

УДК 612.172.2.–053.6

## **ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ПОДРОСТКОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ АКТИВНОСТИ ВЕГЕТАТИВНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОРТОСТАТИЧЕСКОЙ ПРОБЕ**

*А. Н. Лоскутова, А. Л. Максимов*

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

*E-mail: arktika@online.magadan.su*

У 390 лиц мужского пола в возрасте 15–16 лет, уроженцев Магаданской области в 1–3-м поколениях были исследованы в состоянии покоя и после активной ортостатической пробы (АОП) показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР), на основе которых сформированы три группы: ваготоники, нормотоники и симпатотоники. Установлено, что диапазоны показателей ВСР в ответ на АОП значительно отличаются. Это предъявляет особые требования к формированию статистически репрезентативных выборок при анализе полученного материала и обуславливает необходимость обязательной дифференциации обследуемых лиц по типам вегетативной регуляции. Показано, что оптимальный уровень активации симпатической составляющей вегетативной нервной системы при ортостатической пробе в большинстве наблюдений отмечался только среди нормотоников, а в остальных группах преобладали неоптимальные реакции. При этом оптимальный уровень активации симпатического ответа на ортостатическую пробу только среди нормотоников превышает 50% от количества обследуемых. В остальных группах, в большинстве случаев со стороны ВСР, наблюдался неоптимальный уровень ответа, где у 34% симпатотоников отмечена парадоксальная реакция. Полученные в состоянии покоя и при АОП показатели ВСР для лиц с различной фоновой активностью вегетативной нервной системы можно рассматривать как региональную адаптивную норму для подростков-европеоидов уроженцев Северо-Востока России.

**Ключевые слова:** *вариабельность сердечного ритма, ваготоник, нормотоник и симпатотоник, ортостатическая проба.*

В настоящее время многочисленные исследования в области экологической физиологии человека показывают, что математические показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР) позволяют проводить тонкую дифференцировку преобладающего типа вегетативной регуляции организма и оценивать не только резервные возможности системы кардиогемодинамики, но и состояние здоровья человека с донологического уровня и до различных стадий дизадаптационных и патологических нарушений (Мацерет и др., 2000; Чухнин, Амиров, 2008; Самсонова, 2010). Превалирование в состоянии относительного покоя одного из отделов вегетативной нервной системы, по всей видимости, фенотипически детерминировано и связано с функциональными особенностями организма, что находит свое подтверждение в исследованиях последних лет. Так, при картировании биоритма мозга для ваготоников и нормотоников был характерен повышенный или нормальный биоритм. В группе симпатотоников, наоборот, отражались пониженная активность и признаки

патологического состояния организма (Чуян и др., 2008). При этом, по результатам электроэнцефалографии, в ряду обследованных от ваго-, нормо- к симпатотоникам происходит увеличение мощности тета-ритма, а проведенная проба с закрытыми глазами свидетельствует об увеличении альфа-ритма в группе симпатотоников в большей степени, чем у других обследованных групп (Иваницкая, Овчинников, 2008). Отмечено, что длительность QRS-комплекса в группе ваготоников представлена максимальными величинами, а у симпатотоников – минимальными (Айдаркин, Овчинников, 2007).

Одним из самых простых и безопасных функциональных тестов для практически здорового человека является активная ортостатическая проба (АОП), которая позволяет получить дополнительную информацию об адаптационных возможностях и резервах организма на основании изменения показателей ВСР (Баевский и др., 2002; Новые..., 2007).

В связи с этим целью работы – определить в состоянии покоя и при АОП диапазон значений показателей ВСР у подростков из числа европеоидов, уроженцев Севера в 1–3-м поколениях, для разра-

ботки региональных физиологических нормативов, позволяющих проводить типизацию лиц в зависимости от состояния исходного уровня активности их вегетативной нервной системы.

### МЕТОДИКА

Методом случайной выборки было обследовано 390 лиц мужского пола, уроженцев Северо-Востока России в 1–3-м поколениях из числа европеоидов, учащихся школ Магаданской области в возрасте  $15,7 \pm 0,1$  лет, ростом  $170,1 \pm 0,8$  см и массой  $57,0 \pm 0,7$  кг. На момент исследования все испытуемые были практически здоровы и не имели в анамнезе хронических заболеваний. Регистрацию кардиоинтервалограммы проводили непрерывно в течение 5 мин лежа (фон) и 5 мин стоя (ортостаз) с использованием аппаратно-программного комплекса «ВК 2.5-Варикард» и программного обеспечения «Иским-6». Период первой минуты активного ортостаза из представленных ниже результатов исключен, так как отражает ярко выраженный переходный процесс, анализ которого не входил в задачи данного исследования. В соответствии с методическими рекомендациями группы российских экспертов (Баевский и др., 2002) и Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества электрофизиологии (Heart rate..., 1996) анализировались следующие показатели: частота сердечных сокращений (HR, уд./мин), среднее значение RR интервалов (Mean, мс), максимальное значение RR интервалов (Mx, мс), минимальное значение RR интервалов (Mn, мс), разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов (MxDMn, мс), мода (Mo, мс), амплитуда моды (AMo50, %), стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (SDNN, мс), квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD, мс), число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс (pNN50, %), индекс напряжения регуляторных систем (SI, усл. ед.), суммарная мощность спектра сердечного ритма (TP, мс<sup>2</sup>), абсолютная мощность спектра высокочастотного компонента variability сердечного ритма (HF, мс<sup>2</sup>) в диапазоне 0,4–0,15 Гц (дыхательные волны), абсолютная мощность спектра низкочастотного компонента variability сердечного ритма (LF, мс<sup>2</sup>) в диапазоне 0,15–0,04 Гц (сосудистые волны), абсолютная мощность спектра очень низкочастотного компонента variability ритма сердца (VLF, мс<sup>2</sup>) в диапазоне 0,04–0,015 Гц. В дальнейшем для корректного сопоставления показателей различных групп обследуемых и требований статистического анализа из всей выборки были отобраны по 50 чел. (всего 150) с выраженными отличиями в исходном уровне активности вегетативной нервной системы. При этом типизация проводилась на основании показателей SI, MxDMn и AMo50, диапазон значения которых для различных фоновых уровней активности вегетативной нервной системы представлен в ряде исследований (Баевский и др., 1984; Михайлов, 2000).

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с использованием программы «Statistica 6». Для всех количественных признаков в сравниваемых группах проводили оценку медиан (Md) и 25-го и 75-го перцентилей. Проверка нормальности распределения вероятности количественных признаков с помощью критерия Шапиро – Уилки показала, что 70% всех математических показателей кардиоритма в исследуемых группах не имели нормального распределения, поэтому были использованы методы непараметрической статистики. Их анализировали с помощью U-критерия Манна – Уитни для сравнения двух независимых групп и T-критерия Вилкоксона – для сравнения двух зависимых переменных, где Z соответствует параметрическому t-критерию Стьюдента. Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось при  $p < 0,05$  (Боровиков, 2003).

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

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из табл. 1 видно, что практически все анализируемые нами значения ВСР между группами отличаются, что указывает на соответствие проведенной типизации регуляторным особенностям кардиоритма у испытуемых с различным фоновым уровнем активности вегетативной нервной системы. Отметим, что, согласно литературным данным, показатели SDNN, RMSSD, pNN50 отражают активность парасимпатического отдела, а показатели SI и AMo50 – симпатического (Баевский и др., 2002; Heart rate..., 1996; Hull et al., 1994), однако снижение SDNN до 50 мс и ниже является неблагоприятным признаком функционирования сердечно-сосудистой системы и отражает напряжение регуляторных систем (Флейшман, 1999).

Из представленных значений вариативности сердечного ритма (MxDMn) видно, что показатель достоверно уменьшается при переходе от группы вагосимпатотоникам, а SI увеличивается, указывая на выраженное проявление эффекта централизации регуляторных процессов. Полученные результаты подтверждаются показателями спектрально-волновых составляющих кардиоритма. Известно, что процесс активации симпатического звена вегетативной регуляции обычно сопровождается снижением общей мощности спектра (TP), а при парасимпатической – наблюдается обратная реакция (Михайлов, 2000). В нашем исследовании медиана TP, характеризующая суммарный уровень активности регуляторных систем организма, у ваготоников выше, чем у нормотоников и тем более у симпатотоников в 2,0 и 4,3 раза соответственно. При этом во всех группах наибольший вклад в суммарную мощность спектра ВСР вносят HF и LF, составляющие до 80%. В настоящее время установлено, что HF компонента спектра ритма сердца обусловлена вагусной активностью и связана с актом дыхания (AlAni et al., 1996; Richter, Spyer, 1990).

Таблица 1. Показатели ВСР у подростков с различной активностью вегетативной нервной системы в состоянии фона, Md (25-й и 75-й процентиля)

Table 1. The indices of heart rate variability in adolescents with different activity of vegetative nervous system at rest, Md (the 25<sup>th</sup>, the 75<sup>th</sup> percentile)

Показатель ВСР	Обследуемая группа		
	1 – ваготоники	2 – нормотоники	3 – симпатотоники
HR, уд./мин	67 (65; 70)	74 (72; 77)*	86 (82; 90)**
Mean, мс	890 (859; 921)	808 (781; 827)*	702 (668; 737)**
Mx, мс	1075 (1051; 1102)	947 (911; 972)*	784 (757; 832)**
Mn, мс	692 (669; 732)	681 (644; 709)	604 (572; 653)**
MxDMn, мс	372 (361; 400)	266 (241; 299)*	181 (169; 200)**
Mo, мс	884 (851; 934)	808 (777; 833)*	697 (660; 735)**
AMo50, %	27 (26; 29)	39 (36; 42)*	57 (52; 64)**
SDNN, мс	75 (70; 80)	50 (47; 57)*	34 (30; 38)**
RMSSD, мс	73 (61; 81)	48 (40; 54)*	26 (20; 29)**
pNN50, %	48 (40; 57)	27 (23; 37)*	4 (2; 8)**
SI, усл. ед.	39 (37; 44)	89 (74; 105)*	224 (186; 270)**
TP, мс <sup>2</sup>	4770 (4110; 5466)	2392 (2001; 2995)*	1125 (902; 1454)**
HF, мс <sup>2</sup>	1864 (1459; 2297)	790 (620; 1294)*	314 (196; 409)**
LF, мс <sup>2</sup>	1569 (1127; 1898)	774 (519; 1045)*	332 (251; 502)**
VLF, мс <sup>2</sup>	571 (389; 790)	379 (284; 486)*	236 (165; 323)**

Примечание. \* – достоверно по отношению к группе 1, при  $p < 0,001$ ; \*\* – по отношению к группам 1 и 2, при  $p < 0,001$ .

Умеренное превалирование высокочастотного компонента в спектре у ваго- и нормотоников согласуется с положением об адапционно-трофическом защитном действии блуждающих нервов на сердце, а парасимпатическая активация, при прочих равных условиях, отражает большие физиологические резервы и адаптированность организма к действию неблагоприятных факторов и даже эмоционального стресса (Судаков и др., 1995).

Однако усиление влияния на синусовый узел, входящий в структуру автономного контура, центральных регуляторных механизмов, отражается в снижении вариабельности и увеличении частоты сердечных сокращений, что является неблагоприятным признаком и характерно для процессов, связанных с напряжением системы кардиогемодинамики и снижением адаптационных возможностей организма. Это отмечено у наших обследуемых из группы симпатотоников, у которых регистрировались более высокие значения частоты пульса, индекса напряжения и централизации регуляторных механизмов по отношению к группам ваго- и нормотоников.

Показатели ВСР в группах с различным уровнем активности вегетативной регуляции в процессе ортостаза представлены в табл. 2, 4. При этом во всех группах обследуемых, кроме лиц с парадоксальной реакцией, характеристики которой представлены дальше, произошло достоверное уменьшение показателей Mo, Mean, Mx, Mn.

Из литературных источников известно, что при незначительных нагрузках и оптимальном регулировании сердечного ритма происходит определенное увеличение централизации управления, когда показатель SI увеличивается в 1,5–2,0 раза (Баевский и др., 2002). Учитывая это, мы проанализировали изменение индекса напряжения в состоянии ортостаза по отношению к исходным фоновым значениям. Оказалось, что в группах ваго- и нормотоников наблюдались два варианта реакции на ортостатическую пробу: оптимальная реакция с увеличением значений SI не более чем в 2 раза (см. табл. 2) и выраженная активация симпатического звена с увеличением данного показателя более чем в 2 раза (неоптимальная реакция) (см. табл. 4).

Так, в группе ваготоников оптимальная реакция организма на функциональную пробу отмечена у 18 чел. (12%), у нормотоников – у 32 чел. (21%), а у симпатотоников – у 14 чел. (9%). При этом среди симпатотоников у 17 чел. (11%) встречалась парадоксальная реакция.

Сравнение значений ВСР у лиц с оптимальной реакцией на фоне и в процессе ортостатической пробы в однотипных группах показало, что у ваготоников и симпатотоников отмечаются значимые различия по абсолютному большинству изучаемых показателей, в то время как у нормотоников по показателям AMo50, MxDMn, SDNN, TP достоверных значений не наблюдалось (табл. 3). При этом изме-

Таблица 2. Показатели ВСР у подростков с оптимальной и парадоксальной реакцией на активную ортостатическую пробу, Md (25-й и 75-й процентиля)

Table 2. The indices of heart rate variability in adolescents with optimal and paradox response to the active orthostatic test, Md (the 25<sup>th</sup>, the 75<sup>th</sup> percentile)

Показатель ВСР	Обследуемая группа			
	1 – ваготоники	2 – нормотоники	3 – симпатотоники	
	оптимальная реакция		оптимальная реакция	парадоксальная реакция
HR уд./мин	81 (73; 83)	86 (82; 93)*	101 (93; 105)**	96 (90; 96) <sup>1</sup>
Mean, мс	738 (721; 822)	697 (646; 717)*	598 (574; 644)**	623 (606; 607) <sup>1</sup>
Mx, мс	931 (901; 1000)	811 (766; 836)*	684 (663; 733)**	734 (722; 782) <sup>1</sup>
Mn, мс	634 (592; 650)	574 (537; 597)*	525 (510; 561)	541 (509; 565)
MxDMn, мс	315 (298; 345)	242 (223; 287)*	150 (142; 156)**	222 (126; 253) <sup>1</sup>
Mo, мс	754 (726; 729)	687 (629; 727)*	588 (560; 629)**	622 (598; 674) <sup>1</sup>
AMo50, %	33 (28; 35)	40,3 (36,0; 44,8)*	69 (61; 76)**	44 (41; 52) <sup>1</sup>
SDNN, мс	62 (57; 71)	49 (45; 52)*	29 (26; 31)**	44 (36; 48) <sup>1</sup>
RMSSD, мс	33 (30; 47)	25 (22; 28)*	13 (11; 15)**	18 (17; 22) <sup>1</sup>
pNN50, %	11 (9; 19)	4,4 (2,6; 6,9)*	0 (0,1; 2,2)**	1,4 (1,0; 3,2) <sup>1</sup>
SI, усл. ед.	71 (60; 78)	115 (101; 135)*	395 (351; 426)**	152 (139; 217) <sup>1</sup>
TP, мс <sup>2</sup>	3695 (3184; 4555)	2427 (1704; 2790)*	762 (674; 852)**	1395 (1109; 2140) <sup>1</sup>
HF, мс <sup>2</sup>	693 (428; 1032)	349 (238; 451)*	110 (90; 151)**	246 (112; 374) <sup>1</sup>
LF, мс <sup>2</sup>	1661 (1329; 2392)	1062 (681; 1503)*	318 (273; 477)**	956 (640; 1262) <sup>1</sup>
VLF, мс <sup>2</sup>	795 (656; 1156)	523 (339; 640)	166 (114; 187)**	370 (201; 448) <sup>1</sup>

Примечание. Единицей отмечены статистически значимые различия в группе симпатотоников с оптимальной и парадоксальной реакцией, при  $p < 0,05$ .

Таблица 3. Критерии достоверности зависимых переменных (Вилкоксона) при сравнении показателей ВСР между состоянием фона и ортостаза у различных групп исследуемых с оптимальной реакцией вегетативной нервной системы

Table 3. Criteria of dependent variables' reliability (after Wilkocxon) found when comparing heart rate variability indices at background and orthostasis demonstrated by different groups of the examinees having optimal responses of the vegetative nervous system

Показатель кардиоритма	Обследуемая группа		
	Ваготоники, n = 18	Нормотоники, n = 32	Симпатотоники, n = 14
HR уд./мин	T = 0; Z = 3,72	T = 0; Z = 4,88	T = 0; Z = 3,01
Mean, мс	T = 3; Z = 3,11	T = 0; Z = 3,98	T = 0; Z = 3,29
Mx, мс	T = 14; Z = 2,41	T = 3; Z = 4,01	T = 0; Z = 2,93
Mn, мс	T = 0; Z = 3,29	T = 22; Z = 4,10	T = 0; Z = 2,90
MxDMn, мс	T = 9; Z = 3,33	<b>T = 221; Z = 0,51</b>	T = 18; Z = 2,17
Mo, мс	T = 0; Z = 3,72	T = 0; Z = 4,86	T = 0; Z = 3,29
AMo50, %	T = 26; Z = 2,59	<b>T = 235; Z = 0,24</b>	T = 3; Z = 3,11
SDNN, мс	T = 22; Z = 2,76	<b>T = 188; Z = 0,63</b>	T = 12; Z = 2,57
RMSSD, мс	T = 10; Z = 3,29	T = 0; Z = 4,86	T = 0; Z = 3,29
pNN50, %	T = 2; Z = 3,63	T = 7; Z = 4,72	T = 0; Z = 3,06
SI, усл. ед.	T = 5; Z = 3,51	T = 101; Z = 2,87	T = 0; Z = 3,29
TP, мс <sup>2</sup>	T = 29; Z = 2,46	<b>T = 217; Z = 0,61</b>	T = 16; Z = 2,33
HF, мс <sup>2</sup>	T = 21; Z = 2,94	T = 12; Z = 4,62	T = 0; Z = 3,30
LF, мс <sup>2</sup>	<b>T = 54; Z = 1,37</b>	<b>T = 112; Z = 2,66</b>	<b>T = 32; Z = 1,28</b>
VLF, мс <sup>2</sup>	<b>T = 56; Z = 1,28</b>	T = 130; Z = 2,31	T = 13; Z = 2,44

Примечание. Светлый шрифт – показатели T и Z, характеризующие значимые различия при  $p < 0,05$ ; полужирным – указывающие на отсутствии значимых различий между величинами ВСР фона и ортостаза.

нение общей мощности спектра (TP) относительно фона связано с однонаправленным достоверным уменьшением величин в группе ваготоников и сим-

патотоников. Перераспределение частотных составляющих в общей мощности спектра обусловлено понижением мощности HF во всех группах. Однако

Таблица 4. Показатели ВСР у подростков с неоптимальной реакцией на ортопробу, Md (25-й и 75-й процентиля)

Table 4. The indices of heart rate variability in adolescents with non-optimal response to the orthotest, Md (the 25<sup>th</sup>, the 75<sup>th</sup> percentile)

Показатель кардиоритма	Обследуемая группа		
	1 – ваготоники	2 – нормотоники	3 – симпатотоники
HR уд./мин	92 (86;99)	100 (93; 105)*	111 (105; 117)**
Mean, мс	657 (609; 705)	597 (573; 647)*	540 (516; 569)**
Mx, мс	772 (726; 833)	732 (679; 748)*	583 (560; 625)**
Mn, мс	566 (540; 601)	567 (530; 589)	481 (472; 517)**
MxDMn, мс	210 (183; 240)	165 (147; 184)*	102 (90; 128)**
Mo, мс	641 (600; 697)	605 (572; 645)*	518 (509; 560)**
AMo50, %	50 (46; 58)	61(53; 70)*	100 (94; 100)**
SDNN, мс	44 (36; 46)	33 (28; 36)*	20 (19; 25)**
RMSSD, мс	22 (15; 26)	13 (9; 14)*	9 (7; 11)**
pNN50, %	3,0 (1,0; 6,3)	0,8 (0; 0,9)*	0 (0; 0,3) <sup>1</sup>
SI, усл. ед.	189 (138; 245)	266 (225; 349)*	930 (724; 1104)**
TP, мс <sup>2</sup>	1790 (1159; 2315)	899 (703; 1201)*	441 (327; 825)**
HF, мс <sup>2</sup>	208 (102; 311)	100 (95; 154)*	46 (35; 100)**
LF, мс <sup>2</sup>	897 (549; 1256)	432 (253; 462)*	258 (127; 431) <sup>1</sup>
VLF, мс <sup>2</sup>	396 (261; 569)	251 (158; 366)	125 (87; 210)**

Примечание. Единицей отмечены достоверные различия относительно только к группе 1, при  $p < 0,05$ .

для низкочастотных составляющих кардиоритма характерна различная направленность изменений. Так, если по показателям LF и VLF у ваготоников не наблюдалось статистически значимых отличий относительно фона, то в группе нормотоников произошло увеличение LF и VLF, а у симпатотоников достоверное уменьшение было только по показателю VLF.

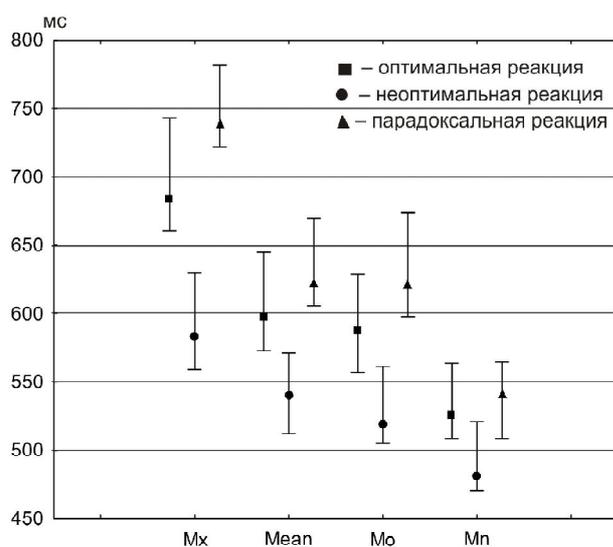
Неоптимальная реакция вегетативной нервной системы – увеличение индекса напряжения более чем в 2 раза после АОП – наблюдалась у 21% ваготоников (32 чел.), у 12% нормотоников (18 чел.) и у 13% симпатотоников (19 чел.) (табл. 4).

Подчеркнем, что у симпатотоников парадоксальная реакция на АОП характеризовалась резким снижением активности центрального регуляторного контура и уменьшением значений медианы SI более чем в 2 раза (относительно группы лиц с оптимальным уровнем функционального ответа на нагрузку), что представлено в табл. 2. Такое проявление парадоксальной реакции у детей и подростков с исходно высокой централизацией регуляции сердечного ритма отмечено и в работах других авторов (Кудря, 2011; Эштрекова, Сабанчиева, 2007). Внутригрупповой анализ показателей у симпатотоников выявил, что параметры Mo, Mean, Mx, Mn в каждой группе обследуемых характеризуются вариативностью значений и при этом их колебания имеют свой особенный диапазон в зависимости от реакции на функциональную нагрузку (см. рисунок). При этом в группе испытуемых с парадоксальной реакцией наблюдаются значимые отличия по всем статистическим показателям ВСР относительно лиц с оптимальным и неоптимальным ответом на ортостаз.

Результаты проведенной функциональной пробы в группах с исходно различным уровнем вегетативной регуляции подтверждают мнение ряда исследователей о том, что особенности изменения ВСР происходят из-за ослабления парасимпатических и усиления симпатических влияний (Жемайтите и др., 1999; Yamamoto et al., 1995). Полученные нами результаты совпадают с данными авторов, изучавших у детей, подростков и взрослого населения изменения статистических характеристик ВСР после нагрузки и однозначно указывавших на уменьшение значений Mo, Mean, Mx, Mn, RMSSD и pNN50, SDNN при ортостатической пробе (Сигдиков и др., 2006; Степанова, 2009; Тарский и др., 2000). Однако, относительно изменений спектрально-волновых показателей в процессе выполнения ортостатической пробы в литературных источниках нет единого мнения. Так, по данным одних исследователей, у здоровых молодых людей ортостатическая проба приводит к увеличению мощности низкочастотных составляющих кардиоритма (Михайлов, 2000; Хаютин, Лукошкова, 2002). Другие указывают на понижение общей мощности спектра при наименьших изменениях низкочастотной составляющей (Назаренко, 2007).

По нашим данным, у большинства подростков вне зависимости от фонового уровня активности вегетативной нервной системы АОП сопровождалась снижением общей мощности спектра, в основном за счет его высокочастотной составляющей (HF).

Установлено, что оптимальный уровень активности вегетативной нервной системы при выполнении АОП, определяемый по показателям вариабельнос-



Значения медианы и диапазоны вариабельности (25-й и 75-й процентиля) статистических показателей при различных типах ответа вегетативной нервной системы у симпатотоников в процессе АОП: Mx – максимальное значение, Mean – среднее значение, Mo – мода, Mn – минимальное значение кардиоинтервалов

Median indices and variability range (25<sup>th</sup> and 75<sup>th</sup> percentile) of statistic parameters at different responses of the vegetative nervous system demonstrated by sympathetic persons during active orthostatic test: Mx is for maximal index, Mean is for mean index, Mo is for Mode, Mn is for cardiointervals' minimal index

ти кардиоритма, в большинстве случаев наблюдался среди лиц с исходным нормотоническим состоянием и характеризовался умеренной активацией центрального регуляторного контура. У обследуемых с ваго- и симпатотоническим типом активности вегетативной нервной системы функциональный ответ на ортостаз проявлялся в выраженной активации симпатического звена, а у лиц с парадоксальной реакцией – ее снижением и усилением ваготонической составляющей.

Отметим, что в группе симпатотоников у двух подростков с парадоксальной реакцией наблюдалось проявление ортостатического коллапса с кратковременной потерей сознания при резком снижении частоты сердечных сокращений. По всей видимости, для уроженцев Севера из числа европеоидов установленные нами значения математических показателей ВСР позволяют точно оценить активность различных звеньев вегетативной нервной регуляции и на этой основе проводить типизацию обследуемых лиц. При этом преобладание симпатотонического типа вегетативной регуляции с фоновыми значениями частоты сердечных сокращений выше 80 уд./мин свидетельствует о выраженном снижении функциональных резервов организма и проявлении состояния незавершенной адаптации. Установленные значения и диапазоны ВСР для юношей 15–16 лет с различным уровнем активности вегетативной нервной системы и оптимальной реакцией на АОП могут рассматри-

ваться как физиологическая норма реакции адаптивных перестроек сердечного ритма у изученной нами европеоидной популяции уроженцев Северо-Востока России.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Айдаркин Е. К., Овчинников К. В.* Исследование взаимосвязи показателей электрокардиограммы у здоровых лиц разного типа вегетативной нервной системы, тренированности и пола при холтеровском мониторинге // Валеология. – 2007. – № 3. – С. 43–54.

*Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В. и др.* Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. – 2002. – № 24. – С. 66–85.

*Баевский Р. М., Кириллов О. И., Клеукин С. З.* Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 225 с.

*Боровиков В. П.* STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.

*Жемайтите Д., Варонецкас Г., Жилюкас Г.* Автоматный контроль сердечного ритма у больных ишемической болезнью сердца в зависимости от сопутствующей патологии или осложнений // Физиология человека. – 1999. – Т. 25, № 3. – С. 79–90.

*Иваницкая Л. Н., Овчинников К. В.* Взаимосвязь типа вегетативной нервной системы с показателями биоэлектрической активности мозга // Валеология. – 2008. – № 1. – С. 61–68.

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

*Мачерет Е. Л., Мурашко Н. К., Чабан Т. И.* Вариабельность сердечного ритма в зависимости от типа течения синдрома вегетативной дистонии // Вестник аритмологии. – 2000. – № 16. – С. 17–20.

*Михайлов В. М.* Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения / Мин-во здравоохранения РФ, Ивановская гос. мед. академия. – Иваново, 2000. – 200 с.

*Назаренко С. Ю.* Вариабельность сердечного ритма у подростков Архангельской области: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Архангельск, 2007. – 19 с.

*Новые методы электрокардиографии / под ред. С. В. Грачева, Г. Г. Иванова, А. Л. Сыркина.* – М.: Техносфера, 2007. – 552 с.

*Самсонова Т. В.* Особенности вариабельности сердечного ритма у подростков 10–14 лет, перенесших перинатальные гипоксические поражения головного мозга // Системная интеграция в здравоохранении. – 2010. – № 1 (7). – С. 53–60.

*Ситдииков Ф. Г., Шайхелисламова М. В., Ситдиикова А. А.* Функциональное состояние симпатoadренальной системы и особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у младших школьников // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 6. – С. 22–37.

*Степанова Г. К.* Особенности вегетативного управления сердечным ритмом у юношей-лыжников // Бюл. СО РАМН. – 2009. – № 6 (140). – С. 61–66.

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

Тарский Н. А., Швалев В. Н., Салтыков С. Ю. и др. Особенности время-частотного спектрального анализа сердечного ритма у здоровых и больных с артериальной гипертензией при проведении ортостатической пробы // Кардиология. – 2000. – № 4. – С. 40–45

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

Хаяутин В. М., Лукошкова Е. В. Колебания частоты сердечбиений: спектральный анализ // Вестник аритмологии. – 2002. – № 26. – С. 10–21.

Чухнин Е. В., Амиров Н. Б. Вариабельность сердечного ритма. Метод и клиническое применение // Вестник современной клинической медицины. – 2008. – Т. 1. – Вып. 1. – С. 72–78.

Чуян Е. Н., Бирюкова Е. А., Раваева М. Ю. Комплексный подход к оценке функционального состояния организма студентов // Уч. зап. Таврического национально-

го ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. Биология, химия. – 2008. – Т. 21 (60), № 1. – С. 123–139.

Эштрекова С. Г., Сабанчиева Л. А. Автономный гомеостаз у детей младшего школьного возраста // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – № 3 (55). – С. 53–57.

AlAni M., Forkins A. S., Townend J. N., Cooté J. H. Respiratory sinus arrhythmia and central respiratory drive in humans // Clinical. Science. – 1996. – Vol. 90, No. 3. – P. 235–241.

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

Hull S. S., Vanoli E., Adamson P. B. et al. Exercise training confers anticipatory protection from sudden death during acute myocardial ischemia // Circulation. – 1994. – Vol. 89 (2). – P. 548–552.

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

Yamamoto Y., Nakamura Y., Sato H. et al. On the fractal nature of heart rate variability in humans: effects of vagal blockade // Am. J. Physiol. – 1995. – Vol. 269, No. 4. – P. 830–837.

Поступила в редакцию 11.03.2013 г.

## HEART RATE VARIABILITY DEMONSTRATED BY ADOLESCENTS WITH DIFFERENT LEVELS OF VEGETATIVE NERVOUS SYSTEM ACTIVITY AT THE ORTHOSTATIC TEST

A. N. Loskutova, A. L. Maximov

We examined 390 1<sup>st</sup>–3<sup>rd</sup> generation Magadan Oblast-born males, 15–16 years of age. The subjects underwent an active orthostatic test to study in them the heart rate variability at rest and after the test. Based on the obtained indices, three groups were formed: vagotonic, normotonic, and sympathotonic. It was found that the heart rate variability range had differed significantly in response to the active orthostatic test. That determines special requirements when forming statistically representative sample groups on base of the data obtained. It is also very important to differentiate examinees by their types of vegetative regulation. The optimal level of the sympathetic component activation in the vegetative nervous system at the orthostatic test was observed mostly in normotonic subjects while in other groups non-optimal responses prevailed. Meanwhile, the optimal level of activation of the sympathetic response to the orthostatic test exceeded 50% only in normotonic subjects in comparison with other groups where non-optimal responses prevailed, with 34% of the sympathetic subjects having demonstrated paradox responses. The heart rate variability indices obtained from the examinees at rest and after the active orthostatic test with different background activity of the vegetative nervous system can be considered a regional adaptation norm typical for the adolescent Europeans born in the Russian Northeast.

**Key words:** heart rate variability, vagotonic, normotonic, and sympathotonic subjects, orthostatic test.