

## ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

УДК 612.017.2:613.13

doi: 10.17223/19988591/40/8

**И.В. Аверьянова, А.Л. Максимов**

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

### **Особенности сердечно-сосудистой системы и вариабельности кардиоритма у юношей Магаданской области с различными типами гемодинамики**

*Установлено, что преобладающими типами центральной гемодинамики в изученной выборке юношей г. Магадана являются гипокинетический (47%) и эукинетический (41%). Лица с гиперкинетическим типом составляли всего 12%. При этом гемодинамическое и вегетативное обеспечение уровня функционирования сердечно-сосудистой системы у юношей с различными типами кровообращения достигалось различными путями. Так, в группе с гипокинетическим типом на фоне активности сосудистого компонента в регуляции системы кровообращения и активности парасимпатического звена в регуляции сердечного ритма регистрировались статистически значимо более высокие показатели артериального давления. Для группы с гиперкинетическим типом гемодинамики отличительной чертой в обеспечении системы кровообращения являлось повышение объемных параметров гемодинамики (ударного и минутного объема крови) на фоне высоких показателей систолического артериального давления и частоты сердечных сокращений. При этом для представителей данной группы отмечалось наличие равновесного состояния в вегетативном обеспечении (нормотония) регуляции ритма сердца с признаками активизации центрального регуляторного контура. У юношей с эукинетическим типом центральной гемодинамики показатели состояния сердечно-сосудистой системы и вариабельности сердечного ритма занимали промежуточное положение.*

**Ключевые слова:** Север; тип гемодинамики; система кровообращения; кардиоритмограммы.

### **Введение**

Различный вклад сердечного и сосудистого компонентов в значение показателей артериального давления, отражающих функциональное состояния сердечно-сосудистой системы практически здоровых лиц, позволяет в состоянии покоя разделить их на три исходных гемодинамических типа регуляции кровообращения (гипокинетический, эукинетический и гиперкинетический), явля-

ющихся вариантами физиологической нормы [1–2] Диапазон варибельности гемодинамических значений выявляется уже в детском возрасте, что дает возможность предположить его генетическое происхождение [3]. Таким образом, даже среди сопоставимого по большинству характеристик здорового населения имеются лица, отличающиеся разнонаправленностью функционирования сердечно-сосудистой системы, что позволяет выявлять у них особенности типов регуляции гемодинамики в конкретных условиях жизнедеятельности.

Существуют различные точки зрения на уровень функциональных резервов у людей с разным типом гемодинамики. Так, в ряде исследований последних лет установлено, что обследуемые с разными типами кровообращения различаются по показателям физического развития [4]; степени диапазона ответных реакций организма; лабильности гемодинамической системы в ответ на физические нагрузки [5–6]; уровню работоспособности [7] и даже по ответной реакции на психоэмоциональные нагрузки [8]. Подчеркнем, что все типы гемодинамики являются вариантами физиологической нормы, но различаются особенностями показателей системы кровообращения и механизмами нейрогуморальной регуляции в ее деятельности [1–2].

Целью данной работы явилось определение особенностей величин показателей гемодинамики и варибельности кардиоритма в зависимости от исходного типа центральной гемодинамики, в основе определения которого лежат величины сердечного индекса.

### Материалы и методики исследования

В исследованиях в период с 2013 по 2015 г. приняли участие 486 юношей-студентов Северо-Восточного Государственного университета (г. Магадан) в возрасте от 17 лет до 21 года ( $18,8 \pm 0,1$  лет) со средней массой тела  $68,2 \pm 0,4$  кг, длиной тела  $177,8 \pm 0,2$  см. У испытуемых определяли показатели систолического (САД) и диастолического (ДАД) артериального давления (мм рт. ст.) и частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин) автоматическим тонометром «Nessei DS-1862» (Япония) в состоянии покоя (сидя). Площадь тела ( $\text{см}^2$ ) определяли по формуле Дюбуа (S):  $S = 71,84 \times \text{МТ}^{0,425} \times \text{ДТ}^{0,725}$ , а также рассчитывали ударный объем крови: УО (мл) =  $[(101 + 0,5 \text{ ПД}) - 0,6 \text{ ДАД}] - 0,6 \text{ возраст}$ , где ПД – это пульсовое давление, равное разнице между систолическим и диастолическим давлением; МТ – масса тела, кг; ДТ – длина тела, см. Расчет минутного объема кровообращения (МОК, л/мин) проводили по формуле:  $\text{МОК} = \text{УО} \times \text{ЧСС}$ .

На основе данных показателей по формуле  $\text{МОК}/S$  производили расчет сердечного индекса (СИ, л/мин/ $\text{м}^2$ ) [9].

С учетом значений сердечного индекса проведена дифференциация всей изученной выборки на три типа кровообращения: гипокинетический (ГКТ), СИ менее  $2,7$  л/мин/ $\text{м}^2$ ; эукинетический (ЭКТ), СИ от  $2,7$  до  $3,5$  л/мин/ $\text{м}^2$ , и гиперкинетический (ГрКТ), СИ более  $3,5$  л/мин/ $\text{м}^2$  [2, 10].

Кардиоритм записывался с помощью прибора «Варикард» и программного обеспечения VARICARD-KARDi (Россия) в положении сидя [11] с учетом методических рекомендаций группы Российских экспертов [12]. Общая суммарная мощность спектра кардиоритма (TP) рассчитывалась без учета ультранизкочастотной составляющей (ULF) исходя из требований корректности применения анализа коротких временных рядов с использованием метода Фурье-преобразования [13]. В дальнейшем анализировались следующие показатели ВСП: мода ( $M_0$ , мс) – наиболее часто встречающиеся значения R-R интервала; разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов ( $MxDMn$ , мс); квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMSSD, мс); число пар кардиоинтервалов с разницей более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов (pNN50, мс); стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов (SDNN, мс); амплитуда моды при ширине класса 50 мс ( $AM_{050\%}$ , мс); индекс напряжения регуляторных систем (SI, усл. ед.); суммарная мощность спектра сердечного ритма (TP,  $мс^2$ ), мощность спектра высокочастотного компонента variability сердечного ритма в диапазоне 0,4–0,15 Гц (дыхательные волны) (HF,  $мс^2$ ); мощность спектра низкочастотного компонента variability сердечного ритма в диапазоне 0,15–0,04 Гц (LF,  $мс^2$ ); мощность спектра очень низкочастотного компонента variability ритма сердца в диапазоне 0,04–0,015 Гц (VLF,  $мс^2$ ); индекс напряжения регуляторных систем (SI, усл. ед.); отношение низкочастотного и высокочастотного компонентов variability сердечного ритма (LF/HF, усл. ед.); индекс централизации (IC, усл. ед.); показатель активности регуляторных систем (ПАРС, усл. ед.).

Тип исходной вегетативной регуляции определяли в состоянии покоя на основании значений следующих показателей:  $MxDMn$ , SI, TP, где диапазон эйтонии (нормотонии) для  $MxDMn$  мы учитывали равным от 200 до 300 мс, для SI – от 70 до 140 усл. ед., для TP – от 1000 до 2000  $мс^2$  [14]. Если исследуемые показатели  $MxDMn$  и TP находились ниже данных диапазонов, то вегетативный баланс оценивали как симпатотонический, при повышении величин данного коридора – как ваготонический. Напротив, относительно показателей SI при повышении его значений до 140 усл. ед. (с учетом 2 других показателей) вегетативный баланс оценивался как баланс с симпатикотонической направленностью, а понижение до значений менее 70 усл. ед. – с ваготонической. В связи с немногочисленностью в выборке симпатотоников функциональные показатели юношей данного типа в этой серии исследований не анализировались. В выборку для статистического анализа включались лица с вагонормотоническим (ваготоники и нормотоники) типом вегетативной регуляции.

Все обследования проводились в помещении при комфортной температуре 19–21°C в первой половине дня. Исследование выполнено в соответствии с принципами Хельсинской Декларации. Протокол исследования

одобрен Этическим комитетом медико-биологических исследований при СВНЦ ДВО РАН (№ 004/013 от 10.12.2013). До включения в исследование у всех участников получено письменное информированное согласие.

Результаты подвергнуты статистической обработке с применением пакета прикладных программ StatSoft STATISTICA 7.0. Проверка на нормальность распределения измеренных переменных осуществлена на основе теста Шапиро–Уилка. Результаты непараметрических методов обработки представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха в виде 25 и 75 перцентилей, а параметрических – как среднее значение и его ошибка ( $M \pm m$ ). Статистическая значимость различий определена с помощью дисперсионного анализа с последующим попарным сравнением на основе критерия Штеффе для выборок с параметрическим распределением и непараметрического критерия Манна–Уитни – для выборок с распределением, отличающимся от нормального. Критический уровень значимости ( $p$ ) в работе 0,05 и более [15].

### Результаты исследования и обсуждения

В настоящее время сердечно-сосудистая система рассматривается как определенный индикатор адаптационных реакций целостного организма. Методы оценки и исследования функции сердечно-сосудистой системы лежат в основе анализа степени напряжения регуляторных механизмов функциональных резервов организма в целом [25]. Основные показатели сердечно-сосудистой системы и величины сердечного индекса, на основе значений которого проведено разделение обследуемой выборки, представлены в табл. 1. Из данных, приведенных в таблице, следует, что самые высокие показатели систолического артериального давления отмечены в группе с гиперкинетическим типом центральной гемодинамики, они статистически значимо выше, чем у представителей с гипо- и эукинетическими типами кровообращения. В ряду от гипо- к гиперкинетическому типу гемодинамики отмечалось статистически значимое снижение уровня диастолического артериального давления на фоне противоположной динамики значений ЧСС, более высокие величины которых зафиксировали у обследуемых с ГрКТ, а самые низкие – в группе ГКТ. Показатели минутного и ударного объемов крови имели аналогичную динамику увеличения в ряду от гипокинетического типа к гиперкинетическому, обратная динамика имеет место относительно показателя общего периферического сопротивления сосудов.

В табл. 2 приведены показатели кардиоритма у юношей с гипокинетическим, эукинетическим и гиперкинетическим состоянием гемодинамики. При сопоставлении трех сформированных нами групп выявлены статистически значимые различия в характере всех изученных характеристик ВСР. Так, значимо более высокие значения  $MxDMn$ ,  $RMSSD$ ,  $SDNN$  отмечены в группе с ГКТ относительно обследуемых остальных групп. Показатели

pNN50 и Mo имели значимое снижение в ряду от гипокинетического к гиперкинетическому типу гемодинамики, а показатель AMo, напротив, увеличивался от 1-й к 3-й группе. У юношей с ГКТ выявлены самые низкие значения стресс-индекса относительно обследуемых с ЭКТ и ГрКТ. Анализ спектральных характеристик кардиоритма выявил следующую картину: обследуемые с ЭКТ и ГрКТ характеризовались статистически значимо более низкими значениями TP, HF, LF и VLF относительно обследуемых из группы с ГКТ. В группе юношей с гиперкинетическим типом центральной гемодинамики отмечены самые высокие показатели отношения LF/HF и ПАРС, а самые низкие значения IC выявлены в группе с гипокинетическим типом кровообращения.

Анализ распределения по типам гемодинамики показал, что преобладающими типами центральной гемодинамики в изученной выборке юношей являются гипокинетический (47%) и эукинетический (41%), а лица с гиперкинетическим типом составляли всего 12%.

Наиболее простым и удобным для практического применения методом оценки состояния различных звеньев регуляции ВНС в настоящее время является метод оценки variability сердечного ритма (ВСР), анализ которого проводится по записям кардиоинтервалографии [12]. Изменение временной структуры длительности кардиоинтервалов и показателей центрального кровотока являются важным звеном в адаптации не только к факторам окружающей внешней среды, но и эндогенным условиям функционирующего организма, что позволяет использовать математические характеристики ВСР и гемодинамики для оценки состояния здоровья различных групп населения при скрининговых и мониторинговых наблюдениях. Оценку функционального состояния и физиологических резервов регуляторных систем организма можно проводить дифференцированно, исходя из индивидуальных типологических характеристик обследуемых лиц. Выявленное преобладание в обследуемой популяции юношей с гипо- и эукинетическими типами кровообращения, по мнению ряда исследователей, отражает биологически детерминированное поддержание оптимального гемодинамического обеспечения двигательной активности и жизнедеятельности человека в процессе реализации репродуктивного и социального поведения [16].

У студентов, обследованных в период с 2004 по 2009 г., отмечалось иное распределение выборки с учетом особенностей гемодинамики: гипокинетический тип отмечен в 24% случаев, эукинетический – в 39 и у 37% испытуемых мы выявляли гиперкинетический тип кровообращения [4]. Отметим, что если в ранее обследованную выборку входили как уроженцы Магаданской области, так и мигранты, то в представленных в настоящий момент в исследованиях участвовали только уроженцы Магаданской области в 1–3-м поколении. Полученные результаты указывают на то, что за прошедший период в популяции юношей г. Магадана увеличилась доля лиц с гипокинетическим типом кровообращения за счет снижения в выборке гиперкинетического типа. Это

можно расценивать как благоприятную тенденцию адаптивных процессов в популяции уроженцев Магаданской области и состоянии их сердечно-сосудистой системы за изучаемый период времени. Отметим, что представленные в данной работе результаты проведенной типизации отличаются от исследований других авторов. Так, в работе С.В. Власовой и соавт. (2011) у юношей г. Сургута Ханты-Мансийского автономного округа гипокинетический тип отмечен в 65% случаев, эукинетический – в 11% и гиперкинетический в 24% [17]. В работе И.О. Халявкиной и соавт. (2011) гиперкинетический тип регуляции кровообращения отмечен у 42% юношей г. Ростова-на-Дону, эукинетический – у 38% и гипокинетический – у 20% испытуемых [18].

Таблица 1 [Table 1]

**Основные морфофункциональные показатели юношей Магадана  
с различными типами кровообращения  
[Basic morphofunctional parameters in Magadan young males  
with different types of blood flow] (m±M)**

Изучаемые показатели [Studied parameters]	Тип гемодинамики [Hemodynamic type]			Уровень значимости различий [Difference reliability]		
	Гипокинетический [Hypokinetic] (1)	Эукинетический [Eukinetic] (2)	Гиперкинетический [Hyperkinetic] (3)	1–2	2–3	1–3
Абсолютное и относительное количество обследуемых, n [Absolute and relative number of subjects, n]	227 (47%)	200 (41%)	59 (12%)			
САД, мм. рт. ст. [BP <sub>s</sub> , mmHg]	129,6±0,5	129,2±0,5	133,1±0,5	p=0,52	p<0,001	p<0,001
ДАД, мм рт. ст. [BP <sub>d</sub> , mmHg]	80,7±0,4	76,2±0,4	69,1±0,5	p<0,001	p<0,001	p<0,001
ЧСС, уд./мин [HR, beats per min]	67,8±0,4	79,2±0,4	87,6±0,5	p<0,001	p<0,001	p<0,001
УО, мл [SV, mL]	65,5±0,4	70,8±0,4	80,6±0,6	p<0,001	p<0,001	p<0,001
МОК, л/мин [CO, L/min]	4401,7±28,3	5547,8±22,7	6994,9±51,0	p<0,001	p<0,001	p<0,001
ОПСС, дин · с · см <sup>-5</sup> [TPVR, dyne <sup>2</sup> s cm <sup>-5</sup> ]	1903,9±24,3	1430,1±7,0	1122,2±7,4	p<0,001	p<0,001	p<0,001
S, см <sup>2</sup> [S, cm <sup>2</sup> ]	19625,2± 167,8	18575,6± 56,2	17809,4± 59,1	p<0,001	p<0,001	p<0,001
СИ, л/мин/м <sup>2</sup> [CI, L/min/m <sup>2</sup> ]	2,3±0,1	3,0±0,1	3,9±0,1	p<0,001	p<0,001	p<0,001

*Примечание.* САД – систолическое артериальное давление, ДАД – диастолическое артериальное давление, ЧСС – частота сердечных сокращений, УО – ударный объем крови, МОК – минутный объем кровообращения, S – площадь тела, СИ сердечный индекс, ОПСС – общее периферическое сопротивление сосудов.

[Note. BP<sub>s</sub> - Systolic blood pressure, BP<sub>d</sub> - Diastolic blood pressure, HR - Heart rate, SV - Stroke volume, CO - Cardiac output, S - Body surface area, CI - Cardiac index, TPVR - Total peripheral vascular resistance].

Таблица 2 [Table 2]  
**Основные показатели вариабельности сердечного ритма юношей Магадана с различными типами кровообращения**  
 [Basic heart rate variability parameters in Magadan young males with different types of blood flow]

Исследуемые показатели [Studied parameters]	Тип гемодинамики [Hemodynamic type]			Уровень значимости различий [Difference reliability]
	Гипокинетический [Hypokinetic] (1)	Эукинетический [Eukinetic] (2)	Гиперкинетический [Hyperkinetic] (3)	
MxDMn, ms	378,1 (300,9;481,7)	301,2 (230,0;402,8)	320,9 (221,0;464,0)	p<0,001 p=0,58
RMSSD, ms	46,1 (35,0;67,4)	35,3 (26,4;52,4)	34,1 (25,5;50,4)	p<0,001 p=0,34
pNIN50, %	21,1 (12,1;39,5)	11,8 (4,8;23,1)	9,0 (3,5;16,5)	p<0,001 p<0,05
SDNN, ms	66,1 (51,2;84,4)	54,0 (41,3;68,9)	53,8 (38,5;62,3)	p<0,001 p=0,21
Mo, ms	826,4 (729,5;926,1)	727,6 (677,0;823,6)	676,3 (623,0;778,8)	p<0,001 p<0,001
AMo, ms	31,4 (25,4;41,2)	37,9 (30,7;44,9)	40,7 (34,2;49,4)	p<0,001 p<0,05
SI, conv. units	47,8 (29,9;78,4)	79,9 (47,3;132,5)	88,5 (51,8;161,3)	p<0,001 p=0,36
TP, ms <sup>2</sup>	2972,5 (1885,2;5144,4)	2013,1 (1218,4;3456,6)	2087,2 (1071,6;2866,9)	p<0,001 p<0,001
HF, ms <sup>2</sup>	882,8 (464,1;1753,0)	627,9 (279,1;1135,4)	574,9 (229,4;881,7)	p<0,001 p=0,24
LF, ms <sup>2</sup>	1418,8 (858,2;2100,3)	864,6 (547,5;1483,5)	1125,9 (453,8;1525,8)	p<0,001 p=0,73
VLF, ms <sup>2</sup>	545,1 (301,1;881,2)	354,2 (179,1;614,9)	365,5 (141,9;575,4)	p<0,001 p=0,74

О к о н ч а н и е т а б л . 2 [Table 2 (end)]

Исследуемые показатели [Studied parameters]	Тип гемодинамики [Hemodynamic type]			Уровень значимости различий [Difference reliability]
	Гипокинетический [Hypokinetic] (1)	Эукинетический [Eukinetic] (2)	Гиперкинетический [Hyperkinetic] (3)	
LF/HF, ms <sup>2</sup>	1,6 (0,8;2,6)	1,7 (0,9;3,1)	2,0 (1,3;3,1)	1-2  p=0,47
IC, conv. units	2,4 (1,3;3,9)	2,5 (1,2;4,1)	2,7 (1,8;4,5)	p=0,45
IARS, conv. units	4,0 (3,0;6,0)	4,0 (3,0;6,0)	5,0 (4,0;7,0)	p=0,32  p<0,05

*Примечание.* MxDm<sub>p</sub> – разность между максимальным и минимальным значениями кардиоинтервалов, RMSSD – квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов, pNN50 – число пар кардиоинтервалов с разницей более 50 мс в % к общему числу кардиоинтервалов, SDNN – стандартное отклонение полного массива кардиоинтервалов, Mo – наиболее часто встречающееся значение, AMo – амплитуда моды при ширине класса 50, SI – индекс напряжения регуляторных систем, TP – суммарная мощность спектра кардиоритма, HF – мощность спектра высокочастотного компонента вариабельности сердечного ритма в диапазоне 0,4–0,15 Гц (дыхательные волны), LF – мощность спектра низкочастотного компонента вариабельности сердечного ритма в диапазоне 0,15–0,04 Гц, VLF – мощность спектра очень низкочастотного компонента вариабельности ритма сердца в диапазоне 0,04–0,015 Гц, LF/HF – отношение низкочастотного и высокочастотного компонентов вариабельности сердечного ритма, IC – индекс централизации, IARS – показатель активности регуляторных систем.

[Note. MxDm<sub>n</sub> - Difference between the maximum and minimum values of RR intervals, RMSSD - Square root of the sum of differences in the series of RR intervals, pNN50 - Number of pairs of RR intervals with a difference of more than 50 ms as % of the total number of RR intervals, SDNN - Standard deviation of the full array of RR intervals, Mo - The most common value, AMo - Amplitude of the mode with class width 50, SI - Stress Index of regulatory systems, TP - Total Power of the heart rate spectrum, HF - Power of high-frequency component of the heart rate variability spectrum in the range 0.4-0.15 HZ (respiratory waves), LF - Power of low-frequency component of the heart rate variability spectrum in the range 0.15-0.04 HZ, VLF - Power of a very low-frequency component of the heart rate variability spectrum in the range 0.04-0.015 HZ, LF/HF - Ratio of low-frequency and high-frequency components of heart rate variability, IC - Centralization Index, IARS - Activity Index of Regulatory Systems].

Таким образом, наблюдаемые особенности распределения сопоставимых обследуемых контингентов по типам кровообращения, как нам представляется, могут свидетельствовать о региональных адаптивных характеристиках формирования вариаций центральной гемодинамики при воздействиях на человека факторов окружающей среды и образа жизни.

Известно, что артериальное давление является важнейшим физиологическим показателем, определяющим состояние не только сердечно-сосудистой системы, но и всего организма в целом. При анализе результатов установлено, что самые высокие величины систолического артериального давления характерны для представителей гиперкинетического типа кровообращения, тогда как в группе с гипокинетическим типом центральной гемодинамики выявлены более высокие показатели диастолического артериального давления. Полученные величины САД во всех изученных группах и уровень ДАД у юношей с гипотоническим типом кровообращения следует интерпретировать как стадию «предгипертензии» и высокого нормального артериального давления, что следует из рекомендаций Объединенного национального комитета по предотвращению, определению, оценке и лечению высокого артериального давления (JNC 7) [19], Европейского общества гипертензии и Европейского общества кардиологии (АГ) [20]. В настоящее время российскими кардиологами стадия предгипертензии не рассматривается как патологическое состояние, однако ее наличие считают показанием к осуществлению мероприятий по изменению образа жизни, профилактике вероятной артериальной гипертензии и риска развития сердечно-сосудистых заболеваний [21]. В последних рекомендациях российских кардиологов подчеркивается необходимость начала медикаментозной терапии у лиц, имеющих ВНАД, при наличии сопутствующих факторов риска [22]. По нашему мнению, лиц, устойчиво демонстрирующих ВНАД, следует рассматривать как находящихся в донологическом состоянии, хотя в процессе перехода от гипокинетического типа к гиперкинетическому происходит статистически значимое увеличение (на 20 уд/мин) частоты сердечных сокращений, которая в среднем достигает  $87,6 \pm 0,5$  уд/мин. Известно, что ЧСС более 80 уд/мин в состоянии покоя является значимым предиктором ряда сердечно-сосудистых заболеваний [23], так как высокая частота сердцебиения потенциально не выгодна для нормального кровообращения ввиду уменьшения периода диастолы, в результате чего поддержание МОК при определенном артериальном давлении обходится организму метаболически «дороже» [24].

В то же время к выявленным особенностям функционального состояния сердечно-сосудистой системы у юношей с ГКТ следует отнести низкие показатели ЧСС. Урежение сердцебиений дает возможность сохранять хронотропный резерв сердца, что расширяет, при прочих равных условиях, диапазон ответных реакций сердечно-сосудистой системы, а также способствует снижению энергетических трат миокарда [25]. В группе юношей с

зукинетическим типом кровообращения величины ЧСС достигали верхней границы оптимума для данной характеристики.

Высокие показатели общего периферического сопротивления сосудов выявлены в группе юношей с гипокинетическим типом кровообращения, что указывает на преобладание сосудистого компонента в регуляции артериального давления. В группе с гиперкинетическим типом кровообращения поддержание уровня артериального давления обеспечивается по большей части объемными компонентами кровообращения: минутным и ударным объемами крови, величины которых превышают верхние границы нормальной вариации данных показателей [26]. Высокие значения минутного объема кровообращения у лиц гиперкинетического типа обусловлены как повышением ударного объема крови за счет расходования его резервной части, так и увеличением ЧСС, что в целом отражает неэкономный и энергозатратный уровень функционирования сердечно-сосудистой системы.

Наименьшие показатели МОК характерны для юношей с гипокинетическим типом гемодинамики. Известно, что при уменьшении величин минутного объема кровообращения происходит снижение стимуляции барорецепторов, что ведет к рефлекторному повышению сосудистого тонуса. Это, в свою очередь, приводит к повышению общего периферического сопротивления сосудов и САД [27]. По мнению авторов, данный тип является более экономичным, при котором сердечно-сосудистая система обладает большим функциональным диапазоном за счет активного участия механизма Франка–Старлинга [3]. Показатели сердечно-сосудистой системы у обследованных нами юношей с зукинетическим типом центральной гемодинамики занимают промежуточное положение в ряду рассмотренных выше данных.

Анализ показателей вариабельности кардиоритма показывает, что наиболее сбалансированный вариант влияния симпатического и парасимпатического звена ВНС на регуляцию сердечных сокращений также характерен для лиц с ГТК. Так, более высокие величины вариационного размаха ( $MxDMn$ ), отражающие степень вариативности значений кардиоинтервалов, обусловленную физиологической дыхательной аритмией, наблюдались у юношей с ГКТ. На это же указывали статистически более высокие значения  $M_0$ , SDNN и высокочастотной составляющей мощности спектра кардиоритма (HF) относительно аналогичных величин у обследуемых с ЭКТ и ГрКТ типами кровообращения. Известно, что среднее значение SDNN у здоровых людей в возрасте 25 лет составляет  $70,0 \pm 10,0$  мс [28], это связывают с величиной ЧСС [12].

Рядом авторов получено среднее значение RMSSD для здоровых людей в возрасте до 25 лет, оно равняется  $49,0 \pm 15,23$ ; при проявлении артериальной гипертензии эти же авторы указывают на связь сниженных менее 29,0% значений  $pNN50\%$  [28]. В наших исследованиях показатели SDNN достигали нормативных величин лишь в группе с ГКТ и снижались в остальных группах обследуемых, что, по-видимому, объясняется высокими значениями ча-

стоты сердечных сокращений. Это характерно для группы с эукинетическим и гиперкинетическим типом гемодинамики, что обусловлено более высокими значениями артериального давления [28]. В наших исследованиях это наиболее ярко проявляется в группе с гиперкинетическим типом, где данный показатель снижается более чем в 2 раза относительно лиц с гипокинетическим типом гемодинамики, составляя всего 9,0%. Подчеркнем, что величина индекса напряжения (SI) в этой группе более чем 1,5 раза превышала значения, регистрируемые у юношей с гипокинетическим типом кровообращения.

Общая мощность спектра (TP), отражающая суммарный уровень активности регуляторных систем организма, статистически значимо выше в группе обследуемых с гипокинетическим типом гемодинамики, при этом вклад высокочастотных колебаний (HF) не опускался ниже 30%. В литературе имеются данные, что умеренное преобладание дыхательных волн (HF) в структуре спектра ВСР согласуется с представлениями об адапционно-трофическом защитном действии блуждающих нервов на сердце и рассматривается как физиологическая норма, отражающая высокие адаптационные возможности организма [29]. В условиях относительного покоя экономичность функций организма и биоэнергетических процессов связана с повышением парасимпатической регуляции и наоборот, чем выше исходный уровень симпатикотонии, тем в более напряженном состоянии находится система, тем меньший адаптационный диапазон реакций возможен при действии возмущающих факторов [29].

По данным Р.М. Баевского и соавт. (2001), у наших обследуемых отмечались достаточно высокие значения низкочастотной составляющей (LF), которая у лиц с гиперкинетическим типом достигала 55% в общей структуре спектральной мощности [12]. В работе Н.Б. Панковой (2010) указывается, что увеличение доли низких частот в спектре variability сердечного ритма ведет к формированию повышенных значений артериального давления [30], что в целом согласуется и с представленными в данном исследовании результатами.

Самые высокие абсолютные значения очень низкочастотной составляющей спектра (VLF) отмечены у юношей с ГКТ, однако в процентном соотношении во всех группах этот показатель не отличался, находясь в пределах 18%. Согласно исследованиям А.Н. Флейшмана (1999), снижение мощности в VLF-диапазоне в определенных случаях может являться чувствительным индикатором наличия энергодефицитного состояния организма (гипоксия, метаболические нарушения) и, в свою очередь, отражает связь автономных (сегментарных) уровней регуляции с надсегментарными, в том числе с гипоталамо-гипофизарным и корковым уровнями [31]. В этой связи, несмотря на практическое совпадение процентного представительства VLF волн в общей мощности спектрального диапазона, наименьшая абсолютная величина этого показателя отмечалась в группе лиц с гиперкинетическим типом кровообращения, в определенной степени отражая возможное состояние энергодефицита.

Анализируя особенности регуляции кардиоритма у обследуемых из группы с гиперкинетическим типом гемодинамики, необходимо отметить достаточно высокие показатели соотношения мощностей низких и высоких частот (LF/HF) и индекса централизации (IC), превышающие значения нормы Международного стандарта (LF/HF 1,5–2,0; IC 0,3–2,5) [32]. Данный факт является свидетельством преобладания церебральных эрготропных влияний на регуляцию сердечного ритма у лиц с ГрКТ кровообращением. Известно, что в оптимальном состоянии ЦНС почти не влияет на управление деятельностью кардиоритма, но по мере роста напряжения системы регуляторных процессов вмешательство корковых отделов ЦНС возрастает и происходит централизация управления ритмом сердечных сокращений [33]. По мнению Н.И. Шлык, состояние регуляторных механизмов сердечного ритма у обследуемых с преобладанием центральной регуляции нельзя отнести к физиологической норме [29], что в большей степени проявляется у испытуемых с гиперкинетическим типом центральной гемодинамики, где значения величины ПАРС достигает 5 ед. Согласно классификации Р.М. Баевского (1979), «Светофор» отражает выраженное донозологическое состояние [34].

### Заключение

Проведенные исследования показали, что гипокINETический и эукинетический типы гемодинамики среди обследованной выборки студентов, уроженцев Магаданской области, занимают наибольшую долю, соответственно составляя 47 и 41%, при этом на лиц с гиперкинетическим типом приходится 12%. Такое распределение типов гемодинамики может отражать региональные особенности адаптивных перестроек системы центрального кровообращения, сформировавшиеся среди постоянных молодых жителей области из числа европеоидов – уроженцев Севера. При этом гемодинамическое и вегетативное обеспечение уровня функционирования сердечно-сосудистой системы у юношей с различными типами кровообращения достигается различными путями. У юношей с гипокINETическим типом гемодинамики преобладает парасимпатическая активность ВНС, влияющая на структуру варибельности сердечного ритма и обеспечивающая поддержание оптимального уровня функциональной системы кровообращения посредством активации периферического нервно-рефлекторного звена регуляции и относительно (по сравнению с другими оттипизированными лицами) более высокого уровня диастолического артериального давления. В группе лиц с преобладанием гиперкинетического типа кровообращения кардиогемодинамическое обеспечение фонового уровня функционирования достигается путем увеличения ударного и минутного объемов крови на фоне повышенных значений ЧСС и САД. Такой уровень состояния системы кровообращения у обследуемых данной группы сопряжен с активацией симпатотонического звена ВНС и центрального

регуляторного контура с активным подключением надсегментарных звеньев ЦНС.

### *Литература*

1. Шхвацабая И.К., Константинов Е.Н., Гундаров И.А. О новом подходе к пониманию гемодинамической нормы // Кардиология. 1981. № 3. С. 10–14.
2. Гундаров И.А., Пушкарь Ю.Т., Константинов Е.Н. О нормативах центральной гемодинамики, определяемых методом тетраполярной грудной реографии // Терапевтический архив. 1983. № 4. С. 26–28.
3. Апанасенко Г.Л. Попова Л.А. Медицинская валеология. Ростов н/Д : Феникс, 2000. 248 с.
4. Суханова И.В., Соколов А.Я. Взаимосвязь морфофункциональных показателей и типов гемодинамики у юношей Северо-Востока России // Экология человека. 2008. № 5. С. 36–39.
5. Наумова В.В., Земцова Е. С. Показатели кровообращения и вариабельность сердечного ритма при трех типах гемодинамики в юношеском возрасте // Вестник Российской АМН. 2008. № 3. С. 6–9.
6. Оляшев Н.В., Варенцова И.А., Пушкина В.Н. Показатели кардиореспираторной системы у юношей с разными типами кровообращения // Экология человека. 2014. № 4. С. 28–32.
7. Дзизинский А.А., Черняк Б.А., Куклин С.Г. Толерантность к физическим нагрузкам и особенности её гемодинамического обеспечения у здоровых людей в зависимости от типа гемодинамики // Кардиология. 1984. № 2. С. 68–72.
8. Николаев В.И., Денисенко Н.П., Денисенко М.Д., Хегай М.Д., Горнушкина Е.Ю. Особенности адаптивных реакций у людей с разным типом гемодинамики // Таврический медико-биологический вестник. 2012. № 3. С. 183–186.
9. Гуминский А.А., Леонтьева Н.Н., Маринова К.В. Руководство к лабораторным занятиям по общей и возрастной физиологии. М. : Просвещение, 1990. 240 с.
10. Аринчин Н.И., Горбачевич А.И., Кононцев В.И. Экспресс-метод интегральной оценки и классификации кровообращения в норме и патологии // Доклады АН БССР. 1978. Т. 22, № 6. С. 569–570.
11. Комплекс для анализа вариабельности сердечного ритма «Варикард». Рязань : ЮИМН, 2005. 45 с
12. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В., Гаврилушкин А.П., Довгалевский П.Я., Кукушкин Ю.А., Миронова Т.Ф., Прилуцкий Д.А., Семенов А.В., Федоров В.Ф., Флейшман А.Н., Медведев М.М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С. 65–83.
13. Витязев В.В. Анализ неравномерных временных рядов. СПб; СПбГУ, 2001. 48 с.
14. Максимов А.Л., Аверьянова И.В. Информативность показателей кардиогемодинамики и вариабельности сердечного ритма у юношей с различным уровнем гипоксически-гиперкапнической устойчивостью // Ульяновский медико-биологический журнал. 2014. № 2. С. 90–95.
15. Боровиков В.П. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. 2-е изд. СПб. : Питер, 2003. 688 с.
16. Дилениан Л.Р., Белкания Г.С., Багрий А.С., Миозов В.С., Рыжаков Д.И., Чубаров В.К., Пухальская Л.Г., Дилениан А.Л., Короленко А.Г. Антропфизиологическая характеристика типологического отражения общей синдромальной структуры циркуляторного состояния сердечно-сосудистой системы // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 3. С. 198.

17. Власова С.В., Нифонтова О.Л., Соколовская Л.В. Адаптация сердечно-сосудистой системы студентов к физическим нагрузкам // *Фундаментальные исследования*. 2012. № 11 С. 1320–1323.
18. Халявкина И.О., Гнездилова О.В., Пономарёва Е.Н., Хананашвили Я.А. Сравнительная характеристика гемодинамических реакций у юношей с разными типами регуляции кровообращения // *Кубанский научный медицинский вестник*. 2011. № 3. С. 182–185.
19. Chobanian A.V., Bakris G.L., Black H.R. Cushman, W.C., Green, L.A. The seventh report of the Joint National Committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure: the JNC 7 report // *JAMA*. 2003. Vol. 289. PP. 2560–2572.
20. Mancia G., De Backer G., Dominiczak A. Cifkova, R., Fagard, R., Germano, G. Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC) // *J. Hypertens*. 2007. Vol. 25. PP. 1105–1187.
21. Бурцев В.И. Актуальные вопросы артериальной гипертензии в клинической медицине // *Клиническая медицина*. 2005. № 8. С. 25–31.
22. Кобалава Ж.Д., Моисеев В.С. Новое в последних международных рекомендациях по артериальной гипертензии // *Клиническая фармакология и терапия*. 2004. № 13 (3). С. 10–18.
23. Свистунов А.А., Головачева Т.В., Скворцов К.Ю., Вервикишко О.С. Частота сердечных сокращений как фактор риска развития сердечно-сосудистых заболеваний // *Артериальная гипертензия*. 2008. № 4. С. 324–331.
24. Мошнич П.С., Сидельников В.М., Кривченя Д.Ю. Кардиология детского возраста. Киев : Здоров'я, 1986. 550 с.
25. Палкина О.А., Гудков А.Б., Шаренкова Л.А. Динамика показателей деятельности сердечно-сосудистой системы студентов в течение пятилетнего обучения в вузе // *Экология человека*. 2007. № 2. С. 22–25
26. Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная. М. : Спорт, 2015. 620 с.
27. Бисярина В.П., Яковлев В.М., Кукса П.Я. Артериальные сосуды и возраст. М. : Медицина, 1986. 224 с.
28. Бабунц И.В., Мириджян Э.М., Мшаех Ю.А. Азбука variability сердечного ритма. Ставрополь : Принтмастер, 2002. 112 с.
29. Шлык Н. И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. Ижевск : Удмуртский университет, 2009. 255 с.
30. Панкова Н.Б., Алхинова И.Б., Афанасьева Е.В. Функциональные характеристики сердечно-сосудистой системы у подростков с предгипертензией // *Физиология человека*. 2010. №36(3). С.82–89.
31. Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики. Новосибирск : Наука, 1999. 264 с.
32. 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. PP. 1043–1065.
33. Баевский Р.М. Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. М. : Слово, 2008. 174 с.
34. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М. : Медицина, 1979. 298 с.

*Поступила в редакцию 14.12.2016 г.; повторно 31.07.2017 г.;  
принята 19.09.2017 г.; опубликована 26.12.2017 г.*

**Авторский коллектив:**

**Аверьянова Инесса Владиславовна** – канд. биол. наук, н.с. лаборатории физиологии экстремальных состояний НИЦ «Арктика» ДВО РАН, Россия, 685000, г. Магадан, пр. Карла Маркса, д. 24.

E-mail: [Inessa1382@mail.ru](mailto:Inessa1382@mail.ru)

**Максимов Аркадий Леонидович** – чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник лаборатории физиологии экстремальных состояний НИЦ «Арктика» ДВО РАН, Россия, 685000, г. Магадан, пр. Карла Маркса д. 24.

E-mail: [arktika@online.magadan.su](mailto:arktika@online.magadan.su)

**For citation:** Averyanova IV, Maksimov AL. Cardiovascular profiles and heart rate variability observed in young male residents of Magadan region having different hemodynamic types. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya = Tomsk State University Journal of Biology*. 2017;40:132-149. doi: 10.17223/19988591/40/8 In Russian, English Summary

**Inessa V. Averyanova, Arkadyi L. Maksimov**

*Federal State Institution of Science Scientific Research Center "Arktika", Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russian Federation*

### **Cardiovascular profiles and heart rate variability observed in young male residents of Magadan region having different hemodynamic types**

The aim of the study was to determine the profiles of hemodynamic parameters and heart rate variability depending on the original type of the central hemodynamics among young male Caucasoids born in Magadan region. We studied the basic parameters of the cardiovascular system and heart rate variability in the above mentioned subjects (See Table 1). 486 young men-students from North-Eastern State University, Magadan (aged 17-21 years, with average body weight  $68.2 \pm 0.4$  kg and body length  $177.8 \pm 0.2$  cm) took part in the studies in 2013-2015. In subjects, we determined the parameters of systolic and diastolic arterial pressure (mmHg) and heart rate (HR, bpm). We measured the body surface area ( $\text{cm}^2$ ) using the Dubois formula, and also calculated stroke volume and minute volume of blood circulation. On the basis of these parameters, we calculated the cardiac index ( $\text{CI}$ ,  $1 / \text{min} / \text{m}^2$ ). Having analyzed the hemodynamic data, we observed that hypokinetic, eukinetic and hyperkinetic types had been demonstrated by 47%, 41% and 12% of all 486 examinees, respectively (See Table 2). Such ratio of blood flow types in young males is, apparently, conditioned by region-related adaptive changes typical of Caucasoids born in Magadan region.

We found out that hemodynamic and autonomic supply of the cardiovascular functioning in subjects with different blood flow types was performed in different ways. Thus, hypokinetic examinees demonstrated the parasympathetic link of autonomic nervous system as prevailing one in their heart rate regulation, and were expressively high in the peripheral link activity (increased total peripheral vascular resistance) as well as in systolic and diastolic blood pressure parameters. Hyperkinetic subjects' cardiovascular system functioning was performed with increased, compared to the norm, parameters of stroke volume, cardiac output, heart beats and systolic blood pressure, while a balance state in autonomic providing of the heart rate regulation and signs of centralization in managing the heart rate was observed. As for examinees with eukinetic type of the central hemodynamics, their studied values for the level of cardiovascular system functioning and heart rate variability proved to be intermediate.

*The article contains 2 Tables and 34 References.*

**Key words:** North; hemodynamic type; blood circulation system; cardiorythmograms.

**Funding:** The research was financed from the budget of the Scientific Research Center “Arktika”, Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.

### References

1. Shkhvatsabaya IK, Konstantinov EN, Gundarov IA. O novom podkhode k ponimaniyu gemodinamicheskoy normy [On a new approach to understanding hemodynamic norm]. *Kardiologiya* 1981;21(3):10-14. In Russian
2. Gundarov IA, Pushkar' YuT, Konstantinov EN. O normativakh tsentral'noy gemodinamiki, opredelyaemykh metodom tetrapolyarnoy grudnoy reografii [On the norms of central hemodynamics determined by the method of tetrapolar thoracic reography]. *Terapevticheskij arkhiv*. 1983;55(4):26-28. In Russian
3. Apanasenko GL, Popova LA. Meditsinskaya valeologiya [Medical valeology]. Rostov-na-Donu: Feniks Publ.; 2000. 248 p. In Russian
4. Sukhanova IV, Sokolov AYa. Relationship morphofunctional parametr and typological profiles of hemodynamics in young males of the North-east of Russia. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2008;5:36-39. In Russian
5. Naumova VV, Zemtsova ES. Circulation and heart rate variability at three hemodynamic patterns of juvenile age. *Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk = Annals of the Russian academy of medical sciences*. 2008;3:6-9. In Russian
6. Olyashev NV, Varentsova IA, Pushkina VN. Cardiorespiratory system's indices in young men with different blood circulation types. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2014;4:28-32. In Russian
7. Dzizinskiy AA, Chernyak BA, Kuklin SG. Tolerantnost' k fizicheskim nagruzkam i osobennosti ee gemodinamicheskogo obespecheniya u zdorovykh lyudey v zavisimosti ot tipa gemodinamiki [Tolerance to physical exercises and its hemodynamic supply in healthy people depending upon their hemodynamics types]. *Kardiologiya*. 1984;24(2):68-72. In Russian
8. Nikolaev VI, Denisenko NP, Denisenko MD, Hegay MD, Gornushkina EYu. Osobennosti adaptivnykh reaktsiy u lyudey s raznym tipom gemodinamiki [Features of adaptive reactions at people with different type of haemodynamics]. *Tavrisheskiy mediko-biologicheskiy vestnik*. 2012;3:183-186. In Russian
9. Guminskiy AA, Leontyeva NN, Marinova KV. Rukovodstvo k laboratornym zanyatiyam po obshchey i vozrastnoy fiziologii [Guidelines for laboratory classes on general and age physiology]. Moscow: Prosveshchenie Publ.; 1990. 240 p. In Russian
10. Arinchin NI, Gorbatshevich AI, Konontsev VI. Ekspres-metod integral'noy otsenki i klassifikatsii krovoobrashcheniya v norme i patologii [Express-method of integral assessment and classification of blood circulation in norm and pathology]. *Doklady Akademii nauki Belorusskoy Sovetskoy Sotsialisticheskoy Respubliki* [Proceedings of the AS BSSR]. 1978;22(6):569-570. In Russian
11. *Kompleks dlya analiza variabel'nosti serdechnogo ritma «Varikard»* [The “Varicard” complex unit for heart rate variability analysis]. Ryazan': YuIMN; 2005. [Electronic resource]. Available at: <http://www.ramena.ru/page.php?7> (accessed 10.09.2017). In Russian
12. Baevskiy RM, Ivanov GG, Chireykin LV, Gavrilushkin AP, Dovgalevskiy PYa, Kukushkin YuA, Mironova TF, Prilutskiy DA, Semenov AV, Fedorov VF, Fleyshman AN, Medvedev MM. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh sistem (metodicheskie rekomendatsii) [Analysis of heart rate variability when using different electrocardiographic systems (methodical recommendations)]. *Vestnik aritmologii = Journal of arrhythmology*. 2001;24:65-83. In Russian

13. Vityazev VV. Analiz neravnomernykh vremennykh ryadov [Analysis of nonuniform time series]. Saint Petersburg: SPbGU Publ.; 2001. 48 p. In Russian
14. Maksimov AL, Averyanova IV. Informative value of cardiohemodynamics and heart rate variability indices observed in young males with different levels of hypoxia-hypercapnia resistance. *Ulyanovskiy medico-biologicheskij zhurnal = Ulyanovsk Medico-biological Journal*. 2014;2:90-95. In Russian
15. Borovikov VP. Statistica. Iskusstvo analiza dannykh na komp'yutere: dlya professionalov [Statistica. The art of data analysis using computer: For professionals]. Saint Petersburg: Piter Publ.; 2003. 688 p. In Russian
16. Dilenyana LR, Belkaniya GS, Miyuzov VS, Ryzhakov DI, Chubarov VK, Pukhalskaya LG, Dilenyana AL, Korolenko AG, Bagriy AS. Anthropophysiological characteristics of typological reflection of general structure of the cardiovascular system. *Sovremennye Problemy Nauki i Obrazovaniya*. 2016;3:784. In Russian
17. Vlasova SV, Nifontova OL, Sokolovskaya LV. Adaptation of the cardiovascular system of students to physical exercise. *Fundamental'nye Issledovaniya*. 2012;11-6:1320-1323. In Russian
18. Khalyavkina IO, Gnezdilova OV, Ponomareva EN, Khananashvili YA. The comparative characteristic of haemodynamic reactions at young men with different types of regulation of blood circulation. *Kubanskiy nauchnyy medicinskiy vestnik*. 2011;3:182-185. In Russian
19. Chobanian AV, Bakris GL, Black HR, Cushman WC, Green LA et al. The seventh report of the Joint National Committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure: the JNC 7 report. *JAMA*. 2003;289:2560-2572. doi: [10.1001/jama.289.19.2560](https://doi.org/10.1001/jama.289.19.2560)
20. Mancia G, De Backer G, Dominiczak A, Cifkova R, Fagard R, Germano G et al. Guidelines for the Management of Arterial Hypertension: The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *J. Hypertens*. 2007;28(12):1462-1536. doi: [10.1093/eurheartj/ehm236](https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehm236)
21. Burtsev VI. Topical aspects of arterial hypertension in clinical medicine. *Klinicheskaya meditsina = Clinical Medicine (Russian Journal)*. 2005;83(8):25-31. In Russian
22. Kobalava ZhD, Moiseev VS. Novoe v poslednikh mezhdunarodnykh rekomendatsiyakh po arterial'noy gipertonii [New in the latest international recommendations on arterial hypertension]. *Klinicheskaya Farmakologiya i Terapiya*. 2004;13(3):10-18. In Russian
23. Svistunov AA, Golovacheva TV, Skvortsov KYu, Vervikishko OS. Heart rate as a risk factor for cardiovascular diseases: A Review. *Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension*. 2008;14(4):324-331. In Russian
24. Moshchich PS, Sidel'nikov VM, Krivchenya DYu. Kardiologiya detskogo vozrasta [Childhood cardiology]. Kiev: Zdorovya Publ.; 1986. 550 p. In Russian
25. Palkina OA, Gudkov AB, Sharenkova LA. Dynamics of indices of cardio-vascular system activity in girls- student during 5 year studies at higher educational institution. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2007;2:22-25. In Russian
26. Solodkov AS, Sologub EB. Fiziologiya cheloveka. Obshchaya. Sportivnaya. Vozrastnaya [Human physiology. General. Sport. Age-specific]. Moscow: Sport Publ.; 2015. 620 p. In Russian
27. Bisyarina VP, Yakovlev VM, Kuksa PYa. Arterial'nye sosudy i vozrast [Arterial vessels and age]. Moscow: Meditsina Publ.; 1986. 224 p. In Russian
28. Babunts IV, Miridzhanyan EM, Mshaekh YuA. Azbuka variabel'nosti serdechnogo ritma [The ABC of heart rate variability]. Stavropol': Printmaster Publ.; 2002. 112 p. In Russian
29. Shlyk NI. Serdechnyi ritm i tip regulyatsii u detei, podrostkov i sportsmenov [Heart rate and type of regulation in children, teenagers and sportsmen]. Izhevsk: Udmurt University Publ.; 2009. 255 p. In Russian

30. Pankova NB, Alchinova IB, Afanaseva EV, Karganov MY. Functional characteristics of the cardiovascular system in adolescents with high normal blood pressure. *Human Physiology*. 2010;36(3):319-324. doi: [10.1134/S0362119710030102](https://doi.org/10.1134/S0362119710030102)
31. Fleishman AN. Medlennye kolebaniya gemodinamiki [Slow fluctuations in hemodynamics]. Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch Publ.; 1999. 264 p. In Russian
32. *Heart Rate Variability: Standards of Measurements, Rhythiological interpretation, and Slinical Use*. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*. 1996;93:1043-1065. PMID: [8598068](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8598068/)
33. Baevskiy RM, Berseneva AP. Vvedenie v donozologicheskuyu diagnostiku [Introduction to prenosological diagnostics]. Moscow: Slovo Publ.; 2008. 174 p. In Russian
34. Baevskiy RM. Prognozirovaniye sostoyanii na grani normy i patologii [Prediction of conditions on the verge of norm and pathologies]. Moscow: Meditsina Publ.; 1979. 298 p. In Russian

*Received 14 December 2016; Revised 21 July 2017;  
Accepted 19 September 2017; Published 26 December 2017*

**Author info:**

**Averyanova Inessa V**, Cand. Sci. (Biol.), Researcher, Physiology of Extreme Conditions Laboratory, “Arktika” Scientific Research Center, Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 24 Karl Marks Str., Magadan 685000, Russian Federation.

E-mail: [Inessa1382@mail.ru](mailto:Inessa1382@mail.ru)

**Maksimov Arkady L**, Corresp. Member of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Physiology of Extreme Conditions Laboratory, “Arktika” Scientific Research Center, Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 24 Karl Marks Str., Magadan 685000, Russian Federation.

E-mail: [arktika@online.magadan.su](mailto:arktika@online.magadan.su)