

УДК 612.1(470.1)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ЖИТЕЛЕЙ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА И СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

© 2014 г. И. В. Суханова, С. И. Вдовенко, А. Л. Максимов,
* А. Л. Марков, *Ю. Г. Солонин, *Е. Р. Бойко

Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, г. Магадан
*Институт физиологии Коми научного центра УрО РАН, г. Сыктывкар

Эколого-физиологические обследования волонтеров в рамках международного проекта «Марс-500» проведены в ряде городов Российской Федерации (Москва, Воронеж, Екатеринбург, Сыктывкар, Магадан) и за рубежом (Алматы, Берлин, Минск, Прага, Торонто) для сравнения с данными, полученными у экипажа добровольцев, находившихся в гермокамере макета «марсианского корабля» в Москве.

В связи с этим представляется уместным сравнить данные таких исследований в группах испытуемых, проживающих в регионах России с разными погодно-климатическими условиями. Из литературы известно, что климатические особенности проживания в разных географических регионах страны оказывают влияние на физиологические функции организма [10]. Интересно было на основе единого методического подхода сопоставить результаты исследований групп испытуемых в Сыктывкаре (Европейский Север России) и Магадане (Северо-Восток России).

Указанные города удалены друг от друга на тысячи километров по долготе, но близки по широте нахождения. Тем не менее их географические особенности сильно сказываются на погодно-климатических условиях проживания в этих регионах. В Сыктывкаре умеренно-континентальный климат определяется влиянием как Арктики, так и Атлантики (теплое течение Гольфстрим). В Магадане субарктический с чертами морского климата сильно зависит от близости студеного Охотского моря. Соответственно в этих городах среднегодовая температура воздуха составляет +1,3 и –2,7 градуса, среднегодовая скорость ветра – 1,6 и 3,6 м/с, продолжительность снежного покрова – 182 и 202 дня.

Целью настоящей работы явилось сравнение результатов эколого-физиологических обследований волонтеров двух северных городов России (Сыктывкар и Магадан) для установления возможного влияния климатического фактора на организм и роли фактора сезонности.

Методы

Для достижения поставленной цели нами были обследованы две группы практически здоровых мужчин: первая – волонтеры (n = 17) в возрасте от 28 до 46 лет, постоянные жители г. Сыктывкара (Европейский Север России, 61°40' N; 50°51' E) и вторая – волонтеры (n = 18) в возрасте от 27 до 47 лет, уроженцы г. Магадана (Северо-Восток России, 59°34' N; 150°48' E). Данная работа была проведена в рамках международного проекта «Марс-500».

При выборе экспериментальных групп руководствовались следующими требованиями кураторов проекта: должно быть не менее 10–15 мужчин-добровольцев в возрасте 25–49 лет, практически здоровых, прошедших полное поликлиническое обследование, уроженцев и постоянных жителей указанных городов, работающих в дневную смену, доступных при длительных многомесячных наблюдениях. Последнее

В проекте «Марс-500» при многомесячном наблюдении обследованы 17 жителей Сыктывкара и 18 жителей Магадана с применением набора общепринятых морфологических и физиологических методов исследования и аппаратно-программного комплекса «Экосан-2007». Установлено, что наибольшее напряжение в реакции гемодинамики характерно для жителей Магадана, проживающих в более суровых климатических условиях, и в большей степени выражено зимой (повышение систолического артериального давления (АД) и общего периферического сопротивления сосудов) с формированием жесткой корреляционной структуры этих показателей. У жителей Сыктывкара максимальное напряжение в функциональном состоянии наблюдается летом и характеризуется повышением частоты сердечных сокращений, диастолического АД, снижением вариабельности сердечного ритма, наличием дизадаптивных проявлений, нарастающей централизации в регуляции сердечного ритма и повышением корреляционных взаимосвязей между параметрами гемодинамики и кардиоритма. Сезонная динамика морфофункциональных показателей более выражена у жителей Сыктывкара.

Ключевые слова: проект «Марс-500», жители Сыктывкара, жители Магадана, климат, сезонная динамика, морфофункциональные показатели

определило выбор профессий (научные работники и служащие). По результатам медосмотров отсеяно 23 человека в Сыктывкаре и 29 человек в Магадане. В выборке сыктывкарцев осталось 17 человек, в выборке магаданцев — 18. Это были люди так называемых «сидячих профессий» с малой физической активностью и с ограниченным временем нахождения на открытом воздухе, некурящие лица. На работе и дома у них отсутствовали кондиционеры. Все они дали письменное информированное согласие на проведение обследований, одобренное локальными комитетами по биоэтике.

Обследование проводилось в лабораторном помещении при комфортных условиях микроклимата на протяжении многих месяцев, для изучения сезонного фактора в настоящей работе были выбраны 4 месяца наблюдения (декабрь, март, июнь и сентябрь), охватывающие все сезоны года. Обследование проводили в рабочие дни в средней декаде месяца в первую половину дня (в промежутке с 8:30 до 12:30 по местному времени). Волонтеры находились в легкой обуви, в спортивных брюках и обнажены до пояса. Они приходили на обследование после легкого завтрака, заканчивающегося не позднее 7:30.

У волонтеров определяли основные соматометрические показатели: длину и массу тела, рассчитывали индекс массы тела (ИМТ). Систолическое артериальное давление (САД), диастолическое артериальное давление (ДАД) и частоту сердечных сокращений (ЧСС) определяли с помощью автоматического тонометра UA-767 (A&D Company Ltd., Japan). Рассчитывали показатели центральной гемодинамики: ударный объем сердца по Старру (УО), минутный объем кровообращения (МОК), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПС) по Пуазейлю.

В исследованиях был использован аппаратно-программный комплекс «Экосан-2007», созданный фирмой «Медицинские компьютерные системы» (г. Зеленоград). Этот комплекс реализует методологию донозологического контроля за уровнем здоровья человека и позволяет оценивать состояние сердечно-сосудистой системы и ее регуляторных механизмов, измерять психофизиологические показатели. Функциональные резервы кардиогемодинамики оценивались с помощью регистрации показателей variability кардиоритма по методу Р. М. Баевского с использованием прибора «Варикард» и программного обеспечения VARICARD-KARDi. Анализ variability кардиоритма (BCP) проводился по общепринятой методике в соответствии с методическими рекомендациями группы российских экспертов [3]. У волонтеров регистрировали: ЧСС (или HR); MxDMn, мс — разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов, или вариационный размах; SDNN, мс — стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов; CV, % — коэффициент вариации полного массива кардиоинтервалов; RMSSD, мс — квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов; pNN50, % — доля числа

пар кардиоинтервалов с длительностью более 50 мс; Mo, мс — мода; AMo, мс — амплитуда моды; SI, усл. ед. — стресс-индекс (индекс напряжения регуляторных систем); TP, мс² — суммарная мощность спектра сердечного ритма; HF% — относительная мощность спектра высокочастотного компонента variability сердечного ритма (High Frequency) в диапазоне 0,4–0,15 Гц (дыхательные волны); LF% — относительная мощность спектра низкочастотного компонента variability сердечного ритма (Low Frequency) в диапазоне 0,15–0,04 Гц (сосудистые волны); VLF% — относительная мощность спектра очень низкочастотного компонента variability ритма сердца (Very Low Frequency) в диапазоне 0,04–0,015 Гц; LF/HF, усл. ед. — отношение низкочастотного и высокочастотного компонентов variability сердечного ритма; IC, усл. ед. — индекс централизации; ПАРС, усл. ед. — показатель активности регуляторных систем. Электрокардиограмму регистрировали в положении сидя, в одном из стандартных отведений. Для оценки вегетативного статуса организма рассчитывали также вегетативный индекс Кердо (ВИК).

С помощью системы скрининга сердца «Кардио-Визор-06» регистрировали индекс дисперсионного картирования электрокардиограммы (ДК ЭКГ) «Миокард» в течение одной минуты два раза.

С помощью пульта психофизиологической диагностики FirstSync компьютерной системы контроля стресса СКУС определялись следующие психофизиологические характеристики: простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР), сложная зрительно-моторная реакция (СЗМР).

Дизайн исследования — многомесячный мониторинг отобранных по сходным признакам групп людей (пол, возраст, род занятий, состояние здоровья) в двух регионах страны с разными климатическими параметрами.

Полученные результаты были 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 перцентилей (С25 и С75), а параметрических — среднего значения (M) и ошибки средней арифметической (m). Статистическая значимость различий определялась с помощью дисперсионного анализа с последующим попарным сравнением на основе критерия Штеффе для выборок с параметрическим распределением в доверительном интервале более 95 % и непараметрического критерия Манна — Уитни для выборок с ненормальным распределением. Для построения плеяд применяли корреляционный анализ, который был выполнен с использованием ранговой корреляции по Spearman (rs) с учетом статистически значимых коэффициентов корреляции ($p < 0,05–0,001$). Критический уровень значимости (p) в работе принимался равным 0,05.

Результаты

При сравнительном анализе морфофункциональных показателей между группами мужчин Магадана и Сыктывкара были отмечены значимые различия по ряду параметров: длине тела, ИМТ, САД, ДАД (зима и весна), ЧСС (лето и осень), ОПС, ВИК, ПЗМР (зима и

весна), СЗМР (зима) (табл. 1). Межсезонные различия в некоторые периоды года выявлены у сыктывкарцев по данным ДАД, ЧСС, ВИК, ПЗМР, СЗМР, а у магаданцев по данным САД, ДАД, ОПС, ВИК и СЗМР (табл. 2). Различий межгрупповых и межсезонных по индексу ДК ЭКГ «Миокард» выявлено не было.

Таблица 1

Морфофункциональные показатели у испытуемых в двух регионах Российской Федерации в различные сезоны года (M ± m)

Показатель	Зимний период		Весенний период		Летний период		Осенний период		Средне-широтные нормативы
	Сыктывкар	Магадан	Сыктывкар	Магадан	Сыктывкар	Магадан	Сыктывкар	Магадан	
Масса тела, кг	80,3 ± 1,8	76,7 ± 1,6	79,5 ± 1,5	75,8 ± 1,7	79,7 ± 2,0	75,9 ± 1,7	80,5 ± 1,6	76,3 ± 1,7	
Длина тела, см	174,7 ± 0,9*	179,0 ± 0,8	174,7 ± 0,9*	179,1 ± 0,8	174,9 ± 1,1*	179,2 ± 0,8	174,6 ± 0,9*	178,8 ± 0,9	
ИМТ, кг/м ²	26,2 ± 0,5*	23,9 ± 0,5	26,0 ± 0,4*	23,6 ± 0,5	26,0 ± 0,5*	23,6 ± 0,5	26,3 ± 0,4*	23,9 ± 0,6	
САД, мм рт. ст.	123,0 ± 1,3*	130,7 ± 1,2	120,2 ± 1,2*	126,7 ± 1,3	121,3 ± 1,7*	126,6 ± 1,2	122,5 ± 1,1*	127,2 ± 1,1	100–140
ДАД, мм рт. ст.	77,1 ± 0,8*	81,9 ± 1,4	74,5 ± 0,9*	79,3 ± 1,1	76,4 ± 1,1	78,0 ± 1,1	77,5 ± 0,7	79,3 ± 1,2	60–90
ЧСС, уд./мин	71,2 ± 1,2	70,7 ± 1,4	71,7 ± 1,3	69,5 ± 1,2	76,7 ± 1,4*	70,8 ± 1,2	77,2 ± 1,2*	71,2 ± 1,4	55–75
УО, мл	58,3 ± 1,3	57,6 ± 1,5	59,6 ± 1,3	58,2 ± 1,1	57,9 ± 1,5	59,5 ± 1,0	57,0 ± 1,1	58,3 ± 1,3	
МОК, мл/мин	4156,4 ± 119,2	4079,3 ± 139,2	4283,7 ± 127,8	4036,9 ± 91,6	4448,7 ± 145,8	4214,2 ± 98,1	4419,3 ± 122,8	4124,6 ± 104,3	
ОПС, дин с см ⁻⁵	1936,7 ± 64,2*	2166,6 ± 91,8	1847,9 ± 70,0*	2037,4 ± 61,1	1784,0 ± 63,1*	1932,7 ± 57,0	1824,6 ± 62,1*	2001,0 ± 59,2	
ВИК, усл. ед.	-9,9 ± 2,3*	-18,1 ± 2,8	-5,9 ± 2,5*	-15,5 ± 2,2	-0,9 ± 2,6*	-11,5 ± 2,1	-1,8 ± 2,0*	-12,9 ± 2,2	
ПЗМР, мс	201,6 ± 3,5*	190,7 ± 2,9	201,4 ± 4,1*	192,1 ± 2,2	197,9 ± 4,1	192,9 ± 2,5	192,6 ± 2,7	189,1 ± 2,6	До 200
СЗМР, мс	244,8 ± 4,4*	234,2 ± 2,9	222,8 ± 4,3	226,5 ± 2,8	229,5 ± 3,5	227,2 ± 2,9	230,6 ± 3,3	223,5 ± 3,1	До 300
Индекс «Миокард», %	13,6 ± 0,6	14,1 ± 0,5	13,4 ± 0,4	14,3 ± 0,4	14,3 ± 0,8	14,3 ± 0,4	14,1 ± 0,5	14,0 ± 0,3	До 15

Примечание. Знаком «*» обозначены статистически значимые различия между испытуемыми г. Сыктывкара и г. Магадана.

Таблица 2

Наличие значимых различий между морфофункциональными показателями у испытуемых в двух регионах Российской Федерации в течение года

Показатель	Значимость различий между сезонами года в группе сыктывкарцев						Значимость различий между сезонами года в группе магаданцев					
	1–2	2–3	3–4	1–4	1–3	2–4	1–2	2–3	3–4	1–4	1–3	2–4
Возраст, лет												
Масса тела, кг												
Длина тела, см												
САД, мм рт. ст.							*			*	*	
ДАД, мм рт. ст.	*					*					*	
ЧСС, уд./мин		*		*	*	*						
УО, мл												
МОК, мл/мин												
ОПС, дин с см ⁻⁵											*	
ВИК, усл. ед.				*	*						*	
ПЗМР, мс				*		*						
СЗМР, мс	*			*	*		*			*		
Индекс «Миокард», %												

Примечания: 1 – зимний период года, 2 – весенний период, 3 – летний период, 4 – осенний период; здесь и далее знаком «*» обозначены статистически значимые различия между группами сравнения (p < 0,05).

Из показателей ВСР статистически значимые различия между сравниваемыми группами (табл. 3) выявлены по МхДМп (зима), RMSSD (зима), рNN50 (зима, весна и осень), мощности HF, % (весна), мощности LF, % (лето), мощности VLF, % (лето), LF/HF (зима и весна), IC (весна), ПАРС (зима и весна). Межсезонные различия в некоторые периоды года обнаружены у сыктывкарцев по большинству пока-

зателей ВСР (HR, МхДМп, RMSSD, рNN50, Мо, АМо50, SI, мощности LF, %, LF/HF, IC, ПАРС), тогда как у магаданцев – только по АМо50 (табл. 4).

Анализ корреляционных взаимосвязей показателей ВСР и гемодинамики у испытуемых Сыктывкара и Магадана в различные сезоны года представлен на рисунке. Для проведения анализа были выбраны характеристики, имеющие наибольшее количество

Таблица 3

Показатели вариабельности сердечного ритма у испытуемых в двух регионах Российской Федерации в различные сезоны года, Ме (С25; С75)

Показатель	Зимний период		Весенний период		Летний период		Осенний период		Средне-широтные нормативы
	Сыктывкар	Магадан	Сыктывкар	Магадан	Сыктывкар	Магадан	Сыктывкар	Магадан	
HR, уд./мин	72 (68; 76)	70 (63; 79)	72 (67; 80)	70 (66; 77)	76 (70; 82)	72 (67; 80)	76 (70; 83)	73 (68; 82)	55–75
МхДМп, мс	254 (226; 307)*	229 (193; 287)	243 (203; 294)	248 (209; 302)	231 (184; 272)	229 (190; 301)	250 (208; 319)	233 (163; 294)	
RMSSD, мс	30 (25; 38)*	25 (19; 37)	28 (22; 33)	26 (19; 32)	23 (20; 31)	24 (18; 31)	26 (20; 33)	25 (15; 37)	20–50
рNN50, %	9 (6; 17)*	4 (0; 13)	7 (5; 12)*	4 (2; 13)	5 (4; 7)	4 (1; 10)	6 (4; 12)*	4 (0; 12)	
SDNN, мс	42 (35; 50)	40 (30; 51)	39 (32; 48)	42 (32; 49)	37 (29; 45)	39 (31; 50)	39 (30; 49)	39 (29; 51)	40–80
CV, %	5 (4; 6)	5 (4; 6)	5 (4; 6)	5 (4; 6)	5 (4; 6)	5 (4; 6)	5 (4; 6)	5 (4; 6)	
Мо, мс	826 (776; 878)	825 (771; 929)	827 (732; 923)	873 (776; 924)	778 (727; 871)	828 (772; 923)	776 (722; 873)	823 (728; 877)	
АМо50, %/50 мс	44 (40; 51)	48 (37; 61)	48 (40; 53)	46 (38; 53)	38 (37; 39)	40 (37; 43)	39 (37; 42)	38 (36; 43)	
SI, усл. ед.	103 (75; 139)	125 (78; 200)	120 (82; 179)	112 (84; 156)	139 (88; 203)	114 (77; 178)	114 (86; 153)	117 (74; 230)	80–150
TP, мс ²	1419 (962; 1853)	1169 (711; 2031)	1308 (788; 1907)	1359 (901; 1953)	1105 (622; 1537)	1071 (850; 2005)	1281 (757; 2067)	1197 (689; 2163)	800–1500
Мощность HF, %	32 (25; 40)	29 (20; 36)	33 (23; 44)*	27 (18; 38)	28 (20; 38)	20 (17; 35)	24 (18; 41)	26 (17; 50)	10–30
Мощность LF, %	40 (31; 50)*	47 (42; 58)	47 (35; 55)	49 (39; 57)	47 (72; 62)	46 (39; 62)	43 (36; 61)	45 (30; 54)	15–45
Мощность VLF, %	22 (17; 35)*	20 (15; 25)	20 (12; 25)	22 (15; 31)	19 (13; 24)	21 (17; 32)	22 (14; 37)	22 (13; 29)	20–60
LF/HF, усл. ед.	1 (1; 2)*	2 (1; 3)	1 (1; 2)*	2 (1; 3)	2 (1; 3)	2 (1; 4)	2 (1; 3)	2 (1; 3)	
IC, усл. ед.	2 (1; 3)	2 (2; 4)	2 (1; 3)*	3 (2; 5)	3 (2; 4)	4 (2; 5)	3 (1; 4)	3 (1; 5)	До 2,5
ПАРС, усл. ед.	3 (1; 4)*	4 (3; 5)	3 (2; 4)*	4 (2; 5)	4 (3; 5)	5 (2; 5)	4 (2; 5)	4 (2; 6)	1–3

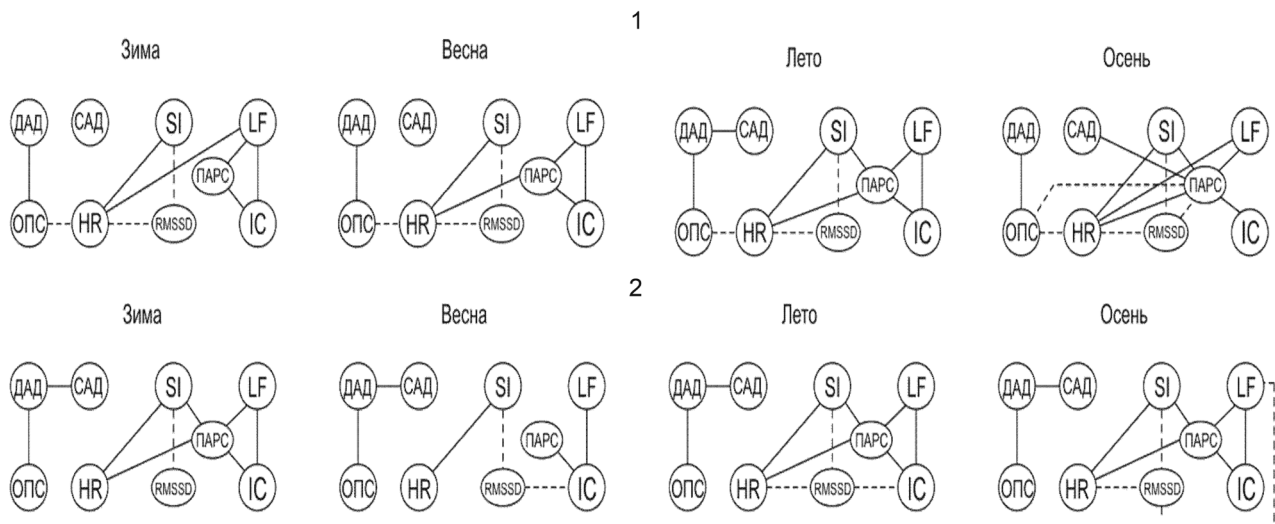
Примечание. Знаком «*» обозначены статистически значимые различия между группами сравнения ($p < 0,05$).

Таблица 4

Наличие значимых различий между показателями вариабельности сердечного ритма в течение года у испытуемых в двух регионах Российской Федерации

Показатель	Значимость различий между сезонами года в группе сыктывкарцев						Значимость различий между сезонами года в группе магаданцев					
	1–2	2–3	3–4	1–4	1–3	2–4	1–2	2–3	3–4	1–4	1–3	2–4
HR, уд./мин				*	*							
МхДМп, мс					*							
RMSSD, мс				*	*							
рNN50, %				*	*							
SDNN, мс												
CV, %												
Мо, мс				*	*							
АМо50, %/50 мс		*		*	*			*		*	*	*
SI, усл. ед.					*							
TP, мс ²												
Мощность HF, %												
Мощность LF, %					*							
Мощность VLF, %												
LF/HF, усл. ед.				*	*							
IC, усл. ед.				*	*							
ПАРС, усл. ед.				*	*							

Примечания: 1 – зимний период года, 2 – весенний период, 3 – летний период, 4 – осенний период; здесь и далее знаком «*» обозначены статистически значимые различия между группами сравнения ($p < 0,05$).



Корреляционные плеяды показателей гемодинамики и вариабельности сердечного ритма у испытуемых г. Сыктывкара (1) и г. Магадана (2) в различные сезоны года

статистически значимых различий как в сезонном, так и в групповом аспекте, являющиеся маркерными показателями функционального состояния в течение года и в зависимости от места проживания.

Обсуждение результатов

Из представленных в табл. 1 данных видно, что длина тела значимо выше, а масса тела несколько ниже у магаданцев по сравнению с добровольцами из Сыктывкара. При этом сыктывкарцы характеризуются значимо высокими показателями ИМТ с отсутствием сезонной динамики в каждой из анализируемых групп. Данное обстоятельство можно рассматривать с точки зрения большей грацилизации телосложения у лиц, проживающих в условиях воздействия более неблагоприятных природно-климатических факторов Северо-Востока России.

Рассматривая функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, следует отметить, что САД на протяжении всего года было статистически значимо выше у магаданской группы испытуемых. Диастолическое артериальное давление также было выше у магаданцев, однако значимое различие по данному параметру наблюдалось только для самого холодного сезона года (зима), а также следующего за ним переходного периода (весна). Вместе с тем по ЧСС ситуация была противоположной — значимые отличия были зафиксированы в летний и осенний периоды года, при этом у сыктывкарцев значения ЧСС были выше, нежели у магаданцев. Привлекает внимание то, что значения ОПС в течение всего года были выше у магаданцев, а показатель состояния вегетативного баланса — ВИК у них, наоборот, был значимо ниже, что может свидетельствовать об умеренном смещении вегетативного баланса в сторону преобладания парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) у данных испытуемых.

Известно, что у жителей Севера повышено сопротивление периферических сосудов [6], благодаря чему

в организме обеспечивается сохранение энергии и поддержание теплового гомеостаза [4]. В целом можно сказать, что более высокие значения ОПС и САД у магаданцев являются компенсаторным механизмом против негативного действия низких температур окружающей среды.

Из приведенных данных волонтеров-сыктывкарцев видно, что, хотя по большинству параметров внутригодовая динамика отсутствовала, в работе ряда физиологических систем имелись отчетливые сезонные колебания. Так, показатель ДАД в основном находился на одном уровне во всех сезонах, за исключением весеннего периода, когда он статистически значимо опускался до своего годового минимума (см. табл. 2).

Наибольшее количество межсезонных различий у волонтеров из Сыктывкара было зафиксировано в отношении ЧСС. Так, в зимний и весенний периоды значения данного показателя были наименьшими, а летом и осенью достигали своих максимальных уровней. Как известно, при уменьшении ЧСС происходит удлинение диастолической стадии сердечного цикла, которое, в свою очередь, позволяет наиболее оптимальным образом обеспечивать кислородное снабжение сердечной мышцы [7]. Самые высокие значения ВИК были зафиксированы в летний и осенний периоды, а самый низкий уровень — в зимний период.

Количество сезонных изменений морфофункциональных показателей у магаданцев оказалось меньше, нежели у сыктывкарцев. Вместе с тем некоторые из данных изменений носили более выраженный характер. В частности, показатели САД и ДАД были максимальными в зимний период года (самый тяжелый с точки зрения воздействия на организм температурных факторов внешней среды). При этом не было зафиксировано статистически значимой динамики ЧСС. Показатель ВИК, как и у сыктывкарцев, был минимален в зимний сезон года, при этом у магаданцев он еще больше уходил в сторону парасимпатических

влияний на сердечно-сосудистую систему. Данный факт может быть связан с тем, что у магаданцев более выраженное проявление парасимпатических влияний повышает эффективность как газообмена в легких, так и легочного кровотока.

Время сенсомоторных реакций является важным показателем функционального состояния центральной нервной системы [5], поскольку в значительной степени определяется функциональным состоянием и индивидуально-типологическими свойствами нервной системы обследуемого. При увеличении скорости сенсомоторной реакции диагностируется большая подвижность нервной системы. Подвижность нервных процессов является одним из показателей психического развития детей, определяет скорость центральной переработки информации и характер стрессоустойчивости к изменяющимся условиям среды [9]. Показатели ПЗМР и СЗМР у добровольцев из Сыктывкара указывали на схожий характер изменений скорости нервных процессов, индикаторами которых они являются. Если индикатор ПЗМР снижался от зимне-весеннего периода к осеннему, когда он был наименьшим в течение года, то показатель СЗМР был зафиксирован наиболее высоким только в зимний сезон, после чего он также снижался и оставался практически неизменным на протяжении всего остального времени года.

Индекс ДК ЭКГ «Миокард», количественно оценивающий состояние миокарда [8, 12], значимо не различался у сравниваемых групп испытуемых. Не выявлено также сезонных изменений индекса.

Анализ приведенных в табл. 3 данных показал, что изучаемые временные характеристики ВСР находятся в пределах нормативных величин, что позволяет в целом говорить о наличии у обследуемых вегетативного баланса (нормотонии) в регуляции сердечного ритма. При этом нужно отметить, что испытуемые, проживающие в условиях Северо-Востока России, характеризуются более низкими значениями $MxDMn$, $RMSSD$ и $rNN50$ в зимний период года, что свидетельствует о снижении влияния парасимпатического отдела ВНС в процессах регуляции сердечного ритма.

Относительно годовой динамики $MxDMn$, $RMSSD$ и $rNN50$ нужно отметить, что у волонтеров, проживающих в условиях Европейского Севера, к летнему периоду года наблюдается значимое снижение этих показателей, что свидетельствует о снижении активности автономного контура регуляции кровообращения; тогда как у волонтеров, проживающих в условиях Северо-Востока страны, сезонной динамики по этим показателям в наших исследованиях не зафиксировано (см. табл. 4). Различий по показателю $SDNN$ выявлено не было, при этом у всех обследуемых медианное значение среднего квадратического отклонения находилось на нижней границе среднеширотного норматива. По мнению авторов [13], снижение $SDNN$ до 50 мс и ниже является признаком неблагоприятного функционирования сердечно-сосудистой системы и риска развития кардиоваскулярных заболеваний и

обусловлено значительным напряжением регуляторных систем, когда в процесс регуляции включаются высшие уровни управления, что ведет к почти полному подавлению активности автономного контура. Различий по показателям CV , Mo , AMo и SI у испытуемых обеих групп в динамике исследуемого периода не обнаружено. К выявленным особенностям сезонной динамики регуляторно-адаптивного статуса сыктывкарцев можно отнести снижение показателей Mo и AMo с повышением SI к летнему периоду года. Такие процессы одновременного увеличения активности парасимпатической и симпатической направленности, происходящие в системе регуляции сердечного ритма у жителей Европейского Севера, являются отражением наличия определенного дисбаланса и свидетельствуют о дизадаптивном снижении функционального состояния этих испытуемых. Необходимо отметить наличие единственной значимой динамики параметра AMo в изучаемый отрезок времени у магаданцев.

Относительно спектрального анализа ВСР было выявлено следующее: общая мощность спектра (TP), которая характеризует суммарный уровень активности регуляторных систем организма, не имела различий у испытуемых обеих групп и находилась в пределах среднеширотной нормы во все периоды года. Большой вклад в динамику сердечного ритма у испытуемых обеих групп представлен $LF, \%$ -волнами, составляющими 40–49 % от суммарной мощности спектра ВСР, и относительно меньший вклад в суммарную мощность представлен $VLF, \%$ -волнами (19–22 %). При этом в зимний период исследования у магаданцев отмечаются значимо более высокие показатели $LF, \%$ -компонента общей мощности спектра, характеризующие активность вазомоторного центра, или медленных волн первого порядка, превышающие нормативные величины и снижение активности $VLF, \%$ -волн. По мнению ряда авторов [1, 3], $LF, \%$ -составляющая спектра ВСР связана с уровнем функционирования симпатической системы. В сезонном аспекте нами было выявлено значимое повышение $LF, \%$ -волн у жителей Европейского Севера в летний период года, что может являться отражением активации симпатического сосудистого центра у испытуемых в данный период года. Значимых годовых изменений по показателям TP , $HF, \%$, $VLF, \%$ у испытуемых групп не выявлено. Полученные нами результаты указывают на то, что значения суммарной мощности $VLF, \%$ у испытуемых как магаданцев, так и сыктывкарцев находятся в пределах нижней границы физиологической нормы. Согласно работам А. Н. Флейшмана [11], снижение мощности в VLF -диапазоне является чувствительным индикатором наличия энергодефицитного состояния в организме (гипоксия, метаболические нарушения) и отражает связь автономных (сегментарных) уровней регуляции с надсегментарными, в том числе гипоталамо-гипофизарным и корковым.

При анализе величины LF/HF , характеризующей отношение мощностей низких и высоких частот, нами выявлены статистически значимо более высокие по-

казатели у магаданцев в зимний и весенний этапы исследования, тогда как в летний и осенний периоды года данные различия между группами нивелируются. Медианное значение этого показателя у всех испытуемых находилось в рамках среднеширотной нормы, в то же время нами установлено увеличение интерквартильного размаха в летний период как у магаданцев, так и у сыктывкарцев, что в определенной степени может являться отражением преобладания церебральных эрготоропных влияний на регуляцию сердечного ритма.

Статистически значимо более высокие показатели IC, который наряду с LF/HF отражает соотношение автономного и центрального уровней вегетативной регуляции, были отмечены в группе магаданцев в весенний период исследований. Тогда как аналогично динамике показателя LF/HF в последующие периоды года значимых различий выявлено не было. Нужно отметить, что IC в весенний период у магаданцев и в летний и осенний периоды у обследуемых обеих групп находился выше среднеширотных нормативов, что свидетельствует о росте активности центрального контура управления. По мнению Р. М. Баевского и А. П. Берсеновой [2], данное обстоятельство является отражением напряжения функциональных резервов системы кровообращения. Анализ комплексного показателя ПАРС, который описывает суммарную адаптационную реакцию системы вегетативной регуляции (условную «цену адаптации» организма к условиям окружающей среды), выявил следующее: во все периоды года у магаданцев уровень функционального состояния характеризовался выраженным напряжением регуляторных систем (ПАРС = 4–5), тогда как у сыктывкарцев в зимний и весенний этапы обследования отмечено умеренное напряжение регуляторных систем; в летний и осенний периоды года — повышенной активностью регуляторных систем и снижение функциональных резервов организма.

Из данных рисунка видно, что в группе магаданцев на протяжении всего периода исследования формируются два ядра корреляционных взаимосвязей, одно из которых включает характеристики гемодинамики (ОПС, САД, ДАД), а второе — показатели вариабельности сердечного ритма (HR, RMSSD, SI, LF, IC, ПАРС) без наличия взаимосвязей между данными сформированными системными структурами. В то же время в группе сыктывкарцев наблюдается наличие корреляционных взаимосвязей между параметрами сердечно-сосудистой системы и показателями ВСП, что является отражением сопряженной динамики параметров гемодинамики и кардиоритма. При этом как у магаданцев, так и у сыктывкарцев следует отметить максимальное количество связей в летний и осенний периоды исследования, в которые функциональное состояние испытуемых характеризуется максимальным напряжением. Обособление системы гемодинамики от параметров кардиоритма у обследуемых, проживающих в условиях Северо-Востока России, по-нашему мнению, является предпосылкой для

выраженной значимой сезонной динамики показателей САД, ДАД и ОПС. А выявленная жесткая структура с наличием сильных корреляционных взаимосвязей с высоким уровнем значимости в течение всего периода исследования является следствием установленного напряжения в деятельности системы гемодинамики у магаданцев.

Таким образом, сравнительное исследование функционального состояния на примере параметров сердечно-сосудистой системы и показателей ВСП у испытуемых, проживающих в условиях Европейского Севера и Северо-Востока, России выявило следующее: наибольшее напряжение в регуляции сердечно-сосудистой системы характерно для мужчин, проживающих в Магадане (в более суровых природно-климатических условиях) и в большей степени выражено в зимний период года. Так, к выявленным особенностям функционального состояния их сердечно-сосудистой системы относятся высокие значения САД и ОПС сосудов с наивысшими величинами в зимний этап исследования, формированием жесткой корреляционной структуры этих показателей наряду с определенным снижением ВСП относительно группы сыктывкарцев. В то же время у жителей Европейского Севера страны максимальное напряжение функционального состояния организма наблюдается в летний период года и характеризуется повышением ЧСС, ДАД, снижением ВСП, наличием дизадаптивных проявлений вследствие одновременного превалирования как симпатического, так и парасимпатического отдела ВНС, нарастающей централизацией в регуляции сердечного ритма, повышением корреляционных взаимосвязей между параметрами гемодинамики и кардиоритма. Относительно сезонной динамики изучаемых показателей следует отметить, что в вегетативной регуляции сердца и гемодинамике имеют место разнообразные проявления у испытуемых, проживающих в различных регионах страны. В целом функциональные перестройки в ответ на изменение факторов окружающей среды у сыктывкарцев достигаются посредством нейровегетативной регуляции, тогда как у магаданцев наибольшим адаптационным сдвигам подвержена система гемодинамики.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Радыш И. В. Биоритмы, среда обитания, здоровье : монография. М. : РУДН, 2013. 362 с.
2. Баевский Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине // Физиология человека. 2002. Т. 28, № 2. С. 70–82.
3. Баевский Р. М., Берсенева А. П. Введение в донозологическую диагностику. М. : Слово, 2008. 220 с.
4. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. 2001. Т. 24. С. 65–83.
5. Барбараш Н. А. Периодическое действие холода и устойчивость организма // Успехи физиологических наук. 1996. № 27 (4). С. 116–131.

6. Губарева Л. И., Будкевич Р. О., Агаркова Е. В. Психофизиология. М., 2007. 188 с.

7. Гудков А. Б., Небученных А. А., Попова О. Н. Показатели деятельности сердечно-сосудистой системы у военнослужащих учебного центра Военно-морского флота России в условиях Европейского Севера // Экология человека. 2008. № 1. С. 39–43.

8. Доршакова Н. В., Карапетян Т. А. Особенности патологии жителей Севера // Экология человека. 2004. № 6. С. 48–52.

9. Евдокимов В. Г., Рогачевская О. В., Варламова Н. Г. Модулирующее влияние факторов Севера на кардиореспираторную систему человека в онтогенезе. Екатеринбург : УрО РАН, 2007. 257с.

10. Иванов Г. Г., Сула А. С. Метод дисперсионного картирования ЭКГ в клинической практике. М., 2008. 42 с.

11. Казначеев В. П., Поляков Я. В., Акулов А. И., Мингазов И. Ф. Проблемы «Сфинкса XXI века». Выживание населения России : монография. Новосибирск : Наука, 2000. 232 с.

12. Карпин В. А., Филатова О. Е., Солтыс Т. В., Соколова А. А., Башкатова Ю. В., Гудков А. Б. Сравнительный анализ и синтез показателей средечно-сосудистой системы у представителей арктического и высокогорного адаптивных типов // Экология человека. 2013. № 7. С. 3–9.

13. Небылицин В. Д. Основные свойства нервной системы человека. М. : Просвещение, 1966. 382 с.

14. Попова О. Н., Глебова Н. А., Гудков А. Б. Компенсаторно-приспособительная перестройка системы внешнего дыхания у жителей Крайнего Севера // Экология человека. 2008. № 10. С. 31–33.

15. Солонин Ю. Г., Марков А. Л., Бойко Е. Р., Кучковская Т. П., Минаков Э. В., Стрелецкая Г. Н. Сравнение результатов донозологических исследований жителей разных широт – участников эксперимента «Марс-500» // Донозоология и здоровый образ жизни. 2010. № 2(7). С. 22–27.

16. Флейшман А. Н. Медленные колебания гемодинамики. Новосибирск, 1999. 264 с.

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

18. Чащин В. П., Гудков А. Б., Попова О. Н., Одланд Ю. О., Ковшов А. А. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // Экология человека. 2014. № 1. С. 3–12.

19. Шишкин Г. С., Устюжанинова Н. В. Функциональные состояния внешнего дыхания здорового человека. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. 329 с.

20. Kellett J., Rasool S. The prediction of the in-hospital mortality of acutely ill medical patients by electrocardiogram (ECG) dispersion mapping compared with established risk factors and predictive scores – A pilot study // Eur. J. Intern. Med. 2011. V. 22. № 4. P. 394.

21. Loricchio M. L., Borghi A., Rusticali G. et al. Heart rate variability coronary morphology and prognosis in unstable angina // Eur. Heart J. 1995. Vol. 16: P. 471.

References

1. Agadzhanian N. A., Radysh I. V. *Bioritmy, sreda obitaniya, zdorov'e* [Biorhythms, habitat, health]. Moscow, RUDN Publ., 2013, 362 p.

2. Baevskiy R. M. Heart rate variability analysis in space medicine. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2002, 2, pp. 70-82. [in Russian]

3. Baevskiy R. M., Berseneva A. P. *Vvedenie v donozo-*

logicheskuyu diagnostiku [Introduction to prenosological diagnosis]. Moscow, Slovo Publ., 2008, 220 p.

4. Baevskiy R. M., Ivanov G. G., Chireykin L. V. i dr. Heart rate variability analysis with various electrocardiographic systems (guidelines). *Vestnik aritmologii* [Bulletin of Arrhythmology]. 2001, 24, pp. 65-83. [in Russian]

5. Barbarash N A. Intermittent cold exposure and organism resistance. *Uspеhi fiziologicheskikh nauk* [Successes of Physiological Sciences]. 1996, 27, pp. 116-131. [in Russian]

6. Gubareva L. I., Budkevich R. O., Agarkova E. V. *Psikhofiziologiya* [Psychophysiology]. Moscow, 2007, 188 p.

7. Gudkov A. B., Nebuchennykh A. A., Popova O. N. Indices of cardiovascular system activity in military men from Russian navy training center in conditions of European North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2008, 1, pp. 39-43. [in Russian]

8. Dorshakova N. V., Karapetyan T. A. Features of Northern inhabitants pathology. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2004, 6, pp. 48-52. [in Russian]

9. Evdokimov V. G., Rogachevskaya O. V., Varlamova N. G. *Moduliruyushchee vliyaniye faktorov Severa na kardiorespiratornyuyu sistemu cheloveka v ontogeneze* [Modulating influence of Northern factors on human cardiorespiratory system in ontogenesis]. Yekaterinburg, UrO RAN Publ., 2007, 257 p.

10. Ivanov G. G., Sula A. S. *Metod dispersionnogo kartirovaniya EKG v klinicheskoy praktike* [ECG dispersion mapping method in clinical practice]. Moscow, 2008, 42 p.

11. Kaznacheev V. P., Polyakov Ya. V., Akulov A. I., Mingazov I. F. *Problemy «Sfinksa XXI veka». Vyzhivaniye naseleniya Rossii* [Problems of “Sphinx of the XXI century”. Survival of the population of Russia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2000, 232 p.

12. Karpin V. A., Filatova O. E., Soltys T. V., Sokolova A. A., Bashkatova Yu. V., Gudkov A. B. Comparative Analysis and Synthesis of the Cardiovascular System Indicators of Representatives of Arctic and Alpine Adaptive Types. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 7, pp. 3-9. [in Russian]

13. Nebylitsin V. D. *Osnovnyye svoystva nervnoy sistemy cheloveka* [Basic properties of the human nervous system]. Moscow, Prosveshchenie Publ., 1966, 382 p.

14. Popova O. N., Glebova N. A., Gudkov A. B. Compensatory-adaptive change of external respiration system in Far North residents. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2008, 10, pp. 31-33. [in Russian]

15. Solonin Iu. G., Markov A. L., Boiko E. R., Kuchkovskaya T. P., Minakov Je. V., Streleckaya G. N. The comparison of the results in “Mars-500” Project participants living in different latitudes. *Donozologiya i zdoroviy obraz zhizni* [Prenosology and healthy mode of life]. 2010, 2 (7), pp. 22-27. [in Russian]

16. Fleyshman A. N. *Medlennyye kolebaniya gemodinamiki* [Slow oscillations of hemodynamics]. Novosibirsk, 1999, 264 p.

17. Khasnulin V. I. *Vvedenie v polyarnuyu meditsinu* [Introduction to Polar Medicine]. Novosibirsk, SO RAMN Publ., 1998, 337 p.

18. Chashchin V. P., Gudkov A. B., Popova O. N., Odland J. Ö., Kovshov A. A. Description of Main Health Deterioration Risk Factors for Population Living on Territories of Active Natural Management in the Arctic. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2014, 1, pp. 3-12. [in Russian]

19. Shishkin G. S., Ustyuzhaninova N. V. *Funktsional'nye sostoyaniya vneshnego dykhaninya zdorovogo cheloveka* [Functional status of external breathing of healthy persons]. Novosibirsk, SO RAN Publ., 2012, 329 p.

20. Kellett J., Rasool S. The prediction of the in-hospital mortality of acutely ill medical patients by electrocardiogram (ECG) dispersion mapping compared with established risk factors and predictive scores - A pilot study. *Eur. J. Intern. Med.* 2011, 22 (4), pp. 394-398.

21. Loricchio M. L., Borghi A., Rusticali G., etc. Heart rate variability coronary morphology and prognosis in unstable angina. *Eur. Heart J.* 1995, 16, p. 471.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MORPHOFUNCTIONAL INDICES IN RESIDENTS OF EUROPEAN NORTH AND RUSSIA NORTH-EAST

I. V. Sukhanova, C. I. Vdovenko, A. L. Maximov,
*A. L. Markov, *Iu. G. Solonin, *E. R. Boiko

*Scientific-research Center "Arktika" FEB RAS, Magadan,
*Physiological Institute, Komi Scientific Research Center
of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Syktyvkar,
Russia*

During the Project "Mars-500" in months-long examination, 17 residents of Syktyvkar and 18 residents of Magadan were examined. A number of common morphological and physiological methods of study and the hardware and software

complex "Ecosan-2007" were used. It has been established that the highest tension in hemodynamics reaction was characteristic of the residents of Magadan living in more extreme climatic conditions and, to a greater degree, it was more pronounced in winter (increased systolic BP and total peripheric vascular resistance) along with formation of a correlated structure of these indices. The peak tension of functional state in the residents of Syktyvkar was observed in summer and was characterized by the increased heartbeat, diastolic BP, the decreased heart rate, display of dysadaptation, increasing centralization between parameters of hemodynamics and the heart rate. Seasonal dynamics of morphofunctional indices was more pronounced in the residents of Syktyvkar.

Keywords: Project "Mars-500", residents of Syktyvkar, residents of Magadan, climate, seasonal dynamics, morphofunctional indices

Контактная информация:

Солонин Юрий Григорьевич — доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией социальной физиологии ФГБУН «Институт физиологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук»

Адрес: 167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 50

Тел. (8212) 24-14-74

E-mail: solonin@physiol.komisc.ru