

# ИНФОРМАТИВНОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ КАРДИОРИТМА ПРИ ОЦЕНКЕ АДАПТИРОВАННОСТИ И СОСТОЯНИЯ ВЕГЕТАТИВНОГО БАЛАНСА ЮНОШЕЙ ПРИЗЫВНОГО ВОЗРАСТА УРОЖЕНЦЕВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА.

Максимов А.Л., Лоскутова А.Н., Аверьянова И.В.

Научно-исследовательский центр «Арктика» ДВО РАН, Магадан

[arktika.magadan@mail.ru](mailto:arktika.magadan@mail.ru)

## Введение

Проблема отбора людей для работы и безопасного для их здоровья проживания в условиях окружающей среды, с выраженными экстремальными природно-климатическими факторами, всегда представляла важную часть фундаментальных и прикладных исследований в области адаптации и экологии человека. В этой связи имеется значительная научная литература по адаптации человека на Севере, включая монографические публикации [1]. Однако следует отметить, что абсолютное большинство исследований было проведено на аборигенных популяциях и контингентах мигрантов, пребывающих на Север из регионов со значительно более благоприятными климатическими условиями. Именно такие контингенты составляли основную массу работоспособного населения на Северо-Востоке России в 50-80 годах прошлого столетия. В настоящее время из-за массового оттока населения из этих регионов, социально-демографическая ситуация коренным образом изменилась. С учетом этих аспектов решение многих экономических и геополитических проблем, из расчета на долговременную перспективу, должно быть связано с активно формирующимся на российском Дальнем Востоке и особенно в районах расположенных выше 60 градуса С.Ш. популяций уроженцев Севера в первом и последующих поколениях из числа европеоидов, которых мы предлагаем в научной литературе обозначать как укорененную популяцию [2].

Необходимо отметить, что для северян, относящихся к этой группе лиц, практически отсутствуют физиологически обоснованные региональные показатели нормы реакции для большинства функциональных систем и критерии, позволяющие проводить количественную оценку состояния резервов организма и направленность адаптационных перестроек у практически здоровых лиц, уроженцев различных поколений.

На основе результатов многочисленных исследований в области авиакосмической, морской, спортивной и экологической физиологии было показано, что значения показателей кардиогемодинамики и, в частности, вариабельности сердечного ритма, позволяют с высокой достоверностью оценивать не только текущее состояние систем кровообращения, дыхания и энергетического метаболизма, но и прогнозировать характер их изменений при воздействии различных экстремальных факторов окружающей среды [1].

В этой связи, целью исследования было изучить информативность статистических и спектрально-волновых показателей кардиоритма, а также некоторых интегральных характеристик системной гемодинамики, позволяющих проводить тонкую оценку степени активности различных звеньев вегетативной нервной системы и ее регуляторных резервов у практически здоровых молодых уроженцев Севера.

### **Объект и методы исследований**

Было обследовано 408 юношей – уроженцев Магаданской области (возраст  $18,5 \pm 0,9$ , масса тела –  $68,5 \pm 0,6$ , длина тела  $178,5 \pm 0,5$ ). Функциональные резервы кардиогемодинамики оценивались с помощью регистрации показателей вариабельности кардиоритма по методу Р.М. Баевского с использованием прибора «Варикард» и программного обеспечения VARICARD-KARDi. (ССЫЛКА). Анализ вариабельности кардиоритма (BCP) проводился по общепринятой методике в соответствии методическими рекомендациями группы Российских экспертов [10]. Изучаемые показатели BCP и их диапазоны были

подробно представлены в ранее проведенных исследованиях (ССЫЛКИ НА НАШИ И ДР, ПУБЛИКАЦИИ)

Тип исходного вегетативного тонуса определяли на основании значений следующих показателей:  $MxDMn$ ,  $SI$ ,  $AMo50$ ,  $TP$ , где диапазон нормотонии (эйтонии) для  $MxDMn$  мы принимали равным от 200 до 300 мс, для  $SI$  – от 70 - 140 усл.ед., для  $AMo50$  от 51% - 65%,  $TP$  – от 1000 до 2000 мс<sup>2</sup>. Если исследуемые показатели  $MxDMn$ ,  $AMo50$  и  $TP$  были меньше нижних значений, а величины  $SI$  больше верхнего, то вегетативный баланс был оценен как симпатотонически. В случае обратных соотношений, вегетативная активность оценивалась как ваготоническая.

У обследуемых общепринятыми методами определяли основные соматометрические показатели: длину и массу тела, окружность грудной клетки и по этим данным рассчитывали индексы Пинье (ИП, усл. ед.) и пропорциональности телосложения (ПТ, %), а также отношение массы к площади тела ( $MT/S$ , кг/ м<sup>2</sup>) На основе метода биоэлектрического сопротивления определяли общее содержание жира (в % от массы тела) в организме [De Lorenzo].

Анализ функционального состояния сердечно-сосудистой системы в покое производился путем измерения показателей систолического (САД, мм рт.ст.) и диастолического (ДАД, мм рт.ст.) артериального давления, а также частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин) автоматическим тонометром Nissei DS-1862 (Япония). В дальнейшем рассчитывали пульсовое давление (ПД, мм рт.ст.), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин<sup>2</sup>·с·см<sup>-5</sup>), ударный объем по Старру (УО, мл) и минутный объем кровообращения (МОК, мл) [Юрьев].

Для оценки ряда параметров системы внешнего дыхания (ВД) и газообмена у юношей в состоянии покоя с помощью метаболога MedGraphics VO2000 (США) определяли уровни содержания кислорода ( $O_2$ , %) и углекислого газа ( $CO_2$ , %) в выдыхаемом воздухе, потребление кислорода ( $PO_2$ , мл/мин), минутный объем дыхания (МОД, л), частоту дыхания (ЧД, цикл/мин), дыхательный объем (ДО, мл) и энергозатраты в состоянии покоя (ккал/мин), коэффициент

использования кислорода ( $\text{КИО}_2$ , мл/л). Легочные объемы (ДО) и показатели вентиляции (МОД) автоматически приводились к системе BTPS, а величина потребления кислорода ( $\text{ПО}_2$ ) - к системе STPD.

При выполнении активной ортостатической пробы (АОП) запись кардиоритма производилась по 5 минут в положении лежа и после перехода в вертикальное положение. Величины АД фиксировались на 2 и 5 минутах в положении стоя. Функциональные показатели первой минуты после перехода в вертикальное положение из статистического анализа исключались, т.к. они отражали острую стадию переходного процесса и в задачу изучения по этому протоколу исследования не входили.

Все обследования осуществлялось в помещении с комфортной температурой, в первой половине дня. Исследование было выполнено в соответствии с принципами Хельсинской Декларации (2008). Протокол исследования был одобрен Этическим комитетом медико – биологических исследований при СВНЦ ДВО РАН. До включения в исследование у всех участников было получено письменное информированное согласие.

Полученные 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 (C25 и C75), а параметрических — среднего значения (M) и ошибки средней арифметической ( $\pm m$ ). Статистическая значимость различий определялась с помощью критерия Штеффе для выборок с параметрическим распределением и непараметрического критерия Манна - Уитни для выборок с ненормальным распределением. Критический уровень значимости ( $p$ ) в работе принимался равным или менее 0.05. При факторном анализе использовался метод главных компонент с вращением Varimax с нормализацией Кайзера [Боровиков].

## Результаты исследований и их обсуждение

В таблице 1 представлены некоторые соматометрические и гемодинамические показатели у лиц, типизированных по исходному тону активности вегетативной нервной системы. Хорошо видно, что из 13 изученных в состоянии покоя показателей значимые различия наблюдались только по трем: длине тела, минутному объему кровотока (МОД) и общему периферическому сопротивлению сосудов (ОПС).

Таблица 1 – Соматометрические и гемодинамические показатели юношей в зависимости от исходного вегетативного тонуса, ( $M \pm m$ )

Изучаемые показатели	Исходный вегетативный тонус			Уровень различий		
	1.Симпатотоники	2.Нормотоники	3.Ваготоники	1-2	2-3	1-3
Масса тела, кг	69,8 $\pm$ 1,7	67,2 $\pm$ 1,3	70,1 $\pm$ 0,7	p=0.96	p=0.36	p=0.32
Общее содержание жира, %	11,3 $\pm$ 0,6	11,3 $\pm$ 0,6	10,4 $\pm$ 0,3	p=0.91	p=0.20	p=0.23
Длина тела, см	179,5 $\pm$ 1,0	178,7 $\pm$ 0,7	176,6 $\pm$ 0,5	p=0.45	p<0.05	p<0.05
Окружность грудной клетки, см	91,1 $\pm$ 1,0	91,2 $\pm$ 0,6	90,9 $\pm$ 0,4	p=0.99	p=0.70	p=0.96
ИП, усл.ед.	21,4 $\pm$ 2,3	21,3 $\pm$ 2,0	21,7 $\pm$ 1,1	p=0.99	p=0.82	p=0.90
ПТ, %	92,0 $\pm$ 0,6	92,3 $\pm$ 0,6	92,0 $\pm$ 0,4	p=0.71	p=0.61	p=0.99
MT/S, кг/ м <sup>2</sup>	37,3 $\pm$ 0,5	37,3 $\pm$ 0,3	37,1 $\pm$ 0,2	p=0.99	p=0.62	p=0.72
САД, мм рт.ст.	131,0 $\pm$ 1,6	131,4 $\pm$ 1,2	130,2 $\pm$ 0,7	p=0.86	p=0.40	p=0.75
ДАД, мм рт.ст.	77,0 $\pm$ 1,6	77,6 $\pm$ 1,0	75,5 $\pm$ 0,8	p=0.74	p=0.20	p=0.56
ПД, мм рт.ст.	54,0 $\pm$ 1,6	53,8 $\pm$ 1,1	54,3 $\pm$ 0,9	p=0.90	p=0.72	p=0.82
УО, мл	70,9 $\pm$ 1,6	70,5 $\pm$ 1,0	72,0 $\pm$ 0,8	p=0.92	p=0.10	p=0.50
МОК, мл/мин	6102,0 $\pm$ 197	5500 $\pm$ 96	5196 $\pm$ 71	p<0.01	p<0.05	p<0.001

ОПС, $\text{дин}^2 \text{с} \text{см}^{-5}$	1368±48	1496±30	1577±27	p<0.05	p<0.05	p<0.001
---	---------	---------	---------	--------	--------	---------

Примечание: значимые различия выделены полужирным шрифтом

В таблице 2 представлены значения ВСР в типизированных группах из которых следует, что по всем изученным показателям между группами наблюдались статистически значимые различия, что указывало на высокую информативность используемых критериев ВСР применяемых для исходной оценки ведущего типа вегетативной регуляции. Ранее нами было показано, что применение для этих целей величины индекса Кердо значительно менее информативно и зачастую дает ошибочную оценку [1].

Анализируя показатели вариабельности сердечного ритма (табл.2) мы выявили, что, самые низкие величины MxDMn, pNN50, RMSSD характерны юношам – симпатотоникам, что свидетельствует о снижении активности автономного регуляторного контура, относительно лиц с нормо и ваготоническим типом вегетативной нервной регуляцией.

Таблица 2 – Показатели вариабельности сердечного ритма у юношей в зависимости от исходного типа вегетативной нервной регуляции, Ме (25;75).

Изучаемые показатели	Исходный вегетативный тонус		
	Симпатотоники	Нормотоники	Ваготоники
HR, уд./мин	93 (86;103)	78,0 (73,5;80)	66 (64; 74,5)
MxDMn, мс	179 (159;189)	248 (230; 270)	419 (350; 529)
RMSSD, мс	19,7 (14,7; 24,8)	28,6 (26,7; 33,7)	55,0 (43,2; 71,9)
pNN50, %	1,9 (0,2; 4,1)	6,8 (4,8; 11,3)	25,0 (14,9; 41,5)
SDNN, мс	30,3 (28,1; 33,6)	45,0 (40; 48,6)	68,9 (61,1; 82,7)
CV, %	4,7 (4,2; 5,1)	6,1 (5,5; 6,6)	8,6 (7,6; 10,1)
Мо, мс	630 (575; 715)	726 (680;776)	821 (725; 879,2)
АМо50, %/50 мс	58,8 (50,9; 63,9)	42,7 (37,9; 46,1)	31,3 (25,5; 35,0)

SI, усл. ед.	227 (206; 292)	114 (95; 131)	43 (32,5; 60)
TP, мс <sup>2</sup>	654 (568; 821)	1526 (1215; 1831)	3527 (2693; 5054)
HF, мс <sup>2</sup>	160,5 (901; 214)	339 (253; 514)	1233 (706; 2184)
LF, мс <sup>2</sup>	365,5 (266; 450)	747,1 (578; 912)	1583 (1011; 2121)
VLF, мс <sup>2</sup>	118 (70; 149)	241 (179; 403)	597 (384; 853)
LF/HF, усл. ед.	2,7 (2,2; 3,9)	2,2 (1,4; 3,2)	1,2 (0,7; 2,5)
IC, усл. ед.	3,7 (3,2; 4,2)	3,0 (3,0; 5,0)	1,7 (1,0; 3,5)

Выявлены нами столь низкие значения SDNN, отражающие выраженную регуляторную активацию высших вегетативных центров гипоталамо-гипофизарного уровня, свидетельствуют о том, что у молодых людей-симпатотоников, наблюдается постоянное высокое напряжение функциональных резервов. Необходимо отметить, что снижение SDNN до 50 мс и ниже является неблагоприятным признаком функционирования сердечно-сосудистой системы и риском 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 (Флейшман А.Н., 1999). На это же указывают и значения стресс-индекса, которые в группе симпатотоников превышали показатели нормотоников в 2 раза, а относительно ваготоников более чем в 5 раз. Известно, что при высоком стресс – индексе в состоянии покоя (в нашем случае у симпатотоников 213 усл.ед.) резервы системы кардиогемодинамики снижены.

Общая мощность спектра (TP) при увеличении симпатической активности уменьшается. Это хорошо проявляется у лиц с симпатотонией, где значения показателя более чем в 3 раза меньше чем при ваготонии. Известно, что низкие значения TP наблюдаются при сниженных резервах организма и характерны для лиц находящихся в состоянии повышенного напряжения [А.Н. Ишеков, 2009]. При этом высокочастотная составляющая доминирует в общем спектре вне зависимости от преобладающего типа вегетативной регуляции ( $HF > LF > VLF$ ),

отражая тем самым физиологическую дыхательную аритмию у здоровых лиц [А. В. Соболев, 2002; В.М.Покровский, 2007; А. А.Астахов, 2002].

Общая мощность спектра (TP), которая характеризует суммарный уровень активности регуляторных систем организма, значимо выше у юношей с исходным ваготоническим тонусом, указывая на активацию структур центрального регуляторного контура. В работе Ю.В. Бушова отмечается, что лица, обладающие исходно ваготоническим типом вегетативной регуляции, проявляют энергетически экономный характер функционирования, определяющий повышенную устойчивость к действию различных экстремальных факторов (Бушов Ю. В., Несмелова Н. Н. , 1996).

Однако, доля HF-волн больше у ваготоников, что согласуется с адаптационно-трофическим защитным действием влияния блуждающих нервов на сердце. Известно, что проявление парасимпатических влияний повышает эффективность газообмена в легких, синхронизируя легочный кровоток и объем легких в каждом дыхательном цикле, где сохранение низкой частоты сокращения во время выдоха связано со снижением диффузии кислорода через альвеолярно-капиллярную мембрану при понижении уровня оксигенации крови, тем самым повышая эффективность «легочного кровотока» [Hayano, 1996]. Вклад активности низкочастотных составляющих также больше у лиц с ваготонией по отношению к нормо- и симпатотонии, что отражается в более высоких значениях показателя LF и VLF, ( $p < 0,001$ ).

При этом нужно отметить, что статически значимо более высокие показатели HF составляющей в структуре общей мощности спектра выявлены в группе юношей – ваготоников. Однако отметим, что наибольший вклад в общей мощности спектра приходится на низкочастотную составляющую LF вне зависимости от исходного ведущего типа вегетативной регуляции и составляет от 44% до 55%. В настоящее время нет единого мнения о природе формирования LF – компонента в общей мощности спектра, которая, по-мнению одних авторов, является маркером симпатических влияний (Баевский Р.М. и соавт., 2003), а по мнению других – обеспечивается как симпатическими, так и парасимпатическими



механизмами, сопряженными с барорефлекторной регуляцией СР (Murphy C.A. et al., 1991; Коркушко О.В. и соавт., 2002)

Следует подчеркнуть, что у юношей – симпатотоников и нормотоников отмечаются повышенные, относительно принятой нормы (LF/HF 1,5-2,0; IC 0,3 – 2,5), значения соотношения мощностей низких и высоких частот, что может свидетельствовать о преобладании церебральных эрготоропных влияний на регуляцию сердечного ритма.

Учитывая высокую информативность активной ортостатической пробы при оценке резервов кардиогемодинамики нами было проведено такое исследование среди лиц с различной исходной активностью вегетативной нервной системы, результаты которого представлены в таб.3.

Таблица 3 – Статистические и спектрально-волновые показатели variability кардиоритма показатели ВСР у европеоидов с различным тонусом вегетативной регуляции в процессе активной ортостатической пробы, Md (25-; 75-перцентиль

Изучаемые показатели	Исходный вегетативный тонус		
	Ваготоники	Нормотоники	Симпатотоники
Мо, мс	681 (620; 746)	630 (587; 673) <sup>1</sup>	595 (520; 630) <sup>2,3</sup>
МхDMn, мс	240 (205; 300)	199 (175; 235) <sup>1</sup>	146 (117; 203) <sup>2,3</sup>
RMSSD, мс	23 (17; 27)	17 (14; 22) <sup>1</sup>	13 (10; 20,0) <sup>2,3</sup>
pNN50, %	3,7 (1,4; 6,2)	1,2 (0,7; 4,0) <sup>1</sup>	0,5 (0; 1,5) <sup>3</sup>
SDNN, мс	48 (40; 55)	41 (33; 45) <sup>1</sup>	26 (22; 38) <sup>2,3</sup>
AMo50%/50мс	42 (36; 54)	50 (41; 68)	67 (57; 85) <sup>2,3</sup>
SI, усл. ед.	132 (83; 219)	191 (120; 303) <sup>1</sup>	422 (224; 559) <sup>2,3</sup>
TP, мс <sup>2</sup>	1808 (1158; 2480)	1076 (717; 1929) <sup>1</sup>	784 (477; 1250) <sup>2,3</sup>
HF, мс <sup>2</sup>	253 (141; 390)	186 (90; 282)	110 (61; 160) <sup>2,3</sup>
LF, мс <sup>2</sup>	985 (762; 1375)	600 (460; 1127)	500 (336; 850) <sup>3</sup>
VLF, мс <sup>2</sup>	570 (260; 700)	290 (167; 520) <sup>1</sup>	174 (50; 240) <sup>2,3</sup>

Примечание. <sup>1</sup>Достоверные различия между ваготониками и нормотониками у учащихся одного возраста; <sup>2</sup>достоверные различия между нормотониками и симпатотониками; <sup>3</sup>достоверные различия между ваготониками и симпатотониками,  $p < 0.05$ .

При сопоставлении показателей ВСР в покое и при АОП оказалось, что во всех типизированных группах происходит уменьшение значений  $Mo$ ,  $MxDMn$ ,  $RMSSD$ ,  $pNN50$ , которое сопровождалось увеличением стресс реакции организма о чем свидетельствует показатель стресс-индекса (SI).

В процессе АОП во всех группах обследуемых лиц происходит уменьшение общей мощности спектра (TP) в большей степени за счет высокочастотных волн (HF), где разница значений между юношами с ваго- и симпатикотонией составляла чуть более  $1000 \text{ мс}^2$ , в то время как на фоне это значение приближалось к  $3000 \text{ мс}^2$ .

Известно, что адекватным вариантом при ортостатической пробе является активация симпатического отдела ВНС и центрального регуляторного контура, что связано с перераспределением объемов крови между частями тела находящимися выше и ниже уровня сердца [Вейсс, 1986; Михайлов, 2000]. Однако, как отмечалось в работе Д. Жемайтите и соавт. (1999), изменение сердечной деятельности при АОП на 80% – 90% происходит из-за изменений парасимпатической активности (автономного контура регуляции) и лишь на 10%–20% из-за симпатических влияний [Д. Жемайтите, 1999]. Предполагается, что только при полном исчезновении дыхательных волн в спектре можно говорить о хронотропной реакции исключительно за счет симпатической составляющей вегетативной нервной регуляции [В.М. Хаютин, 2002].

Учитывая эти аспекты нами для определения величины вклада симпатического и парасимпатического звена ВНС, была использована специальная методика количественной оценки вегетативной реактивности и вегетативного обеспечения на основе значений центильного распределения показателей амплитуды моды и вариационного размаха кардиоритма, предложенная С.Г. Эштрековой и Л.А. Сабанчиевой (2007), [07]. На основе данной методике был определен интерквартильный диапазон количественной оценки вегетативной реактивности и вегетативного обеспечения на основе разницы в значениях показателей до и после АОП ( $\Delta AMo50$ ,  $\Delta MxDMn$ ) и

отношений индекса напряжения рассчитанного по 2-5 минутам ортостаза относительно фона ( $SI_2/SI_1$ ), таб. 4.

В процессе проводимых исследований для укорененных популяций уроженцев Севера из числа европеоидов были определены диапазоны нормы реакции перестроек активности звеньев вегетативной нервной системы (ВНС) которые отражены в уровнях отклонений показателей ВСР, регистрируемых при ортостатической пробе, относительно фоновых значений (состояние покоя)..

Таблица 4. Значения процентильных диапазонов разницы показателей амплитуды моды ( $\Delta AMo$ ), вариационного размаха ( $\Delta X$ ) и отношений стресс индексов нагрузки к его фоновым величинам ( $SI_n / SI_{\phi}$ ) у обследуемого контингента

Процентили, %	Разница в значениях показателей ВСР до и после АОП у лиц с различным исходным типом вегетативной регуляции								
	ваготония			нормотония			симпатикотония		
	$\Delta AMo$	$\Delta X$	$SI_n / SI_{\phi}$	$\Delta AMo$	$\Delta X$	$SI_n / SI_{\phi}$	$\Delta AMo$	$\Delta X$	$SI_n / SI_{\phi}$
<b>3</b>	<b>- 2</b>	<b>- 274</b>	<b>+1,1</b>	<b>- 14</b>	<b>- 182</b>	<b>+0,6</b>	<b>- 34</b>	<b>- 121</b>	<b>+0,3</b>
<b>10</b>	<b>+ 2</b>	<b>- 209</b>	<b>+1,3</b>	<b>- 9</b>	<b>- 134</b>	<b>+0,8</b>	<b>- 18</b>	<b>- 90</b>	<b>+0,6</b>
25	+ 6	- 173	+1,9	- 1	- 94	+1,2	- 6	- 54	+0,8
50	+ 13	- 131	+3,0	+ 12	- 60	+1,8	+ 7	- 21	+1,4
75	+ 28	- 87	+5,8	+ 23	- 6	+2,8	+ 25	+ 19	+2,2
<b>90</b>	<b>+ 36</b>	<b>- 36</b>	<b>+6,4</b>	<b>+ 38</b>	<b>+ 53</b>	<b>+4,5</b>	<b>+ 50</b>	<b>+ 56</b>	<b>+4,1</b>
<b>97</b>	<b>+ 48</b>	<b>+ 1</b>	<b>+9,1</b>	<b>+ 46</b>	<b>+ 110</b>	<b>+7,1</b>	<b>+ 69</b>	<b>+ 92</b>	<b>+6,0</b>

*Примечание: полужирным шрифтом выделены значения процентильных диапазонов для лиц, попадающих в группы риска*

Учитывая, что функционирование симпатической и парасимпатической нервной регуляции на уровне целого организма связано со сложными реципрокными влияниями, нами для детализаций их взаимодействия были использованы методические подходы предложенные С.Г. Эштрековой, Л.А. Сабанчиевой (2007), позволяющие выделять 9 следующих типов вегетативной реактивности:

1-й тип – высокая реактивность парасимпатического отдела ВНС или его гиперреактивность при низкой реактивности симпатического отдела или его парадоксальной реакции ( $\Delta AMo50 < 25\%$ ,  $\Delta MxDMn < 25\%$ );

2-й тип – нормальная реактивность парасимпатического отдела ВНС при низкой (сохраненной) реактивности симпатического отдела или его парадоксальной реакции ( $\Delta AMo50 < 25\%$ ,  $25\% \leq \Delta MxDMn \leq 75\%$ );

3-й тип - низкая реактивность обоих отделов ВНС или парадоксальные реакции ( $\Delta AMo50 < 25\%$ ,  $\Delta MxDMn > 75\%$ );

4-й тип – высокая реактивность парасимпатического отдела или его гиперреактивность при нормальной реактивности симпатического отдела ( $25\% \leq \Delta AMo50 \leq 75\%$ ,  $\Delta MxDMn < 25\%$ );

5-й тип – нормальная реактивность обоих отделов ВНС ( $25\% \leq \Delta AMo50 \leq 75\%$ ,  $25\% \leq \Delta MxDMn \leq 75\%$ );

6-й тип – нормальная реактивность симпатического отдела ВНС при низкой реактивности парасимпатического отдела или его парадоксальной реакции ( $25\% \leq \Delta AMo50 \leq 75\%$ ,  $\Delta MxDMn > 75\%$ );

7-й тип – высокая реактивность обоих отделов ВНС или их гиперреактивность ( $\Delta AMo50 > 75\%$ ,  $\Delta MxDMn < 25\%$ );

8-й тип – высокая реактивность симпатического отдела ВНС или его гиперреактивность при нормальной реактивности парасимпатического отдела ( $\Delta AMo50 > 75\%$ ,  $25\% \leq \Delta MxDMn \leq 75\%$ );

9-й тип – высокая реактивность симпатического отдела ВНС или его гиперреактивность при низкой реактивности парасимпатического отдела или его парадоксальной реакции ( $\Delta AMo50 > 75\%$ ,  $\Delta MxDMn > 75\%$ ).

На основании данной методики в первые при выполнении активной ортостатической пробы (АОП) была установлена структура типов реактивности вегетативной нервной системы у юношей призывного возраста уроженцев Севера в 1-2 поколениях показывающая, что степень сбалансированности симпатического и парасимпатического звеньев регуляции среди постоянных жителей региона (5 тип) не превышает 40% вне зависимости от исходного типа вегетативной регуляции (рисунок 1).

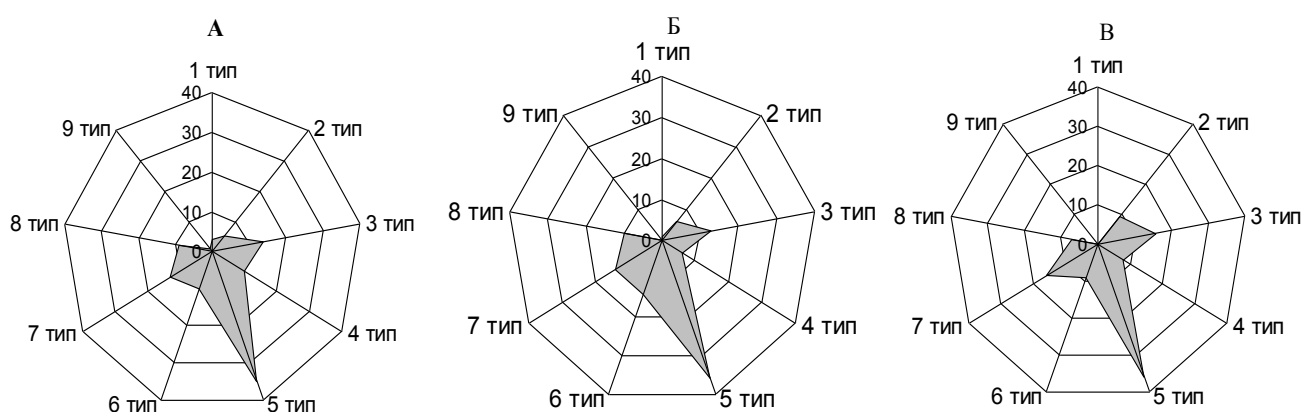


Рисунок 1. Распределение (%) типов вегетативной реактивности в процессе АОП у еурпеоидов при ваготонии (А), нормотонии (Б) и симпатикотонии (В).

Исходя из того, что адекватным вариантом функционального ответа при ортостатической пробе является активация симпатического отдела ВНС и центрального регуляторного контура, можно констатировать, что диапазоны оптимального функционального ответа (25 – 75 процентиль) в процессе ортостаза у лиц с различным исходным уровнем активности вегетативной регуляции отличаются. Так, если для юношей с ваготонией верхняя граница увеличения показателя отношений стресс реакции после и до ортостаза ( $SI_2/SI_1$ ) не должна превышать увеличение более чем в 4,5 раза, то для лиц с нормо- и симпатикотонией – 2,6 и 2,1 раза, соответственно. Для лиц с симпатикотонией как вариант оптимального функционального ответа можно рассматривать регуляторное обеспечение преимущественно за счет нормальной активации парасимпатического отдела, на фоне которой реактивность симпатического отдела ВНС является сниженной, при этом структура кардиоритма характеризуется следующими соотношениями:  $\Delta AMo50 < 25\%$  и  $25\% \leq \Delta MxDMn \leq 75\%$ .

Остальные типы вегетативной реактивности (1, 3, 4, 7 – 9) были в пределах 5 – 15%. Согласно рисунку 1 видно, что профиль распределения лепестковых гистограмм при АОП по типам вегетативной реактивности практически совпадает, и наблюдаются отличия при нормотонии в основном по 6 типу. При этом практически во всех типизированных возрастных группах до 10% обследуемых можно было отнести к 3-му типу вегетативной реактивности (низкой реактивностью обоих отделов ВНС или парадоксальные реакции), или наоборот, с избыточно высокой реактивностью (7 типу). Так, у подростков с проявлением низкой вегетативной реактивностью происходит уменьшение показателя SI относительно фоновых значений  $SI_2/SI_1$  : у лиц с ваготонией и нормотонией практически до 0,94 раза, а при симпатикотонии в 0,46 раза. В то же время при избыточно реактивности наблюдали изменения в сторону увеличения показателя  $SI_2/SI_1$  в типизированных группах: в 8,8 раза, в 4,8 раза, в 4,4 раза соответственно.

Как отмечается в ряде исследований динамические реципрокные взаимосвязи между симпатической и парасимпатической отделом нервными системами, когда повышение тонуса одной системы влечет за собой возрастание тонуса другой, обеспечивает удовлетворительное поддержание гомеостаза и отражает пластичность функциональных возможностей системы кардиогемодинамики [Баевский Р.М., 2001; Coumel P., 1991]. Исходя из этого у лиц с нормотонией стабилизация системы и поддержание нового функционального уровня в регуляции сердечного ритма (в положении стоя) за счет повышения тонуса симпатической отдела ВНС может свидетельствовать о расходовании функциональных резервах организма, тогда как поддержание за счет парасимпатического направлено на их сохранение адаптационных возможностей.

Со стороны гемодинамических показателей в типизированных группах по исходному тонусу ВНС при выполнении АОП у абсолютного большинства исследуемых лиц наблюдалось повышение ЧСС на всех этапах обследования (не превышая 30 уд./мин). При этом происходят незначительные колебания САД (увеличение или уменьшение) в пределах до 10 мм рт. ст., со статистически значимом увеличением во всех случаях ДАД,  $p < 0,01$  (таблица 5). Такие особенности изменения показателей АД могут свидетельствовать о нормальном вегетативном обеспечении обследуемых на ортостаз [Вейн, 2003].

**Таблица 5** – Абсолютные значения разницы показателей гемодинамики у европеоидов на 2- и 5-ой минутах АОП относительно исходных фоновых величин

Показатели артериального давления	Исходный тонус ВНС	Возраст, лет									
		13		14		15		16		17	
		2 мин	5 мин	2 мин	5 мин	2 мин	5 мин	2 мин	5 мин	2 мин	5 мин
ΔЧСС, уд./мин	Ваготоники	+ 15	+ 21	+ 17	+25	+16	+21	+8	+19	+13	+21
	Нормотоники	+ 12	+16	+14	+20	+11	+13	+15	+15	+13	+20
	Симпатотоники	+ 13	+16	+7	+16	+9	+14	+16	+20	+16	+19
ΔСАД, мм рт. ст.	Ваготоники	+ 3	+ 1	+8	+4	+9	+5	+10	+1	+10	0
	Нормотоники	+ 5	+ 2	+3	+2	+3	0	+4	–1	+7	+4
	Симпатотоники	+5	+ 1	0	+4	+6	0	+9	–1	–1	–5
ΔДАД, мм рт. ст.	Ваготоники	+ 12	+ 10	+11	+12	+13	+13	+13	+13	+11	+11
	Нормотоники	+ 11	+ 6	+10	+10	+11	+8	+8	+8	+10	+3
	Симпатотоники	+ 8	+ 7	+9	+8	+12	+10	+8	+10	+12	+12

Примечание. Плюсом показан прирост показателя во время АОП относительно исходных значений фона, минусом его снижение.

Отметим, что в типизированных группах отмечается особенности в поддержании нового функционального уровня на всех этапах ортостаза (2 – 5 минута), где у ваготоников она связана с систолическим артериальным давлением ( $N = 13$ ,  $X^2 = 6,3$ ,  $p = 0,01$ ), а при симпатикотонии с диастолическим ( $N = 12$ ,  $X^2 = 11$ ,  $p = 0,02$ ). Это может свидетельствовать о том, что в этих группах физиологические механизмы компенсации функциональной нагрузки различны: у лиц с ваготонией они связаны с изменениями параметров сердечного выброса, а при симпатотонии происходят за счет сосудистого компонента

В ходе проведенной АОП можно констатировать, что среди лиц призывного возраста из числа уроженцев-европеоидов Магаданской области оптимальными являются нормотонический, либо умеренно парасимпатический уровень реакции организма, когда при стрессовых ситуациях отмечается адекватная мобилизацией функциональных резервов организма. Такие особенности для лиц с различным исходным тонусом ВНС подтверждают

значения индивидуальной вегетативной реактивности, где диапазон физиологического оптимума согласно величинам ВСР ( $\Delta Mo50$ ,  $\Delta MxDMn$ ,  $\Delta HF$ ,  $\Delta VLF$ ) значительно больше у лиц с ваго- и нормотонией. При этом наиболее оптимальной для лиц с ваго- и нормотонией является уровень реактивности по 5 типу и, как вариант нормы реакции по 6 типу, когда наблюдается нормальная реактивность симпатического отдела ВНС. Для лиц с исходной симпатикотонией вариантами адекватной реакции вегетативных механизмов регуляции, может считаться не только 5-ый тип вегетативной реактивности, но и 2-ой тип, когда наблюдается нормальная реактивность парасимпатического отдела ВНС. Данные варианты реакции отмечаются до 40 – 45 % случаев, тогда как все остальные варианты реакций составляли от 4% до 18%.

Важным аспектом исследования структуры кардиоритма оказалось, что этнические различия практически не влияют на статистическую значимость различий абсолютного большинства показателей ВСР среди лиц с нормо и ваготоническим типом вегетативной нервной регуляции, имеющих достаточный уровень функциональных резервов системы кардиогемодинамики (таб. 6). В тоже время среди симпатотоников, демонстрировавших сниженные функциональные резервы и недостаточный уровень адаптированности, по 4 показателям ВСР наблюдались статистические различия (SDNN, SI, LF, VLF) между группой уроженцев Севера из числа европеоидов и аборигенами, при этом показатели напряжения регуляторных систем коренных жителей были более выражены.(таб. 7).

Таблица 6. Показатели ВСР у юношей различных этнических групп из числа лиц с преобладанием нормотонического и ваготонического типов вегетативной нервной регуляции, Md (25-й; 75-й перцентиль)

Показатели	Тип вегетативной нервной регуляции			
	Нормотония		Ваготония	
	Уроженцы	Аборигены	Уроженцы	Аборигены
Mo, мс	825 (782; 864)	800 (745; 848)	922 (866;1022)	921 (862; 977)
AMo50, %	35,0 (33,1; 40,3)	36,0 (33,1; 39,3)	33,0 (29,0; 36,0)	34,0 (27,0; 37,2)
MxDMn, мс	303 (259; 400)	284 (240; 332)	355 (335; 407)	340 (327; 365)
SDNN, мс	61 (48; 75)	56 (44; 64)	74 (63; 80)	66 (59; 73)
RMSSD, мс	57 (51; 65)	51 (39; 64)	67 (52; 80)	72 (56; 80)
pNN <sub>50</sub> , %	38,0 (32,0; 44,0)	27,0 (18,8; 36,8)	46,7 (33,0; 53,0)	44,0 (39,4; 59,0)



SI, усл.ед.	67 (60; 84)	80 (65;109)	50 (39; 55)	50 (48; 55)
HF, мс <sup>2</sup>	1261 (737; 1566)	1116 (585; 1741)	1507 (1067; 1981)	1536 (1010; 1935)
LF, мс <sup>2</sup>	890 (713; 1469)	661 (438; 1176)*	1599 (1070; 1869)	1225 (930; 1573) *
VLF, мс <sup>2</sup>	490 (306; 764)	423 (284; 550)	609 (427; 785)	530 (330; 750)
LF/HF	0,74 (0,42; 0,11)	18,0 (14,0; 25,8)	0,91 (0,51; 1,10)	0,60 (0,43; 0,94)
IC, усл.ед.	1,3 (1,0; 2,0)	1,0 (0,7; 2,0)	1,2 (1,0; 2,0)	1,0 (0,7; 1,5)

Таблица 7. Показатели ВСР у юношей различных этнических групп с преобладанием симпатотонического типа вегетативной нервной регуляции, Md (25-й; 75-й перцентиль)

Показатели	Тип вегетативной нервной регуляции	
	Симпатикотония	
	Уроженцы	Аборигены
Мо, мс	689 (613; 729)	668 (685; 757)
АМо50, %	45,0 (37,6; 53,0)	45,0 (37,9; 58,9)
МхDMn, мс	199 (174; 223)	168 (143; 184)
SDNN, мс	38 (29; 41)	30 (25; 33)*
RMSSD, мс	24 (19; 29)	24 (19; 27)
pNN50, %	4,4 (1,4; 9,0)	3,6 (0,7; 5,9)
SI, усл.ед.	161 (150; 183)	196 (173; 238)*
HF, мс <sup>2</sup>	286 (182; 392)	280 (165; 333)
LF, мс <sup>2</sup>	465 (277; 553)	225 (153; 398)*
VLF, мс <sup>2</sup>	255 (195;370)	180 (130; 260) *
LF/HF	2,2 (1,29; 3,45)	1,8 (0,91; 1,93)
IC, усл.ед.	2,2 (2,8; 3,8)	1,8 (1,3; 2,6)

Примечание: звездочкой отмечены статистическая значимость различий при  $p \leq 0,05$

Анализ распределения всей выборки изучаемого контингента юношей-студентов показал, что лица имеющие симпатотонический тип вегетативной регуляции составляли 14 %, с нормотонией было выявлено 27 %, а с ваготонией 59 %.

Для сравнительной оценки внутрисистемных перестроек взаимосвязей морфофункциональных показателей у лиц с различными исходными типами вегетативной нервной регуляции, нами был проведен многофакторный анализ 17 изучаемых показателей относящихся к различным функциональным системам. В ходе проведения факторного анализа у представителей группы симпатотоников всё количество изучаемых показателей оказалось представлено пятью факторами, которые на 90% определяют их роль в формировании функциональных межсистемных взаимосвязей. При этом из всех 17

показателей, включенных в анализ, 15 вошли в плеяду, отражающую морфофункциональный профиль юношей – симпатотоников. У лиц этой группы удельный вес 1-го, наиболее значимого фактора составил 30 %, который объединил в себя показатели энерго – метаболического обмена: дыхательный объем, потребление кислорода, минутный объем дыхания и энергозатраты в состоянии покоя, что отражает значимую роль метаболических параметров в обеспечении физиологического гомеостаза на фоне хронического напряжения у симпатотоников регуляторных механизмов кардиогемодинамики. В состав 2-го фактора, определяющего в 28 % структуру системы, вошли характеристики кардиоритма: ЧСС, MxDMn, SI, HF, LF. В отдельный фактор со значением 13%, объединялись показатели гемодинамики: ДАД, УО и МОК. В 4-й фактор вошли показатели длины тела и систолического артериального давления. Пятый фактор был представлен лишь одним показателем – коэффициентом использования кислорода - с нагрузкой в 8 %, что по всей видимости и является тем ограничительным механизмом у лиц с симпатотонией, резко ограничивающий их функциональные резервы на фоне отсутствия статистически значимых его взаимосвязей с другими показателями кардиогемодинамики. Учитывая, значимо более низкие значения этого показателя у юношей – симпатотоников, относительно остальных изучаемых групп, можно предположить, что снижение эффективности газообмена и дыхания у лиц этой группы, является одним из условий предопределяющим напряжение их функционального состояния.

Анализируя данные факторного анализа у юношей – нормотоников и ваготоников, мы отметили развертывание факторной структуры функционального состояния с выделением 6 факторов с общей суммарной нагрузкой в 89 % и 80% соответственно. При этом в группе нормотоников состав показателей, входящих в первый фактор не меняется, но он имеет меньшее удельное значение – 27 % относительно группы юношей – симпатотоников. Показатель УО выступает в качестве самостоятельного фактора с достаточно высоким удельным значением – 17%. Показатели ВСР

вошли в структуру 3 и 4 факторов, в то время как в группе ваготоников они занимают 2 и 3 факторы, но при этом их удельный вклад в общую структуру матрицы оставался примерно одинаковым с симпатотониками составляя 31% и 28%. Однако необходимо отметить, что вклад стресс-индекса в группе ваготоников не имел значимой роли и не входил в структуру матрицы, в то время как у симпатотоников и нормотоников его величина находилась в пределах 6%-8%. Это указывает, что у лиц с ваготоническим типом ВНР уровень напряжения организма, на фоне достаточной широты функциональных резервов, не определяет свое влияния на другие морфофункциональные показатели. Интересным аспектом многофакторной структуры группы лиц с нормотоническим типом ВНР является выпадение у них из общей матрицы значений артериального давления, показатели которого среди симпатотоников и ваготоников в общей сумме составляли соответственно 10% и 14%. По всей видимости, для лиц с сбалансированной вагусной и симпатической активностью, влияние роли артериального давления на структуру взаимосвязей между изучаемыми показателями практически исчезает, чего не наблюдается среди лиц, где активность одного из звеньев вегетативной регуляции выражено доминирует.

Среди особенностей структуры многофакторной матрицы среди ваготоников необходимо отметить отсутствие вклада такого показателя как длина тела, роль которого в двух других изучаемых группах находилась на практически одинаковом уровне, составляя 5%-6%. По всей видимости, это указывает на то, что у ваготоников роль такого важного морфометрического показателя, как длина тела, не влияет на внутрисистемные взаимосвязи отражающие состояние кардиореспираторной системы.

Таким образом, многофакторный анализ показателей ВСР и морфосоматометрических характеристик организма в зависимости от его исходной активности ВНС, определяет не только различия в структуре межсистемных взаимосвязей, но количественный вклад отдельных элементов

корреляционной плеяды. Это, в свою очередь, позволяет оценивать иерархическую роль тех или иных физиологических механизмов, обеспечивающих необходимый уровень адаптационных перестроек организма в зависимости от характера и выраженности действия на него окружающих экстремальных условий.

Таблица 4 - Показатели факторного анализа морфофункциональных и характеристик и ВСР у юношей с различными исходными типами вегетативной нервной регуляции.

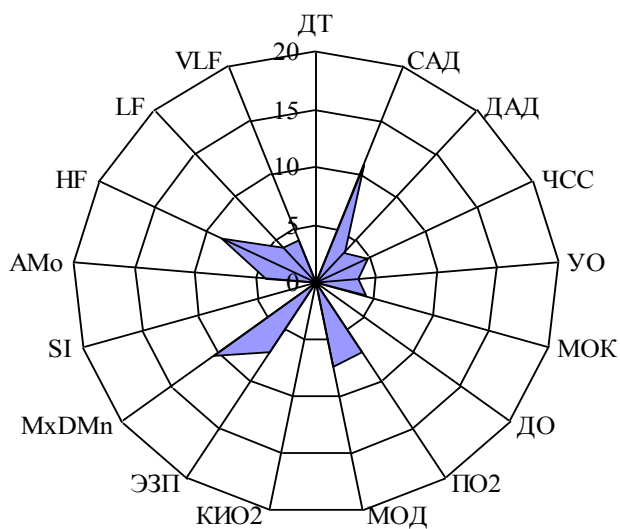
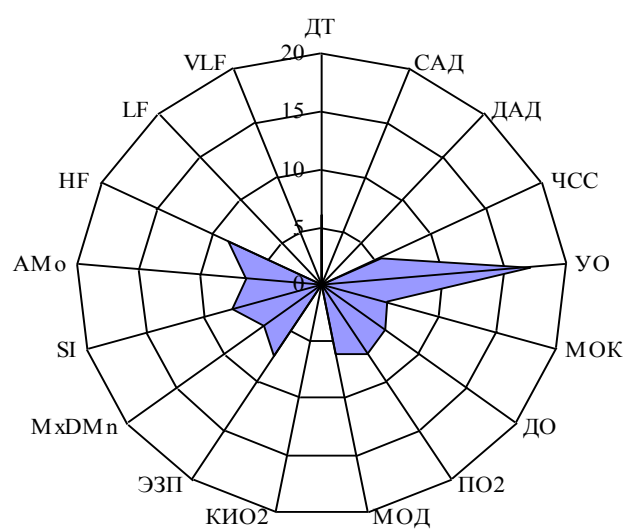
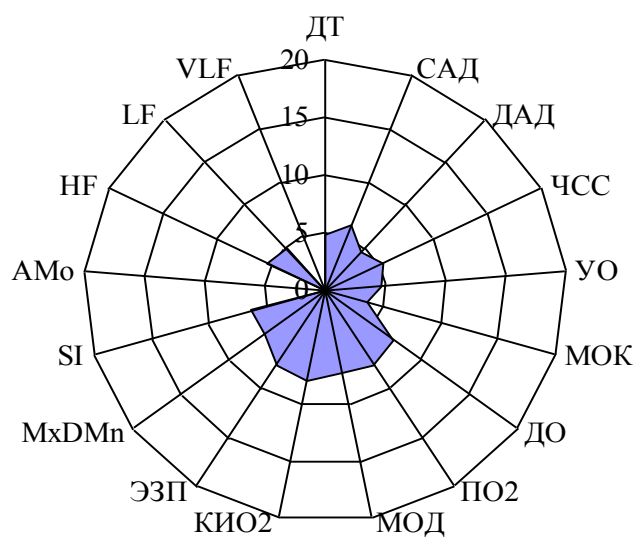
Тип вегетативной регуляции											
Симпатотоники				Нормотоники				Ваготоники			
Ранг фактора	Показатель	Значение показателя в структуре фактора %	Суммарное значение фактора %	Ранг фактора	Показатель	Значение показателя в структуре фактора %	Суммарное значение фактора %	Ранг фактора	Показатель	Значение показателя в структуре фактора %	Суммарное значение фактора %
1	ДО	7,2	30	1	ДО	6,5	27	1	ПО <sub>2</sub>	7,2	2
	ПО <sub>2</sub>	7,7			ПО <sub>2</sub>	7,2			МОД	7,5	
	МОД	7,4			МОД	6,1			ЭЗП	7,2	
	ЭЗП	7,7			ЭЗП	7,3		2	МхDMn	10,5	3
2	ЧСС	5,3	28	2	УО	17	17		HF	8,5	
	МхDMn	6,3			3	SI	7,6	16	LF	4,1	
	SI	6,3		HF		8,4	VLF		3,9		
	HF	5,3		4		МхDMn	5,9		12	САД	11
	LF	4,8			АМо	6,2	ЧСС	4,7			
3	ДАД	4,5	13	5	ЧСС	5,4	11	5	МОК	4,3	6
	УО	4,7			МОК	5,6			ДАД	3,5	
	МОК	3,7			ДТ	6			6	УО	
4	ДТ	4,9	11	6	ДТ	6	6	6	УО	3,5	7
	САД	6,0									
5	КИО <sub>2</sub>	8,0	8								

## Заключение

В процессе проводимых исследований для аборигенов и укорененных популяций уроженцев Севера из числа европеоидов были определены диапазоны нормы реакции перестроек активности звеньев вегетативной нервной системы (ВНС) в ответ на действие дискомфортных факторов, которые отражены в уровнях отклонений показателей ВСР, регистрируемых при ортостатической пробе, относительно фоновых значений (состояние покоя), что может быть использовано при отборе лиц с лучшим адаптационным потенциалом

При этом оказалось, что для точной оценки ведущего типа вегетативной нервной регуляции в состоянии покоя нет необходимости регистрировать 10 и более показателей variability сердечного ритма, достаточно ограничиться 4-5, которые имеют следующие диапазоны: для симпатотоников -  $MxDMn < 160$ ,  $AMo50 > 51$ ,  $SI > 150$ ,  $TP < 1000$ ; для нормотоников –  $MxDMn (200 - 300)$ ,  $AMo50 (40-50)$ ,  $SI (70-150)$ ,  $TP (1001 - 2000)$  ; для ваготоников –  $MxDMn > 300$ ;  $AMo50 < 50$ ;  $SI < 65$ ;  $TP > 2500$ . Следует отметить, что лица, отнесенные на основании соматометрических характеристик размеров тела к различным типам конституции: астеники, нормостеники и гиперстеники из 15 проанализированных показателей ВСР имели статистически значимые различия только по SDNN и VLF. Это указывает на то, что внутри каждой из этих типизированных групп, встречаются лица с различной исходной активностью НС. Однако, проявление выраженного гипертензивного характера артериального давления (АД) наблюдалось только среди гиперстеников, где АД систолическое в среднем составляло  $138,5 \pm 1,2$  мм.рт.ст.

При этом оказалось, что для точной оценки ведущего типа вегетативной нервной регуляции в состоянии покоя нет необходимости регистрировать 10 и более показателей variability сердечного ритма, достаточно ограничиться 4-5, которые имеют следующие диапазоны: для симпатотоников -  $MxDMn < 160$ ,  $AMo50 > 51$ ,  $SI > 150$ ,  $TP < 1000$ ; для нормотоников –  $MxDMn (200 - 300)$ ,  $AMo50 (40-50)$ ,  $SI (70-150)$ ,  $TP (1001 - 2000)$  ; для ваготоников –  $MxDMn > 300$ ;  $AMo50 < 50$ ;  $SI < 65$ ;  $TP > 2500$ . Следует отметить, что лица, отнесенные на основании соматометрических характеристик размеров тела к различным типам конституции: астеники, нормостеники и гиперстеники из 15 проанализированных показателей ВСР имели статистически значимые различия только по SDNN и VLF. Это указывает на то, что внутри каждой из этих типизированных групп, встречаются лица с различной исходной активностью ВНС. Однако, проявление выраженного гипертензивного характера артериального давления (АД) наблюдалось только среди гиперстеников, где АД систолическое в среднем составляло  $138,5 \pm 1,2$  мм.рт.ст.



1

2

3

Рисунок 1 – Морфофункциональные профили у юношей с различными типами вегетативной нервной регуляции  
Примечание: 1 – симпатотоники, 2– нормотоники, 3 – ваготоники.

## Список литературы

1. Андрианов В.В., Василюк Н.А. Вариабельность сердечного ритма при выполнении различных результативных задач // Физиология человека. 2001. №4. С. 50-55.
2. Белоконь Н.А., Кубергер М.Б. Болезни сердца и сосудов у детей: Рук. для врачей: В 2-х т.- М.: Медицина, 1987 Т.1. 446 с.
3. Боровиков В. П. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. Спб. : Питер, 2003. 688 с.
4. Бушов Ю.В., Несмелова Н.Н. Зависимость точности оценки и
5. воспроизведения длительности звуковых сигналов от индивидуальных особенностей человека // Вопросы психологии, 1996. - № 4. – С. 88–93.
6. Демина Д.М., Евлампиева М.Н., Кандрор И.С.и др. Вариабельность сердечного ритма при умственной работе разной напряженности // Физиология человека. 1986. № 6. С.971-975.
- Адельшина Г.А., Гавриков К.В., Радышевская Т.Н. и др. Экспертная оценка применимости метода вариационной пульсометрии для диагностики типов вегетативных регуляций // Современные наукоемкие технологии. 2006. № 3 С. 34-
7. Максимов А.Л., Лоскутова А.Н. Особенности вариабельности кардиоритма уроженцев Магаданской области в зависимости от типа вегетативной регуляции // Экология человека. 2013. № 6. С.3 – 9 .
8. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2002. 290с.
9. Суханова И.В. Сезонная динамика морфофункциональных показателей юношей, проживающих в приморской зоне Магаданской области // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2011. № 4. С. 19-23.
10. Суханова И.В., Вдовенко С.И., Максимов А.Л. Морфофункциональные особенности организма юношей, проживающих в различных климато-



географических зонах Магаданской области // Экология человека. 2010. № 3. С. 24-30.

11. 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.
12. Хаспекова Н.Б. Диагностическая информативность мониторинга вариабельности ритма сердца // Вестник аритмологии. 2003. № 32. С. 15–23.
13. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов: моногр. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. 255 с.
14. Шлык Н.И., Сапожникова Е.Н., Кириллова Т.Г., Семенов В.Г. Типологические особенности функционального состояния регуляторных систем у школьников и юных спортсменов (по данным анализа вариабельности сердечного ритма) // Физиология человека. 2009. №6. С. 85-93.
15. Юрьев В. В., Симаходский А. С., Воронович Н. Н., Хомич М. М. Рост и развитие ребенка. СПб : Питер, 2003. 272 с.
16. Юрьев В.В. А.С. Симаходский, Н.Н. Воронович. Рост и развитие ребенка. СПб.: Питер, 2003. 272с.
17. De Lorenzo A., Andreoli A., Matthie J., Withers P. Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review // The American Physiological Society. 1997. P. 1542–1557.
18. Stauss, H.M. Heart rate variability / H.M. Stauss // Am. J. Physiol.: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. –2003. –№285 (5). – P. 927–931.
19. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological interpretation, and Clinical Use // Circulation. – 1996. – № 93. – P. 1043–1065

20. Murphy C. A. Pharmacologic responses and spectral analyses of spontaneous fluctuations in heart rate and blood pressure in SHR rats / C. A. Murphy, B. P. Sloan, M. M. Myers // J. Auton. Nerv. Syst. – 1991. – Vol. 36, № 3. – P. 237–250.
21. Коркушко О. В. Анализ вегетативной регуляции сердечного ритма на различных этапах индивидуального развития человека / О. В. Коркушко, В. Б. Шатило, Т. В. Шатило, Е. В. Короткая // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 2. – С. 31–39.
22. Bjurstedt H., Rosenhamer G., Hesser C.M., Lindborg B. Responses to continuous negative-pressure breathing in man at rest and during exercises.// Journ. Appl. Physiol.- 1980.- Vol. 48, № 6.- P. 977-981.
23. Blaber A.P., Hughson R.L. Cardio-respiratory interaction during fix-paced resistive breathing.// Journ. Appl. Physiol.- 1996.- Vol 80, № 5.- P. 16181626.
24. Bern R. M. Lewy M. N. Физиология сердечно-сосудистой системы / Фундаментальная и клиническая физиология / под ред. А. Камкина и А. Каменского. – М. : Академия, 2004. – С. 516–702.
25. Герасимов И. Г., Самохина Е. В. Взаимосвязь между показателями гемодинамики и дыхания у человека // Физиология человека. 2003. №4. С. 72-75.
26. Кутерман Э.М., Хаспекова Н.Б. Ритм сердца при пробе 6 дыханий в минуту // Физиология человека. 1992. Т. 18. №4. С. 52.
27. Агаджанян Н.А., Мишустин Ю.Н., Левкин С.Ф. Постоянное нарушение гомеостаза в виде хронической гипокапнии как болезнетворный фактор. Самара. 2004. – 56 с.