

УДК [612.172.2 : 612.8](571.65)

## ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ КАРДИОРИТМА УРОЖЕНЦЕВ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ

© 2013 г. А. Л. Максимов, А. Н. Лоскутова

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

В настоящее время метод анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР) для оценки состояния вегетативной нервной регуляции является общепризнанным. Согласно представлениям о двухконтурной модели управления сердечным ритмом, предложенной Р. М. Баевским, система ритмической активности синусового узла находится под нейрогуморальным контролем [25]. С точки зрения кибернетики система регуляции кардиоритма представляется в виде двух взаимосвязанных контуров: центрального и автономного с прямой и обратной связью. Основное положение концепции заключается в том, что при оптимальной регуляции происходит наименьшая активация центрального контура. Обладая достаточными функциональными возможностями, организм на стрессорное воздействие реагирует так называемым рабочим напряжением регуляторных систем, которое в короткий промежуток времени способно к восстановлению до фоновому уровню. Однако даже в состоянии относительного (оперативного) покоя напряжение регуляторных систем может быть высоким, способствуя истощению функциональных резервов. В таком случае наблюдается неоптимальная регуляция с активацией высших уровней и повышенного тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы [4]. Практически это всегда отмечается при воздействии на человека неблагоприятных факторов окружающей среды, связанных с процессами адаптации его организма к различным природно-климатическим и другим экстремальным условиям [1, 7].

Несмотря на то, что методология изучения ВСР постоянно совершенствуется, достаточно часто встречаются работы, в которых не учитываются индивидуальные типологические особенности регуляции сердечного ритма, и популяция или группа рассматривается без дифференциации обследуемых в зависимости от преобладающего характера вегетативной регуляции [16, 19, 20]. Такое объединение приводит к тому, что анализируются не реальные показатели ВСР, а некие «виртуальные» значения, которые на самом деле не характерны для обследуемых лиц, а только отражают результат математических действий. В этом аспекте имеются исследования, в которых было показано, что игнорирование индивидуальных особенностей состояния вегетативной регуляции и общее усреднение показателей ВСР ведет к искажению реальных значений и соответственно к ложной интерпретации получаемых результатов, особенно при проведении исследований в состоянии относительного покоя [13, 21].

В связи с этим целью настоящей работы было определение методических подходов к разработке и определению региональной нормы физиологических границ показателей ВСР для определенной возрастной группы мужчин, уроженцев Магаданской области, в зависимости от состояния активности различных регуляторных звеньев их вегетативной нервной системы.

У 390 учащихся старших классов, лиц мужского пола в возрасте 15–16 лет, уроженцев Магаданской области в 1–3 поколении из числа европеоидов, были исследованы в состоянии покоя 16 показателей вариабельности сердечного ритма. На основе значений индекса напряжения, вариационного размаха и суммарной мощности спектра из всей обследуемой популяции были сформированы группы лиц с преобладанием вагусной, симпатической и нормотонической реакции вегетативной нервной системы. Было установлено, что диапазон вариабельности математических значений кардиоритма в зависимости от состояния активности симпатического и парасимпатических звеньев нервной системы значительно отличается, что методически обуславливает необходимость обязательной дифференциации обследуемых лиц по типам вегетативной регуляции.

**Ключевые слова:** Север, показатели вариабельности кардиоритма, ваготоники, нормотоники, симпатотоники

## Методы

Методом случайной выборки были обследованы 390 лиц мужского пола, уроженцев Севера в 1–3 поколении из числа европеоидов, учащихся школ Магаданской области в возрасте ( $15,7 \pm 0,1$ ) года, длина тела ( $170,1 \pm 0,8$ ) см и масса ( $57,0 \pm 0,7$ ) кг. На момент исследования все лица были практически здоровы и не имели в анамнезе хронических заболеваний. Регистрация кардиоинтервалограммы проводилась в положении лежа в течение 5 мин (не менее 250 RR-интервалов) с использованием аппаратно-программного комплекса «БК 2,5-Варикард» и программного обеспечения «Иским-6» [11]. В соответствии с методическими рекомендациями группы Российских экспертов [4], Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества электрофизиологии [23] анализировались следующие показатели: HR, уд./мин — частота сердечных сокращений; Meap, мс — среднее значение RR-интервалов; Mx, мс — максимальное значение RR-интервалов; Mn, мс — минимальное значение RR-интервалов; MxDMn, мс — разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов; Mo, мс — мода; AMo50, % — амплитуда моды; SDNN, мс — стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов; RMSSD, мс — квадратный корень суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов; pNN<sub>50</sub>, % — число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс; SI, усл. ед. — индекс напряжения регуляторных систем. Показатели спектрально-волновой составляющей кардиоритма: IC, усл. ед. — индекс централизации; TP, мс<sup>2</sup> — суммарная мощность спектра на всех частотных диапазонах, HF, мс<sup>2</sup> — абсолютная мощность спектра высокочастотного компонента вариабельности сердечного ритма в диапазоне 0,4–0,15 Гц (дыхательные волны); LF, мс<sup>2</sup> — абсолютная мощность спектра низкочастотного компонента вариабельности сердечного ритма в диапазоне 0,15–0,04 Гц (сосудистые волны); VLF, мс<sup>2</sup> — абсолютная мощность спектра очень низкочастотного компонента вариабельности ритма сердца в диапазоне 0,040–0,015 Гц; IC, усл. ед. — индекс централизации.

На основании концепции Р. М. Баевского при первичной оценке преобладающего типа вегетативной регуляции сердечного ритма принимались во внимание значения SI и MxDMn, которые адекватно отражают активность симпатoadренальной системы [2]. Для дальнейшего статистического анализа были сформированы 3 группы: лица с нормотоническим типом (нормотоники) при значениях SI в диапазоне 50–150 усл. ед. в количестве 167 человек (42,8 %); симпатотоники SI > 150 усл. ед., 94 человека (24,1 %); ваготоники SI < 50 усл. ед., 129 человек (33,1 %). С учетом установленного нами отсутствия значимых изменений показателей кардиоритма в возрастном диапазоне 15–16 лет обследуемые были объединены в единую выборку.

Статистическая обработка полученных данных производилась с использованием русифицированной версии «STATISTICA 6». Для всех количественных признаков в сравниваемых группах оценивались медианы (Md) и интерквартильная широта (25-й; 75-й процентиля). Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось при  $p < 0,05$ . Проверка нормальности распределения вероятности количественных признаков с помощью критерия Шапиро — Уилка показала, что 70 % всех количественных признаков в группах сравнения не имели нормального распределения, поэтому использовались методы непараметрической статистики: критерий Манна — Уитни (U), где Z соответствует параметрическому t-критерию Стьюдента для независимых выборок. Для оценки долевого (%) уровня распределения изучаемых показателей в типизированных группах относительно медианы, рассчитанной для выборки в целом, был применен медианный тест [6]. Степень вариабельности значений изучаемых показателей кардиоритма в выделенных группах оценивалась по величине дисперсии ( $\sigma^2$ ).

Все исследования проведены в первой половине дня с соблюдением требований биомедицинской этики и добровольно полученного письменного информированного согласия.

## Результаты

В табл. 1 представлены значения ВСР в группах лиц с учетом преобладающего типа вегетативной регуляции, а также при их общем усреднении. Из данных таблицы видно, что значения медиан изучаемых показателей в сформированных группах существенно отличаются, однако при рассмотрении значений кардиоритма в объединенной выборке (группа 4) видна их нивелировка и сдвиг в сторону величин, характерных только для нормотоников.

Поскольку многими исследователями при изучении ВСР в различных по численности группах не производится предварительная типизация испытуемых по преобладающему характеру вегетативной регуляции, а вся выборка в целом усредняется, нами проанализированы правомерность такого подхода и возникающие при этом количественные расхождения получаемых математических значений. Оказалось, что при объединении обследуемых ваготоников, нормотоников и симпатотоников в единую выборку (группа 4) и усреднении изучаемых показателей (см. табл. 1) они в этом случае становятся близкими только к значениям, присущим группе нормотоников. При этом разница значений кардиоритма между 25-м и 75-м процентилями увеличивается. Более того, резко возрастает дисперсия по всем показателям четвертой группы относительно группы нормотоников (табл. 2). В группе 4 дисперсия таких интегральных характеристик кардиоритма, как SI и TP, по отношению к типизированным нормотоникам соответственно возрастает в 17 и 5,3 раза и нет ни одного случая, когда бы увеличение значений было менее 100 %.

Таблица 1

Типизированные и обобщенные показатели кардиоритма из случайной выборки мужчин 15–16 лет, уроженцев Магаданской области, Md (25-й; 75-й процентиль)

Показатель кардиоритма	Обследуемая группа лиц			4 – общая группа, n=390
	1 – ваготоники, n=129	2 – нормотоники, n=167	3 – симпатотоники, n=94	
HR, уд./мин	67 (63; 71)	73 (68; 79)	84 (78; 91)	73 (67; 80)
Mean, мс	899 (838; 955)	813 (761; 875)	711 (661; 771)	821 (751; 898)
Mx, мс	1094 (1051; 1178)	948 (892; 1015)	809 (753; 863)	975 (876; 1078)
Mn, мс	704 (653; 754)	673 (625; 728)	622 (577; 698)	677 (617; 732)
MxDMn, мс	381 (357; 419)	282 (247; 305)	180 (147; 206)	291 (220; 360)
Mo, мс	902 (826; 979)	816 (764; 879)	712 (651; 764)	818 (738; 904)
AMo50, %	27 (24; 30)	38 (34; 43)	59 (52; 69)	37 (29; 47)
SDNN, мс	75 (67; 84)	53 (50; 60)	34 (28; 39)	55 (42; 69)
RMSSD, мс	73 (60; 84)	50 (38; 56)	25 (19; 31)	51 (34; 65)
pNN50, %	48 (40; 59)	29 (18; 40)	4 (1; 10)	31 (12; 46)
SI, усл. ед.	39 (33; 49)	83 (63; 108)	223 (174; 314)	74 (49; 137)
TP, мс <sup>2</sup>	4852 (4109; 6094)	2639 (2043; 3461)	1130 (790; 1531)	2902 (1720; 4242)
HF, мс <sup>2</sup>	1877 (1397; 2428)	900 (600; 1270)	350 (179; 436)	960 (506; 1652)
LF, мс <sup>2</sup>	1512 (1044; 1908)	766 (520; 1222)	332 (234; 502)	790 (463; 1309)
VLF, мс <sup>2</sup>	697 (435; 1044)	410 (284; 560)	215 (140; 328)	404 (247; 571)
IC, усл. ед.	1,1 (0,9; 2,0)	1,4 (1,0; 2,0)	2,0 (1,3; 3,1)	1,4 (1,0; 2,1)

С учетом этого нами с помощью математического аппарата медианного теста было определено долевое распределение лиц со значениями показателей, находящихся выше или ниже медианы при определении ее по общей (не дифференцированной) выборке, что представлено на рисунке.

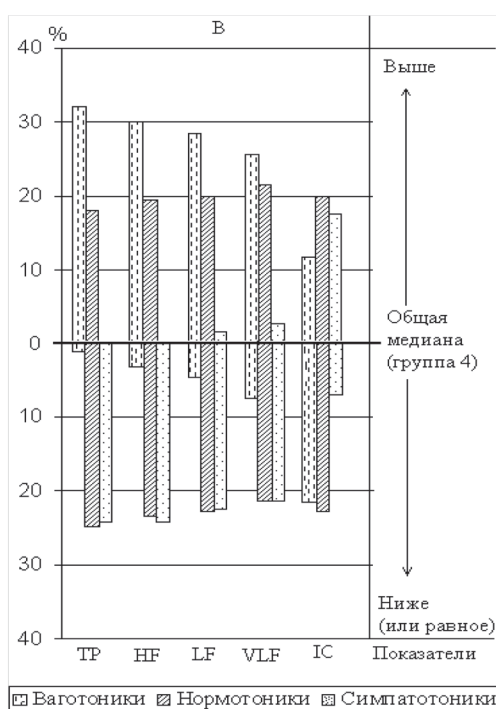
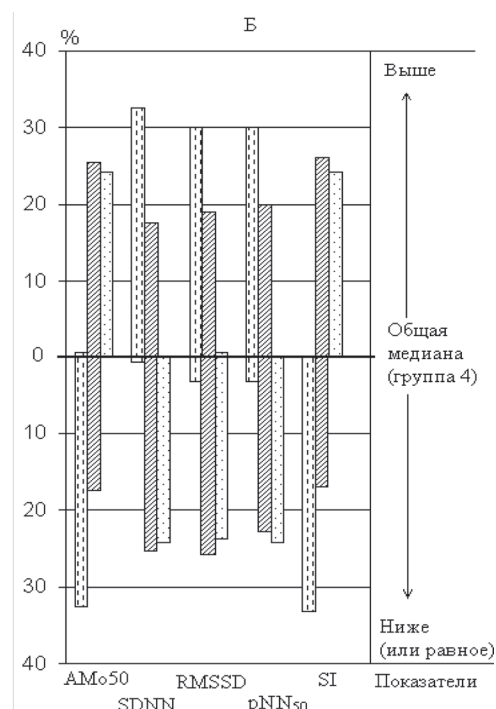
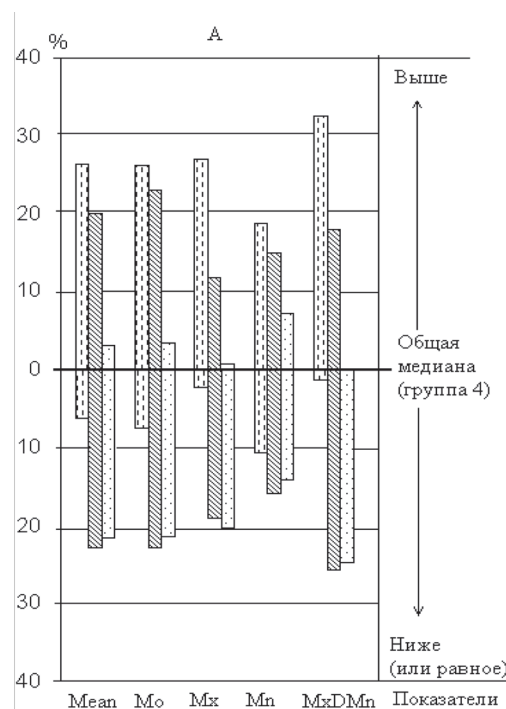
Таблица 2

Значения дисперсии показателей у нормотоников (2) и в общей группе (4) при случайной выборке

Показатель кардиоритма	Величина дисперсии		Отношение значения дисперсии группы 4 к таковому группы 2
	2 – нормотоники, n = 167	4 – общая группа, n = 390	
HR, уд./мин	45	106	2,4
Mean, мс	6074	13066	2,2
Mx, мс	6752	22132	3,3
Mn, мс	5716	9878	1,7
MxDMn, мс	2076	8891	4,3
Mo, мс	7248	14778	2,0
AMo50, %	35	281	8,1
SDNN, мс	71	377	5,3
RMSSD, мс	157	508	3,2
pNN50, %	181	392	2,2
SI, усл. ед.	668	11345	17,0
TP, мс <sup>2</sup>	703994	3714114	5,3
HF, мс <sup>2</sup>	204497	767564	3,8
LF, мс <sup>2</sup>	172311	488751	2,8
VLF, мс <sup>2</sup>	68049	145587	2,1
IC, усл. ед.	1	2	2,0

Оказалось, что картина распределения показателей относительно медианы у лиц с различным характером вегетативной регуляции существенно отличается. Так, относительно медианы в группе ваготоников значения существенно выше 10 % уровня отмечались у 12 показателей: Mean, Mo, Mx, Mn, MxDMn, SDNN, RMSSD, pNN50, TP, HF, LF, VLF, а ниже медианы только у 3: AMo50, SI, IC. В группе симпатотоников эти же значения имеют полностью асимметричную картину. Подчеркнем, что для группы, состоящей из лиц с нормотоническим типом вегетативной регуляции, выраженная асимметрия распределения показателей кардиоритма относительно медианного уровня отсутствует, что указывает на их значительную вариабельность. При этом сумма дисперсий всех значений кардиоритма в группе 4 превышала аналогичное значение по группе 2 в 4,4 раза, указывая на то, что величины ВСР обследуемых четвертой группы не могут рассматриваться как истинные для лиц, имеющих выраженную нормотоническую реакцию. Отметим, что особенности картины долевого распределения показателей ВСР относительно медианы являются информативным признаком, характеризующим группу, объективно объединяющую лиц только с конкретно преобладающим типом активности звеньев вегетативной нервной системы или их выраженной сбалансированности. При этом оказалось, что у ваготоников и симпатотоников только 8 из 15 проанализированных математических показателей кардиоритма: MxDMn, AMo50, SDNN, RMSSD, pNN50, SI, TP, HF находятся выше или ниже 10 % уровня медианы.

Для оценки информативности по каждому из этих показателей определяли суммированное значение до-



левых составляющих, превышающих 10 % уровень, которое, как оказалось, во всех случаях превысило 50 %. Так, например: уровень значения MxDMn у ваготоника превышал медиану на 33 %, а у симпатоника был ниже ее на 25 %, что в сумме (без учета вектора направления изменений) составило 58 %. Проведенный таким образом расчет среди остальных показателей выявил, что диапазон их суммарных изменений относительно медианы находится в пределах 54–58 %. Однако при сложении долевых значений таких показателей, как Mean, Mx, Mn, Mo, IC, LF, VLF, установлено, что их суммарные изменения относительно медианы были равны или ниже 50 %, что указывало на относительно меньшую информативность этих показателей при определении преобладающего уровня вегетативной регуляции.

Долевое (%) распределение показателей статистических (А, Б) и спектрально-волновых (В) характеристик структуры вариабельности сердечного ритма в типизированных (1, 2, 3) группах обследуемых лиц по отношению к медиане общей группы (4)

### Обсуждение результатов

Учитывая значимость показателей ВСР для оценки не только регуляторных механизмов состояния организма в покое, но и при адаптации к экстремальным условиям окружающей среды и функциональным нагрузкам, ряд исследователей [8, 10, 12] показали, что у подростков выявляется четко выраженная зависимость адаптационных изменений в организме от исходного характера вегетативной регуляции. В этих



же работах отмечалось, что при ваготонии умеренные физические нагрузки оказывают активирующее, тонизирующее влияние, а при симпатикотонии — расслабляющее, уменьшающее уровень функционального напряжения. При этом лица, имеющие сбалансированную вегетативную регуляцию кардиоритма, характеризуются устойчивостью к нагрузкам, что находит свое отражение при использовании различных тренирующих методик, направленных на повышение функциональных резервов организма.

Согласно мнению различных исследователей, показатели SDNN, RMSSD, pNN50 отражают активность парасимпатического отдела, а показатели SI, AMo50 — симпатического [4, 23, 24]. Отмечается, что снижение SDNN до 50 мс и ниже является неблагоприятным признаком функционирования сердечно-сосудистой системы и напряжения регуляторных систем [18]. С использованием предложенного Р. М. Баевским и соавт. [3] диапазона значений стандартного отклонения всего массива кардиоинтервалов (40–80 мс) нами проведена оценка значений SDNN (см. табл. 1), показавшая, что в группе ваготоников и нормотоников они находились в пределах данного диапазона, а у симпатотоников были статистически значимо ниже. Следует обратить внимание на то, что в группе симпатотоников показатель pNN<sub>50</sub> имеет минимальные значения (1–10), при этом у них отмечались самые большие значения медианы и интерквартильной широты показателя AMo50 и IC, что в совокупности указывает на выраженные проявления эффекта централизации регуляторных процессов по отношению к лицам из групп ваго- и нормотоников. Полученные результаты статистического анализа подтверждаются данными спектрально-волновых показателей кардиоритма. Так, медиана общей мощности спектра, характеризующего суммарный уровень активности регуляторных систем организма, у ваготоников выше, чем у нормотоников и тем более у симпатотоников, в 1,8 и 4,3 раза соответственно. При этом процесс активации симпатического звена вегетативной регуляции обычно сопровождается снижением общей мощности спектра, а при активации парасимпатического звена наблюдается обратная реакция, что было показано и другими исследователями [15]. Из представленных данных следует, что наибольший (около 80 %) вклад в суммарной мощности спектра ВСР составляют высоко- и низкочастотные колебания. В настоящее время считается установленным, что HF компонента спектра ритма сердца обусловлена вагусной активностью и связана с актом дыхания [22, 26]. Умеренное превалирование высокочастотного компонента в спектре у ваго- и нормотоников согласуется с положением об адаптационно-трофическом защитном действии блуждающих нервов на сердце, при этом парасимпатическое воздействие является одним из факторов индивидуальной устойчивости здорового организма к действию неблагоприятных факторов и даже эмоционального стресса [17]. Однако высокую вариативность сердечного ритма ( $MxDMn \geq 500$

мс) у детей и подростков с выраженным преобладанием автономной регуляции можно рассматривать как неблагоприятный признак, часто отражающий проявление патологии сердца [5]. В то же время у спортсменов синусовая брадикардия может отражать значительные функциональные резервы при оптимальном уровне нейровегетативной регуляции, характеризуя относительное снижение симпатического влияния при повышении тонуса блуждающего нерва [9]. Вместе с тем увеличение активности симпатического звена регуляции сердечного ритма проявляется в снижении ВСР. Учитывая это, регуляцию синусового узла с выраженной активностью центральных регуляторных механизмов можно считать физиологической нормой, которая, по всей видимости, сопряжена с повышенным напряжением системы кардиогемодинамики, что отмечалось у наших обследуемых из группы симпатотоников и отражалось в статистически значимо более высоких показателях частоты пульса, индекса напряжения и централизации по отношению к группам ваго- и нормотоников (см. табл. 1).

На основании проведенного анализа результатов медианного теста, позволившего определить относительную информативность показателей ВСР, нами в дальнейшей процедуре обработки полученного материала из всего массива обследуемых лиц (390 человек) были вновь сформированы три группы лиц: ваготоников, нормотоников и симпатотоников, одинаковые по численности (по 50 человек), что удовлетворяло статистическим требованиям сравнения равных по численности независимых выборок со значениями, отклоняющимися от нормального распределения. Подчеркнем, что в этом случае в каждую группу попали только те обследуемые, которые по абсолютному большинству показателей кардиоритма были отнесены к строго конкретному типу лиц с определенной активностью вегетативной нервной системы (табл. 3). Как оказалось, при таком формировании групп разница между величинами 75-го и 25-го процентилей уменьшилась, а значимость абсолютного большинства сравниваемых значений медиан была по критерию Манна — Уитни и значению Z на высоком уровне при  $p \leq 0,001$ . Более того, дисперсия наиболее информативных показателей в группе нормотоников значительно сократилась до следующих значений:  $MxDMn - 1\ 271$ ; SDNN — 43; RMSSD — 97; AMo50 — 13; pNN50 — 125; SI — 311; TP — 547 283; HF — 251 902. В этом случае снижение у нормотоников величин дисперсии относительно аналогичных показателей, представленных в табл. 2, достигало от 3 до 36 раз, несмотря на то, что выборка обследуемых была значительно меньше, составляя всего 50 человек против 167. Следует отметить, что картина уменьшения величин дисперсий была по группе ваготоников и симпатотоников аналогична той, что подробно проанализирована нами для нормотоников, в связи с чем мы посчитали возможным ее детально в статье не описывать.

Таблица 3

**Региональные показатели кардиоритма у мужчин  
15–16 лет, уроженцев Магаданской области, с различными типами вегетативной регуляции в состоянии покоя,  
Md (25-й; 75-й процентиля)**

Показатель кардиоритма	Обследуемая группа лиц			Статистические критерии и уровень значимости различий между сравниваемыми группами		
				(U; Z; p)		
	1 — ваготоники, n=50	2 — нормотоники, n=50	3 — симпатотони- ки, n=50	1–2	2–3	1–3
HR, уд./мин	67 (65; 70)	74 (72; 77)	86 (82; 90)	219; 7,1; 0,001	111; 7,8; 0,001	9; 8,6; 0,001
Meap, мс	890 (859; 921)	808 (781; 827)	702 (668; 737)	308; 6,3; 0,001	115; 7,8; 0,001	22; 8,4; 0,001
Mx, мс	1075 (1051; 1102)	947 (911; 972)	784 (757; 832)	59; 7,0; 0,001	18; 7,3; 0,001	0; 8,1; 0,001
Mn, мс	692 (669; 732)	681 (644; 709)	604 (572; 653)	583; 1,8; 0,07	263; 4,8; 0,001	264; 5,9; 0,001
MxDMn, мс	372 (361; 400)	266 (241; 299)	181 (169; 200)	27; 8,4; 0,001	47; 8,2; 0,001	0; 8,6; 0,001
Mo, мс	884 (851; 934)	808 (777; 833)	697 (660; 735)	350; 6,2; 0,001	131; 7,7; 0,001	13; 8,5; 0,001
AMo50, %	27 (26; 29)	39 (36; 42)	57 (52; 64)	9,5; 8,6; 0,001	45; 8,3; 0,001	0; 8,6; 0,001
SDNN, мс	75 (70; 80)	50 (47; 57)	34 (30; 38)	27; 8,4; 0,001	51; 8,3; 0,001	0; 8,6; 0,001
RMSSD, мс	73 (61; 81)	48 (40; 54)	26 (20; 29)	133; 7,7; 0,001	94; 7,9; 0,001	0; 8,6; 0,001
pNN50, %	48 (40; 57)	27 (23; 37)	4 (2; 8)	220; 7,1; 0,001	104; 7,8; 0,001	1; 8,6; 0,001
SI, усл. ед.	39 (37; 44)	89 (74; 105)	224 (186; 270)	0; 8,6; 0,001	0; 8,6; 0,001	0; 8,6; 0,001
TP, мс <sup>2</sup>	4770 (4110; 5466)	2392 (2001; 2995)	1125 (902; 1454)	92; 7,9; 0,001	94; 7,9; 0,001	0; 8,6; 0,001
HF, мс <sup>2</sup>	1864 (1459; 2297)	790 (620; 1294)	314 (196; 409)	342; 6,3; 0,001	118; 7,8; 0,001	1; 8,6; 0,001
LF, мс <sup>2</sup>	1569 (1127; 1898)	774 (519; 1045)	332 (251; 502)	314; 6,5; 0,001	376; 6,0; 0,001	64; 8,1; 0,001
VLF, мс <sup>2</sup>	571 (389; 790)	379 (284; 486)	236 (165; 323)	647; 4,2; 0,001	544; 4,9; 0,001	271; 6,7; 0,001
IC, усл. ед.	1,0 (0,9; 1,2)	1,3 (1,0; 2,0)	2,0 (1,4; 3,3)	1196; 0,4; 0,71	726; 3,6; 0,001	663; 4,0; 0,001

*Примечание.* U — критерий Манна — Уитни; Z — соответствует t-критерию Стьюдента для зависимых выборок; p — уровень значимости.

Таким образом, представленные в табл. 3 величины ВСР можно по всем основаниям рассматривать как региональную физиологическую норму, характерную для мужчин в возрастном диапазоне 15–16 лет с ваготоническим, нормотоническим и симпатотоническим типом вегетативной нервной регуляции, родившихся и постоянно проживающих в Магаданской области.

### Заключение

Весь комплекс проведенных исследований по изучению особенностей ВСР у молодых мужчин Магаданской области позволяет считать, что наиболее информативными показателями, которые могут быть использованы при оценке преобладающего типа вегетативной нервной регуляции, выступают не столько прямые показатели кардиоритма: средняя длительность RR-интервала, его максимальные и минимальные значения и величина моды, а следующие статистические и спектрально-волновые характеристики: MxDMn, SDNN, RMSSD, pNN50, AMo50, SI, TP, HF. При этом перечисленные математические показатели сердечного ритма, определяемые в состоянии относительного покоя, не только являются минимально достаточными для точного определения преобладающего индивидуального типа вегетативной нервной регуляции, но и позволяют в определенной степени прогностически оценить функциональные и адаптационные возможности организма. Так, по всей видимости, в процессе формирующегося конвергентного типа адаптации, особенности которого

были описаны нами ранее [14], у северян из числа уроженцев-европеоидов оптимальными являются нормотонический либо умеренно парасимпатический уровень реакции организма, характеризующиеся показателями ВСР в пределах установленных нами диапазонов и отражающих оптимальный уровень функциональных резервов организма. Обязательным методическим условием при групповых или популяционных исследованиях особенностей перестроек показателей кардиоритма человека должна быть его предварительная индивидуальная типизация, направленная на определение преобладающего характера вегетативной нервной регуляции. Только в этом случае возможно корректное сопоставление результатов математических показателей кардиоритма, получаемых различными авторами, при исследованиях механизмов адаптации человека в условиях окружающей природной и техногенной среды.

### Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Батоцарева Т. Е., Северин А. Е., Семенов Ю. Н., Сушкова Л. Т., Гомбоева Н. Г. Сравнительные особенности вариабельности сердечного ритма у студентов, проживающих в различных природно-климатических регионах // Физиология человека. 2007. Т. 33, № 6. С. 66–70.
2. Баевский Р. М., Кириллов О. И., Клецкин С. З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 1984. 225 с.
3. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при исполь-

зовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С. 65–87.

4. Баевский Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине // Физиология человека. 2002. Т. 28, № 2. С. 70–82.

5. Беляева Л. М., Хрусталёва Е. К. Функциональные заболевания сердечно-сосудистой системы у детей. Минск : Алмафед, 2000. 208 с.

6. Боровиков В. П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. СПб. : Питер, 2003. 688 с.

7. Григорян В. Г., Степанян Л. С., Степанян А. Ю. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у подростков в условиях моделирования конфликт-индуцирующей среды // Гигиена и санитария. 2010. № 3. С. 66–68.

8. Дёмин Д. Б., Поскотинова Л. В., Кривоногова Е. В. Варианты ЭЭГ-реакций при выполнении курса БОС-тренингов у подростков в зависимости от исходного вегетативного тонуса // Экология человека. 2012. № 3. С. 16–22.

9. Земцовский Э. В. Спортивная кардиология. СПб. : Гиппократ, 1995. 448 с.

10. Игешева Л. Н., Казин Э. М., Галеев А. Р. Влияние умеренной физической нагрузки на показатели сердечного ритма у детей младшего и среднего школьного возраста // Физиология человека. 2006. Т. 32, № 3. С. 55–61.

11. Комплекс для анализа вариабельности сердечного ритма. Руководство по эксплуатации. Рязань : РАМЕНА, 2005. 210 с.

12. Кудря О. Н. Особенности срочной адаптации сердечно-сосудистой системы спортсменов с различным исходным вегетативным тонусом при ортостатическом тестировании // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2011. Вып. 5(107). С. 55–61.

13. Кутерман Э. М., Хаспекова Н. Б. Типологические особенности тонических составляющих ритма сердца // Физиология человека. 1995. Т. 21, № 6. С. 146–152.

14. Максимов А. Л. Современные методологические аспекты адаптации аборигенных и коренных популяций на Северо-Востоке России // Экология человека. 2009. № 6. С. 17–21.

15. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. Иваново : Иван. гос. мед. акад., 2000. 200 с.

16. Спицин А. П., Спицина Т. А. Вариабельность ритма сердца в условиях нервно-психического напряжения // Гигиена и санитария. 2011. № 4. С. 65–68.

17. Судаков К. В., Тараканов О. П., Юматов Е. А. Кросс-корреляционный вегетативный критерий эмоционального стресса // Физиология человека. 1995. Т. 21, № 3. С. 87–95.

18. Флейшман А. Н. Медленные колебания гемодинамики: теория, практическое применение в клинической медицине и практике. Новосибирск : Наука, 1999. 264 с.

19. Хугаева С. Г., Бойко И. Н., Маруняк С. В., Мосягин И. Г. Динамика показателей вегетативной регуляции сердечного ритма у рыбаков тралового флота на промысле в условиях арктического Севера // Экология человека. 2012. № 1. С. 29–32.

20. Чеснокова В. Н., Мосягин И. Г. Сезонная динамика параметров кардиореспираторной системы у юношей, проживающих на Европейском Севере России // Экология человека. 2009. № 8. С. 7–11.

21. 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. Т. 35, № 6. С. 85–93.

22. AlAni M., Forkins A. S., Townend J. N., Coote J. H. Respiratory sinus arrhythmia and central respiratory drive in humans // Clinical. Science. 1996. Vol. 90, N 3. P. 235–241.

23. Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation. 1996. Vol. 93. P. 1043–1065.

24. Hull S. S., Vanoli E., Adamson P. B., Verrier R. L., Foreman R. D., Schwartz P. L. Exercise training confers anticipatory protection from sudden death during acute myocardial ischemia // Circulation. 1994. Vol. 89 (2). P. 548–552.

25. Parin V. V., Baevsky R. M., Gazonko O. G. Heart and circulation under space conditions // Cor et Vasa. 1965. Vol. 7 (3). P. 165–182.

26. Richter D. W., Spyer K. M. Cardiorespiratory control // Central regulation of autonomic function. Oxford Univ. Press. N. Y., 1990. P. 189–207.

## References

1. Agadzhanian N. A., Batotsyrenova T. E., Severin A. E., Semenov Yu. N., Sushkova L. T., Gomboeva N. G. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2007, vol. 33, no. 6, pp. 66–70. [in Russian]

2. Baevsky R. M., Kirillov O. I., Kletskin S. Z. *Matematicheskii analiz izmenenii serdechnogo ritma pri stresse* [Mathematical analysis of heart rate changes under stress]. Moscow, 1984, 225 p. [in Russian]

3. Baevsky R. M., Ivanov G. G., Chireikin L. V i dr. *Vestnik aritmologii* [Bulletin of Arhythmology]. 2001, no. 24, pp. 65–87. [in Russian]

4. Baevsky R. M. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2002, vol. 28, no. 2, pp. 70–82. [in Russian]

5. Belyaeva L. M., Khrustaleva E. K. *Funktsional'nye zabolevaniya serdechno-sosudistoi sistemy u detei* [Functional diseases of children's cardiovascular system]. Minsk, 2000, 208 p. [in Russian]

6. Borovikov V. P. *STATISTICA. Iskustvo analiza dannykh na komp'yutere. Dlya professionalov* [STATISTICA. Art of data computer analysis. For professionals]. Saint Petersburg, 2003, 688 p. [in Russian]

7. Grigoryan V. G., Stepanyan L. S., Stepanyan A. Yu. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitary]. 2010, no. 3, pp. 66–68. [in Russian]

8. Demin D. B., Poskotinova L. V., Krivonogova E. V. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, no. 3, pp. 16–22. [in Russian]

9. Zemtsovskiy E. V. *Sportivnaya kardiologiya* [Sports cardiology]. Saint Petersburg, 1995, 448 p. [in Russian]

10. Igisheva L. N., Kazin E. M., Galeev A. R. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2006, vol. 32, no. 3, pp. 55–61. [in Russian]

11. *Kompleks dlya analiza variabel'nosti serdechnogo ritma. Rukovodstvo po ekspluatatsii* [Complex for analysis of heart rate variability. Service instructions]. Ryazan, 2005, 210 p. [in Russian]

12. Kudrya O. N. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State Pedagogical University]. 2011, iss. 5(107), pp. 55–61. [in Russian]

13. Kuterman E. M., Khaspekova N. B. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 1995, vol. 21, no. 6, pp. 146-152. [in Russian]
14. Maksimov A. L. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology] 2009, no. 6, pp. 17-21. [in Russian]
15. Mikhailov V. M. *Variabel'nost' ritma serdtsa: opyt prakticheskogo primeneniya* [Variability of heart rate: experience of application]. Ivanovo, 2000, 200 p. [in Russian]
16. Spitsin A. P., Spitsina T. A. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitary]. 2011, no. 4, pp. 65-68. [in Russian]
17. Sudakov K. V., Tarakanov O. P., Yumatov E. A. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 1995, vol. 21, no. 3, pp. 87-95. [in Russian]
18. Fleishman A. N. *Medlennye kolebaniya gemodinamiki: teoriya, prakticheskoe primeneniye v klinicheskoi meditsine i praktike* [Slow fluctuations of hemodynamics: theory, application in clinical medicine and practice]. Novosibirsk, 1999, 264 p. [in Russian]
19. Khugaeva S. G., Boiko I. N., Marunyak S. V., Mosyagin I. G. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, no. 1, pp. 29-32. [in Russian]
20. Chesnokova V. N., Mosyagin I. G. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2009, no. 8, pp. 7-11. [in Russian]
21. Shlyk N. I., Sapozhnikova E. N., Kirillova T. G., Semenov V. G. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2009, vol. 35, no. 6, pp. 85-93. [in Russian]
22. AlAni M., Forkins A. S., Townend J. N., Coote J. H. Respiratory sinus arrhythmia and central respiratory drive in humans. *Clinical. Science*. 1996, vol. 90, no. 3, pp. 235-241.
23. Heart Rate Variability. Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Circulation*. 1996, vol. 93, pp. 1043-1065.
24. Hull S. S., Vanoli E., Adamson P. B., Verrier R. L., Foreman R. D., Schwartz P. L. Exercise training confers anticipatory protection from sudden death during acute myocardial ischemia. *Circulation*. 1994, vol. 89(2), pp. 548-552.
25. Parin V. V., Baevsky R. M., Gazonko O. G. Heart and circulation under space conditions. *Cor et Vasa*. 1965, vol. 7(3), pp. 165-182.
26. Richter D. W., Spyer K. M. *Cardiorespiratory control. Central regulation of autonomic function*. Oxford Univ. Press. N. Y., 1990, pp. 189-207.

#### HEART RATE VARIABILITY STRUCTURE FEATURES IN PERSONS BORN IN MAGADAN REGION DEPENDING ON VEGETATIVE REGULATION TYPE

A. L. Maximov, A. N. Loskutova

Research Center "Arktika" FEB RAS, Magadan, Russia

390 senior schoolboys born in the Magadan region in the 1st-3rd generation aged 15-16 y. o. have been examined at rest to study 16 parameters of their heart rate variability. Based on the values of the index of tension (the stress index SI), the variation swing (MxDMn) and the spectrum total power (TP), the examined subjects were divided into three groups with prevalence of vagal, sympathetic or normotonic reactions of their vegetative nervous system. It has been found that the ranges of variability of the heart rate mathematical indices differed significantly depending on activity of the sympathetic or parasympathetic components of the nervous system, what conditioned methodically compulsory differentiation of the examinees according to the types of their vegetative regulation.

**Keywords:** the North, heart rate variability parameters, vagotonic, normotonic, and sympathotonic people

#### Контактная информация:

Максимов Аркадий Леонидович — член-корреспондент Российской академии наук, директор Научно-исследовательского центра «Арктика» Дальневосточного отделения РАН

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

Тел. (84132) 62-06-28

E-mail: arktika@online.magadan.su