

УДК 612.13 + 612.172.2

DOI: 10.33396/1728-0869-2021-1-22-31

ОСОБЕННОСТИ ГЕМОДИНАМИКИ И ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЮНОШЕЙ-ЕВРОПЕОИДОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АКТИВНОЙ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ПРОБЫ. СООБЩЕНИЕ 1

© 2021 г. ^{1,2}А. Л. Максимов, ¹И. В. Аверьянова¹ФГБУН «Научно-исследовательский центр “Арктика” Дальневосточного отделения РАН», г. Магадан;²ФГБУН «Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения РАН», г. Сыктывкар

Цель исследования – изучение перестроек показателей гемодинамики и вариабельности кардиоритма в ответ на активную ортостатическую пробу (АОП) как показателей уровня аллостатической нагрузки у юношей-европеоидов на Крайнем Севере России.

Методы: изучены перестройки показателей кардиогемодинамики с помощью прибора «Варикард» и автоматического тонометра в ответ на АОП у 172 практически здоровых юношей-уроженцев Крайнего Севера.

Результаты. Установлено, что у жителей приморской климатической зоны относительно сверстников из внутриконтинентальной зоны проживания при выполнении ортостаза существенным отличием было значимое повышение частоты сердечных сокращений, диастолического артериального давления, минутного объема кровообращения при снижении систолического выброса. При этом у юношей приморской зоны в процессе пробы не отмечалось изменения периферического сопротивления сосудов, тогда как у юношей внутриконтинентальной наблюдалось значимое его уменьшение, что, по всей видимости, является компенсаторной реакцией, направленной на поддержание достаточно высокого ударного объема крови как одного из механизмов, не допускающих развития вазовагального обморока на фоне неадекватной активации парасимпатического звена и снижения вклада симпатической регуляции. Выявлено, что у жителей приморской зоны отмечалось оптимальное вегетативное обеспечение гемодинамики в ответ на АОП путем снижения активности парасимпатического звена и относительного увеличения вклада симпатической регуляции. У юношей внутриконтинентальной зоны в ответ на ортостаз отмечалась тенденция к постуральной гипотензии при ваготоническом типе реактивности и уменьшении корреляционных взаимосвязей показателей кардиогемодинамики с характеристиками кардиоритма.

Вывод: у лиц внутриконтинентальной зоны в процессе выполнения ортостаза наблюдается негативный эффект синергического усиления дисрегуляторных проявлений перестроек гемодинамики, автономного и центрального контуров вегетативного обеспечения, что можно считать следствием аллостатической адаптивной нагрузки конкретной зоны проживания.

Ключевые слова: юноши Крайнего Севера, приморская и внутриконтинентальная климатогеографические зоны, показатели гемодинамики, вариабельность кардиоритма, аллостатическая нагрузка, активная ортостатическая проба

HEMODYNAMICS AND HEART RATE VARIABILITY UNDER ORTHOSTATIC CHALLENGE TEST IN YOUNG CAUCASIAN MEN: PART 1

^{1,2}A. L. Maksimov, ¹I. V. Averyanova¹Scientific Research Center “Arktika”, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (SRC “Arktika” FEB RAS), ²Institute of Physiology, Komi Science Centre, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, FRC Komi SC UB

Aim: To study hemodynamics and heart rate variability in response to an orthostatic challenge test among young Caucasian men born in the Russian Far North.

Methods: Altogether, 172 healthy young men born in the Russian Far North comprised the sample. Cardiohemodynamic parameters in response to an active orthostatic test were studied using “Varicard” device and a tonometer.

Results: A significant increase in heart rate, diastolic pressure, blood flow volume per minute, and reduction in systolic flow were observed among residents of the coastal areas as compared to the subjects from the continental areas. Young men of the coastal zone did not show any changes in the total peripheral vascular resistance during the test while the participants of the continental area showed a significant decrease in this indicator, which was most likely a compensatory reaction aimed at maintaining a sufficiently high stroke volume of blood as one of the mechanisms that proved to not allow the development of vasovagal syncope on the background of inadequate activation of the parasympathetic component and a decrease of the sympathetic regulation. It was revealed that the residents of the coastal zone demonstrated more adequate autonomic provision of hemodynamics in response to the orthostatic challenge test by reducing the activity of the parasympathetic link and the relative increase of the sympathetic regulation. The subjects of the intracontinental area tended to develop postural hypotension in response to the test, with a vagotonic type of reactivity and fewer correlations of cardiac hemodynamics with heart rate variability.

Conclusion: Our results suggest that young men from the continental area develop a negative effect of synergistic amplification of dysregulatory manifestations of hemodynamic changes, autonomous and central contours of autonomic regulation, which can be considered a consequence of the allostatic adaptive tension caused by the particular area of residence.

Key words: Young men, Arctic, Russia, hemodynamics, heart rate variability, orthostatic challenge test

Библиографическая ссылка:

Максимов А. Л., Аверьянова И. В. Особенности гемодинамики и вариабельности сердечного ритма у юношей-европеоидов при проведении активной ортостатической пробы. Сообщение 1 // Экология человека. 2021. № 1. С. 22–31.

For citing:

Maksimov A. L., Averyanova I. V. Hemodynamics and Heart Rate Variability under Orthostatic Challenge Test in Young Caucasian Men: Part 1. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 1, pp. 22-31.

Активная ортостатическая проба (АОП), являясь одним из способов воздействия на венозный возврат крови к сердцу, позволяет изучать компенсаторные гемодинамические и вегетативные сдвиги и тем самым судить о функциональных резервах и регуляторных перестройках системы кровообращения в целом [5]. Возникающее при ортостатическом воздействии напряжение сопровождается транзиторными компенсаторными сердечно-сосудистыми реакциями, при этом ответы симпатической и парасимпатической нервной системы и механизмы барорефлекса играют важную роль в поддержании функционального гомеостаза всей системы кардиогемодинамики [16]. Как было показано ранее [1, 4, 8, 9], о степени напряжения сердечно-сосудистой системы и состоянии вегетативной нервной системы в процессе жизнедеятельности и адаптации к экстремальным условиям среды достаточно детально можно судить по показателям variability сердечно ритма (ВСР). В частности, изучение ВСР при ортостатической пробе позволяет выяснить степень вклада различных звеньев вегетативной нервной системы в процессы регуляторных механизмов и количественно оценить степень общей приспособительной реакции организма (адаптационных возможностей) [3]. О степени адаптированности организма к воздействию экстремальных природно-климатических факторов принято судить по стабилизации ответов абсолютных значений отдельных показателей физиологических систем организма на действие тех или иных стандартных тестирующих нагрузок [7, 11]. Отметим, что, начиная с последних десятилетий прошлого столетия рядом западных ученых наряду с концепцией закрепления фенотипических перестроек и генного полиморфизма при адаптации человека в экстремальных условиях среды начала активно разрабатываться концепция адаптивных аллостатических нагрузок [25], позволяющая экспериментально выявлять на количественном уровне маркеры информативных изменений в организме, выходящие за пороги физиологической нормы реакции. С этих позиций эффекты аллостазии, формирующиеся на фоне экстремальных условий Крайнего Севера, можно рассматривать в качестве триггеров, запускающих в организме выработку индивидуальных стратегий и адаптационных программ. Отметим, что процесс аллостазии в отличие от гомеостазирования реализуется через изменения эндогенных характеристик, как бы подгоняя их под факторы экзогенной среды обитания [25]. В целом теория аллостаза описывает способность биологических систем к адаптации для поддержания на адекватном или даже оптимальном уровне своего потенциала витальной жизнеспособности, что является ключевым аспектом и определяет физиологические диапазоны для нормального функционирования целостного организма [22, 25]. Это понятие подчеркивает биологическую необходимость живых организмов обеспечивать свою выживаемость путем, когда он должен «варьировать показатели своей внутренней среды, сопрягая их в соответствии

с изменяющимися условиями экзогенных факторов» [25]. Отмечается, что первичными медиаторами аллостаза в основном являются вегетативная нервная система и гормоны гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, включая катехоламины и цитокины, при этом парасимпатическая нервная система играет важную регуляторную роль в нелинейной структуре сети аллостаза, демпфируя активность симпатического звена, обеспечивая более энергетически выгодную стратегию адаптационных перестроек на фоне замедления работы сердца [27]. Однако отметим, что относительное превалирование в состоянии оперативного покоя вагусной активности, как правило отражающее более широкие функциональные резервы системы кардиогемодинамики, не всегда оказывается справедливым при некоторых функциональных нагрузках с изменением положения тела в пространстве, и в частности во время выполнения АОП.

В этой связи нами была сформулирована рабочая гипотеза о том, что уровень аллостатической нагрузки, адаптационный потенциал и функциональные резервы сердечно-сосудистой системы у практически здоровых молодых людей, проживающих в различных регионах Крайнего Севера, можно оценивать по сдвигам функциональных показателей при выполнении АОП, при этом большими резервами должны обладать лица, у которых во время пробы тормозится вагусная активность и умеренно активируется симпатическое звено вегетативной регуляции, что должно обеспечивать предупреждение возможности развития негативных процессов в гемодинамике и вероятность возникновения ортостатического коллапса. Подчеркнем, что при использовании других нагрузочных тестов, особенно с физической нагрузкой, динамика положительного эффекта адаптивных перестроек, наоборот, проявляется при меньшей активации симпатической нервной системы, а более высокий уровень функциональных резервов проявляют лица, демонстрирующие при прочих равных условиях и особенно в восстановительном периоде парасимпатическую направленность, степень выраженности которой не только быстро достигает фонового уровня, но даже может его превышать.

Известно, что природно-климатические условия регионов Северо-Востока России и Арктики имеют существенные различия, что, несомненно, должно оказывать влияние на функциональное состояние организма и может характеризоваться как аллостатическая адаптивная нагрузка. С учетом этого подхода нами в различных природно-климатических регионах, расположенных на Крайнем Северо-Востоке России (города Магадан, Сусуман и Анадырь), с использованием одной и той же стандартной функциональной пробы (АОП) были проведены физиологические исследования гемодинамики и ВСР.

Отметим, что город Магадан с координатами 59° 34' с. ш. и 150° 47' в. д. находится в умеренном поясе приморской природно-климатической зоны, для которого характерно наличие морского и муссонного климата. Средняя температура января находится

в пределах -26° , а средняя температура июля составляет $+13,4^{\circ}\text{C}$.

Город Сусуман расположен значительно севернее с координатами $62^{\circ} 46'$ с. ш. и $148^{\circ} 09'$ в. д., находясь во внутренних районах Магаданской области, характеризуется резко континентальным климатом с очень морозной зимой, тёплым летом и малым количеством осадков. В центральных районах летом наиболее высокая температура июля $+36^{\circ}\text{C}$, при среднемесячной $+15^{\circ}\text{C}$, а зимой нередко опускается до $-50...-57^{\circ}\text{C}$, достигая в отдельные годы -67°C .

Город Анадырь Чукотского автономного округа (ЧАО) с координатами $64^{\circ} 44'$ с. ш. $177^{\circ} 29'$ в. д. также относится к приморской природно-климатической зоне, но расположен уже в арктическом климатическом поясе с преобладанием морского климата, однако средняя температура января, как и в Магадане, составляет -26°C , а средняя температура июля $+9,1^{\circ}\text{C}$.

Целью данного исследования явилось определение относительной степени аллостатической нагрузки среды обитания на организм через выраженность перестроек показателей гемодинамики и кардиоритма в ответ на активную ортостатическую пробу у молодых жителей различных регионов Северо-Востока России, сопоставимых по возрасту и образу жизни.

Методы

В исследованиях приняли участие юноши-европеоиды, уроженцы Крайнего Севера, в возрасте от 17 до 21 года — студенты высших и средних учебных заведений, постоянно проживающие в вышеперечисленных климатических зонах. При этом все лица на момент обследования были практически здоровыми и не имели ограничений для занятия физической культурой. Всего были обследованы 172 юноши, из которых 101 — представитель Магадана, 38 жителей Сусумана, 33 юноши из Анадыря.

У обследуемых в течение 5 минут непрерывно в состоянии покоя (фон) — лежа на твердой кушетке (голова на уровне тела) и 5 минут стоя (ортостаз) проводилась запись кардиоинтервалограммы. По команде исследователя испытуемый резко вставал с кушетки и стоял неподвижно. При этом период первой минуты «активного ортостаза» из представленных ниже результатов исключен, так как представляет ярко выраженный переходный процесс, анализ которого не входил в задачи этого исследования. Запись показателей ВСП производилась с использованием прибора «Варикард» и программного обеспечения VARICARD-KARDi на основе методических рекомендаций группы российских экспертов [1]. В дальнейшем анализировались следующие показатели ВСП: мода (M_o , мс) — наиболее часто встречающееся значение R-R интервала; вариабельность кардиоритма — разность между его максимальным и минимальным значениям ($MxDMn$, мс); число пар кардиоинтервалов с разницей более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов ($pNN50$, мс); квадратный корень из суммы разностей

последовательного ряда кардиоинтервалов ($RMSSD$, мс); стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов ($SDNN$, мс); амплитуда моды при ширине класса 50 мс ($AMo50\%$, мс); индекс напряжения регуляторных систем (SI , усл. ед.); мощность спектра высокочастотного компонента вариабельности сердечного ритма в диапазоне 0,4–0,15 гц (HF , мс^2); мощность спектра низкочастотного компонента ВСП в диапазоне 0,15–0,04 гц (LF , мс^2); мощность спектра очень низкочастотного компонента вариабельности ритма сердца в диапазоне 0,04–0,015 гц (VLF , мс^2).

Показатели систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления измерялись на предплечье автоматическим тонометром Nissei DS-1862 (Япония) в состоянии покоя (лежа) и в конце первой минуты ортостаза. На каждом этапе эксперимента расчётным путём определяли ударный объём крови по Старру (УОК, мл), минутный объём кровообращения (МОК, л/мин.), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, $\text{дин} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5}$) [14].

Исходный тип вегетативной регуляции определяли в состоянии покоя на основании значений следующих показателей: $MxDMn$, SI , где диапазон эйтонии (нормотонии) для $MxDMn$ мы учитывали равным от 200 до 300 мс, для SI — от 70 до 140 усл. ед. [8]. Если $MxDMn$ находился ниже данного диапазона, то вегетативный баланс был оценен как симпатотонический, при повышении величин данного коридора — как ваготонический. Напротив, относительно показателей SI при повышении его значений более 140 усл. ед. (с учетом двух других показателей) вегетативного баланс оценивался как с симпатотонической направленностью, а понижении менее 70 усл. ед. — ваготонической. В связи с немногочисленностью в выборке симпатотоников функциональные показатели юношей данного типа в этой серии исследований не анализировались. В выборку для статистического анализа включались лица с нормоваготоническим типом вегетативной регуляции.

Все обследования проводились в помещении с комфортной температурой $19-21^{\circ}\text{C}$, в первой половине дня. Исследование было выполнено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Протокол исследования был одобрен Этическим комитетом медико-биологических исследований при СВНЦ ДВО РАН (№ 004/013 от 10.12.2013). До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

Результаты подвергнуты статистической обработке с применением пакета прикладных программ Statistica 7.0. Проверка на нормальность распределения измеренных переменных осуществлялась на основе теста Шапиро — Уилка. Результаты непараметрических методов обработки представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха в виде 25 и 75 процентилей, а параметрических как среднее значение и его ошибка ($M \pm m$). В случае сравнения связанных выборок статистическая значимость различий определялась с помощью t-критерия Стьюдента

для зависимых выборок с нормальным распределением и непараметрического критерия Уилкоксона для выборок с распределением, отличающимся от нормального. При сравнении несвязанных выборок статистическая значимость различий определялась с помощью *t*-критерия Стьюдента для независимых выборок с параметрическим распределением и непараметрического критерия Манна – Уитни для выборок с ненормальным распределением с применением поправки Бонферони. Критический уровень значимости (*p*) в работе принимался равным или меньше 0,05. Оценка взаимосвязей гемодинамики и ВСР проводилась с расчетом коэффициента парной ранговой корреляции по Спирмену с построением двухмерных структурных плеяд [2].

Результаты

В табл. 1 представлены основные показатели сердечно-сосудистой системы в состоянии покоя и в процессе выполнения АОП у юношей различных регионов Северо-Востока России. Из приведенных данных видно, что в состоянии лежа (фон) значимо более высокие показатели САД, ДАД, частоты сердечных сокращений (ЧСС) отмечались в группе юношей из Сусумана, при статистически меньших величинах УОК и больших значениях ОПСС, что указывает на исходно более низкий адаптивный потенциал у этой группы юношей, проживающих в наиболее экстремальных природно-климатических условиях относительно магаданцев и анадырцев. Однако структура ВСР в состоянии относительного покоя практически не отличалась от аналогичных показателей по группе жителей Магадана и Анадыря, указывая на достаточные регуляторные возможности кардиогемодинамики со стороны вегетативной нервной системы (табл. 2).

В процессе ортостаза между показателями гемодинамики (за исключением САД) в группах юношей Магадана и Анадыря статистически значимых

различий не отмечалось и вектор сдвига значений относительно фона был явно направлен в сторону симпатотонической активации, что наиболее ярко проявляется в медианных величинах ВСР. В то же время у жителей Сусумана наблюдалось снижение активности этого звена вегетативной регуляции при уменьшении величины ОПСС и увеличении низко-частотной составляющей кардиоритма (LF) на 24 %. Отметим, что у магаданцев и анадырцев в отличие от сусуманцев величина LF, наоборот, снижалась на 18–25 %, а индекс централизации значимо возрастал по отношению к фону более чем в 4 раза, указывая на эффект активации симпатической регуляции. В то время как роль симпатического звена вегетативной регуляции у сусуманцев уменьшалась, происходило увеличение вклада вагусной активности.

Представленные в табл. 2 статистические и спектрально-волновые характеристики ВСР при выполнении АОП юношами приморской зоны в целом отражают более высокую, чем у сусуманцев, активность центрального регуляторного контура, что проявляется в более выраженной относительно фона степени снижения величин $MxDMn$, $RMSSD$, $pNN50$, Mo и увеличения индекса напряжения более чем на 200 %, тогда как у юношей Сусумана прирост этого показателя был менее 70 %.

Обсуждение результатов

Анализ результатов исследований, представленных в табл. 1, показывает, что наиболее высокое артериальное давление в положении лежа отмечалось у юношей Сусумана при статистически меньшей на 10 мм рт.ст. величине УОК относительно показателей жителей приморской зоны Магаданской области и ЧАО. При этом, несмотря на то, что ЧСС у сусуманцев была выше на 10 уд./мин, значение МОК значимо не отличалось от аналогичных показателей магаданцев и анадырцев при статистически более высоком уровне ОПСС, отражая в совокупности более выраженную

Таблица 1

Показатели гемодинамики при выполнении активной ортостатической пробы у юношей-европеоидов жителей различных климатических зон Северо-Востока России

Показатель	Исследуемая группа			Уровень значимости различий (<i>p</i>)		
	Магадан (1)	Сусуман (2)	Чукотка (3)	1–2	2–3	1–3
Фон (лёжа)						
САД, мм рт. ст.	122,1±0,9	126,8±1,5*	118,9±1,2	0.008	0.007	0.015
ДАД, мм рт. ст.	63,3±0,7*	75,6±1,4*	61,4±0,9*	<0.001	0.005	0.09
ЧСС, уд./мин	65,4±1,0 *	74,7±1,6*	65,8±1,2*	0.011	0.006	0.79
УОК, мл	81,0±1,1*	71,5±1,3*	81,0±1,1*	<0.001	<0.001	0.58
МОК, мл/мин	5263,4±105,7*	5341,7±110,1*	5362,9±167,3	0.61	0.91	0.61
ОПСС, дин·с·см ⁻⁵	1420,8±36,4	1553,61±41,2*	1311,9±41,0	0.009	<0.001	0.012
АОП						
САД, мм рт. ст.	123,2±1,4	122,6±1,4	118,5±1,8	0.76	0.07	0.014
ДАД, мм рт. ст.	76,6±0,7	68,5±1,3	76,7±1,1	0.008	0.011	0.97
ЧСС, уд./мин	84,5±1,6	68,2±1,3	85,4±1,5	0.012	0.009	0.68
УОК, мл	68,5±1,1	76,0±1,1	64,5±1,3	<0.001	<0.001	0.014
МОК, мл/мин	5721,4±163,7	5094,4±104,2	5490,7±167,3	<0.001	0.016	0.69
ОПСС, дин·с·см ⁻⁵	1430,7±42,1	1462,1±34,2	1419,0±53,2	0.25	0.24	0.86

Таблица 2

Показатели вариабельности сердечного ритма при выполнении активной ортостатической пробы юношей-европеоидов жителей различных климатических зон Северо-Востока России

Показатель	Исследуемая группа									Уровень значимости различий (p)		
	Фон											
	Магадан			Сусуман			Чукотка					
	Me	25	75	Me	25	75	Me	25	75	Магадан – Сусуман	Сусуман – Чукотка	Магадан – Чукотка
MxDmП, мс	349,0*	252,5	410,9	356,0*	297,0	456,0	370,0*	246,3	416,3	0.14	0.31	0.85
RMSSD, мс	55,8*	37,6	72,8	66,4*	50,6	82,2	60,1*	37,0	82,5	0.011	0.36	0.37
pNN50, %	33,9*	16,1	46,5	39,3*	25,2	51,0	37,7*	11,6	55,2	0.15	0.83	0.57
SDNN, мс	62,0*	45,9	76,7	72,2	53,8	87,0	70,6*	47,5	83,7	<0.01	0.29	0.28
Mo, мс	917,5*	816,4	987,3	859,0*	741,0	959,0	917,5*	772,0	997,5	0.016	0.014	0.61
AMo50, мс	32,5*	27,3	43,5	30,6	25,2	37,2	31,5*	26,0	44,8	0.15	0.98	0.36
SI	54,6*	34,2	94,5	48,5*	35,6	73,1	40,0*	30,4	127,2	0.36	0.12	0.62
HF, мс²	1173,9*	534,3	1839,9	1544,7*	1153,7	2166,4	1344,3*	510,1	2463,3	<0.001	0.011	0.58
LF, мс²	1126,4*	633,8	1570,9	1323,0*	1034,5	1997,6	1346,8*	633,8	1677,7	0.005	0.016	0.72
VLF, мс²	476,9*	271,9	778,4	620,2	387,5	872,7	715,3*	355,1	1086,1	0.008	0.57	0.014
LF/HF, усл. ед.	1,1*	0,6	1,6	0,8*	0,6	1,3	1,2*	0,6	1,5	0.11	0.21	0.98
IC, усл. ед.	1,5*	1,1	2,3	1,3*	0,8	1,8	1,5*	1,1	2,3	0.012	0.017	0.73
АОП												
	Me	25	75	Me	25	75	Me	25	75			
MxDmП, мс	268,0	208,7	362,6	334,0	240,0	379,0	228,0	178,8	274,8	0.014	<0.001	0.016
RMSSD, мс	23,2	16,6	35,6	31,9	23,8	53,8	21,4	16,3	28,9	<0.001	<0.001	0.30
pNN50, %	3,7	1,1	11,0	10,5	4,6	22,8	3,2	1,0	7,6	<0.001	<0.001	0.36
SDNN, мс	47,7	36,7	59,4	67,3	50,5	79,4	48,9	36,5	55,7	<0.001	<0.001	0.70
Mo, мс	645,5	583,7	718,0	708,0	640,0	794,0	650,0	606,0	691,3	0.006	<0.001	0.82
AMo50, мс	46,1	37,7	53,2	33,2	25,9	42,3	47,3	39,5	57,9	<0.001	0.009	0.27
SI	130,2	86,1	201,5	79,2	42,2	147,4	139,7	100,0	263,8	<0.001	<0.001	0.12
HF, мс²	227,7	107,7	441,3	679,3	396,0	1160,2	224,3	115,8	304,9	<0.001	<0.001	0.68
LF, мс²	922,6	495,1	1643,9	1658,8	1203,9	2491,4	1003,8	423,7	1361,0	<0.001	<0.001	0.75
VLF, мс²	313,0	195,9	599,8	628,4	342,3	1010,2	321,1	196,1	473,6	<0.001	<0.001	0.86
LF/HF, усл. ед.	4,6	2,8	7,2	2,8	1,7	4,0	4,7	3,2	6,4	<0.001	<0.001	0.97
IC, усл. ед.	6,8	4,0	9,4	3,8	2,6	6,1	6,6	5,0	8,3	<0.001	<0.001	0.99

Примечание. * – значимые различия между показателями фона и активной ортостатической пробы.

степень функционального напряжения со стороны гемодинамики даже в состоянии покоя. Однако отметим, что все анализируемые показатели, вне зависимости от обследуемых нами групп, не выходили за пределы принятых физиологических нормативов, а наблюдаемые функциональные особенности у жителей Сусумана относительно обследуемых лиц в других регионах отражали, по всей видимости, эффекты аллостатической нагрузки на фоне более жестких природно-климатических условий окружающей среды.

Отметим, что в состоянии покоя поддержание МОК у сусуманцев достигалось за счет сосудистого (ОПСС) и хронотропного (ЧСС) компонентов сердечно-сосудистой системы, а у магаданцев и анадырцев за счет значимо более высоких величин ударного объема, что является отражением инотропного более эффективного и менее энергоемкого функционирования сердечно-сосудистой системы у жителей прибрежной зоны Магаданской области и ЧАО.

В ответ на АОП у обследуемых лиц САД практически не изменилось, значимые различия по отношению к фону наблюдались по величинам ДАД. При этом если у магаданцев и анадырцев оно возросло более чем на 10 мм рт. ст., то у сусуманцев наоборот –

значимо снизилось на 8 мм рт. ст. при одновременном падении ЧСС. Подчеркнем, что у юношей приморских зон ЧСС в ответ на АОП возросла в пределах 20 уд./мин относительно фона, отражая активацию симпатического звена как адекватную реакцию, направленную на поддержание оптимального уровня объема минутного кровотока, который в этой группе жителей Магадана и Анадыря не только не снизился, а даже возрос на 458 и 128 мл соответственно.

Подчеркнем, что если у юношей приморской зоны в ответ на АОП не отмечалось изменения ОПСС, то у сусуманцев наблюдалось значимое уменьшение этого показателя на $92 \text{ дин} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5}$, что, по всей видимости, является компенсаторной реакцией, направленной на поддержание достаточно высокого ударного объема как одного из механизмов, не допускающего развития вазовагального обморока на фоне неадекватной активации парасимпатического звена и снижения вклада симпатической регуляции во время выполнения пробы.

На увеличение роли вагусного влияния в процессе АОП у сусуманцев относительно жителей приморской зоны указывает большее значение вариационного размаха (MxDMn), которое в этой группе обследуемых

соответственно превышало аналогичные значения у юношей Магадана и Анадыря на 66 и 106 мс при статистически значимом снижении ЧСС на 7 уд./мин по сравнению с фоновой величиной.

Необходимо указать на разнонаправленный характер ответных реакций показателей МОК и ОПСС на ортостатическую пробу у жителей приморской зоны: так, если у них было отмечено статистически значимое увеличение МОК, то у сусуманцев наблюдалось снижение этого показателя на 249 мл, а ОПСС на $92 \text{ дин} \cdot \text{с} \cdot \text{см}^{-5}$.

Целым рядом исследований российских и зарубежных исследователей было показано, что экологические условия среды, обусловленные особенностями природно-климатических факторов, оказывают существенное влияние на формирование функциональных характеристик человека [12, 19, 24]. При этом степень изменения показателей в значительной мере зависит от возраста и функциональных резервов лиц, подвергающихся тем или иным экстремальным воздействиям. Известно, что у здоровых лиц молодого возраста при достаточных функциональных резервах перемещение тела в положение стоя не приводит к существенным изменениям артериального давления: регистрация ЧСС и артериального давления обычно отмечает незначительное повышение САД и, как правило, увеличение диастолического и снижение пульсового давления при уменьшении УОК не более чем на 40 %, а чаще всего в пределах 10–20 % [24], что и отмечено нами в группах магаданцев и юношей из ЧАО. Такой механизм объясняется венозным депонированием, приводящим к значительному снижению сердечного выброса с дальнейшей симпатоактивацией (возможно, обусловленной реакцией кардиопульмональных рецепторов) и констрикцией артериол, но не венул, что приводит к повышению ДАД [26]. Отметим, что если у магаданцев и анадырцев наблюдались близкие гемодинамические сдвиги в ответ на АОП, то в группе сусуманцев был выявлен значимо другой тип реагирования, проявляющийся снижением артериального давления, ЧСС, МОК и ОПСС при выраженном увеличении УОК, что существенно отличает структуру организации кровообращения сусуманцев от их сверстников жителей прибрежных зон Северо-Востока России. У юношей Сусумана во время АОП, несмотря на незначительное снижение САД, отмечается значимое снижение ДАД на 10 % по сравнению с фоном, что относительно их сверстников магаданцев и анадырцев позволяет говорить о постуральной гипотензивной направленности гемодинамического паттерна. Это отмечалось и в других исследованиях с применением ортостатической пробы [17], при том, что падение артериального давления в процессе тестирования увеличивает риск развития обморочных состояний, особенно при начальных стадиях сердечно-сосудистых заболеваний [17].

Известно, что недостаточность периферического симпатического тонуса может predispose к неадекватной ответной реакции, ведущей к ортоста-

тическому коллапсу, которому часто предшествует урежение ЧСС, что чаще встречается в молодом возрасте. Отметим, что снижение ЧСС у юношей Сусумана при АОП составляло 11 %, в то время как у магаданцев и анадырцев она возрастала почти на 30 %, более адекватно отражая реакцию сердечно-сосудистой системы на проводимую нагрузку. При этом подчеркнем, что все обследуемые юноши, уроженцы различных климатических зон, имели исходный нормоваготонический тип вегетативной регуляции и сопоставимый уровень физического развития.

Известно, что ортостатическая гипотензия является результатом нарушения гемодинамической реакции на переход в вертикальное положение ввиду уменьшения внутрисосудистого объема в верхней половине тела [15], а также дисбаланса активности между симпатической и парасимпатической регуляцией и вазоконстрикторной реакцией [28]. Механизм ортостатической гипотензии, по мнению Wieling W. с соавт. [29], обусловлен несоответствием спроса и предложения между величиной ударного объема и снижением МОК, когда при ортостазе мышцы ног и живота сжимают венозные сосуды в ногах и животе, вызывая немедленное смещение крови к сердцу, что приводит к увеличению давления в правом предсердии. Увеличение наполнения желудочков вместе с увеличением сердечного ритма приводит к повышению ударного объема, однако МОК снижается на фоне одновременного падения артериального давления. Считается, что выраженное падение МОК во время активного стояния является отражением мышечного усилия человека на положение «стоя», вызывающее быстрое расширение сосудов [29]. Такая нейрогенная ортостатическая гипотензия определяется недостаточностью компенсаторного повышения ЧСС и является результатом нарушений регуляторных взаимосвязей центральной и периферической нервной системы, ответственных за вегетативный баланс [18].

Учитывая, что при АОП значения ДАД и МОК у юношей приморских зон в среднем относительно фона возрастали на 20 и 5 %, а у сусуманцев снижались на 10 и 5 %, это можно считать региональной особенностью, связанной с более выраженной аллостатической нагрузкой экстремального воздействия на организм природно-климатических условий внутриконтинентальной зоны, что нашло свое подтверждение при оценке сбалансированности вегетативной регуляции кардиоритма при выполнении АОП (см. табл. 2).

Отметим, что снижение парасимпатической активности в процессе ортостаза является необходимой составляющей, направленной на обеспечение относительного увеличения симпатической активации. Исследованиями было показано, что после перемещения в вертикальное положение и перераспределения кровотока афферентация от барорецепторных зон магистральных артерий уменьшается и снижается их ингибирующее влияние на вазомоторный центр ствола мозга, что приводит к увеличению симпатической активности и снижению эфферентного тонуса

блуждающих нервов, при этом основной функцией симпатической нервной системы остается поддержание адекватного кровообращения [10].

По-видимому, такое значительное снижение парасимпатической активности во время ортостатической нагрузки у юношей Магадана и Анадыря, исходя из основных положений теории «акцентированного антагонизма» [20], направлено на обеспечение адекватного уровня симпатической активации для поддержания оптимального уровня кровообращения.

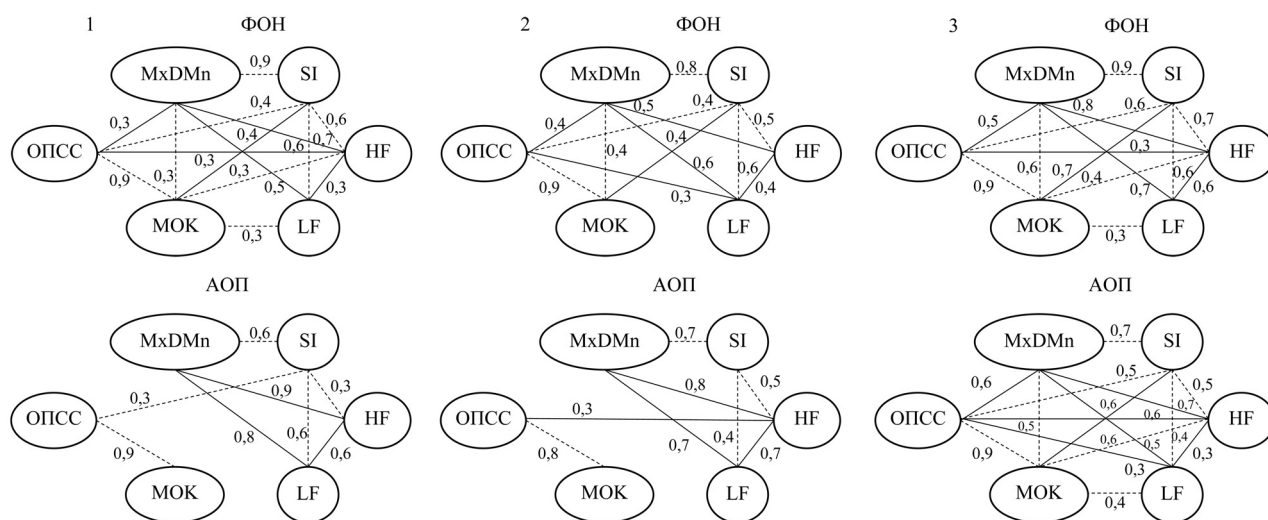
Низкочастотный компонент спектра ритма (LF) в настоящее время рассматривается как активатор колебаний ритма артериального давления, реализуемого через барорефлекторные механизмы [6] в результате генерализованных всплесков симпатической вазомоторной активности подкоркового сосудистого центра [21]. Если у юношей приморской зоны в ответ на АОП отмечалось снижение LF более чем на 20 %, то у сусуманцев это значение, наоборот, возрастало на 25 %, что некоторыми авторами рассматривается как парадоксальная реакция регуляторных систем на активный ортостаз, свидетельствующая о сниженных резервах организма и вегетативной недостаточности [13].

Подчеркнем, что у сусуманцев в процессе АОП формируется недостаточно адекватный уровень регуляции гемодинамики. Так, сопоставление статистических и спектрально-волновых характеристик регуляции ВСР (RMSSD, pNN_{50} , HF), отражающих состояние парасимпатической составляющей вегетативной нервной системы в процессе АОП между жителями приморской и внутриконтинентальной зон показало, что вагусная активность у сусуманцев с учетом суммы превышения этих трех показателей относительно аналогичных значений у магаданцев и анадырцев была превышена более чем в 2 раза. При этом уровень симпатической активности, отражаемый в средних величинах при суммировании абсолютных значений показателей AM_n , SI, IC, и VLF, был ниже у

жителей континентальной зоны в 1,5 раза. Суммируя в относительных величинах негативный синергический эффект аллостатической нагрузки, проявляющейся в виде дисбаланса вегетативной регуляции в процессе АОП у сусуманцев, когда парасимпатическая активность возрастает в 2 раза, а симпатическая снижается в 1,5 раза ($2 + 1,5$), можно считать ее более выраженной не менее чем в 3,5 раза в сравнении с юношами Магадана и Анадыря.

Учитывая, что показатели ОПСС и МОК у сусуманцев в отличие от магаданцев и анадырцев в процессе АОП значительно снижались относительно фона, представляло интерес изучить структуру их взаимосвязей с показателями автономного и центрального контуров регуляции кардиоритма как в состоянии лежа (фон), так и при ортостазе, представив это в виде корреляционных плеяд (рисунок).

При этом мы исключили из анализа корреляционной структуры показатель ЧСС, так как расчетные значения ВСР напрямую следуют из его величины и всегда с ним коррелируют, а также показатели ДАД и УОК, так как один из них входит в расчет ОПСС, а другой в расчет МОК. В этом случае ОПСС и МОК выступают в качестве интегральной характеристики кровообращения, позволяя выявить особенности взаимосвязей системной гемодинамики с регуляторными перестройками ВСР, не усложняя структуру плеяд увеличением числа показателей. Подчеркнем, что мы учитывали только статистически значимые ($p \leq 0,05$) коэффициенты корреляции, при этом слабой связью считали, если ее значение (r) было в пределах 0,3–0,49; средней силы 0,5–0,79; сильной 0,8 и более. Очень слабые коэффициенты корреляции с величинами $r < 0,3$ из анализа корреляционных плеяд исключались, так как их значения сильно зависят от величины выборки, в связи с чем интерпретация функциональных перестроек физиологических показателей может быть недостаточно корректной.



Структуры корреляционных плеяд в процессе активной ортостатической пробы у юношей различных климатических зон Северо-Востока России

Примечания: 1 – Магадан, 2 – Сусуман, 3 – Анадырь; сплошная линия – прямая связь, пунктирная – обратная связь; в плеядах даны значения значимых коэффициентов корреляции

Отметим, что в состоянии фона у магаданцев и анадырцев ядром корреляционной плеяды выступают 4 показателя (MxDMn, SI, HF, МОК), имеющие связи со всеми остальными 5 показателями, при этом характер связи и ее сила в этих группах исследуемых лиц в основном совпадают. У юношей из Сусумана наблюдается другая картина плеяды, так, ядром всей структуры выступают только 2 показателя: MxDMn и SI, при этом МОК практически теряет свою связь с высоко и низкочастотными составляющими спектра кардиоритма, имея значения коэффициентов корреляции менее 0.3. Особенности структуры взаимосвязи у сусуманцев относительно юношей в приморских зонах проживания указывают, что даже в состоянии покоя у них формируется дисбаланс регуляции кардиогемодинамики, что наиболее ярко проявляется при выполнении АОП. Так, относительно фона общее число взаимосвязей снизилось на 33 %, при этом исчезло взаимодействие низкочастотного показателя (LF) и ОПСС, но при этом сформировалась положительная взаимосвязь между высокочастотной составляющей (HF) и ОПСС, что характерно для сдвига вегетативного баланса в сторону парасимпатической регуляции. Отметим, что если в состоянии фона у сусуманцев отмечалась положительная взаимосвязь показателя MxDMn с ОПСС и отрицательная с МОК, что адекватно отражало взаимодействие изменений variability кардиоритма и гемодинамики, то в процессе выполнения АОП этого уже не наблюдалось. Произошло уменьшение на 4 числа взаимосвязей и общей суммы значений коэффициентов корреляции (без учета знака) до 4,9 относительно 6,2, наблюдающихся в состоянии фона. У магаданцев в процессе АОП структура корреляционной плеяды во многом совпадала с сусуманцами, однако у них имелась отрицательная взаимосвязь ОПСС с SI, указывающая, что чем выше индекс напряжения, тем ниже ОПСС при умеренной активации симпатической составляющей нервной системы за счет снижения вклада автономного регуляторного контура (исчезновение взаимосвязи HF с ОПСС).

Подчеркнем, что абсолютно другая структура корреляционной плеяды в процессе выполнения АОП наблюдалась у юношей Анадыря. Практически ее структура совпадала с показателями в состоянии фона. Однако уже все 6 показателей имели связи друг с другом, демонстрируя наиболее жесткую структуру взаимовлияния характеристик ВСР и гемодинамики.

Таким образом, при АОП с учетом различных векторов реакции ДАД и МОК у сусуманцев (снижение) относительно жителей Магадана и Анадыря (повышение), а также выраженного вегетативного дисбаланса в регуляции кардиоритма, можно говорить, что у жителей Магадана и Сусумана перестройка функциональных резервов идет по пути уменьшения взаимовлияния показателей кардиогемодинамики друг на друга и увеличения пластичности системы. Абсолютно другая адаптационная стратегия наблюдается в условиях природной аллостатической нагрузки у юношей Анадыря, когда взаимовлияние и жесткость

элементов системы возрастают. По-видимому, когда в течение года наблюдаются более резкие колебания экстремальных природно-климатических факторов, что характерно для Магадана и Сусумана (годовой температурный градиент в пределах 40–86 ед.), для организма более выгодна стратегия усиления пластичности функциональных систем для обеспечения быстрой их подстройки к изменяющимся факторам среды. Там, где в течение года динамика климатических изменений менее резкая, что характерно для Анадыря (годовой температурный градиент до 30 ед.), организму, видимо, адекватно формировать достаточно жесткую адаптационную программу, не требующую в дальнейшем дополнительных функциональных перестроек.

Вывод

Таким образом, у жителей приморской зоны относительно сусуманцев при выполнении АОП существенным отличием было статистически значимое повышение ЧСС, ДАД и снижение УОК при увеличении МОК. В целом у обследуемых нами юношей приморской зоны в момент перехода в вертикальное положение регистрировалось чрезмерное снижение холинергической HF-составляющей сердечного ритма, позволяющее усилить активность симпатической системы. Отметим, что такие изменения были зафиксированы на фоне снижения LF-компонента спектра сердечного ритма, также направленного на уменьшение тормозного парасимпатического влияния и усиление симпатической активности, приводящей к активизации вазомоторного тонуса. Это нашло свое отражение в виде выраженного увеличения ДАД.

При этом для сусуманцев в ответ на АОП отмечалась тенденция к постуральной гипотензии, что наблюдалось на фоне ваготонического типа реактивности с менее выраженной отрицательной динамикой HF, MxDMn, RMSSD, Мо при отсутствии изменений относительно показателя SDNN. Такие перестройки наблюдались на фоне увеличения низкочастотной составляющей кардиоритма на 25 %, что может свидетельствовать о тормозном влиянии на симпатическую активность и активирующее действие на парасимпатическую модуляцию, приводящее к снижению тонуса симпатических сосудосуживающих волокон, что проявляется вазодилатацией периферического кровообращения (снижением ОПСС) и, в свою очередь, обуславливает снижение ЧСС.

Согласно значениям отношения LF/HF, характеризующим уровень вагосимпатического взаимодействия, симпатическая активность в регуляции вегетативного баланса в процессе АОП у магаданцев и анадырцев была более чем в 1,6 раза выше по отношению к сусуманцам. Отметим, что у жителей приморской зоны при АОП вклад вазомоторной активности (LF) снижался относительно фона в пределах 18–25 %, в то время как у сусуманцев, наоборот, возрастал в пределах той же величины. Таким образом, для сусуманцев в процессе АОП, когда активность парасимпатического звена возрастает, а симпатического

— снижается, наблюдается дисрегуляторный эффект функциональной синергии, что можно считать негативным проявлением аллостатической адаптивной нагрузки к наиболее экстремальным природно-климатическим условиям внутриконтинентальной зоны Крайнего Севера. Если суммировать в условных единицах степень отклонения и напряжения организма, выявленную и проанализированную при написании статьи, то воздействие аллостатической нагрузки на организм юношей сусуманцев в 3,5–4 раза превышает аналогичный эффект относительно их сверстников из Магадана и Анадыря.

Подчеркнем, что структуры корреляционных плеяд указывают на то, что модели перестроек гемодинамики и регуляции кардиоритма у лиц сопоставимого возраста и образа жизнедеятельности в процессе даже однотипной функциональной нагрузки могут носить различный характер, что, по всей видимости, определяется не только особенностями экстремального воздействия факторов окружающей среды и эффектом аллостатической нагрузки, но и функциональными резервами организма.

Благодарности

Работа выполнена за счет бюджетного финансирования НИЦ «Арктика» ДВО РАН в рамках выполнения темы «Исследование физиологических механизмов перекрестных адаптаций (гипоксия, холод, гиперкапния) и их следовых реакций у человека в целях отбора и прогноза его работоспособности в экстремальных природно-климатических и техногенных условиях окружающей среды»

Авторство

Максимов А. Л. разработал концепцию и дизайн исследования, принимал участие в анализе и интерпретации данных, написании и редактировании текста; Аверьянова И. В. осуществила статистическую обработку данных, участвовала в их анализе и интерпретации, написании и редактировании текста статьи

Максимов Аркадий Леонидович — ORCID 0000-0003-1089-4266; SPIN 6614-2169

Аверьянова Инесса Владиславовна — ORCID 0000-0002-4511-6782; SPIN 9402-0363

Список литературы / References

1. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В., Гаврилушкин А. П., Довгалецкий П. Я., Кукушкин Ю. А., Миронова Т. Ф., Прилуцкий Д. А., Семенов А. В., Федоров В. Ф., Флейшман А. Н., Медведев М. М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С. 65–83.
2. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В., Гаврилушкин А. П., Довгалецкий П. Я., Кукушкин Ю. А., Миронова Т. Ф., Прилуцкий Д. А., Семенов А. В., Федоров В. Ф., Флейшман А. Н., Медведев М. М. Heart rate variability analysis at using different electrocardiographic systems (methodical recommendations). *Vestnik aritmologii* [Vestnik aritmologii]. 2001, 24, pp. 65–83. [In Russian]
3. Боровиков В. П. *Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов* (2-е издание). СПб.: Питер, 2003. 688 с.

Borovikov V. P. *Statistica. Iskustvo analiza dannykh na komp'yutere: dlya professionalov* [Statistica. The Art of Analyzing Data on a Computer: For Professionals]. Saint Petersburg, 2003, 688 p.

3. Булатецкий С. В., Бяловский Ю. Ю. Анализ показателей variability сердечного ритма с разным типом вегетативной регуляции при активной ортостатической пробе // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. 2001. № 3–4. С. 124–129.

Bulatetskii S. V., Byalovskii Yu. Yu. Analysis of heart rate variability with different type of autonomic regulation at active orthostatic test. *Rossiiskii mediko-biologicheskii vestnik imeni akademika I. P. Pavlova* [In I. P. Pavlov Russian Medical Biological Herald]. 2001, 3–4, pp. 124–129. [In Russian]

4. Дерягина Л. Е., Цыганок Т. В., Рувинова Л. Г., Гудков А. Б. Психофизиологические свойства личности и особенности регуляции сердечного ритма под влиянием трудовой деятельности // Медицинская техника. 2001. № 3. С. 40–44.

Deryagina L. E., Tsyganok T. V., Ruvina L. G., Gudkov A. B. Psychophysiological traits of personality and the specific features of heart rhythm regulation under the influence of occupational activities. *Meditsinskaya tekhnika*. 2001, 35 (3) pp. 166–170. [In Russian]

5. Дзизинский А. А., Протасов К. В., Ку克林 С. Г., Синкевич Д. А. Ортостатическая гипертензия как маркер сердечно-сосудистого риска у больных артериальной гипертонией // Лечащий врач. 2009. № 7. С. 40–43.

Dzizinskij A. A., Protasov K. V., Kuklin S. G., Sinkevich D. A. Orthostatic Hypertension as a Marker of Cardiovascular Risk in Patients with Arterial Hypertension. *Lechashchii vrach* [Attending physician.] 2009, 7, pp. 40–43. [In Russian]

6. Караваев А. С., Киселев А. Р., Гриднев В. И., Боровикова Е. И., Прохоров М. Д., Посненкова О. М., Пonomarenko В. И., Безручко Б. П., Шварц В. А. Фазовый и частотный захват 0.1 Гц колебаний в ритме сердца и барорефлекторной регуляции артериального давления дыханием с линейно меняющейся частотой у здоровых лиц // Физиология человека. 2013. № 3. С. 93–104.

Karavaev A. S., Kiselev A. R., Gridnev V. I., Borovikova E. I., Prohorov M. D., Posnenkova O. M., Ponomarenko V. I., Bezruchko B. P., Shvarc V. A. Phase and frequency locking of 0.1-Hz oscillations in heart rate and baroreflex control of blood pressure by breathing of linearly varying frequency as determined in healthy subjects. *Fiziologiya cheloveka*. 2013, 3, pp. 93–104. [In Russian]

7. Кубушка О. Н., Гудков А. Б., Лабутин Н. Ю. Некоторые реакции кардиореспираторной системы у молодых лиц трудоспособного возраста на стадии адаптивного напряжения при переезде на Север // Экология человека. 2004 № 5. С. 16–18.

Kubushka O. N., Gudkov A. B., Labutin N. Yu. Some reactions in the cardiorespiratory system in young persons of able-bodied age at the stage of the adaptive strain by removal to the North. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2004, 5, pp. 16–18. [In Russian]

8. Максимов А. Л., Аверьянова И. В. Информативность показателей кардиогемодинамики и variability сердечного ритма у юношей с различным уровнем гипоксически-гиперкапнической устойчивостью // Ульяновский медико-биологический журнал. 2014. № 2. С. 90–95.

Maksimov A. L., Averyanova I. V. Informative Value of Cardiohemodynamic and Heart Rate Variability Indices Observed in Young Males with Different Levels of Resistance to Hypoxia-Hypercapnia. *Ulyanovskii mediko-biologicheskii*

zhurnal [Ulyanovsk medical and biological journal.] 2014, 2, pp. 90-95. [In Russian]

9. Максимов А. Л., Лоскутова А. Н. Влияние ортостатической пробы на перестройки вариабельности кардиоритма у аборигенов Магаданской области // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2014. Т. 100, № 9. С. 1099–1013.

Maximov A. L., Loskutova A. N. The influence of orthostatic test on changes of the heart rate variability observed in aboriginals of Magadan region. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I. M. Sechenova* [Russian journal of physiology. I. M. Sechenova]. 2014, 100 (9), pp. 1099-1013. [In Russian]

10. Мартынов И. Д. Ранняя диагностика нарушений регуляции гемодинамики в ортостазе // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2016. Т. 1. № 5. С. 30–34.

Martynov I. D. Early diagnosis of the hemodynamic regulation disorders in orthostasis. *Bulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo centra Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii medicinskih nauk* [Bulletin of the East Siberian scientific center of the Siberian branch of the Russian Academy of medical sciences]. 2016, 5 (111), pp. 30-34. [In Russian]

11. Миррахимов М. М., Айдаралиев А. А., Максимов А. Л. Прогностические аспекты работоспособности человека в горах. Фрунзе: Илим, 1983. 160 с.

Mirrakhimov M. M., Aidaraliev A. A., Maksimov A. L. *Prognosticheskie aspekty rabotosposobnosti cheloveka v gorah* [Prognostic aspects of human performance in the mountains]. Frunze, Ilim Publ., 1983, 160 p.

12. Нифонтова О. Л., Гудков А. Б., Щербакова А. Э. Характеристика параметров ритма сердца у детей коренного населения Ханты-Мансийского автономного округа // Экология человека. 2007. № 11. С. 41-44.

Nifontova O. L., Gudkov A. B., Shcherbakova A. Ye. Description of parameters of cardiac rhythm in indigenous children in Khanty-Mansiysky autonomous area. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2007, 11, pp. 41-44. [In Russian]

13. Шлык Н. И., Сапожникова Е. Н., Кириллова Т. Г., Жузгов А. П. Об особенностях ортостатической реакции у спортсменов с разными типами вегетативной регуляции // Вестник Удмуртского университета. 2012. № 1. С. 114–125.

Shlyk N. I., Sapozhnikova E. N., Kirillova T. G., Zhuzhgov A. P. About profiles of orthostatic reactions in athletes with different types of autonomic regulation. *Vestnik Udmurtskogo universiteta* [Bulletin of Udmurt University]. 2012, 1, pp. 114-125. [In Russian]

14. Юрьев В. В., Симаходский А. С., Воронович Н. Н., Хомич М. М. Рост и развитие ребенка. СПб.: Питер, 2008. 272 с.

Yur'ev V. V., Simakhodskiy A. S., Voronovich N. N., Khomich M. M. *Rost i razvitie rebenka* [Growth and developments of a child]. Saint Petersburg, 2007, 272 p.

15. Carlson J. E. Assessment of Orthostatic Blood Pressure. *Southern Medical Journal*. 1999, 92 (2), pp. 167-173. <https://doi.org/10.1097/00007611-199902000-00002>

16. Freeman R., Wieling W., Axelrod F. B., Benditt D. G., Benarroch E., Biaggioni I., Cheshire, Chelimsky W. P., Cortelli P., Gibbons C. H., Goldstein D.S., Hainsworth R., Hilz M. J., Jacob G., Kaufmann H., Jordan J., Lipsitz L. A., Levine B. D., Low P. A., Mathias C., Raj S. R., Robertson D., Sandroni P., Schatz I., Schondorf R., Stewart J.M., Gert van Dijk J. Consensus statement on the definition of orthostatic hypotension, neurally mediated syncope and the postural

tachycardia syndrome. *Clin Auton Res*. 2011, 21, pp. 69-72. <https://doi.org/10.1007/s10286-011-0119-5>

17. Freud T., Punchik B., Press Y. Orthostatic hypotension and mortality in elderly frail patients. *Medicine*. 2015, 94, p. 977. <https://doi.org/10.1097/md.0000000000000977>

18. Joseph A., Wanono R., Flamant M., Vidal-Petiot E. Orthostatic hypotension: A review. *Ne' phrologie & The'rapeutique*. 2017, 13, pp. 55-67. <https://doi.org/10.1016/j.nephro.2017.01.003>

19. Leonard W. R., Sorensen M. V., Galloway V. A., Spencer G. J., Mosher M.J., Osipova L., Spitsyn V. A. Climatic influences on basal metabolic rates among circumpolar populations. *Am. Journ. of Human Biology*. 2002, 14, pp. 609-620. <https://doi.org/10.1002/ajhb.10072>

20. Levy M. N. Neural control of cardiac function. *Baillieres Clin. Neurol*. 1997, 6, pp. 227-244. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3855-0_4

21. Malpas S. C. Sympathetic nervous system overactivity and its role in the development of cardiovascular disease. *Physiol Rev*. 2010, 90, pp. 513-557. <https://doi.org/10.1152/physrev.00007.2009>

22. McEwen B. S. Seminars in medicine of the Beth Israel Deaconess Medical Center: Protective and damaging effects of stress mediators. *New England Journal of Medicine*. 1998, 338, pp. 171-179. <https://doi.org/10.1056/nejm199801153380307>

23. Smith J. J., Porth C. M., Erickson M. Hemodynamic response to the upright posture. *J Clin pharmacol*. 1994, 34 (5), pp. 375-386. <https://doi.org/10.1002/j.1552-4604.1994.tb04977.x>

24. Snodgrass J. J. Health of Indigenous Circumpolar Populations. *Journal Article published*. 2013, 42 (1), pp. 69-87. <https://doi.org/10.1146/annurev-anthro-092412-155517>

25. Sterling P., Eyer J. Allostasis: A new paradigm to explain arousal pathology. *Handbook of life stress cognition and health*. N. Y., John Wiley and Sons, 1988, pp. 629-649.

26. Streeten H., Auchinclos J. H., Anderson G. H., Richardson R. L., Thomas F. D., Miller J. W. Orthostatic hypertension. Pathogenetic studies. *Hypertension*. 1985, 7 (2), pp. 196-203. <https://doi.org/10.1161/01.hyp.7.2.196>

27. Thayer J. F., Lane R. D. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *J. Affect. Disord*. 2000, 61, pp. 201-216. [https://doi.org/10.1016/S0165-0327\(00\)00338-4](https://doi.org/10.1016/S0165-0327(00)00338-4)

28. Van Wijnen V. K., Hov D. T., Finucane C., Wieling W., Van Roon A. M., Ter Maaten J. C., Harms M. P. M. Hemodynamic Mechanisms Underlying Initial Orthostatic Hypotension, Delayed Recovery and Orthostatic Hypotension. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2018, 19 (9), pp. 786-792. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2018.05.031>

29. Wieling W., Veerman D. P., Dambrink J. H., Imholz B. P. M. Disparities in circulatory adjustment to standing between young and elderly subjects explained by pulse contour analysis. *Clin Sci (Lond)*. 1992, 83, pp. 149-155. <https://doi.org/10.1042/cs0830149>

Контактная информация:

Аверьянова Инесса Владиславовна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии экстремальных состояний ФГБУН «Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук»

Адрес: 685000, г. Магадан, ул. Карла Маркса, д. 24
E-mail: Inessa1382@mail.ru