

УДК 611.839+612.1

ПЕРЕСТРОЙКИ КАРДИОРИТМА И ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ ОРТОСТАЗЕ У АБОРИГЕНОВ И ЕВРОПЕОИДОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ

© 2017 г. А. Л. Максимов. И. В. Аверьянова

Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, г. Магадан

В исследованиях приняли участие 102 юноши в возрасте от 17 до 19 лет из числа европеоидов и аборигенов г. Анадыря Чукотского автономного округа. Изучались функциональные резервы вегетативной регуляции и влияния ее перестроек на кардио-гемодинамику при активной ортостатической пробе (АОП) у различных этнических групп, имеющих сопоставимый исходный тип вегетативной нервной системы (ВНС). Выявлено, что независимо от этнических особенностей и исходного вегетативного тонуса наблюдаются однотипные ответные реакции на АОП, направленные на снижение активности парасимпатического звена ВНС и активизацию симпатической активности автономной нервной системы. При этом принципиальные различия отмечены у обследуемых-нормотоников в характеристике низкочастотной составляющей мощности кардиоритма (LF). Анализ кардиогемодинамики показал, что у лиц с различными типами вегетативной регуляции, как аборигенов, так и европеоидов, в состоянии фона и в процессе АОП изучаемые функциональные характеристики во многом совпадают, а наблюдаемые между ними отдельные различия связаны не с этническими особенностями, а обусловлены исходным типом вегетативной регуляции.

Ключевые слова: юноши, тип вегетативной регуляции, показатели вариабельности сердечного ритма, показатели кардиогемодинамики, активная ортостатическая проба

HEART RATE AND HEMODYNAMIC CHANGES AT ORTHOSTATIC TEST DEMONSTRATED BY EXTREME NORTH ABORIGINES AND EUROPEANS (CAUCASIANS) HAVING DIFFERENT TYPES OF AUTONOMIC REGULATION

A. L. Maximov, I. V. Averyanova

Scientific-Research Center "Arktika" Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia

The examinees were 102 male habitants of Anadyr and Chukotsky Autonomous District, 17-19 aged, Europeans (Caucasians) and Aborigines. Functional reserves of autonomic regulation were studied and influence of its changes on cardiohemodynamics at active orthostatic test in different ethnic groups with similar types of original autonomic nervous system. The findings testified that, irrespective of ethnic origin or autonomic tonus similar responses to active orthostatic test were observed focused on weakening parasympathetic section of autonomic nervous system and strengthening sympathetic one. However, fundamental difference was registered in normotonic subjects and occurred in low frequency component of the heart rate power (LF). Cardiac hemodynamic analysis showed that, Europeans (Caucasians) and Aborigines who had different types of autonomic regulation, however, demonstrated their functional indices to largely coincide with each others at either baseline or at active orthostatic test. Some revealed differences were caused by types of autonomic regulation rather than by ethnic origin.

Keywords: young males, type of autonomic regulation, heart rate variability indices, cardiac hemodynamic indices, active orthostatic test

Библиографическая ссылка:

Максимов А. Л., Аверьянова И. В. Перестройки кардиоритма и гемодинамики при ортостазе у аборигенов и европеоидов Крайнего Севера с различными типами вегетативной регуляции // Экология человека. 2017. № 8. С. 21–28.

Maximov A. L., Averyanova I. V. Heart Rate and Hemodynamic Changes at Orthostatic Test Demonstrated by Extreme North Aborigines and Europeans (Caucasians) Having Different Types of Autonomic Regulation. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 8, pp. 21-28.

Многочисленными исследованиями в области экологической физиологии человека, проведенными во второй половине прошлого века, было убедительно доказано, что процесс адаптации к экстремальным природно-климатическим факторам окружающей среды всегда требует использования функциональных резервов организма [1, 10].

Хорошо известно, что оценка функциональных резервов как исходного уровня, так и в процессе воздействия каких-либо неблагоприятных условий возможна только при использовании различного рода функциональных нагрузок. Одним из таких нагрузочных тестов выступает активная ортостатическая проба

(АОП), которая, не смотря на простоту выполнения, является высокоинформативной, так как позволяет разносторонне оценить состояние кардиогемодинамики и регуляторных систем организма. Ортостатические реакции основных показателей гемодинамики могут служить простым в исполнении и доступным методом определения сердечно-сосудистого риска. Они являются ответом автономной нервной и сердечно-сосудистой систем на изменение положения тела в пространстве. В норме у здоровых лиц перемена положения тела из горизонтального в вертикальное приводит к незначительным физиологическим сдвигам со стороны сердечно-сосудистой системы

[20]. Понятно, что изменение положения тела при ортопробе само по себе не представляет заметной физической нагрузки, тем не менее в случае, если регуляторные механизмы не обладают необходимым функциональным резервом, ортостатическое воздействие оказывается для организма весьма значимым [14] и дает возможность изучить функциональные резервы вегетативной регуляции путем выявления активности симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы и центральных механизмов, определяющих влияние не только на сердечно-сосудистую систему, но и на организм в целом [2]. При этом количественная оценка изменения состояния вегетативной регуляции возможна на основе анализа variability сердечного ритма (BCP), отражающего степень активации различных звеньев вегетативной нервной системы (ВНС) и уровень стрессированности организма [3, 15, 17, 19].

Вариабельность или изменчивость тех или иных показателей, в том числе временных и спектрально-волновых характеристик сердечного ритма, отражает воздействие сигналов управления, перенастраивающих системы в интересах сохранения гомеостаза или адаптации организма к новым условиям. При этом анализ баланса вегетативного гомеостаза в состоянии покоя основан на оценке выраженности вклада симпатического и парасимпатического звена ВНС в обеспечение функционирования организма в обычных условиях жизнедеятельности [4, 12, 19]. В настоящее время уже доказано, что при статистическом анализе различных выборок значений кардиоритма по каким-либо группам или популяциям необходимо проводить предварительную оценку исходного типа вегетативной регуляции индивидуумов и в дальнейшем усредненное влияние факторов среды изучать уже с учетом полученных типологических особенностей [12, 19]. Принимая во внимание такой подход, мы провели исследование перестроек BCP и артериального давления при выполнении АОП у аборигенов и уроженцев-европеоидов, постоянно проживающих в экстремальных условиях Крайнего Севера, с целью изучения функциональных резервов вегетативной регуляции и влияния ее изменений на кардиогемодинамику у различных этнических групп, имеющих сопоставимый исходный тип ВНС.

Методы

В исследованиях приняли участие 102 юноши в возрасте от 17 до 19 лет, являющиеся студентами образовательных учреждений г. Анадыря Чукотского автономного округа, из них 43 человека — европеоиды, представители уроженцев Севера в 1–2 поколения, которых мы обозначаем как укорененные лица [18], и 59 человек — аборигены (чукчи).

У обследуемых непрерывно в течение 5 минут в состоянии покоя лежа (фон) и 5 минут стоя (ортостаз) проводили запись кардиоинтервалограммы. 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 нашего исследования.

Запись кардиоинтервалограммы производилась с помощью прибора «Варикард» и программного обеспечения VARICARD-KARDi [11] с учетом методических рекомендаций группы российских экспертов [3]. Общая суммарная мощность спектра кардиоритма (TP) рассчитывалась без учета ультранизкочастотной составляющей (ULF) исходя из требований корректности применения анализа коротких временных рядов с использованием метода преобразования Фурье [7]. В дальнейшем анализировались следующие показатели BCP: мода (M_o , мс) — наиболее часто встречающееся значение R-R интервала; разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов ($MxDMn$, мс); число пар кардиоинтервалов с разницей более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов ($pNN50$, мс); стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов ($SDNN$, мс); амплитуда моды при ширине класса 50 мс ($AMo50$ %, мс); индекс напряжения регуляторных систем (SI, усл. ед.); квадратный корень из суммы разности значений продолжительности кардиоинтервалов ($RMSSD$); суммарная мощность спектра сердечного ритма (TP, mc^2); мощность спектра высокочастотного компонента BCP в диапазоне 0,4–0,15 гц (дыхательные волны) (HF, mc^2); мощность спектра низкочастотного компонента BCP в диапазоне 0,15–0,04 гц (LF, mc^2); мощность спектра очень низкочастотного компонента BCP в диапазоне 0,04–0,015 гц (VLF, mc^2).

Показатели артериального давления регистрировались автоматическим тонометром Nesei DS-1862 (Япония) в состоянии покоя (лежа) и на первой минуте после перехода в вертикальное положение. Расчетным путем определяли ударный объем по Старру (УО, мл) [22], общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, $дин \cdot с \cdot см^{-5}$) и минутный объем крови (МОК, мл/мин).

Исходный тип вегетативной регуляции выявляли в состоянии покоя на основании значений следующих показателей: $MxDMn$, SI, TP, где диапазон эйтонии (нормотонии) для $MxDMn$ учитывали равным от 200 до 300 мс, для SI — от 70 до 140 усл. ед., для TP — от 1 000 до 2 000 mc^2 [13]. Если исследуемые показатели $MxDMn$ и TP находились ниже данных диапазонов, вегетативный баланс был оценен как симпатотонический, при повышении величин данного коридора — как ваготонический. Напротив, при повышении показателей SI более 140 усл. ед. (с учетом двух других показателей) вегетативный баланс оценивался как симпатотонический, при понижении менее 70 усл. ед. — как ваготонический. В результате данной дифференциации были сформированы две группы испытуемых: с ваготоническим и нормотоническим типами регуляции. Функциональные показатели симпатотоников в этой серии исследований не анализировались в связи с немногочисленностью в выборке.

Все обследования проводились в помещении с комфортной температурой 19–21 °С в первой половине дня. Исследование выполнено в соответствии с принципами Хельсинской декларации. Протокол был одобрен Этическим комитетом медико-биологических исследований при СВНЦ ДВО РАН (№ 004/013 от 10.12.2013). До включения в исследование от всех участников 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 перцентилей, 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 выявлялась с помощью t-критерия Стьюдента для независимых выборок с параметрическим распределением и непараметрического критерия Манна – Уитни для выборок с ненормальным распределением. Критический уровень значимости (p) в работе принимался равным или меньше 0,05 [6].

Результаты

Оценка исходных типов вегетативной регуляции показала, что в группе аборигенов ваготонический тип наблюдался у 20 человек, нормотонический – у 31, и только 8 обследуемых можно было отнести к симпатотоникам. В группе европеоидов у 18 человек был отмечен ваготонический тип регуляции, у 17 – нормотонический, 8 испытуемых были отнесены к группе симпатотоников. Юноши-симпатотоники с учетом непрезентативности выборки в дальнейшем в анализе не участвовали.

В табл. 1 и 2 представлены показатели кардиоритма в состоянии покоя и в процессе АОП у юношей-аборигенов и укорененных европеоидов с ваготоническим и нормотоническим типом регуляции, проживающих в Чукотском автономном округе. Как следует из табл. 1, статистически значимых различий в показателях ВСР в состоянии покоя между аборигенами и европеоидами не наблюдалось. Более того, у обследуемых лиц той и другой группы отмечалась абсолютно однотипная реакция на АОП, при которой происходит уменьшение значений M_o , M_{xDMn} , $RMSSD$, $pNN50$, свидетельствующих о снижении активности автономного и активизации центрального регуляторного контура, что отражается в увеличении более чем в 1,5 раза значений $AMo50$ % и в 3 раза SI . Отношение стресс-индекса при ортостазе к его фоновому значению ($SI_{проба}/SI_{фон}$) у европеоидов (4,1 отн. ед.) было значимо выше, чем у аборигенов (2,7 отн. ед.), указывая на большую степень напряжения системы гемодинамики при выполнении функциональной пробы этой группой обследуемых лиц.

Таблица 1

Показатели кардиоритма в состоянии покоя и в процессе активной ортостатической пробы у юношей-аборигенов и европеоидов с ваготоническим типом вегетативной регуляции, Me (25; 75 перцентиль)

Изучаемый показатель	Этап эксперимента				Уровень значимости различий			
	Показатель в состоянии покоя (лежа)		АОП		1-2	3-4	1-3	2-4
	Аборигены (1)	Европеоиды (2)	Аборигены (3)	Европеоиды (4)				
HR, уд./мин	63,6 (60,9; 66,2)	63,5 (60,4; 69,9)	85,7 (80,2; 87,9)	90,4 (84,6; 93,4)	p=0,58	p=0,10	p<0,001	p<0,001
M_{xDMn} , мс	412,0 (361,0; 434,5)	406,0 (375,0; 450,0)	276,0 (226,5; 355,5)	257,0 (206,0; 274,0)	p=0,86	p=0,19	p<0,001	p<0,001
$RMSSD$, мс	79,5 (66,5; 93,2)	81,9 (69,2; 88,3)	25,4 (20,3; 32,7)	22,7 (18,5; 31,9)	p=0,86	p=0,47	p<0,001	p<0,001
$pNN50$, %	51,2 (37,7; 67,9)	55,1 (42,6; 63,1)	4,4 (2,8; 10,0)	3,3 (1,0; 10,7)	p=0,91	p=0,53	p<0,001	p<0,001
$SDNN$, мс	77,0 (70,2; 88,6)	83,5 (72,9; 89,3)	53,5 (44,8; 70,5)	50,0 (37,9; 51,4)	p=0,62	p=0,25	p<0,001	p<0,001
M_o , мс	951,0 (912,0; 1016,5)	918,0 (850,0; 1045,0)	693,0 (648,0; 740,5)	654,0 (632,0; 710,0)	p=0,60	p=0,23	p<0,001	p<0,001
AMo , мс	27,2 (24,3; 30,0)	26,0 (21,3; 27,4)	41,6 (29,5; 46,0)	45,3 (37,5; 54,3)	p=0,16	p=0,22	p<0,001	p<0,001
SI , усл. ед.	36,6 (28,7; 39,0)	33,4 (28,0; 39,9)	105,0 (61,9; 143,5)	135,6 (109,6; 217,6)	p=0,51	p=0,14	p<0,001	p<0,001
TP , мс ²	4314,4 (3816,7; 5178,7)	5299,7 (4234,6; 6168,5)	2133,2 (1468,3; 2330,2)	1783,5 (1052,2; 2287,0)	p=0,12	p=0,47	p<0,001	p<0,001
HF , мс ²	2043,4 (1546,5; 2530,2)	2399,3 (1861,8; 3243,8)	246,5 (169,4; 457,2)	258,9 (156,9; 502,5)	p=0,16	p=0,88	p<0,001	p<0,001
LF , мс ²	1538,2 (955,7; 2169,8)	1662,9 (1304,4; 1866,7)	969,4 (682,4; 1511,9)	993,1 (638,7; 1265,8)	p=0,60	p=0,96	p<0,043	p<0,045
VLF , мс ²	797,7 (420,8; 995,7)	955,3 (725,0; 1285,6)	557,0 (383,4; 893,9)	331,9 (293,5; 471,6)	p=0,11	p=0,06	p<0,044	p<0,001
LF/HF , усл. ед.	0,8 (0,5; 1,2)	0,6 (0,5; 0,9)	3,1 (2,2; 4,9)	4,1 (2,9; 5,7)	p=0,51	p=0,43	p<0,001	p<0,001
IS , усл. ед.	1,2 (0,7; 1,9)	1,1 (0,9; 1,3)	5,4 (4,1; 8,0)	6,2 (4,0; 7,4)	p=0,98	p=0,81	p<0,001	p<0,001

Таблица 2

Показатели кардиоритма в состоянии покоя и в процессе активной ортостатической пробы у юношей-аборигенов и европеоидов с нормотоническим типом вегетативной регуляции, Ме (25; 75 процентиль)

Изучаемый показатель	Этап эксперимента				Уровень значимости различий			
	Показатель в состоянии покоя (лежа)		АОП		1-2	3-4	1-3	2-4
	Аборигены (1)	Европеоиды (2)	Аборигены (3)	Европеоиды (4)				
HR, уд./мин	69,3 (62,5; 73,8)	73,5 (63,9; 80,5)	89,2 (83,1; 97,3)	91,7 (87,4; 100,9)	p=0,08	p=0,29	p<0,001	p<0,001
MxDMn, мс	276,0 (257,8; 326,8)	226,0 (202,0; 282,5)	200,5 (153,5; 240,5)	193,0 (169,0; 272,5)	p<0,042	p=0,62	p<0,001	p<0,01
RMSSD, мс	49,1 (36,7; 62,0)	34,8 (29,5; 46,4)	17,9 (13,7; 22,2)	18,0 (13,8; 24,9)	p<0,046	p=0,83	p<0,001	p<0,001
pNN50, %	24,6 (16,4; 36,7)	10,2 (3,9; 23,9)	1,3 (0,2; 4,0)	1,9 (1,0; 4,2)	p<0,043	p=0,27	p<0,001	p<0,001
SDNN, мс	53,8 (47,3; 63,7)	40,4 (37,5; 57,0)	37,1 (29,8; 46,2)	36,9 (35,1; 55,8)	p<0,047	p=0,47	p<0,001	p=0,27
Mo, мс	881,5 (798,5; 960,8)	803,0 (732,5; 939,0)	656,0 (615,5; 733,5)	637,0 (573,5; 677,0)	p=0,12	p=0,17	p<0,001	p<0,001
AMo, мс	37,9 (33,5; 43,2)	44,8 (36,8; 52,9)	54,4 (40,6; 72,6)	52,2 (40,3; 60,5)	p<0,042	p=0,97	p<0,001	p<0,044
SI, усл. ед.	73,1 (57,5; 101,0)	142,2 (73,6; 177,3)	194,3 (121,1; 388,4)	241,8 (99,5; 292,8)	p<0,041	p=0,95	p<0,001	p<0,001
TP, мс ²	2270,2 (1612,2; 2989,8)	1386,0 (1158,2; 2587,5)	981,2 (710,5; 1542,8)	1390,5 (764,5; 1959,1)	p=0,10	p=0,22	p<0,001	p=0,63
HF, мс ²	987,9 (434,1; 1440,8)	475,4 (271,9; 892,6)	142,2 (81,9; 230,4)	160,7 (81,6; 248,8)	p<0,043	p=0,85	p<0,001	p<0,001
LF, мс ²	673,2 (541,3; 1005,4)	679,0 (553,6; 1166,6)	522,2 (366,4; 996,2)	925,4 (355,8; 1381,2)	p=0,97	p=0,17	p=0,87	p<0,042
VLF, мс ²	478,8 (323,8; 677,9)	353,0 (211,2; 548,4)	325,0 (186,2; 396,8)	277,5 (180,0; 444,6)	p=0,21	p=0,85	p=0,11	p=0,51
LF/HF, усл. ед.	0,8 (0,5; 1,9)	1,4 (1,2; 1,7)	4,2 (3,6; 6,2)	5,1 (4,4; 7,1)	p<0,043	p<0,047	p<0,001	p<0,001
IC, усл. ед.	1,6 (0,9; 3,4)	2,2 (1,7; 3,1)	7,2 (4,7; 8,8)	7,6 (6,1; 9,2)	p=0,08	p=0,37	p<0,001	p<0,001

Таблица 3

Показатели сердечно-сосудистой системы в состоянии фона и в процессе активной ортостатической пробы у юношей-аборигенов и европеоидов с различными типами вегетативной регуляции, М ± m

Изучаемый показатель	Этап эксперимента				Уровень значимости различий			
	Показатель в состоянии покоя (лежа)		АОП		1-2	3-4	1-3	2-4
	Ваготоники							
	Аборигены (1)	Европеоиды (2)	Аборигены (3)	Европеоиды (4)				
САД, мм рт. ст.	118,9±2,1	118,7±2,8	118,5±2,6	119,1±3,4	p=0,95	p=0,89	p=0,90	p=0,93
ДАД, мм рт. ст.	63,6±2,4	61,3±1,6	75,2±2,3	77,4±1,8	p=0,43	p=0,46	p<0,001	p<0,001
ЧСС, уд./мин	60,1±1,9*	61,0±1,5*	79,2±3,5*	80,9±2,7*	p=0,71	p=0,71	p<0,001	p<0,001
УО, мл	84,8±3,3	88,3±2,2	73,5±3,0	70,8±2,5	p=0,37	p=0,49	p<0,001	p<0,001
МОК, мл/мин	5091,3±249,2*	5393,5±193,0*	5714,0±238,2*	5686,3±233,6*	p=0,34	p=0,93	p<0,001	p=0,15
ОПСС, дин·с·см ⁻⁵	1487,9±134,0*	1292,4±47,6*	1375,8±97,5*	1383,7±69,3*	p=0,17	p=0,94	p=0,94	p=0,17
Нормотоники								
САД, мм рт. ст.	117,8±1,9	119,1±2,8	117,2±2,9	117,9±2,8	p=0,70	p=0,86	p=0,86	p=0,77
ДАД, мм рт. ст.	64,7±1,8	61,5±1,6	75,1±1,5	75,9±1,6	p=0,19	p=0,72	p<0,001	p<0,001
ЧСС, уд./мин	70,3±2,9	71,2±2,9	89,3±3,3	90,5±3,2	p=0,83	p=0,80	p<0,001	p<0,001
УО, мл	86,1±1,6	87,8±1,2	75,7±1,1	71,3±1,6	p=0,43	p<0,046	p<0,001	p<0,001
МОК, мл/мин	6006,8±216,0	6233,5±179,6	6779,0±269,5	6437,1±199,6	p=0,42	p=0,31	p<0,001	p=0,44
ОПСС, дин·с·см ⁻⁵	1201,9±48,3	1129,3±37,9	1157,8±57,1	1195,2±44,3	p=0,24	p=0,60	p=0,59	p=0,25

Примечание. * обозначены статистически значимые различия между изучаемыми группами.

Существенно другая картина в структуре кардиоритма отмечалась между аборигенами и европеоидами из числа нормотоников (см. табл. 2). В состоянии фона европеоиды по сравнению с аборигенами характеризуются достоверно меньшими величинами MxDMn, pNN50, RMSSD, SDNN, HF и более высокими значениями показателей AMo50 %, SI и LF/HF.

Подчеркнем, что АОП нивелировала существующие различия практически между всеми изучаемыми показателями, кроме LF/HF. Однако внутри этнических групп нормотоников наблюдался ряд особенностей в динамике некоторых показателей ВСП при выполнении АОП. Так, если у аборигенов величина SDNN и TP значимо снижались относительно фона, то у евро-

пеоидов этого не отмечалось. При этом важным отличительным аспектом в перестройке низкочастотной составляющей кардиоритма, отражающей активность вазомоторных центров (LF), явилось статистически значимое увеличение этого показателя у европеоидов, в то время как у аборигенов он имел тенденцию к снижению. У нормотоников показатель отношения SIпроба/SIфон по группам аборигенов и европеоидов соответственно составил: 2,65 и 1,70 отн. ед.

В табл. 3 представлены данные гемодинамики в состоянии покоя и в процессе выполнения АОП у юношей двух этнических групп в зависимости от исходных типов вегетативной регуляции. У аборигенов и европеоидов в состоянии фона и в процессе ортостаза показатели артериального давления и частоты сердечных сокращений (ЧСС) статистически значимо не различались. Отметим, что если внутри групп ваготоников и нормотоников вне зависимости от этнических различий выраженной реакции систолического артериального давления (САД) на активный ортостаз не наблюдается, то диастолическое давление (ДАД) статистически значимо возрастает на 10–16 мм рт. ст. Параллельно с повышением ДАД происходит увеличение ЧСС в пределах 20 уд./мин., связанное с активизацией симпатического звена ВНС и центрального регуляторного контура, что подтверждается ростом в разы значений индекса централизации (IC) при выполнении АОП по отношению к фону как у аборигенов, так и у европеоидов. Активизацию симпатической нервной системы у практически здоровых лиц с достаточными функциональными резервами отмечали и другие исследователи [16].

Обсуждение результатов

Полученные результаты сравнительного анализа показателей ВСР у ваготоников и нормотоников двух этнических групп указывают на то, что в группе нормотоников-европеоидов отмечается более выраженное влияние симпатического звена на регуляцию ритма сердца, что дает нам основание расценивать данную группу как испытуемых с нормосимпатической направленностью структуры кардиоритма. Возможности такой оценки и дифференциации лиц с нормотоническим типом ВНС обосновываются в монографии Н. И. Шлык, где показаны критерии для определения лиц с симпатонормотоническим и вагонормотоническим вариантами вегетативной регуляции [19]. При этом некоторые исследователи на основании значений SI во время пробы и особенностей изменения его значений относительно фона (SI проба/SI фон) выделяют нормальную реактивность (от 1–3 отн. ед.); асимпатикотонию (> 1 отн. ед.) и гиперсимпатико-тоническую реактивность (< 3 отн. ед.) [3]. В нашем исследовании из расчета S проба/SI фон в группе ваготоников-европеоидов реакция на активный ортостаз соответствовала критериям «гиперсимпатико-тоническая реактивность», тогда как у испытуемых остальных групп была отмечена «нормальная вегетативная реактивность». Однако

такая реакция для практически здоровых лиц с хорошими функциональными резервами должна рассматриваться как абсолютно физиологическая, так как обеспечивает за счет роста ЧСС поддержание адекватного уровня минутного кровообращения, не допускающего предколлаптоидных состояний, которые могут развиваться в случае усиления вагусной активности у лиц с таким исходным типом регуляции при АОП [21].

Известно, что ортостатическая устойчивость отражает способность сердечно-сосудистой системы компенсировать изменение системного кровотока в ситуациях, связанных со снижением притока крови к сердцу, которое происходит, в частности, во время выполнения статических нагрузок [5].

По данным В. М. Михайлова [14], в норме при переходе тела в вертикальное положение снижается спектральная мощность всех компонентов (VLF, LF, HF). При этом в большей степени снижается мощность высокочастотных компонентов и в меньшей — мощность низкочастотных волн [14]. Аналогичные изменения по всем составляющим общего спектра были получены и в нашей работе у испытуемых-ваготоников. Так, анализ спектральных характеристик в ответ на АОП выявил, что при изменении положения тела в пространстве у юношей-ваготоников, как аборигенов, так и европеоидов, выражено снижается общая мощность спектра TP в большей степени за счет уменьшения мощности дыхательных высокочастотных волн (HF) более чем в 8 раз. При этом также уменьшается мощность низко- и очень низкочастотных составляющих спектра кардиоритма, но в меньших пределах — в 1–3 раза. Аналогичная картина наблюдается и у нормотоников. Однако у этих лиц из числа европеоидов при выполнении АОП значение SDNN статистически не изменялось, в то время как у аборигенов его величина уменьшилась на 32 %, что было близко к изменениям в группе аборигенов-ваготоников. Подчеркнем, что наибольший интерес в изменениях вектора реакции при АОП наблюдался в показателях низкочастотного спектра (LF), характеризующего уровень активности вазомоторного центра. Так, если у ваготоников, как у аборигенов, так и у европеоидов, его значения при АОП статистически значимо уменьшались, то у нормотоников-европеоидов этот показатель значимо возрастал на 36 % при выраженном снижении VLF, указывая на большую роль в поддержании оптимального уровня гемодинамики сосудистого центра и уменьшении вклада в регуляцию надсегментарного уровня и церебральных эрготоропных влияний.

Отметим, что в исследованиях Н. И. Шлык с соавт. подобная динамика LF-компонента рассматривается как парадоксальная реакция регуляторных систем на активный ортостаз и свидетельствует о сниженных резервах организма [19]. Увеличение LF в ответ на ортопробу также является отличительной особенностью обследуемых с преобладанием симпатико-тонической активности в регуляции сердечного ритма,

что показано в работе А. Н. Лоскутовой [12]. В нашем случае у нормотоников-аборигенов в регуляции кровообращения относительно в большей степени играет роль рост ЧСС, при этом вклад активности сосудодвигательного центра даже снижался. Все это указывает, что если у ваготоников обеих этнических групп наблюдается однотипный характер регуляторных механизмов влияния на кардиогемодинамику при выполнении АОП, то у нормотоников он имеет свои специфические отличия, связанные с перестройкой низкочастотной составляющей спектральной мощности (LF) ритма сердца. Вектор изменений очень высокочастотной составляющей (VLF) как у ваготоников, так и у нормотоников различных этнических групп имеет одинаковую направленность в сторону уменьшения значения при АОП по отношению к фону. При этом отсутствие статистически выраженной динамики VLF-компонента в группе нормотоников между значениями фона и АОП как у аборигенов, так и у европеоидов может свидетельствовать о сниженном влиянии надсегментарных отделов ВНС в процессе ортостаза у юношей-северян.

Реакция артериального давления при выполнении АОП в изучаемых группах характеризовалась отсутствием динамики со стороны САД со статистически значимым увеличением ДАД у обследуемых всех групп. При этом оно было более выраженное в группе у юношей-европеоидов, как ваготоников, так и нормотоников, что демонстрирует более отчетливую ортостатическую реакцию сосудистого компонента, ведущую к явным проявлениям ортостатической гипертензии в группе европеоидов [8]. Механизм развития ортостатической гипертензии остается спорным. Внимания заслуживает версия ее возникновения в ответ на снижение ударного объема и венозного возврата, что, в свою очередь, стимулирует симпатическую нервную систему, а следовательно и вазоконстрикцию [8, 21].

Различий в хронотропной активации в ответ на активный ортостаз у исследуемых групп отмечено не было, причем повышение ЧСС по сравнению с фоновыми показателями укладывается в нормальные значения, указывающие на оптимальный уровень ответной реакции на данный вид нагрузки.

Таким образом, в группе европеоидов-ваготоников в сравнении с группой аборигенов-ваготоников Чукотского автономного округа более выраженная степень ортостатической гипертензии в ответ на активный ортостаз сопровождалась смещением вегетативного баланса в сторону симпатической активности с наличием дисрегуляторных механизмов в регуляции сердечного ритма. Так, неустойчивость переходного процесса у лиц данной группы проявлялась чрезмерно выраженной динамикой стресс-индекса SI со снижением уровня VLF. Независимо от индивидуально-типологических особенностей наших испытуемых (этнической принадлежности и исходного вегетативного тонуса) процесс срочной адаптации сердечно-сосудистой системы и показа-

телей кардиоритма происходит за счет уменьшения активности парасимпатического звена ВНС.

Анализ выявил, что у лиц с различными типами вегетативной регуляции, как аборигенов, так и европеоидов, в состоянии фона и в процессе АОП показания гемодинамики не имеют статистически значимых различий. При этом вектор их изменений от фонового состояния к АОП также имеет одинаковую направленность, характеризующуюся увеличением частоты пульса, МОК и ДАД при снижении УО и ОПСС.

Известно, что действие силы тяжести затрудняет возврат крови к сердцу из расположенных ниже этой точки вен, в которых даже у здоровых лиц при расслабленных мышцах нижних конечностей дополнительно задерживается от 300 до 800 мл крови, что является нормальной реакцией на ортостаз, возникающей из-за снижения гидростатического давления на уровне каротидных барорецепторов и независимости от предшествующей им абсолютной динамики сердечного выброса [9]. При этом авторы выделяют несколько типов гемодинамических реакций при сниженных функциональных резервах организма или развивающихся патологических процессах со стороны сердечно-сосудистой системы: гиперсимпатико-тонический, гипосимпатико-тонический, асимпатико-тонический. При гиперсимпатико-тоническом типе реакции отмечается выраженная тахикардия, повышение не только ДАД, но и САД, сердечный индекс обычно также возрастает, причем не только за счет тахикардии, но и нередко за счет повышения ударного индекса. Этот тип реакции отражает своего рода гиперадаптацию к гравитационным возмущениям и обусловлен недостаточной коррекцией со стороны центральной нервной системы интенсивности первичных симпатико-тонических реакций на изменение положения тела из горизонтального в вертикальное и связан с функцией каротидных барорецепторов. Гипо- и асимпатико-тонический типы реакций характеризуются значительным снижением в процессе ортостатической пробы САД и ДАД, малым учащением пульса или даже его урежением [9].

Отметим, что полученные нами показатели кардиогемодинамики не соответствуют характеристикам для вышеуказанных типов гемодинамических состояний при АОП, указывая на отсутствие возможных негативных процессов со стороны сердечно-сосудистой системы и на ее достаточно хорошие функциональные резервы.

В заключение необходимо подчеркнуть, что по целому ряду показателей регуляции кардиоритма и гемодинамики лица из числа уроженцев Крайнего Севера, относящиеся к различным этническим группам, сближаются по своим физиологическим и функциональным характеристикам, что укладывается в концепцию конвергентной адаптации, положения которой были обоснованы и на других системно-морфологических уровнях [18]. Подчеркнем, что наблюдаемые нами различия в перестройках вариабельности кардиоритма и гемодинамики, по всей

видимости, связаны не с этническими различиями изучаемых групп жителей Чукотки, а с исходным типом вегетативной регуляции.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации» (проект «Разработка унифицированных социально-экономических и медико-биологических критериев оценки дискомфорта окружающей среды и состояния адаптированности жителей циркумполярных и арктических регионов»).

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Ермакова Н. В. Экологический портрет человека на Севере. М.: КРУК, 1997. 208 с.
2. Атаханов Ш. Э., Робертсон Д. Ортостатическая гипотония и вегетативная недостаточность (механизмы и классификация) // Кардиология. 1995. № 3. С. 13–43.
3. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В., Гаврилушкин А. Л., Довгалева П. Я., Кукушкин Ю. А., Миронова Т. Ф., Прилуцкий Д. А., Селепов А. В., Федоров В. Ф., Флейшман А. Н., Медведев М. М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С. 65–83.
4. Белоконов Н. А., Кубергер М. Б. Болезни сердца и сосудов у детей: руководство для врачей. М.: Медицина, 1987. 448 с.
5. Береснева И. А. Оценка адаптационных возможностей организма школьников на основе анализа ВСР в покое и при ортостатической пробе: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2000. 16 с.
6. Боровиков В. П. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. СПб.: Питер, 2003. 688 с.
7. Витязев В. В. Анализ неравномерных временных рядов. СПб.: СПбГУ, 2001. 48 с.
8. Гарькавый П. А., Яблчанский Н. И. Сравнительный анализ ортостатических реакций диастолического артериального давления и частоты сердечных сокращений у здоровых добровольцев и пациентов с артериальной гипертензией // Украинский терапевтический журнал. 2008. № 4. С. 20–23.
9. Глезер Г. А., Москаленко Н. П. Ортостатическая проба в практической работе врача-кардиолога // Кардиология. 1979. Т. 19, № 11. С. 112–119.
10. Казначеев В. П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск: Наука, 1980. 191 с.
11. Комплекс для анализа вариабельности сердечного ритма «Варикард». Рязань: ЮИМН, 2005. 45 с.
12. Лоскутова А. Н. Возрастные и типологические особенности вариабельности сердечного ритма у аборигенов и уроженцев-европеоидов Магаданской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Магадан, 2015. 21 с.
13. Максимов А. Л., Аверьянова И. В. Информативность показателей кардиогемодинамики и вариабельности сердечного ритма у юношей с различным уровнем гипоксически-гиперкапнической устойчивостью // Ульяновский медико-биологический журнал. 2014. № 2. С. 90–95.
14. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. Иваново, 2000. 200 с.
15. Ноздрачев А. Д., Котельников С. А., Мажара Ю. П., Наумов К. П. Один из взглядов на управление

сердечным ритмом: интракардиальная регуляция // Физиология человека. 2005. Т. 31, № 2. С. 116–129.

16. Осадчий Л. И. Положение тела и регуляция кровообращения. Л.: Наука, 1982. С. 144.

17. Попова Н. В., Попов В. А., Гудков А. Б. Возможности тепловидения и вариабельность сердечного ритма при прогностической оценке функционального состояния сердечно-сосудистой системы // Экология человека. 2012. № 11. С. 33–37.

18. Суханова И. В., Максимов А. Л., Вдовенко С. И. Особенности адаптации у юношей Магаданской области: морфофункциональные перестройки (сообщение 1) // Экология человека. 2013. № 8. С. 3–10.

19. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск: Изд-во Удмуртского университета, 2009. 259 с.

20. Fessel J., Robertson D. Orthostatic Hypertension: when pressor reflexes overcompensate // Clinical Practice Nephrology. 2006. N 2. P. 424–431.

21. Lucini D., Pagani M., Mela G. S., Malliani A. Sympathetic restraint of baroreflex control of heart period in normotensive and hypertensive subjects // Clin. Science. 1994. Vol. 86. P. 547–556.

22. Starr I. Clinical tests of the simple method of estimating cardiac stroke volume from blood pressure and age // Circulation. 1954. Vol. 9. P. 664–681.

References

1. Agadzhanian N. A., Ermakova N. V. *Ekologicheskii portret cheloveka na Severe* [Environmental portrait of a man in the North]. Moscow, 1997, 208 p.
2. Atakhanov Sh. E., Robertson D. Orthostatic hypotonia and autonomic insufficiency. *Kardiologiya* [Cardiology]. 1995, 3, pp. 13–43. [in Russian]
3. Baevskii R. M., Ivanov G. G., Chireikin L. V., Gavrilushkin A. L., Dovgalevskaya P. Ya., Kukushkin Yu. A., Mironova T. F., Prilutskii D. A., Seleпов A. V., Fedorov V. F., Fleishman A. N., Medvedev M. M. Analysis of heart rate variability when using different electrocardiographic systems (methodical recommendations). *Vestnik aritmologii* [Arhythmology Bulletin]. 2001, 24, pp. 65–83. [in Russian]
4. Belokon' N. A., Kubergger M. B. *Bolezni serdtsa i sosudov u detei : rukovodstvo dlya vrachei* [Heart and vessel diseases in children: physician's manual]. Moscow, Meditsina, 1987, 448 p.
5. Beresneva I. A. *Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostei organizma shkol'nikov na osnove analiza VSR v pokoe i pri ortostaticheskoi probe. Avtoref. kand. diss.* [Schoolchildren's adaptabilities assessment based on analysis of ANS at rest and active orthostatic test. Author's Abstract of Cand. Diss.]. Moscow, 2000, 16 p.
6. Borovikov V. P. *Statistica. Iskusstvo analiza dannykh na komp'yutere: dlya professionalov* [Statistica. The art of analyzing data on a computer: for professionals]. Saint-Petersburg, Piter, 2003, 668 p.
7. Vityazev V. V. *Analiz neravnomernykh vremennykh ryadov* [Analysis for nonuniform time series]. Saint-Petersburg, SPbSU, 2001, 48 p.
8. Gar'kavyi P. A., Yabluchanskii N. I. Comparative analysis of orthostatic responses of diastolic arterial pressure and pulse rates in healthy volunteers and patients with arterial hypertension. *Ukrainskii terapevticheskii zhurnal* [Ukrainian therapeutic journal]. 2008, 4, pp. 20–23. [in Russian]
9. Glezer G. A., Moskalenko N. P. *Ortostaticheskaya proba v prakticheskoi rabote vracha-kardiologa. Kardiologiya* [Cardiology]. 1979, 11, pp. 112–119. [in Russian]

10. Kaznacheev V. P. *Sovremennye aspekty adaptatsii* [Current adaptation aspects]. Novosibirsk, Nauka, 1980, 191 p.
11. *Kompleks dlia analiza variabelnosti serdechnogo ritma «Varikard»* [The “Varicard” complex unit for heart rate variability analysis]. Ryazan, IIMN, 2005, 45 p.
12. Loskutova A. N. *Vozrastnye i tipologicheskie osobennosti variabel'nosti serdechnogo ritma u aborigenov i urozhentsev-evropeoidov Magadanskoi oblasti. Avtoref. kand. diss.* [Age and typological features for heart rate variability in Aborigines and Europeans (Caucasians) born in Magadan region. Author's Abstract of Cand. Diss.]. Magadan, 2015, 21 p.
13. Maksimov A. L., Aver'yanova I. V. Informative value of cardiohemodynamic and heart rate variability indices observed in young males with different levels of resistance to hypoxia-hypercapnia. *Ul'yanovskii mediko-biologicheskii zhurnal* [Ul'yanovsk medical and biological journal]. 2014, 2, pp. 90-95. [in Russian]
14. Mikhailov V. M. *Variabel'nost' ritma serdtsa: opyt prakticheskogo primeneniya* [Heart rate variability: practical use experience]. Ivanovo, 2000, 200 p.
15. Nozdrachev A. D., Kotelnikov S. A., Mazhara Yu. P., Naumov K. P. One of views on managing heart rate: intracardial regulation. *Fiziologiya cheloveka* [Human physiology]. 2005, 2, pp. 116-129. [in Russian]
16. Osadchii L. I. *Polozhenie tela i regulyatsiya krovoobrashcheniya* [Body position and blood flow regulation]. Leningrad, Nauka, 1982, 144 p.
17. Popova N. V., Popov V. A., Gudkov A. B. Opportunities of thermography and heart rate variability in predictive valuation of cardiovascular system functional state. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 11, pp. 33-37. [in Russian]
18. Sukhanova I. V., Maksimov A. L., Vdovenko S. I. Profiles of Magadan region young males' adaptation: morphofunctional changes (Report 1) // *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, 8, pp. 3-10. [in Russian]
19. Shlyk N. I. *Serdechnyi ritm i tip regulyatsii u detei, podrostkov i sportsmenov* [Heart rate and type of regulation in kids, teenagers and sportsmen]. Izhevsk, Izd-vo Udmurtskogo universiteta, 2009, 259 p.
20. Fessel J., Robertson D. Orthostatic Hypertension: when pressor reflexes overcompensate. *Clinical Practice Nephrology*. 2006, 2, pp. 424-431.
21. Lucini D., Pagani M., Mela G. S., Malliani A. Sympathetic restraint of baroreflex control of heart period in normotensive and hypertensive subjects. *Clin. Science*. 1994, 86, pp. 547-556.
22. Starr I. Clinical tests of the simple method of estimating cardiac stroke volume from blood pressure and age. *Circulation*. 1954, 9, pp. 664-681.

Контактная информация:

Максимов Аркадий Леонидович — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор ФГБУН Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения РАН

Адрес: 685000, г. Магадан, ул. К. Маркса, д. 24

E-mail: arkmax@mail