

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМА СЕРДЦА У ЗДОРОВЫХ ЖЕНЩИН И МУЖЧИН 18–27 ЛЕТ, ПРОЖИВАЮЩИХ В ХАНТЫ-МАНСИЙСКОМ АВТОНОМНОМ ОКРУГЕ – ЮГРЕ

© 2021 г. С. И. Еремеев, О. В. Еремеева, В. С. Кормилец, А. Ю. Кормилец

БУ ВО ХМАО – Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», г. Ханты-Мансийск

Цель: Уточнение референсных величин параметров variability ритма сердца (ВРС) у практически здоровых людей обоих полов, проживающих постоянно в Ханты-Мансийском автономном округе.

Методы: Обсервационное аналитическое поперечное исследование в период с 2006 по 2020 год. Обследованы 13 269 испытуемых обоих полов в возрасте от 18 до 27 лет, 7 442 женщины и 5 827 мужчин. Изучались параметры фоновой ВРС на коротких записях во временном и частотном доменах, скаттерограмме и кардиоинтервалографии по Р. М. Баевскому. Для всех параметров ВРС определяли минимумы, 3, 10, 25, 50, 75, 90, 97 центили и максимумы. Статистический анализ проводили с помощью критерия Манна – Уитни после проверки распределения с помощью критерия Колмогорова – Смирнова с поправкой Лиллиефорса.

Результаты: Установлены статистически значимые различия центральных тенденций параметров ВРС в группах женщин и мужчин (все $p < 0,01$) за исключением относительной мощности спектра в диапазоне очень низкой частоты, показателя адекватности процессов регуляции и вегетативного показателя ритма.

Выводы: Уточнены референсные величины параметров ВРС у практически здоровых людей, проживающих постоянно в Ханты-Мансийском автономном округе. Выявлены статистически значимые различия в параметрах временного и частотного доменов ВРС, и показателях кардиоинтервалограмм и скаттерограмм между полами. Обсуждаются возможности применения центильных значений относительной спектральной мощности ВРС для выделения категорий модуляции сердечного ритма.

Ключевые слова: variability ритма сердца, нормативы, пол, Ханты-Мансийский автономный округ

HEART RATE VARIABILITY IN HEALTHY 18-27 YEARS-OLD WOMEN AND MEN IN THE KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG - UGRA

S. I. Eremeev, O. V. Eremeeva, V. S. Kormilets, A. Yu. Kormilets

Khanty-Mansiysk State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia

Aim: To verify reference values of the heart rate variability (HRV) parameters among healthy 18-27-year olds in the Khanty-Mansi autonomous okrug - Ugra, Eastern Siberia.

Methods: Data were collected in series of observational analytical cross-sectional studies between 2006 and 2020. The sample consisted of 13269 subjects - 7442 women and 5827 men aged 18 to 27 years permanently living in Khanty-Mansi autonomous okrug. We studied parameters of background HRV on short-term recordings in the time and frequency domains, Poincare graph and cardiointervalography by R. M. Baevsky. For all HRV parameters we assessed minimal and maximal values as well as the 3rd, 10th, 25th, 50th, 75th, 90th and 97th percentile. Gender differences in all studied variables were studied using Mann-Whitney tests after normality testing using Kolmogorov-Smirnov tests with Lilliefors correction.

Results: We observed significant differences between central tendencies of all studied HRV parameters between women and men ($p < 0.01$) with the exception of the relative power of the spectrum in the very low frequency range – an indicator of the adequacy of the regulation processes and the vegetative rhythm indicator.

Conclusions: The reference values of the HRV parameters for young adults living in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug-Ugrawere verified. Significant gender differences in all the studied HRV parameters were observed except one, which is considered to be an indicator of the adequacy of the regulation processes and the vegetative rhythm indicator. We also discuss applying centile values of the relative spectral power of HRV to identify categories of heart rate modulation.

Key words: heart rate variability, standards, gender, Khanty-Mansi Autonomous Okrug

Библиографическая ссылка:

Еремеев С. И., Еремеева О. В., Кормилец В. С., Кормилец А. Ю. Variability ритма сердца у здоровых женщин и мужчин 18–27 лет, проживающих в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре // Экология человека. 2021. № 8. С. 12–20.

For citing:

Eremeev S. I., Eremeeva O. V., Kormilets V. S., Kormilets A. Yu. Heart Rate Variability in Healthy 18-27 Years-old Women and Men in the Khanty-Mansi Autonomous Okrug - Ugra. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 8, pp. 12-20.

Введение

Широкое распространение получила концепция variability ритма сердца (ВРС) как метода исследования и оценки текущего функционального состояния организма на основе анализа вариативности кардиоинтервалов, обусловленной модулирующим влиянием вегетативной нервной системы и гуморальных факторов на пейсмейкерную активность

синусового узла сердца [7, с. 10]. Большая variability физиологических нормативов ВРС [13, 15, 17] порождает проблему референсных величин, которую предлагается решать отдельным анализом в зависимости от возраста, гендерных различий, уровня тренированности и длительности записи [7, с. 164; 17]. Большое значение отводится задаче классификации результатов анализа ВРС, предшествующей

выделению физиологических паттернов и особенно-стей клинической картины [8, с. 30]. Классификация ВРС позволяет объяснить свойства колебаний и использовать их для прогноза функционального состояния человека, а также проводить клинические параллели [8, с. 54]. Имеются исследования ВРС у спортсменов и связи ее параметров с особенностями регуляции ритма сердца [1]. Получены новые данные о нормативах показателей ВРС с учетом диапазона значений $MxDMn$ у биатлонистов высокой квалификации [9]. Ранее публиковались данные об особенностях ВРС и перцентильных величинах параметров ВРС у здоровых мужчин и женщин 17–27 лет в Северном Приобье, полученные на выборках объемами 1 488–1 611 участников [3, 5, 6]. Была предложена типология модуляции сердечного ритма, учитывающая вклад в вариабельность трех модуляторов [4]. Особенности параметров ВРС на коротких записях здоровых людей изучались у жителей Кореи в выборке 637 участников [16], Финляндии в выборке 1 780 участников [14], Японии в выборке 417 участников [12]. Изучались возрастные закономерности параметров ВРС здоровых людей в выборке 1 906 участников [20].

Малочисленность исследований, дающих статистически значимые референсные значения для показателей ВРС у здоровых испытуемых, ограничивает выполнение анализа ВРС на коротких записях. Для достижения приемлемого уровня точности оценки показателей ВРС в клинической практике необходимо определить референсные значения показателей ВРС в популяции здоровых людей на основе репрезентативных исследований. В связи с этим целью исследования было уточнение нормативных величин параметров ВРС у практически здоровых людей обоих полов, проживающих в циркумполярном регионе. Задачами исследования было зарегистрировать фоновую ВРС на коротких записях (5 мин) у здоровых людей, проживающих в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, определить статистические показатели параметров временного и частотного доменов, а также нелинейного анализа ВРС.

Методы

Обсервационное аналитическое поперечное исследование выполнялось в период 2006–2020 годов. Регистрация ВРС проводилась в период с сентября по июнь. Способ создания выборки – случайный, бесповторный. В исследование были включены 13 269 испытуемых, давших информированное согласие и соответствующих критериям включения.

Критерии включения в исследование: возраст от 18 до 27 лет включительно, состояние здоровья соответствует 1, 2, 3-й медицинской группе, пол – любой, ритм сердца – синусовый, перерыв в приеме пищи длился более 8 часов, сон длился более 7 часов, воздержание от приема возбуждающих напитков более 8 часов, курения – более 3 часов. Период отдыха от физических упражнений был более 36 часов.

Критерии исключения из исследования: возраст менее 18 и более 27 лет, более 10 % экстрасистол, несинусовый ритм сердца, состояние здоровья соответствует 4 и 5-й группе.

Участники прибывали на исследование в период с 8 до 12 часов, знакомились с процедурой обследования в лаборатории по информационному буклету и подписывали информированное согласие по форме, одобренной этическим комитетом.

Анализ ВРС выполнялся на 5-минутных записях электрокардиограмм 2-го отведения, полученных при частоте дискретизации 1 000 Гц, в положении испытуемого лежа на спине после фазы отдыха длительностью 5–10 минут [19].

Использовали электрокардиограф «Полиспектр-8 EX» и программу «Поли-Спектр Ритм» (ООО «Нейрософт», Россия). На следующем этапе проводили визуальную оценку корректности расстановки маркеров и наличия артефактов, экстрасистолы из анализа исключали с последующим кардиоциклом. Вариабельность ритма сердца изучалась во временном и частотном доменах, также были изучены параметры скаттерограммы и кардиоинтервалографии. Спектральный анализ ВРС выполняли в диапазоне очень низких частот (VLF 0,003–0,04 Гц), низких частот (LF 0,04–0,15 Гц), высоких частот (HF 0,15–0,4 Гц), мощность спектра определяли быстрым преобразованием Фурье.

Оценивали вклад в модуляцию сердечного ритма метаболического, сосудистого и дыхательного модуляторов, выраженную относительной мощностью спектра ВРС в диапазонах очень низкой, низкой и высокой частоты (%VLF, %LF, %HF) соответственно [2]. Медианы относительной мощности спектра %VLF, %LF, %HF в выборке были приняты за 100 %.

Определяли характер распределения переменных с применением критерия нормальности Колмогорова – Смирнова с поправкой Лиллиефорса. В случае нормального распределения обобщенные характеристики совокупности представляли величинами среднего арифметического (M) и среднего квадратического отклонения (SD). В случае распределения, отличного от нормального, обобщенные характеристики совокупности представляли величинами медианы (Me), 25 и 75 перцентилей (Q_1, Q_3). Дополнительно определяли величины минимума, максимума, 3, 10, 90 и 97 перцентили. Определяли статистическую значимость различия параметров ВРС между группами женщин и мужчин. В исследовании был принят уровень альфа-ошибки 0,05. Оценка статистической значимости различий производили с использованием критерия Манна – Уитни. Использовался пакет статистических программ StatsoftStatistica 10.

Перед проведением этого исследования было получено одобрение этического комитета бюджетного учреждения высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия». В соответ-

ствии с рекомендациями Хельсинкской декларации все испытуемые были проинформированы об исследовании и дали свое письменное информированное согласие до начала участия в исследовании.

Результаты

В период проведения исследования в выборку были включены 13 269 здоровых субъектов, 7 442 женщины и 5 827 мужчин в возрасте 18–27 лет (табл. 1).

Таблица 1

Распределение участников исследования по возрасту и полу

Возраст, лет	Наблюдаемая частота качественных переменных		
	Женщины	Мужчины	Всего
18	771	366	1137
19	886	711	1597
20	1044	870	1914
21	1177	1368	2545
22	907	1008	1915
23	943	565	1508
24	980	362	1342
25	452	451	903
26	248	33	281
27	34	93	127
Всего:	7442	5827	13269

Состояние здоровья участников соответствовало 1-й группе здоровья в 2 549 (19,2 %), 2-й группе в 8 147 (61,4 %), 3-й группе в 2 573 (19,4 %) случаях.

Анализ распределения 44 переменных ВРС, которые позволяют определять программа Поли-Спектр Ритм, показал, что во всех случаях распределение параметров ВРС статистически значимо отличалось от нормального, критерий нормальности Колмогорова – Смирнова ($p < 0,01$). В этой связи обобщенные статистические характеристики были представлены медианой и перцентилями.

Центильные таблицы параметров ВРС испытуемых женского и мужского пола представлены в табл. 2 и 3. У включенных в обследование испытуемых разных полов центральные тенденции параметров временного и частотного доменов ВРС, показатели кардиоинтервалограммы и скаттерограммы статистически значимо различались ($p < 0,05$) (табл. 4). Статистически значимые различия между группами не были найдены в случаях относительной мощности спектра в диапазоне очень низкой частоты (%VLF), показателя адекватности процессов регуляции (ПАПР), вегетативного показателя ритма (ВПР) ($p > 0,05$).

Было установлено, что в группе испытуемых женщин статистически значимо выше (см. табл. 4) были уровни параметров, отражающих усиление влияния автономного контура регуляции и увеличение вариабельности функционирования организма (SDNN, RMSSD, pNN50, CV, TP, HF, Mo, dX) (рис. 1). В группе женщин уровни спектральной мощности ВРС в диапазоне очень низкой и низкой частоты

(VLF и LF) были выше, в то время как уровень других индикаторов симпатической активности и централизации были статистически значимо ниже, чем у мужчин (рис. 2). Полученные результаты обосновывают практическую значимость нормативных величин для параметров ВРС, учитывающих половую принадлежность испытуемого.

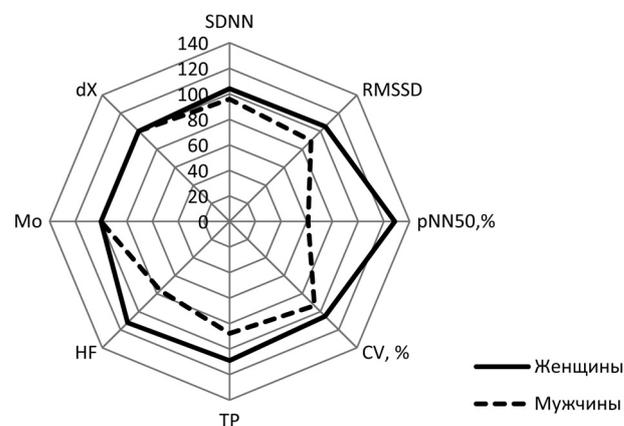


Рис. 1. Относительные уровни параметров вариабельности ритма сердца, отражающих преимущественно активность автономного контура регуляции ритма сердца в группах женщин и мужчин

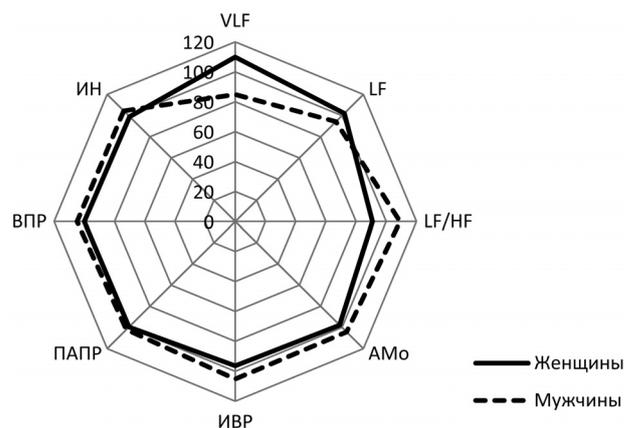


Рис. 2. Относительные уровни параметров вариабельности ритма сердца, отражающих преимущественно активность симпатической регуляции и централизации управления ритмом сердца в группах женщин и мужчин

Дополнительно ВРС в группах женщин и мужчин была проанализирована по параметрам ВРС, отражающим особенности модуляции ритма сердца. Значения медиан относительной мощности спектра %VLF, %LF, %HF в группах женщин и мужчин по сравнению с уровнем соответствующей мощности в выборке представлены на рис. 3. В группе женщин наблюдалась меньшая относительная мощность спектра в диапазоне низкой частоты (%LF), большая относительная мощности спектра в диапазоне высокой частоты (%HF). Статистически значимые различия относительной мощности спектра в диапазоне очень низкой частоты (%VLF) между группами женщин и мужчин обнаружены не были. Таким образом, группа женщин характеризовалась меньшим вкладом сосудистой модуляции, большим вкладом дыхательной

Таблица 2

Центильные значения параметров вариабельности ритма сердца испытуемых женского пола 18–27 лет

Переменная	Количество наблюдений	Минимум	3 %	10 %	25 %	Ме	75 %	90 %	97 %	Максимум
ЧСС, мин ⁻¹	7426	44,0	54,8	61,7	67,3	73,8	81,0	87,2	94,3	111,0
RR min, мс	7442	13,0	345,0	553,0	613,0	665,0	723,0	790,0	872,0	1140,0
RR max, мс	7442	600,0	742,0	806,0	875,0	975,0	1090,0	1213,0	1390,0	2069,0
RRNN, мс	7442	541,0	635,0	686,0	743,0	813,5	890,0	974,0	1095,0	1358,0
SDNN, мс	7442	12,0	23,0	30,0	38,0	51,0	68,0	83,0	107,0	243,0
RMSSD, мс	7442	5,0	14,0	21,0	29,0	40,0	59,0	79,0	115,0	339,0
pNN50, %	7442	0,0	0,0	1,5	6,4	18,5	37,6	53,5	64,6	89,6
CV, %	7442	1,5	3,0	4,0	4,9	6,3	7,9	9,4	11,9	29,2
TP, мс ²	7430	168,9	682,2	1139,9	1795,1	2957,2	4918,8	6952,6	10770,9	45137,7
VLF, мс ²	7430	7,6	203,6	349,9	579,2	1023,5	1779,7	2861,8	4442,1	37183,1
LF, мс ²	7430	34,6	196,0	336,5	529,7	869,4	1363,6	2012,5	3074,7	19219,7
HF, мс ²	7430	9,6	115,0	230,4	451,2	799,7	1607,2	2611,3	4543,5	30266,6
LF п.и.	7430	2,0	22,3	30,8	39,6	51,1	62,5	72,6	80,4	94,6
HF п.и.	7430	5,4	19,6	27,4	37,5	48,9	60,4	69,2	77,7	98,0
LF/HF	7430	0,0	0,3	0,4	0,7	1,0	1,7	2,6	4,1	17,5
%VLF	7430	0,2	12,8	19,2	27,3	36,9	47,6	57,8	69,4	89,3
%LF	7430	1,9	12,0	16,9	22,6	30,2	39,0	47,1	56,9	86,5
%HF	7430	1,9	9,3	13,7	20,4	30,8	38,3	47,6	60,4	96,2
W	6978	59,0	136,0	180,0	225,0	300,0	395,0	505,0	735,0	1450,0
WN1	6978	50,0	109,4	140,6	164,1	210,9	265,6	350,0	445,3	650,0
WN5	6978	0,0	23,4	62,5	78,1	93,8	150,0	200,0	300,0	600,0
WAM5	6978	46,9	100,0	148,4	187,5	250,0	312,5	400,0	507,8	1101,6
WAM10	6978	31,3	100,0	125,0	150,0	200,0	273,4	351,6	450,0	750,0
HRV t.i.	6978	2,6	5,4	6,8	8,3	10,3	13,1	15,8	18,3	26,5
RR min h, мс	6978	13,0	498,0	566,0	619,0	667,0	725,0	790,0	872,0	1140,0
RR max h, мс	6978	599,6	750,0	810,0	880,0	975,5	1095,0	1230,0	1395,0	1965,0
RRNN h, мс	6978	540,6	638,8	688,9	743,5	816,5	892,7	975,6	1096,6	1358,4
H	6978	0,4	1,3	1,7	2,5	4,2	4,7	5,0	5,3	6,2
L	7182	52,0	110,0	141,0	172,0	219,0	280,0	347,0	421,0	741,0
w	7182	17,0	35,0	46,0	60,0	83,0	116,0	163,0	223,0	484,0
L/w	7182	0,7	1,6	2,1	2,7	3,7	5,0	6,4	8,0	20,6
S	7182	2172,0	6825,0	10863,0	16804,0	28441,5	49252,0	84964,0	136703,0	417547,0
ЧСС киг, мин ⁻¹	4650	0,8	52,6	62,4	68,3	76,5	84,3	91,0	97,7	111,1
M, с	4650	0,1	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,4
СК, с	4650	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,8
Мо, с	4650	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	28,8
АМо, %	4650	0,8	20,3	25,0	31,4	39,2	47,8	55,0	65,7	94,2
Ме, с	4650	0,3	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,4
dX, с	4650	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	101,1
ИВР	4650	17,9	36,9	51,3	79,5	125,0	190,6	284,1	430,7	1267,6
ПАПР	4650	4,2	19,1	28,4	37,4	50,3	66,0	81,7	95,9	165,2
ВПР	4650	0,6	1,5	2,1	2,8	4,2	5,9	7,8	10,4	60,9
ИН	4648	9,3	18,2	28,5	46,9	79,4	134,8	201,3	306,7	940,3
Возраст, лет	7442	18,0	18,0	18,0	20,0	21,0	23,0	24,0	26,0	27,0
Рост, см	7442	146,0	156,0	158,0	162,0	165,0	168,0	174,0	176,0	188,0
Масса тела, кг	7442	38,0	46,0	49,0	52,0	57,0	62,0	66,0	70,0	114,0

Примечание. dX – вариационный размах кардиоинтервалов; RR min h, мс – минимальная длительность кардиоинтервала, определенная при оценке гистограммы; RR max h, мс – максимальная длительность кардиоинтервала, определенная при оценке гистограммы; RRNN h, мс – средняя длительность нормальных интервалов RR, определенная при оценке гистограммы; ЧСС киг, мин⁻¹ – частота сердечных сокращений, определенная при анализе кардиоинтервалограммы.

Таблица 3

Центильные значения параметров variability ритма сердца испытуемых мужского пола 18–27 лет

Переменная	Количество наблюдений	Минимум	3 %	10 %	25 %	Me	75 %	90 %	97 %	Максимум
ЧСС, мин ⁻¹	5811	44,0	54,0	58,3	64,0	70,0	78,4	87,3	94,2	110,3
RR min, мс	5827	10,0	328,0	570,0	635,0	710,0	780,0	848,0	910,0	1090,0
RR max, мс	5827	605,0	739,0	820,0	899,0	994,0	1155,0	1328,0	1510,0	7673,0
RRNN, мс	5827	544,0	636,0	687,0	765,0	861,0	941,0	1027,0	1120,0	1364,0
SDNN, мс	5827	10,0	17,0	22,0	32,0	47,0	66,0	92,0	124,0	695,0
RMSSD, мс	5827	3,0	13,0	16,0	21,0	34,0	57,0	87,0	129,0	949,0
pNN50, %	5827	0,0	0,0	0,0	1,4	8,8	31,3	49,1	62,8	97,1
CV, %	5827	1,4	2,2	2,7	4,0	5,6	7,7	9,8	13,2	74,1
TP, мс ²	5827	148,1	351,8	556,2	1161,2	2381,3	4478,4	7823,9	13682,6	58687,1
VLF, мс ²	5827	16,2	116,9	210,4	399,3	790,1	1600,6	2619,6	5288,2	25257,4
LF, мс ²	5827	26,6	76,0	153,0	380,5	802,3	1488,9	2725,4	4753,3	24479,9
HF, мс ²	5827	6,7	64,1	108,5	191,1	544,2	1359,1	2847,2	4746,1	33153,2
LF п.и.	5827	11,2	29,2	35,2	43,5	54,4	67,8	81,1	88,0	97,7
HF п.и.	5827	2,3	12,0	18,9	32,2	45,6	56,5	64,8	70,8	88,8
LF/HF	5827	0,1	0,4	0,5	0,8	1,2	2,1	4,3	7,3	43,0
%VLF	5827	2,3	11,8	19,4	26,8	36,6	47,1	60,0	71,5	94,8
%LF	5827	3,1	14,5	19,5	24,2	33,5	42,1	50,2	61,8	90,4
%HF	5827	1,5	5,3	8,7	17,2	30,7	36,8	41,3	49,8	79,8
W	5624	61,0	99,0	131,0	186,0	277,0	420,0	570,0	750,0	2112,0
WN1	5624	50,0	93,8	101,6	148,4	200,0	281,3	382,8	500,0	1150,0
WN5	5624	0,0	7,8	54,7	70,3	93,8	150,0	250,0	300,0	550,0
WAM5	5624	50,0	93,8	100,0	150,0	210,9	300,0	450,0	617,2	1500,0
WAM10	5624	39,1	78,1	100,0	132,8	187,5	250,0	382,8	500,0	867,2
HRV t.i.	5624	2,7	4,5	5,8	7,1	9,4	12,7	15,9	20,2	28,6
RR min h, мс	5624	215,0	549,0	590,0	645,0	718,4	787,6	849,0	925,0	1090,0
RR max h, мс	5624	605,0	739,0	820,0	900,0	996,0	1160,0	1320,0	1500,0	2650,0
RRNN h, мс	5624	543,6	635,5	688,2	764,1	861,8	943,4	1028,3	1120,5	1357,7
H	5624	0,3	1,0	1,3	2,1	3,8	4,6	5,0	5,5	6,1
L	5589	61,0	92,0	116,0	146,0	198,0	283,0	378,0	476,0	784,0
w	5589	15,0	30,0	37,0	46,0	67,0	111,0	170,0	232,0	537,0
L/w	5589	0,7	1,4	1,8	2,4	3,3	4,7	6,8	9,7	21,0
S	5589	2117,0	5020,0	7293,0	11153,0	20569,0	48416,0	91378,0	167429,0	661564,0
ЧСС киг, мин ⁻¹	3738	44,5	52,1	58,5	63,9	71,0	81,2	90,6	97,6	110,7
M, с	3738	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4
СК, с	3738	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2
Mo, с	3738	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4
AMo, %	3738	13,0	17,4	24,4	31,5	41,8	52,3	65,0	71,8	84,5
Me, с	3738	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3
dX, с	3738	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	2,1
ИВР	3738	14,1	29,1	47,8	83,4	136,4	264,6	418,0	640,6	1190,0
ПАПР	3738	9,5	17,9	24,3	35,1	51,5	69,0	88,9	104,7	136,0
ВПР	3738	0,5	1,3	1,9	2,7	4,4	6,6	8,8	13,0	22,5
ИН	3738	5,2	14,3	24,7	43,9	83,8	166,3	268,6	447,3	952,0
Возраст, лет	5827	18,0	18,0	19,0	20,0	21,0	23,0	24,0	25,0	27,0
Рост, см	5827	156,0	168,0	171,0	173,0	176,0	178,0	182,0	189,0	196,0
Масса тела, кг	5827	50,0	58,0	60,0	63,0	68,0	73,0	80,0	85,0	124,0

Примечание. dX – вариационный размах кардиоинтервалов; RR min h, мс – минимальная длительность кардиоинтервала, определенная при оценке гистограммы; RR max h, мс – максимальная длительность кардиоинтервала, определенная при оценке гистограммы; RRNN h, мс – средняя длительность нормальных интервалов RR, определенная при оценке гистограммы; ЧСС киг, мин⁻¹ – частота сердечных сокращений, определенная при анализе кардиоинтервалограммы.

Таблица 4

Оценка статистической значимости различия параметров variability ритма сердца испытуемых женского и мужского пола по критерию Манна – Уитни

Переменная	Сумма рангов Мужчины	Сумма рангов Женщины	U	Z	p-уровень	Z скорр.	p-уровень	N Мужчины	N Женщины
ЧСС, мин ⁻¹	34696516	52919187	17809750	-17,263	0,00	-17,263	0,00	5811	7426
RR min, мс	43398626	44641189	16945786	21,630	0,00	21,631	0,00	5827	7442
RR max, мс	41145608	46894208	19198805	11,341	0,000	11,341	0,000	5827	7442
RRNN, мс	42441516	45598300	17902897	17,259	0,00	17,259	0,00	5827	7442
SDNN, мс	36348173	51691642	19368295	-10,567	0,000	-10,568	0,000	5827	7442
RMSSD, мс	35445960	52593856	18466082	-14,687	0,00	-14,689	0,00	5827	7442
pNN50, %	33855528	54184288	16875650	-21,950	0,00	-21,954	0,00	5827	7442
CV, %	35290164	52749651	18310286	-15,398	0,00	-15,398	0,00	5827	7442
TP, мс ²	35295403	52585251	18315525	-15,234	0,00	-15,234	0,00	5827	7430
VLF, мс ²	35426964	52453689	18447086	-14,632	0,00	-14,632	0,00	5827	7430
LF, мс ²	37230934	50649719	20251056	-6,384	0,000	-6,384	0,000	5827	7430
HF, мс ²	34485371	53395282	17505493	-18,938	0,00	-18,938	0,00	5827	7430
LF п.у.	41856613	46024041	18417876	14,766	0,00	14,766	0,00	5827	7430
HF п.у.	35397771	52482882	18417893	-14,766	0,00	-14,766	0,00	5827	7430
LF/HF	41856499	46024154	18417989	14,765	0,00	14,765	0,00	5827	7430
%VLF	38378783	49501870	21398905	-1,136	0,256	-1,136	0,256	5827	7430
%LF	41604342	46276312	18670147	13,613	0,00	13,613	0,00	5827	7430
%HF	36721181	51159472	19741303	-8,715	0,000	-8,715	0,000	5827	7430
W	33783937	45627566	17966437	-8,156	0,000	-8,156	0,000	5624	6978
WN1	33646669	45764834	17829169	-8,832	0,000	-8,839	0,000	5624	6978
WN5	34965112	44446391	19147612	-2,337	0,019	-2,346	0,019	5624	6978
WAM5	33067304	46344199	17249804	-11,685	0,00	-11,693	0,00	5624	6978
WAM10	32707884	46703619	16890384	-13,456	0,00	-13,468	0,00	5624	6978
HRV t.i.	32770080	46641423	16952580	-13,149	0,00	-13,149	0,00	5624	6978
RR min h, мс	40536457	38875047	14525316	25,105	0,00	25,106	0,00	5624	6978
RR max h, мс	37338696	42072807	17723076	9,354	0,000	9,354	0,000	5624	6978
RRNN h, мс	38810807	40600696	16250965	16,605	0,00	16,605	0,00	5624	6978
H	32342446	47069058	16524946	-15,256	0,00	-15,256	0,00	5624	6978
L	33452720	48102886	17831465	-10,831	0,000	-10,831	0,000	5589	7182
w	32200547	49355059	16579292	-16,889	0,00	-16,889	0,00	5589	7182
L/w	33789557	47766050	18168302	-9,201	0,000	-9,201	0,000	5589	7182
S	32454800	49100807	16833545	-15,659	0,00	-15,659	0,00	5589	7182
ЧСС киг, мин ⁻¹	13985196	21189882	7000743	-15,314	0,00	-15,314	0,00	3737	4650
M, с	17331794	17843285	7029710	15,051	0,00	15,051	0,00	3737	4650
СК, с	14845154	20329924	7860701	-7,511	0,000	-7,512	0,000	3737	4650
Mo, с	17237262	17937817	7124242	14,194	0,00	14,194	0,00	3737	4650
AMo, %	16615248	18559831	7746256	8,550	0,000	8,550	0,000	3737	4650
Me, с	17315347	17859732	7046157	14,902	0,00	14,902	0,00	3737	4650
dX, с	14960434	20214644	7975981	-6,465	0,000	-6,466	0,000	3737	4650
ИВР	16526086	18648992	7835417	7,741	0,000	7,741	0,000	3737	4650
ПАПР	15779615	19395464	8581889	0,967	0,333	0,967	0,333	3737	4650
ВПР	15887582	19287497	8473922	1,947	0,051	1,947	0,051	3737	4650
ИН	16164405	18993900	8189624	4,494	0,000	4,494	0,000	3737	4648
Возраст, лет	38025013	50014803	21045135	-2,909	0,004	-2,936	0,003	5827	7442
Рост, см	57449381	30590435	2895032	85,793	0,00	85,881	0,00	5827	7442
Масса тела, кг	55165875	32873940	5178537	75,365	0,00	75,424	0,00	5827	7442

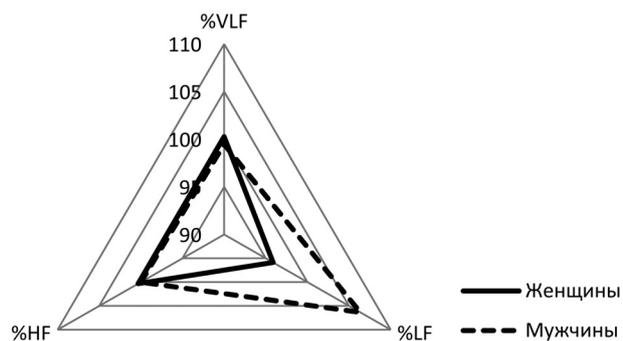


Рис. 3. Уровни относительной мощности спектра ритма сердца в группах женщин и мужчин в диапазонах очень низкой (%VLF), низкой (%LF) и высокой (%HF) частоты. За 100 % принята относительная мощность спектра в диапазоне в выборке

модуляции в ВРС. Статистически значимое различие вклада метаболической модуляции в ВРС между группами женщин и мужчин найдено не было.

Обсуждение результатов

По результатам статистического анализа данных проведенного исследования можно прийти к заключению о наличии статистически значимых различий в уровне почти всех параметров ВРС между группами практически здоровых женщин и мужчин в возрасте 18–27 лет, постоянно проживающих в климатических условиях Ханты-Мансийского автономного округа. Установлены статистически значимые различия, связанные с полом, уровней параметров ВРС временного домена (RR min, RR max, RRNN, SDNN, RMSSD, pNN50, CV, W, WN1, WN5, WAM5, WAM10, HRVt.i.), частотного домена (TP, VLF, LF, HF, LFn.u., HF n.u., LF/HF, %LF, %HF), нелинейного анализа (L, w, L/w, S) и кардиоинтервалографии (ЧСС, М, СК, Мо, АМо, Ме, dX, ИВР, ИН).

В группе женщин наблюдались статистически более высокие уровни параметров, отражающих влияние автономного контура регуляции, и одновременно более низкие уровни параметров, отражающих влияние симпатической регуляции и централизации управления ритмом сердца.

Наблюдаемые различия в уровнях параметров ВРС в группах женщин и мужчин соответствуют данным [11], которые показали, что женщины и мужчины в возрасте от 20 до 70 лет различаются доминированием парасимпатической и симпатической регуляции сердечного ритма соответственно.

Анализ вкладов метаболического, сосудистого и дыхательного модулятора в ВРС показал, что в группе женщин отмечается статистически значимо больший вклад дыхательного модулятора при меньшем вкладе сосудистого модулятора, иными словами, более высокий уровень относительной мощности спектра в диапазоне высокой частоты (%HF) и менее высокий уровень относительной мощности спектра в диапазоне низкой частоты (%LF) по сравнению с группой мужчин. Полученные результаты обосновывают практическую значимость нормативных величин для параметров ВРС, учитывающих половую принадлежность испытуемого.

Полученные в результате исследования величины параметров ВРС в выборке, а также в группах женщин и мужчин были сопоставлены со средними величинами этих параметров, приведенными в литературных источниках. В целях сопоставления аналогично данным в источниках были определены средние арифметические и средние квадратические отклонения параметров ВРС. Для определения статистической значимости различий средних величин использовали t-критерий Стьюдента для независимых выборок. Было проведено сопоставление данных нашей выборки со средними величинами параметров спектрального анализа коротких записей ритма сердца [19] со следующими показателями:

- данными о ВРС здоровых людей китайской национальности в возрасте (25 ± 10) лет, $n = 50$, поровну женщин и мужчин [10];

- результатами метаанализанормативных значений показателей ВРС на коротких записях у здоровых людей зрелого возраста, в который были включены результаты 44 исследований, объединившие данные исследований ВРС 21 438 участников [15];

- данными о параметрах ВРС, полученными у здоровых участников в возрасте 25–34 лет (мужского пола – 330, женского пола – 208), включенных в контрольную группу когортного исследования KORA S4 [20];

- параметрами ВРС в группе здоровых мужчин молодого возраста ($24,8 \pm 5,9$) года, $n = 48$, с хорошей физической работоспособностью [7, с. 192];

- параметрами ВРС в группе практически здоровых женщин и мужчин молодого возраста, ($29,6 \pm 7,2$) года, $n = 26$, ведущих седиментарный образ жизни [7, с. 195];

- параметрами ВРС здоровых добровольцев мужского пола, (29 ± 5) года, $n = 29$ [18].

Статистически значимые различия между параметрами ВРС в нашей выборке и параметрами ВРС, приведенными в статьях, обнаружены не были. Значения t-критерия Стьюдента лежали в диапазоне от 0,00 до 1,19. Значения p колебались от 0,234 до 1,0. Средние значения параметров ВРС у участников данного исследования оказались сопоставимы со средними значениями, приводимыми в литературе.

Прикладное значение проведенного исследования заключается в определении центильных значений параметров ВРС, которые могут быть использованы для группировки наблюдений в зависимости от определенных характеристик ВРС. Рассматривая мощность спектра в диапазонах высокой, низкой и очень низкой частоты как функцию дыхательной, сосудистой и метаболической модуляции сердечного ритма [2], можно выделить варианты модуляции сердечного ритма с доминированием одного из модуляторов определенной степени выраженности либо со средним уровнем влияния трех модуляторов. В качестве критерия среднего уровня влияния модулятора можно рассматривать величину относительной мощности спектра в определенном диапазоне в

пределах интерквартильного размаха [4]. Критерием доминирования одного из модуляторов сердечного ритма является уровень полученной быстрым преобразованием Фурье относительной мощности спектра, превышающий значение верхнего квартиля этого параметра в популяции.

По предложенным критериям становится возможным выделить четыре типа модуляции сердечного ритма. Первый тип, при котором метаболический, сосудистый и дыхательный модуляторы обеспечивают в соответствующих диапазонах приблизительно равную относительную мощность спектра, не превышающую значение своего верхнего квартиля, — эгалитарный тип модуляции сердечного ритма. Следующие три типа модуляции характеризуются доминированием относительной мощности спектра в одном из частотных диапазонов. Метаболический тип модуляции сердечного ритма означает превышение %VLF значения верхнего квартиля. Сосудистый тип модуляции характеризуется превышением %LF, а дыхательный тип — превышением %HF значения верхнего квартиля. Дополнительно возможно выделить категории, связанные с уровнем доминирования: слабое доминирование модулятора в диапазоне значений относительной мощности спектра 75–90 %, умеренное доминирование — в диапазоне 90–97 % и выраженное доминирование — при достижении относительной мощности уровня 97 % и более.

Первичная группировка наблюдений по предложенной категориальной шкале способна раскрыть новые аспекты в изучении особенностей ВРС, связанные с полом и возрастом испытуемых.

Выводы

У включенных в обследование испытуемых разных полов центральные тенденции параметров временного и частотного доменов ВРС, показатели кардиоинтервалограммы и скаттерограммы статистически значимо различались ($p < 0,05$). Статистически значимые различия между группами женщин и мужчин не были найдены в случаях относительной мощности спектра в диапазоне очень низкой частоты, показателя адекватности процессов регуляции и вегетативного показателя ритма.

Средние величины параметров ВРС на коротких записях у здоровых людей, проживающих в условиях Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, не продемонстрировали статистически значимых различий с аналогичными показателями, полученными в других популяциях.

Референсные значения параметров ВРС на коротких записях могут привести определенные преимущества в оценивании в целях физиологических исследований. Поскольку нормативы параметров ВРС варьируют в зависимости от пола субъекта, выбор соответствующих норм имеет решающее значение.

Благодарности

Авторы выражают признательность заведующему ка-

федрой нормальной и патологической физиологии БУ ВО ХМАО — Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия» доктору медицинских наук, профессору В. И. Корчину за поддержку исследования.

Авторство

Еремеев С. И. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Еремеева О. В. внесла существенный вклад в получение, анализ и интерпретацию данных, подготовила первый вариант статьи; Кормилец В. С. внесла существенный вклад в получение, анализ и интерпретацию данных; Кормилец А. Ю. внес существенный вклад в получение, анализ и интерпретацию данных.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Еремеев Сергей Игоревич — ORCID 0000-0001-8685-4311; SPIN 9444-1578

Еремеева Ольга Васильевна — ORCID 0000-0001-5943-9825; SPIN 7672-8671

Кормилец Вера Сергеевна — ORCID 0000-0002-8725-5537; SPIN 6749-7650

Кормилец Александр Юрьевич — ORCID 0000-0002-1589-8891; SPIN 6998-5425

Список литературы / References

1. Гаврилова Е. А. Спорт, стресс, вариабельность. М.: Спорт, 2015. 168 с.

Gavrilova E. A. *Sport, stress, heart rate variability*. Moscow, 2015, 168 p. [In Russian]

2. Данилова Н. Н. Сердечный ритм и информационная нагрузка // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. 1995. № 2. С. 14–27.

Danilova N. N. Heart rate and information load. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya. 14. Psikhologiya*. [Bulletin of the Moscow University. Series. 14. Psychology]. 1995, 2, pp. 14-27. [In Russian]

3. Еремеев С. И., Еремеева О. В., Кормилец В. С. Нормативные величины показателей спектрального анализа вариабельности ритма сердца в популяции здоровых женщин и мужчин в Северном Приобье // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2011. Т. 243, № 26. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». Вып. 28. С. 104–107.

Eremeev S. I., Eremeeva O. V., Kormilets V. S. Normative values of the parameters of spectral analysis of heart rate variability in the population of healthy women and men in the Northern Ob region. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Obrazovanie, zdavookhranenie, fizicheskayakul'tura»*. Vyp. 28. [Bulletin of the South Ural State University. Series "Education, health, physical culture". Iss. 28]. 2011, 243 (26), pp. 104-107. [In Russian]

4. Еремеев С. И., Еремеева О. В., Кормилец В. С. Типология модуляции сердечного ритма на основе трехфакторной концепции и нормативные величины показателей спектрального анализа вариабельности ритма сердца в популяции здоровых людей в возрасте 17–27 лет // Медленные колебательные процессы в организме человека. Теоретические и прикладные аспекты нелинейной динамики в физиологии и медицине: Сборник научных трудов VI Всероссийского симпозиума и IV школы-семинара с международным участием. 24–27 мая, НИИ КПП ПЗ СО РАМН, Новокузнецк: Изд-во КузГПА, 2011. С. 113–120.

Eremeev S. I., Eremeeva O. V., Kormilets V. S. *The typology of the heart rhythm modulation based on the three factors conception of the heart rate variability and the normative values of the spectral analysis parameters of the heart rate variability in healthy people population at the age of 17-27. In: Slow oscillatory processes in the human body. Theoretical and applied aspects of nonlinear dynamics in physiology and medicine. Collection of scientific papers of the VI All-Russian Symposium and the IV School-Seminar with International Participation. May 24-27, Novokuznetsk. 2011, pp. 113-120. [In Russian]*

5. Еремеев С. И., Еремеева О. В., Кормилец В. С., Татаринцев П. Б. Особенности показателей спектрального анализа вариабельности сердечного ритма у людей в возрасте 18–27 лет с различными типами его модуляции // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2012. Т. 267, № 8. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». Вып. 30. С. 52–55.

Eremeev S. I., Eremeeva O. V., Kormilets V. S., Tatarintsev P. B. Features of indicators of spectral analysis of heart rate variability in people aged 18-27 years with different types of its modulation. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Obrazovanie, zdravookhranenie, fizicheskaya kul'tura».* Vyp. 30. [Bulletin of the South Ural State University. Series "Education, health, physical culture". Iss. 30]. 2012, 267 (8), pp. 52-55. [In Russian]

6. Еремеева О. В., Еремеев С. И., Кормилец В. С., Кормилец А. Ю. Особенности показателей корреляционной ритмограммы и вариационной пульсометрии у людей в возрасте 18–27 лет с различными типами модуляции сердечного ритма // Вестник Южно-Уральского государственного университета. 2013. Т. 13, № 1. Серия «Образование, здравоохранение, физическая культура». С. 79–83.

Eremeeva O. V., Eremeev S. I., Kormilets V. S., Kormilets A. Yu. Features of indicators of correlation rhythmogram and variational heart rate monitoring in people aged 18-27 years with different types of heart rate modulation. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Obrazovanie, zdravookhranenie, fizicheskaya kul'tura».* [Bulletin of the South Ural State University. Series «Education, health, physical culture»]. 2013, 13 (1), pp. 79-83. [In Russian]

7. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца (новый взгляд на старую парадигму). Иваново: ООО Нейрософт, 2017. 516 с.

Mikhailov V. M. *Heart rate variability (a new look at the old paradigm).* Ivanovo, 2017, 516 p. [In Russian]

8. Флейшман А. Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике. Новосибирск: Изд-во СОРАН, 2009. 194 с.

Fleishman A. N. *Heart rate variability and slow hemodynamic fluctuations: nonlinear phenomena in clinical practice.* Novosibirsk, 2009, 194 p. [In Russian]

9. Шлык Н. И. Нормативы показателей вариабельности сердечного ритма в покое и ортостазе при разных диапазонах значения MxDMn и их изменение у биатлонистов в тренировочном процессе // Человек. Спорт. Медицина. 2020. Т. 20, № 4. С. 5–24. doi: 10.36028/2308-8826-2020-8-1-83-96

Shlyk N. I. Standards of indicators of heart rate variability at rest and orthostasis at different ranges of the MxDMn value and their change in biathletes in the training process.

Chelovek. Sport. Meditsina [Person. Sport. Medicine]. 2020, 20 (4), pp. 5-24. doi: 10.36028/2308-8826-2020-8-1-83-96. [In Russian]

10. Acharya U. R., Kannathal N., Sing W., Yi P. L., Leng C. T. Heart rate analysis in normal subjects of various age groups. *BioMedical Engineering OnLine.* 2004, 3 (1), p. 24. doi: 10.1186/1475-925X-3-24

11. Bonnemeier H., Richardt G., Potratz J., Wiegand U. K. H., Brandes A., Kluge N., Katus H. A. Circadian profile of cardiac autonomic nervous modulation in healthy subjects: Differing Effects of aging and Gender on heart rate variability. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology.* 2003, 14 (8), pp. 791-799. doi: 10.1046/j.1540-8167.2003.03078.x

12. Kobayashi H., Park B. J., Miyazaki Y. Normative references of heart rate variability and salivary alpha-amylase in a healthy young male population. *Journal of Physiological Anthropology.* 2012, 31 (1), p. 9. doi: 10.1186/1880-6805-31-9

13. Koenig J., Thayer J. F. Sex differences in healthy human heart rate variability: A meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews.* 2016, 64, pp. 288-310. doi: 10.1016/j.neubiorev.2016.03.007

14. Koskinen T., Kähönen M., Jula A., Laitinen T., Keltikangas-Järvinen L., Viikari J., Välimäki I., Raitakari O. T. Short-term heart rate variability in healthy young adults: the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical.* 2009, 145 (1-2), pp. 81-88. doi: 10.1016/j.autneu.2008.10.011

15. Nunan D., Sandercock G. R., Brodie D. A. A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. *Pacing and Clinical Electrophysiology.* 2010, 33 (11), pp. 1407-1417. doi: 10.1111/j.1540-8159.2010.02841.x

16. Park S. B., Lee B. C., Jeong K. S. Standardized tests of heart rate variability for autonomic function tests in healthy Koreans. *The Journal of Neuroscience.* 2007, 117 (12), pp. 1707-1717. doi: 10.1080/00207450601050097

17. Shaffer F., Ginsberg J. P. Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health.* 2017, 5, p. 258. doi: 10.3389/fpubh.2017.00258

18. Siecinski S., Kostka P. S., Tkacz E. J. Heart Rate Variability Analysis on Electrocardiograms, Seismocardiograms and Gyrocadiograms on Healthy Volunteers. *Sensors.* 2020, 20, p. 4522. doi:10.3390/s20164522

19. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation.* 1996, 93 (5), pp. 1043-1065. doi: 10.1161/01.cir.93.5.1043

20. Voss A., Schroeder R., Heitmann A., Peters A., Perz S. Short-term heart rate variability - influence of gender and age in healthy subjects. *PLoSOne.* 2015, 10 (3), e0118308. doi: 10.1371/journal.pone.0118308.

Контактная информация:

Еремеев Сергей Игоревич — кандидат медицинских наук, доцент, профессор кафедры нормальной и патологической физиологии БУ ВО ХМАО — Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»

Адрес: 628011, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, д. 40

E-mail: si.eremeev@hmgma.ru