to heart rate, arterial and pulse pressure. The assessment of heart rate variability was performed according to the standards adopted by the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology in 1996. *Results and discussion.* The results of the study showed that the vegetative influence on the heart rhythm decreases, there is an increase in the tension of regulatory mechanisms and a decrease in the functional activity of the heart with age. Gender analysis of hemodynamic characteristics showed that in men compared with women regardless of age there is an increased tone of peripheral vessels. The prevailing type of vegetative regulation for each age was determined. The influence of heliogeophysical indices on the variability of the heart rhythm is considered. It was shown that the extreme conditions of the Arctic region strengthen the tension of the body's regulatory mechanisms which leads to an earlier depletion of adaptive reserves and the development of disadaptive processes due to the disbalance of vegetative regulation.

Keywords: hemodynamics, heart rate variability, high latitudes, geomagnetic activity

Конфликт интересов отсутствует.

There is no conflict of interest.

Контактная информация автора, ответственного за переписку:

Мартынова Алла Александровна
martynovaalla@yandex.ru

Contact information of the author responsible for correspondence:

Alla A. Martynova
martynovaalla@yandex.ru

Дата поступления 02.04.2018

Received 02.04.2018

Образец цитирования:

Мартынова А.А., Михайлов Р.Е., Пряничников С.В. Вариабельность сердечного ритма и гемодинамика жителей высоких широт Евро-Арктического региона. Вестник уральской медицинской академической науки. 2018, Том 15, №2, с. 197–204, DOI: 10.22138/2500-0918-2018-15-2-197-204

For citation:

Martynova A.A., Mikhailov R.E., Prjanichnikov S.V. Heart Rate Variability and Hemodynamics of Population High Latitudes of Euro-Arctic Region. Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki. = Journal of Ural Medical Academic Science. 2018, Vol. 15, no. 2, pp. 197–204. DOI: 10.22138/2500-0918-2018-15-2-197-204 (In Russ)

Введение

Евро-Арктический регион относится к области высоких широт, где высокоширотный вклад в заболеваемость населения обусловлен, прежде всего, высокой степенью изменчивости физической среды, связанной со строением магнитосферы Земли в области овала полярных сияний [1, 2]. Высокоширотное воздействие гелиогеофизических факторов и климатогеографических условий находит отражение в динамике функционального состояния организма человека, включая особенности липидного обмена, функций внешнего дыхания, эндокринной, иммунной, нервной и сердечно-сосудистой систем [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. Ведущими физиологическими системами в условиях адаптации являются вегетативная нервная система (ВНС), обеспечивающая модуляторно-регуляторный контроль висцеральных систем, и система кровообращения [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]. Ответная реакция организма на резкие изменения внешней среды часто приводит к повышению влияния центрального контура регуляции на сердечный ритм (СР) и показатели системной гемодинамики. Способность автономной нервной системы (АНС) мгновенно реагировать на изменение внешних условий позволяет оценивать функциональное состояние организма и его адаптационные возможности, где симпатическая НС отвечает за реагирование на воздействия внешних раздражителей, а парасимпатическая — за восстановление утраченных функциональных резервов [19, 20]. Преобладание влияния парасимпатической нервной системы можно считать критерием эффективности адаптации, отражающим интегральный результат приспособления организма [21, 22]. С учётом вышесказанного представляет несомненный интерес оценка сердечного ритма и функционального состояния организма разновозрастных групп населения, проживающих в условиях высоких широт Евро-Арктического региона.

Решение этой проблемы позволит определить ре-

гиональные особенности сердечного ритма, выявить наиболее уязвимые возрастные группы жителей Мурманской области и будет способствовать разработке стратегии повышения качества и продолжительности жизни трудоспособного населения Арктического региона.

Целью исследования было рассмотреть особенности регуляции сердечного ритма и гемодинамики и оценить вклад гелиогеофизических факторов в работу сердечного ритма населения Мурманской области.

Материалы и методы

Объектом исследования являлось население Мурманской области: Мурманского, Ловозерского, и Апатитско-Кировского районов. Было обследовано более 600 человек, в группу анализа вариабельности сердечного ритма и гемодинамики вошли участники без нарушений и патологий сердечно-сосудистой системы (ССС), всего 577 человек, в том числе: 327 мужчин и 250 женщин от 19 до 66 лет. По возрасту все обследуемые были разделены на три возрастные группы: первая — 18–35 лет (173 человека/ср. возраст $27,9 \pm 0,4$), вторая — 35–48 лет ($151/39,3 \pm 0,3$) и третья — старше 48 ($253/57,0 \pm 0,4$), соответственно. Все обследуемые были ознакомлены с целью и условиями исследования и дали свое письменное согласие на участие.

Параметры системной гемодинамики оценивали по частоте сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин.), систолическому (САД, мм. рт. ст.) и диастолическому (ДАД, мм. рт. ст.) артериальному давлению, пульсовому давлению (ПД, мм. рт. ст.). Артериальное давление и ЧСС измеряли в положении сидя после 5-ти минутной преадаптации в спокойном состоянии, при помощи механического тонометра «Адютор ИАД-01-1» (Россия). Пульсовое давление рассчитывали по формуле $ПД = САД - ДАД$ (мм.рт.ст.), состояние сердечно-сосудистой системы оценивали по «коэффициенту

экономизации кровообращения $K=(\text{САД}-\text{ДАД})/\text{ЧСС}$, минутный объем крови (МОК, мл/мин) рассчитывали по формуле Стара [23].

Оценку ВСР проводили с использованием программно-аппаратного комплекса «Омега-М» («Динамика», СПб) согласно стандартам, принятым Европейским обществом кардиологов и Североамериканским обществом электростимуляции и электрофизиологии в 1996 г. [24]. Для этого в состоянии покоя в положении лежа регистрировали не менее 500 циклов ЭКГ по I отведению. Для оценки ВСР использовали показатели: R-R (ms) — средний RR-интервал, SDNN (ms) — стандартное отклонение NN-интервалов; RMSSD (ms) — квадратный корень из средней суммы квадратов разностей последовательных RR-интервалов; A_{m0} — амплитуда моды, $pNN50$ — отношение NN-интервалов, которые отличаются друг от друга более, чем на 50 мсек, с общим числом NN-интервалов; CV — коэффициент вариации. Спектральный анализ осуществлялся при помощи быстрого преобразования Фурье с расчетом спектральной плотности мощности (ms^2) по следующим частотным диапазонам: высоких частот (High Frequency – HF) — 0,15–0,4 Гц (ms^2), низких частот (Low Frequency – LF) — 0,04–0,15 Гц, очень низких частот (Very Low Frequency – VLF) — 0,0033–0,04 Гц и общей мощности спектра (TP, ms^2). Кроме того, использовали показатели вкладов относительной мощности волн: HF%, LF% и VLF%, оценивали LF/HF – индекс вагосимпатического взаимодействия, SI (y.e.) — индекс напряжения регуляторных систем. В качестве дополнительных индикаторов психофизиологического состояния организма были взяты: ИВР — индекс вегетативного равновесия, ВПР — вегетативный показатель ритма и ПАПР — показатель адекватности процессов регуляции, отражающий соответствие между активностью симпатического отдела ВНС и ведущим уровнем функционирования СА-узла.

Статистический анализ проводили с использованием программного пакета программ Microsoft Excel 7 и Statistica 6.0. В связи с отличием выборок от нормального распределения определяли медиану (Me) и значения, соответствующие критическим (25% и 75%) перцентилям. Для сопоставления полученных результатов с литературными данными, вычисляли среднюю арифметическую величину (M), её ошибку (m). Для сравнения независимых выборок использовали непараметрический критерий Mann-Whitney U, где U — медиана возможных разностей между элементами одной и второй выборки, p — уровень значимости различий, который в данной работе принимали при $p < 0,050$. При значении U меньше табличного или равно ему признается статистическая значимость различий между уровнями признака в рассматриваемых выборках. Достоверность различий тем выше, чем

меньше значение U.

Результаты и обсуждение

Анализ показателей системной гемодинамики (ЧСС, САД, ДАД, ПД, МОК) в состоянии покоя во всех возрастных группах был в пределах возрастной нормы (табл. 1). С возрастом отмечается усиление напряжения регуляторных механизмов и снижение функциональной активности сердца, проявляющееся в увеличении длительности систолы, ее периодов и фаз, уменьшении продолжительности диастолы, снижении частоты сердечных сокращений и в повышении артериального давления. Однако увеличение коэффициента экономизации кровообращения (K) больше 2600 предполагает наличие затруднений в работе сердечно-сосудистой системы у всех обследуемых жителей высоких широт арктической зоны независимо от возраста. Гендерный анализ гемодинамических характеристик показал, что у мужчин, по сравнению с женщинами, независимо от возраста наблюдается повышенный тонус периферических сосудов, проявляющийся в более высоком артериальном давлении ($p=0,010$) и коэффициенте экономизации кровообращения ($p=0,001$).

По результатам оценки variability сердечного ритма отмечено, что с возрастом происходит ослабление вегетативного влияния на ритм сердца, проявляющееся в снижении временных и спектральных показателей ВСР на фоне уменьшения ЧСС (табл. 2). Во всех группах преобладает моделирующее гуморально-метаболическое воздействие над симпато-парасимпатическим, так как вклад очень низкочастотных колебаний (VLF, %) в общую мощность спектра (TP) составляет от 40 до 60%, в то время, как у высокочастотных колебаний (HF, %) не превышает 15 %. Наибольший вклад в регуляцию сердечного ритма вносит симпатический отдел вегетативной нервной системы (ВНС). Изменение вклада симпато-адреналовой активности (LF/HF) в модуляцию сердечного ритма также свидетельствует о преобладании симпатической регуляции. Соотношение между активностью симпатического и парасимпатического отделов, отражающееся в ИВР, тоже свидетельствует о преобладании симпатического тонуса, но при физиологическом ВПР.

Таким образом, с возрастом усиливаются нарушения барорефлекторной регуляции, снижается чувствительность синусового узла сердца к вегетативным влияниям. Отмечается истощение вегетативной регуляции миокарда на фоне увеличения нагрузки на систему кровообращения, что создает предпосылки для ухудшения коронарного кровоснабжения и развития аритмий [25, 26].

Установлены также гендерные различия отдельных характеристик variability сердечного ритма

ма. У мужчин в возрасте 18–35 лет (1 группа) отмечается более высокая мощность общего спектра (TP) по сравнению с женщинами ($p=0,048$). Достоверно увеличение мощности (LF, ms²) и вклада медленных волн первого порядка (LF, %) в общий спектр мощности (TP) и увеличение симпатoadrenalовой активности (LF/HF). Это служит свидетельством того, что у мужчин в возрасте 18–35 лет на Севере в регуляции СР преобладает влияние симпатического звена автономной нервной системы (АНС). С возрастом (2 группа) у мужчин отмечается снижение общего спектра мощности (TP) по сравнению с женщинами. Достоверно снижается вклад дыхательных волн (HF,

%, $p=0,023$) и усиливается влияние очень медленных VLF, %, ($p=0,015$), что указывает на повышение активности гуморального звена и напряженности регуляторных механизмов. Усиление влияния симпатoadrenalовой системы и снижение активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы влияют на развитие общего адаптационного синдрома и структурную перестройку миокарда, что обуславливает рост электрической нестабильности миокарда и, как следствие, развитие жизнеугрожающих нарушений ритма сердца [27]. В возрастной группе старше 48 лет (3 группа) достоверные различия по гендерному признаку отсутствуют.

Таблица 1
Показатели системной гемодинамики жителей Мурманской области
Table 1
Indicators of systemic hemodynamics of the population of the Murmansk region

Показатели / indicators	Me			25%-75%		
	1 (n-173)	2 (n-151)	3 (n-253)	1	2	3
САД / SYS	120,0* ³	124,0* ²	130,0* ^{2.*3}	110,0-121,0	120,0-130,0	120,0-140,0
ДАД / DIA	79,0* ³	81,3	86,5* ³	73,0-85,0	80,0-90,0	80,0-94,5
ПД / pulse pressure	39,0	40,0	41,0	37,0-40,0	37,0-42,0	38,0-49,5
K / coefficient of circulatory blood	3120,0	3128,0	3322,5	2760,0-3648,0	2760,0-3600,0	2863,5-4061,0
МОК / minute volume of blood	3073,5	3173,5	3258,1	2723,5-3598,2	2709,9-3546,0	2772,8-3994,7
ЧСС / heart rate	80,0* ³	77,0	75,0* ³	73,0-88,0	70,0-87,0	69,0-84,0
RRNN	744,5* ³	777,6	783,9* ³	677,7-820,8	687,0-841,4	707,2-866,4

Примечание. Значимость различий (по тесту Манна–Уитни) между группами: *¹ — 1 и 2; *² — 2 и 3 возраст; *³ — 1 и 3
Note. The significance of the differences (Mann–Whitney test) between the groups: *¹ — 1 and 2; *² — 2 and 3; *³ — 1 and 3

Таблица 2
Вариабельность сердечного ритма жителей Мурманской области
Table 2
Heart rate variability of the population of the Murmansk region

Показатели / indicators	Me			25%-75%		
	1	2	3	1	2	3
RRNN	744,6	777,6	777,9	677,7-820,8	687,0-841,4	707,2-866,4
Amo	36,2* ^{1.*3}	43,1* ^{1.*2}	48,8* ^{2.*3}	28,2-45,1	33,1-51,9	42,2-58,3
CV	5,7* ^{1.*3}	4,4* ^{1.*2}	3,5* ^{2.*3}	4,6-7,1	3,6-5,7	2,8-4,5
SDNN, ms	41,8* ^{1.*3}	34,0* ^{1.*2}	28,0* ^{2.*3}	33,7-55,5	25,9-46,0	20,8-34,5
pNN50	5,8* ^{1.*3}	1,4* ^{1.*2}	0,3* ^{2.*3}	1,4-18,2	0,0-6,9	0,0-2,3
RMSSD, ms	28,2* ^{1.*3}	20,5* ^{1.*3}	14,5* ^{2.*3}	18,8-43,1	11,7-29,4	10,0-21,5
HF, ms ²	226,1* ^{1.*3}	105,3* ^{1.*2}	54,6* ^{2.*3}	106,3-480,5	32,0-276,4	24,3-138,4
LF, ms ²	615,1* ^{1.*3}	370,6* ^{1.*2}	181,2* ^{2.*3}	376,1-1028,5	200,7-704,6	94,1-343,0
VLF, ms ²	668,3* ^{1.*3}	483,5* ^{1.*2}	365,7* ^{2.*3}	441,1-1121,0	271,4-834,7	192,7-588,7
TP, ms ²	1572,3* ^{1.*3}	1047,1* ^{1.*2}	676,4* ^{2.*3}	1033,4-2819,3	609,7-1974,9	362,9-1075,0
LF/HF	2,8* ^{1.*3}	3,9	3,7	1,6-4,9	1,8-8,0	1,8-6,3
HF %	14,2* ^{1.*3}	9,9* ¹	8,2* ¹	7,8-22,8	4,9-17,2	4,9-15,1
LF %	37,2* ³	35,7* ²	28,8* ^{2.*3}	27,8-48,2	25,5-46,6	20,6-38,9
VLF %	42,2* ^{1.*3}	49,3* ^{1.*2}	58,8* ^{2.*3}	31,5-55,6	39,0-60,9	46,9-69,8
SI, y.e.	122,9* ^{1.*3}	157,8* ^{1.*2}	223,8* ^{2.*3}	68,8-184,5	89,9-280,4	150,6-369,9
ИВП/the index of vegetative equilibrium	177,0* ^{1.*3}	248,4* ^{1.*2}	339,2* ^{2.*3}	1067,0-245,9	143,1-377,8	234,1-517,8
ВВП/vegetative index of rhythm	0,3	0,2	0,2	0,3-0,4	0,2-0,3	0,2-0,2
ПАПР/an indicator of the adequacy of regulatory processes	50,7	56,7	64,4	36,6-67,0	41,4-77,8	51,0-83,6

Примечание. Значимость различий (Манна–Уитни) между группами: *¹ — 1 и 2; *² — 2 и 3 возраст; *³ — 1 и 3
Note. The significance of the differences (Mann–Whitney test) between the groups: *¹ — 1 and 2; *² — 2 and 3; *³ — 1 and 3

Оценку вегетативного статуса проводили по А.М. Вейну, не разделяя по гендерной принадлежности, всего было выделено 4 типа: I тип — выраженная симпатотония; II — умеренная симпатотония; III — эйтония; IV — умеренная ваготония. Пятого типа — выраженная ваготония, выделено не было. С возрастом отмечается увеличение процента людей с умеренной и выраженной симпатотонией (рис. 1). Избыточное включение симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) в состоянии покоя у исследуемых с выраженной симпатотонией может служить донозологической основой для развития дизадаптации.

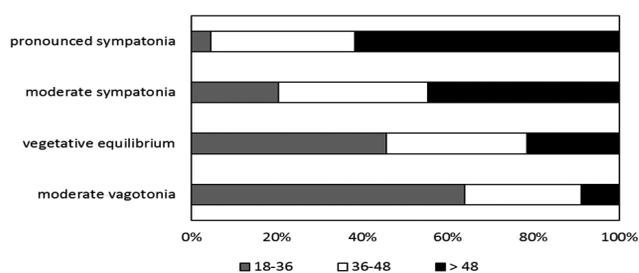


Рис. 1. Распределение типов сердечной регуляции по возрасту

Fig. 1 Distribution of types of cardiac regulation by age

Было установлено, что у лиц с I типом регуляции (выраженная симпатотония) с возрастом достоверно изменяются только показатели системной гемодинамики, увеличиваются САД, ДАД и снижается ЧСС ($p < 0,050$), возможно, это связано с маленьким числом выборки по возрастам и требует дальнейшего исследования. Во второй группе (умеренная симпатотония) достоверные различия отмечаются между 1 и 2 группой по показателям системной гемодинамики САД, ДАД и ЧСС ($p < 0,050$). Между группами 2 и 3, помимо увеличения артериального давления и снижения ЧСС, с возрастом усиливается влияние симпатической НС, проявляющейся в снижении общего спектра мощности (TP), увеличении вклада очень медленных волн (VLF, %) и снижении вазомоторных волн (LF, %). В группе III (эйтония) сильнее всего выражено возрастное влияние на вариабельность сердечного ритма. Отмечается достоверное снижение временных (SDNN, pNN50, RMSSD) и спектральных характеристик (TP, HF, LF и VLF, ms^2). В группе IV (умеренная ваготония) достоверные различия отмечаются только по показателям системной гемодинамики, возможно, это связано с недостаточной выборкой и требует дальнейшего изучения. Можно предположить, что сильнее всего возрастные изменения влияют на показатели вариабельности сердечного ритма (BCP) у людей с III типом вегетативной регуляции — эйготоники (нормотоники). Сильное смещение в сторону усиления влияния симпатической или парасимпатической системы

снижает возрастное влияние на показатели ВСП, особенно временные. Но из-за небольшой выборки данное предположение требует дальнейшего изучения.

Сравнительный анализ средних значений показателей ВСП жителей Мурманской области с литературными данными по г. Санкт-Петербургу [28] показал, что у жителей Мурманской области достоверно ниже общий спектр мощности (TP, ms^2) и его составляющих (HF и LF, ms^2) независимо от возраста. Отмечается активация более высоких уровней регуляции, вследствие чего происходит подавление активности низлежащих центров, приводящее к энергодефициту и срыву адаптационных процессов у лиц, проживающих в Арктической зоне.

Анализ экспериментальных данных, полученных при мониторинге ВСП у волонтеров в период, характеризующийся высокой геомагнитной активностью (ГМА), выявил связь между индексами ГМА и волновой структурой сердечного ритма. Было отмечено снижение мощности дыхательных и медленных волн первого порядка (HF, LF), а также общего спектра мощности (TP) при возрастании ГМА. Возрастание индексов АЕ, ар, РС и локальных индексов ГМА (К и Ак-индекса) приводит, наоборот, к снижению абсолютной мощности спектра (TP) и его компонентов HF, LF ($p < 0,05$). При возрастании ГМА отмечается снижение вклада высокочастотной, дыхательной компоненты (HF, %) и возрастание вклада медленных волн 1-го порядка (LF, %) в суммарный спектр мощности, что свидетельствует об изменении сосудистой регуляции и усилении влияния нейрогуморального влияния на сердечный ритм [29]. В своей статье [30] авторы отмечают, что увеличение интенсивности солнечного ветра коррелировало с увеличением частоты сердечных сокращений, а возрастание космических лучей, солнечного радиопотока и резонанса Шумана влияло на показатели ВСП. Это может косвенно свидетельствовать о влиянии более высокой нагрузки факторов внешней среды на организм. В результате чего отмечается активация более высоких уровней регуляции, приводящая к энергодефициту и срыву адаптационных процессов.

Таким образом, можно предположить, что экстремальные условия Арктического региона усиливают напряжение регуляторных механизмов организма, что приводит к более раннему истощению адаптационных резервов и развитию дизадаптивных процессов за счёт дисбалансировки вегетативной регуляции. Одним из факторов, влияющих на снижение адаптационного потенциала, являются гелиогеофизические агенты, способствующие нарастанию «усталости» системы кровообращения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов В.Н., Виноградова И.А., Букалев А.В., Борисенков М.Ф., Попович И.Г., Забежинский М.А. Панченко А.В., Тындык М.Л., Юрова М.Н. Световой десенхроз и риск злокачественных новообразований у человека: состояние проблемы // Вопросы онкологии. 2013. Т59. №3. – С. 302-313;
2. Белишева Н.К. Вклад высокоширотных гелиогеофизических агентов в заболеваемость населения Евро-Арктического региона // Вест. Урал. мед. академ. Науки. Екатеринбург. 2014. №2 (48). – С. 5-11
3. Khorseva N. Using psychophysiological indices to estimate the effect of cosmophysical factors (Review). *Izvestiya Atmospheric and Oceanic Physics*. (2013). Volume 49. Issue 8. pp. 839–852. DOI: L10.1134/S0001433813080033;
4. McCraty R., Atkinson M., Stolc V., A. Alabdulgader A., Vainoras A., Ragulskis M. Synchronization of human autonomic nervous system rhythms with geomagnetic activity in human subjects, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2017. 14(7). 770. DOI: 10.3390/ijerph14070770
5. Гудков А.Б., Лукманова Н.Б., Раменская Е.Б. Человек в приполярном регионе Европейского Севера: экологофизиологические аспекты. Архангельск: ИПЦ САФУ. 2013. – 184 с.
6. Кривошёков С.Г., Белишева Н.К., Николаева Е.И., Вергунов Е.Г., Мартынова А.А., Ельникова О.Е., Пряничников С.В., Ануфриев Г.Н., Балиоз Н.В. Концепция аллостаза и адаптация человека на севере // Экология человека. Архангельск. 2016. № 7. – С. 17-25
7. Ким Л. Б. Состояние внешнего дыхания у жителей Крайнего Севера в зависимости от возраста и полярного стажа // Бюллетень СО РАМН. 2010. Т. 30. № 3. – С. 18–23.
8. Хаснулин В.И., Хаснулина А.В. Устойчивость к психоэмоциональному стрессу на Севере в зависимости от импринтированного типа адаптивного реагирования // Экология человека. 2013. № 1. – С. 8-13.
9. Белишева Н.К., Мартынова А.А., Пряничников С.В., Соловьевская Н.Л., Михайлов Р.Е. Возрастные особенности variability сердечного ритма у детей дошкольного возраста, проживающих в условиях Арктического региона // Физиология человека. Москва. 2016. Т 42. № 2. – С. 49–62
10. Шишкин Г.С., Устюжанинова. Н.В. Функциональные состояния внешнего дыхания здорового человека. Новосибирск. Изд-во СО РАН. 2012. - 329 с.
11. Hasnulin V. I. Geophysical perturbations as the main cause of northern human stress, *Alaska Med.*2007. Vol. 49 (2 Suppl.). pp. 237–244.
12. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М.: Медицина. 1979. - 324 с.
13. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М.: Наука. 1984. - 221 с.

REFERENCES

1. Anisimov V.N., Vinogradova I.A., Bukalev A.V., Borisenkov M.F., Popovich I.G., Zabezhinskij M.A. Panchenko A.V., Tyndyk M.L., Jurova M.N. Svetovoj desenhroz i risk zlokachestvennyh novoobrazovanij u cheloveka: sostojanie problemy. *Voprosy onkologii*. –2013. T59. №3. – S. 302-313 (In Russ.)
2. Belisheva N.K. Vklad vysokoshirotnyh geliogeofizicheskikh agentov v zaboлеваemost' naselenija Evro-Arkticheskogo regiona. *Vest. Ural' med. akadem. nauki*. – Ekaterinburg. 2014. №2 (48). – S. 5-11 (In Russ.)
3. Khorseva N. Using psychophysiological indices to estimate the effect of cosmophysical factors (Review). *Izvestiya Atmospheric and Oceanic Physics*. (2013). Volume 49. Issue 8. pp. 839–852. DOI: L10.1134/S0001433813080033;
4. McCraty R., Atkinson M., Stolc V., A. Alabdulgader A., Vainoras A., Ragulskis M. Synchronization of human autonomic nervous system rhythms with geomagnetic activity in human subjects, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2017. 14(7). 770. DOI: 10.3390/ijerph14070770
5. Gudkov A.B., Lukmanova N.B., Ramenskaja E.B. Chelovek v pripoljarnom regione Evropejskogo Severa: jekologofiziologicheskie aspekty. Arhangel'sk: IPC SAFU. – 2013. – 184 s. (In Russ.)
6. Krivoshhjokov S.G., Belisheva N.K., Nikolaeva E.I., Vergunov E.G., Martynova A.A., El'nikova O.E., Prjanichnikov S.V., Anufriev G.N., Balioz N.V. Konceptcija allostaza i adaptacija cheloveka na severe. *Jekologija cheloveka*. – Arhangel'sk. 2016, № 7. – S. 17-25 (In Russ.)
7. Kim L. B. Sostojanie vneshnego dyhanija u zhitelej Krajnego Severa v zavisimosti ot vozrasta i poljarnogo stazha. *Bjulleten' SO RAMN*. – 2010. T. 30. № 3. – S. 18–23. (In Russ.)
8. Hasnulin V.I., Hasnulina A.V. Ustojchivost' k psihojemocional'nomu stressu na Severe v zavisimosti ot imprintirovannogo tipa adaptivnogo reagirovanija. *Jekologija cheloveka*. – 2013. № 1. – S. 8-13. (In Russ.)
9. Belisheva N.K., Martynova A.A., Prjanichnikov S.V., Solov'evskaja N.L., Mihajlov R.E. Vozrastnye osobennosti variabel'nosti serdechnogo ritma u detej doshkol'nogo vozrasta, prozhivajushhh v uslovijah Arkticheskogo regiona. *Fiziologija cheloveka*. – Moskva. 2016. T 42. № 2. – S. 49–62 (In Russ.)
10. Shishkin G.S. Ustjuzhaninova., N.V. Funkcional'nye sostojanija vneshnego dyhanija zdorovogo cheloveka. *Novosibirsk, Izd-vo SO RAN*, 2012, 329 s. V.P. Kaznacheev. *Mehanizmy adaptacii cheloveka v uslovijah vysokih shirot*. L.: Medicina, 1980. 200 s. (In Russ.)
11. Hasnulin V. I. Geophysical perturbations as the main cause of northern human stress, *Alaska Med.*2007. Vol. 49 (2 Suppl.). pp. 237–244.
12. Baevskij R.M. Prognozirovanie sostojanij na grani normy i patologii. - M.: Medicina, 1979. - 324 s. (In Russ.)

14. Бреслав И.С. Паттерны дыхания. Физиология, экстремальные состояния, патология. Л.: Наука. 1984. - 205 с.
15. Ноздрачев А.Д. Физиология вегетативной нервной системы. Л.: Медицина. 1983. - 295 с.
16. Пушкарев Ю.П., Артеменков А.А., Герасимов А.П. и др. Становление системных механизмов адаптации в онтогенезе // Оптимизация функций сердца и мозга немедикаментозными методами: Материалы симпозиума с международным участием. - Тамбов: ТГУ. 2000. - с. 102-103.
17. Рожков В.П., Белишева Н.К., Мартынова А.А., Сорoko С.И. Психофизиологические и кардиогемодинамические эффекты гелиогеомагнитных и метеорологических факторов у человека в условиях Заполярья // Физ. Человека. Москва. 2014.Т. 40. № 4. – С. 51–64.
18. Adji A., O'Rourke MF., Namasivayam M. Arterial stiffness, its assessment, prognostic value, and implications for treatment. *Am J Hypertens.* 2011 Jan; 24(1), pp. 5-17. DOI: 10.1038/ajh.2010.192.
19. Меркулов М.В., Голубев И.О., Крупаткин А.И. Влияние симпатэктомии на регенерацию периферических нервов после аутонейропластики у человека // Физиология человека. 2015. Т. 41. № 2. – С. 91-97.
20. Баевский Р.М., Берсенева А.П., Лучицкая Е.С., Сlepченкова И.Н., Черникова А.Г. Оценка уровня здоровья при исследовании практически здоровых людей. М.: Слово. 2009. – 100 с
21. Николаева Е.И., Вергунов Е.Г., Ельникова О.Е. Модель устойчивой адаптации хронически больных людей с использованием вариабельности кардиоритма // Современные проблемы науки и образования. Пенза: 2015. № 1. – С. 1580–1580.
22. Riftine A. Method for Quantitative assessment of the Autonomic Nervous System based on Heart Rate Variability analysis. Patent: US 7.826892 B2. Date: November 2. 2010.
23. Яхонтов С.В., Ласукова Т.Ф. Физиология. Методы оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы: методическое пособие. Томск, Изд: Томский гос. Университет. 2007г. – 38с.
24. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. *Circulation.* 1996. V. 93. pp. 1043-1065
25. Jouven X., Empana J.P., Schwartz P.J. et al. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med* 2005, 352(19): 1951-8. DOI: 10.1056/NEJMoa043012;
26. Carney R.M., Blumenthal J.A., Freedland K.E. et al. Low heart rate variability and the effect of depression on post-myocardial infarction mortality. *Arch Intern Med* 200. 165(13): 1486-91. DOI: 10.1001/archinte.165.13.1486
13. Baevskij R.M., Kirillov O.I., Kleckin S.M. Matematicheskij analiz izmenenij serdechnogo ritma pri stresse. - М.: Nauka, 1984. - 221 s. (In Russ.)
14. Breslav I.S. Patterny dyhanija. Fiziologija, jekstremal'nye sostojanija, patologija. - L.: Nauka, 1984. - 205 s. (InRuss.)
15. Nozdrachev A.D. Fiziologija vegetativnoj nervnoj sistemy. - L.: Medicina, 1983. - 295 s. (In Russ.)
16. Pushkarev Ju.P., Artemenkov A.A., Gerasimov A.P. i dr. Stanovlenie sistemnyh mehanizmov adaptacii v ontogeneze. Optimizacija funkcij serdca i mozga nemedikamentoznymi metodami: Materialy simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem. - Tambov: TGU, 2000, с. 102-103. (InRuss.)
17. Rozhkov V.P., Belisheva N.K., Martynova A.A., Soroko S.I. Psihofiziologicheskie i kardiogemodinamicheskie jeffekty geliogeomagnitnyh i meteorologicheskikh faktorov u cheloveka v uslovijah Zapoljar'ja. *Fiz. Cheloveka.* – Moskva. 2014.Т. 40. № 4. – S. 51–64 (In Russ.)
18. Adji A., O'Rourke MF., Namasivayam M. Arterial stiffness, its assessment, prognostic value, and implications for treatment. *Am J Hypertens.* 2011 Jan; 24(1), pp. 5-17. DOI: 10.1038/ajh.2010.192.
19. Merkulov M. V., Golubev I. O., Krupatkin A. I. Vlijanie simpatjektomii na regeneraciju perifericheskikh nervov posle autonejroplastiki u cheloveka. *Fiziologija cheloveka.* – 2015. Т. 41. № 2. – S. 91. (In Russ.)
20. Baevskij R. M., Berseneva A. P., Luchickaja E. S., Slepchenkova I. N., Chernikova A. G. Ocenka urovnja zdorov'ja pri issledovanii prakticheski zdorovyh ljudej. – М.: Slovo. 2009. – 100 s (InRuss.)
21. Nikolaeva E. I., Vergunov E. G., El'nikova O. E. Model' ustojchivoj adaptacii hronicheskii bol'nyh ljudej s ispol'zovaniem variabel'nosti kardioritma. *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija.* – Penza: 2015. № 1. – S. 1580–1580. (In Russ.)
22. Riftine A. Method for Quantitative assessment of the Autonomic Nervous System based on Heart Rate Variability analysis. Patent: US 7.826892 B2. Date: November 2. 2010.
23. Jahontov S.V., Lasukova T.F. Fiziologija. Metody ocenki funkcional'nogo sostojanija serdechno-sosudistoj sistemy: metodicheskoe posobie. Tomsk, Izd: Tomskij gos. Universitet, 2007g. – 38s. (In Russ.)
24. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. *Circulation.* 1996. V. 93. pp. 1043-1065
25. Jouven X., Empana J.P., Schwartz P.J. et al. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med* 2005, 352(19): 1951-8. DOI: 10.1056/NEJMoa043012;
26. Carney R.M., Blumenthal J.A., Freedland K.E. et al. Low heart rate variability and the effect of

27. Ахмедова Э.Б., Марданов Б.У., Мамедов М.Н. Определение нарушений вегетативной нервной системы в кардиологической практике: фокус на анализ вариабельности сердечного ритма // Рациональная фармакотерапия в кардиологии 2015;11(4) – С. 426-430
28. Бойцов, С. А., Белозерцева, И. В., Кучмин, А. Н., Захарова, И. М., Княжева, Т. Ю., Черкашин, Д. В., Карпенко, М. А. Возрастные особенности изменения показателей вариабельности сердечного ритма у практически здоровых лиц // Вестник аритмологии № 26. 2002. - С. 57-60
29. Мартынова А.А., Пряничников С.В. Возможный вклад гелиогеофизических факторов в спектральную составляющую сердечного ритма жителей Арктической зоны // Труды Ферсмановской научной сессии. г. Апатиты. 2017. № 14. – С. 474-477
30. Alabdulgader, A; McCraty, R; Atkinson, M; Atkinson, M; Dobyns, Y ; Vainoras, A ; Ragulskis, M ; Stolc, V. Long-Term Study of Heart Rate Variability Responses to Changes in the Solar and Geomagnetic Environment *Scientific reports* (2018) 8:2663. DOI: 10.1038/s41598-018-20932-x – pp. 4-14
27. Ahmedova Je.B., Mardanov B.U., Mamedov M.N. Opredelenie narushenij vegetativnoj nervnoj sistemy v kardiologicheskoj praktike: fokus na analiz variabel'nosti serdechnogo ritma. *Racional'naja farmakoterapija v kardiologii* 2015;11(4) – S. 426-430 (In Russ.)
28. Bojcov, S. A., Belozerceva, I. V., Kuchmin, A. N., Zaharova, I. M., Knjazheva, T. Ju., Cherkashin, D. V., Karpenko, M. A. Vozrastnye osobennosti izmenenija pokazatelej variabel'nosti serdechnogo ritma u prakticheski zdorovyh lic. *Vestnik aritmologii* № 26, 2002, str. 57-60 (In Russ.)
29. Martynova A.A., Prjanichnikov S.V. Vozmozhnyj vklad geliogeofizicheskikh faktorov v spektral'nuju sostavljajushhuju serdechnogo ritma zhitelej Arkticheskoj zony. *Trudy Fersmanovskoj nauchnoj sessii. - g. Apatity. – 2017. № 14– S. 474-477 (In Russ.)*
30. Alabdulgader, A; McCraty, R; Atkinson, M; Atkinson, M; Dobyns, Y ; Vainoras, A ; Ragulskis, M ; Stolc, V. Long-Term Study of Heart Rate Variability Responses to Changes in the Solar and Geomagnetic Environment *Scientific reports* (2018) 8:2663. DOI: 10.1038/s41598-018-20932-x – pp. 4-14

Авторы

Мартынова Алла Александровна
К.б.н., старший научный сотрудник
Martynovaalla@yandex.ru

Михайлов Роман Егорович
Младший научный сотрудник
Rem1987@mail.ru

Пряничников Сергей Васильевич
Инженер-исследователь
prjanik.75@mail.ru

Научно-исследовательский центр медико-биологических проблем адаптации человека в Арктике Филиал Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук (НИЦ МБП КНЦ РАН) Российская Федерация, 184209, г. Апатиты, Мурманская обл., ул. Ферсмана 41а

Authors

Alla A. Martynova
Cand. Sci. (Biol.), Senior Scientific Researcher
martynovaalla@yandex.ru .

Roman E. Mikhailov
Junior Researcher
Rem1987@mail.ru

Sergej V. Prjanichnikov
Engineer-Researcher
prjanik.75@mail.ru

Research Centre for Human Adaptation in the Arctic Branch of the Federal Research Centre “Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences (RCHAA KSC RAS) Russian Federation, 184209, Apatity, Murmanskaja Rgion, Fersmana str., 41a