

НОРМАТИВНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА В ПОПУЛЯЦИИ ЗДОРОВЫХ ЖЕНЩИН И МУЖЧИН В СЕВЕРНОМ ПРИОБЬЕ

С.И. Еремеев, О.В. Еремеева, В.С. Кормилец
Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

В результате обследования 1488 добровольцев получили данные для обоснования нормативных величин параметров спектрального анализа ритма сердца в популяции здоровых женщин и мужчин в возрасте 17–27 лет, проживающих в северном Приобье. Оценка вариабельности ритма сердца проводилась по протоколу коротких записей длительностью 5 минут.

Ключевые слова: вариабельность ритма сердца, спектральный анализ, нормативы.

Введение. Диагностика состояния здоровья и функционального состояния спортсменов в современной спортивной медицине является одной из центральных проблем [7]. Вариабельность ритма сердца (ВРС) широко используется как в спортивной медицине для прогнозирования состояния перетренированности, изменений спортивной формы и работоспособности [12, 13], так и для прогнозирования состояния здоровья различных категорий населения [8, 9, 11, 14–17], подчеркивается необходимость создания возрастных и гендерных норм показателей ВРС. В исследованиях, где модуляция ВРС рассматривается с позиций трехфакторной концепции пространства параметров [2, 3], обычно применяется ранговая шкала [1, 10]. Однако применение шкалы отношений или шкалы интервалов позволило бы получить большую или более определенную информацию о состоянии функциональной системы. Проблему представляет недостаточное знание о диагностических значениях параметров, используемых для оценки функционального состояния в условиях спокойного бодрствования.

Цель исследования. Уточнение нормативных величин параметров спектрального анализа ритма сердца в популяции здоровых женщин и мужчин в возрасте 17–27 лет, проживающих в северном Приобье.

Задачи исследования: 1) изучить характер распределения и особенности параметров спектрального анализа ВРС в зависимости от гендерной принадлежности обследованных людей; 2) установить нормативные величины параметров спектрального анализа ВРС в популяции здоровых людей.

Материалы и методы исследования. Одноцентровое трансверсальное исследование выполнено по доэкспериментальному плану [6] на 1488 добровольцах. Все участники знакомились с процедурой обследования в лаборатории по информационному буклету и подписывали информированное согласие по форме, одобренной этически ко-

митетом. Выбытие из исследования не отмечалось. Участники прибывали в лабораторию в период с 8 до 10 часов натошак (> 8 часов). Период отдыха от физических упражнений был более 36 часов. После прибытия в лабораторию участник знакомился с буклетом, проходил процедуру измерения массы тела и роста стоя, заполнял опросник, находясь в положении сидя.

Критерии включения в исследование: возраст от 17 до 27 лет включительно, состояние здоровья соответствует 1-, 2-, 3-й медицинской группе, пол – любой, ритм сердца – синусовый, воздержание от приема возбуждающих напитков более 8 часов, курения – 3 часов, сон – более 7 часов.

Критерии исключения из исследования: возраст менее 17 и более 27 лет; более 10 % экстрасистол, несинусовый ритм сердца, состояние здоровья соответствует 4-й и 5-й группе.

Оценка вариабельности ритма сердца проводилась по протоколу коротких записей [15] при помощи электрокардиографа «Поли-Спектр-8 ЕХ» и программного пакета «Поли-Спектр Ритм» (ООО «Нейрософт», Россия).

В показателях частотного домена были исследованы абсолютные величины ($\text{мс}^2/\text{Гц}$) общей мощности спектра (TP), мощности трех компонентов спектра в диапазоне очень низких частот (VLF 0,003–0,04 Гц), низких частот (LF 0,04–0,015 Гц), высоких частот (HF 0,15–0,4 Гц); нормализованные величины мощности спектра в диапазоне низких и высоких частот (LF nu, HF nu). Было исследовано отношение мощностей спектра ритма сердца в области низких и высоких частот (LF/HF) и доли мощности трех компонентов спектра в диапазоне очень низких, низких и высоких частот в общей мощности спектра (VLF, %; LF, %; HF, %) [15]. Соответствие распределения нормальному закону оценивали по гистограммам распределения вариант в сравнении с величиной ожидаемого нормального распределения и с использованием

Shapiro-Wilk W-теста. Различия изучаемых параметров в группах женщин и мужчинами оценивали по U-тесту Mann-Whitney.

Результаты исследования. Для решения первой задачи было проведено обследование 1488 человек, из них лиц женского пола – 1015, мужского пола – 473. Наиболее крупные выборки с числом наблюдений от 71 до 351 были получены среди людей в возрасте 19–22 года.

Характеристика здоровья участников исследования по группе здоровья была следующей. Доля лиц, относящихся к 1-й группе здоровья, составляла 18 %; 2-я группа здоровья была у 63 % участников, у 19 % участников была установлена 3-я группа здоровья.

В общей выборке распределение изученных антропометрических, клинических и спектральных параметров по данным анализа гистограмм отличалось от нормального распределения, что подтверждается значимой W статистикой Shapiro-Wilk теста ($p \leq 0,001$). На этом основании был сделан выбор в пользу дальнейшего анализа данных методами непараметрической статистики.

Из общей выборки для проведения анализа антропометрических, клинических и спектральных показателей ВРС были выделены гендерные группы. Хотя медиана возраста наших волонтеров составила 20 лет, отмечалось различие интерквартильного размаха возраста у мужчин и женщин. Различие между гендерными группами по U-тесту Mann-Whitney было значимым при уровне $U = 19\,688$ и $p < 0,001$. Обнаружено значимое межгрупповое различие медианы и интерквартильного размаха для таких показателей: рост стоя ($U = 43\,892$ и $p < 0,001$); масса тела ($U = 84\,707$ и $p < 0,001$); частота сердечных сокращений ($U = 174\,301$ и $p < 0,001$). Значение медианы и квартилей указывает на определенное снижение функционального резерва сердечно-сосудистой системы у представителей выборки, сформированной в северном Приобье по сравнению с популяционной нормой, в большей мере выраженное в группе лиц женского пола, что отражается в показателях ЧСС в состоянии покоя, заметно, что медиана превышает верхнюю границу нормального диапазона.

Были установлены значимые межгрупповые гендерные различия по таким параметрам спектрального анализа ВРС, как общая мощность спектра TP ($U = 209\,631$, $p < 0,001$), мощность спектра в диапазоне очень низкой частоты VLF ($U = 205\,531$, $p < 0,001$), мощность спектра в диапазоне низкой частоты LF ($U = 211\,451$, $p < 0,001$), мощность спектра в диапазоне высокой частоты HF ($U = 222\,251$, $p < 0,05$), доля спектральной мощности в диапазоне очень низкой частоты VLF, % ($U = 224\,004$, $p < 0,05$), что следует учитывать при определении состояния модуляции ритма сердца.

В то же время не было найдено значимых гендерных различий в показателях LFnu, HFnu, отношении LF/HF и в долях спектра LF, % и HF, %.

Для решения второй задачи с учетом полученных данных о распределении, отличающемся от нормального, были рассчитаны перцентильные значения некоторых антропометрических, клинических и спектральных параметров ВРС в группе лиц женского и мужского пола. Результаты представлены в таблице.

Обсуждение. Полученные данные об особенностях величин параметров абсолютной и относительной мощности, а также нормализованных параметров спектра ВРС у женщин и мужчин в возрасте 17–27 лет при сопоставлении с данными [15] о непрерывном характере плотности мощности спектра ВРС, линейном понижении мощности спектра с увеличением частоты и конвенциональном характере значений границ диапазонов могут быть интерпретированы как признак различия структуры факторов, образующих параметр абсолютной мощности в трех диапазонах и параметры относительной мощности. А.Н. Флейшман [9] приводит данные о том, что три диапазона ВРС представляют собой разные математические функции. В частности, соотношение амплитуды и частоты вариабельности сердечного ритма описывается экспонентой Hurst ($P = 1/\alpha$) в диапазоне очень низкой частоты. В диапазоне низкой и высокой частоты зависимость несколько иная, но угол наклона экспоненты (α) прослеживается. В структуре абсолютных показателей спектральной мощности, очевидно, присутствует как факторная нагрузка общей спектральной мощности TP (в спектральной мощности суточных записей вклад вариабельности ультранизкой и очень низкой частоты составляет 95 % [15]), так и структура спектра. В параметрах относительной мощности спектра присутствует факторная нагрузка структуры спектра.

Таким образом, если на определенном этапе исследования ВРС возникает необходимость рассматривать функциональное состояние человека как «взаимоотношение осцилляторов» [2, 3], то на этой стадии анализа следует исключить вклад общей спектральной мощности и исследовать особенности структуры спектральной мощности как проявления взаимоотношения периферических осцилляторных процессов. При этом возникает проблема полноты описания дисперсии длительности кардиоинтервалов. Учет двух модуляторов (HF, LF) и вторичных параметров на их основе позволяет объяснить до 55–63 % дисперсии. Учет трех модуляторов (HF, LF, VLF) позволяет объяснить до 72 % дисперсии спектров кардиоритмограммы [4, 5]. Но в этом случае остается открытым вопрос о типологии модуляции ритма сердца с учетом трех факторов модуляции сердечного ритма. Полученные нами данные позволяют заключить, что относительная мощность спектра в трех диапазонах, отражающая взаимоотношение модуляторов сердечного ритма у лиц мужского и женского пола, значимых различий не имела. По аналогии с характеристикой баланса вегетативной

**Описательные статистики антропометрических, клинических показателей
и спектральных параметров variability ритма сердца у здоровых волонтеров 17–27 лет обоего пола**

Параметр	Пол	Граница								
		Мини-мум	3 %	10 %	25 %	Медиа-на	75 %	90 %	97 %	Макси-мум
Возраст, лет	Ж	17	18	19	19	20	21	22	23	27
	М	17	18	19	19	20	22	22	24	25
Рост, см	Ж	146	154	157	162	164	169	172	176	189
	М	156	165	169	172	177	182	186	192	200
Масса, кг	Ж	38	44	48	52	57	62	71	88	114
	М	45	55	58	63	68	77	85	98	124
ЧСС, мин ⁻¹	Ж	45	58	65	73	81	89	98	108	136
	М	44	50	57	65	74	85	94	105	125
TP, мс ² /Гц	Ж	174,2	646,1	1020,3	1767,6	2857,4	4640,0	7963,7	14221,1	26242,5
	М	239,3	648,5	1236,3	1961,9	3518,7	5737,8	9965,2	16111,2	48247,0
VLF, мс ² /Гц	Ж	32,1	136,5	247,9	457,4	873,5	1456,4	2391,6	4150,4	10570,6
	М	37,1	126,5	271,2	587,9	1077,8	1880,4	3406,3	5563,5	23425,7
LF, мс ² /Гц	Ж	44,4	204,8	359,1	605,9	993,0	1664,0	2539,0	4292,0	11056,2
	М	92,3	220,8	395,1	682,6	1209,1	2023,1	3372,4	5410,6	24479,9
HF, мс ² /Гц	Ж	19,3	89,5	182,0	356,7	733,9	1604,5	3085,4	6294,3	23133,0
	М	9,6	90,9	207,2	414,8	836,3	1749,3	3771,5	6206,1	18926,0
LFnu, %	Ж	5,0	21,4	30,8	42,3	57,1	70,9	79,9	86,7	94,4
	М	9,4	21,7	32,8	44,2	60,0	72,1	79,2	87,0	94,2
HF nu, %	Ж	5,6	13,3	20,1	29,1	42,9	57,7	69,2	78,6	95,0
	М	5,8	13,0	20,8	27,9	40,0	55,8	67,2	78,3	90,6
LF/HF	Ж	0,05	0,27	0,45	0,73	1,33	2,44	3,96	6,50	16,89
	М	0,10	0,28	0,49	0,79	1,50	2,58	3,80	6,70	16,10
VLF, %	Ж	2,5	7,7	13,8	20,3	30,7	42,4	54,0	62,8	81,7
	М	2,3	7,7	12,6	22,8	33,1	44,8	54,8	66,3	81,6
LF, %	Ж	4,5	14,5	19,8	26,7	36,4	47,0	57,7	66,1	81,3
	М	8,5	14,0	20,9	25,9	36,2	46,3	58,1	66,8	83,2
HF, %	Ж	2,7	7,1	11,8	17,8	27,0	40,5	53,8	65,7	88,2
	М	2,4	7,1	11,3	16,8	25,5	38,2	50,3	61,7	81,9

регуляции, предусматривающей выделение состояния равнозначного влияния (равновесия) и состояния доминирования одного из отделов вегетативной нервной системы, такая типология ВРС могла бы предусматривать 4 состояния модуляции сердечного ритма. Кроме состояния равнозначного влияния трех модуляторов, можно было бы устанавливать состояние доминирования одного из модуляторов. Критическими областями были бы граничные значения, типичные для половины выборки, то есть значения верхних квартилей.

Выводы

1. Параметры спектрального анализа ВРС в выборке здоровых людей в возрасте 17–27 лет, проживающих в условиях северного Приобья, имеют распределение, отличное от нормального.

2. Параметры спектрального анализа variability ритма в гендерных группах здоровых людей в возрасте 17–27 лет, проживающих в условиях северного Приобья, имели значимые межгрупповые различия по таким параметрам,

как общая мощность спектра TP, мощность спектра в диапазоне очень низкой частоты VLF, низкой частоты LF, высокой частоты HF. В то же время не было найдено значимых различий в показателях нормализованных параметрах LFnu, HFnu, в отношении LF/HF и в относительной мощности спектра LF, % и HF, %. Таким образом, гендерные группы имели различия по абсолютным параметрам спектрального анализа. Относительная мощность спектра в трех диапазонах, отражающая взаимоотношение модуляторов сердечного ритма у лиц мужского и женского пола, значимых различий не имела.

3. Значения спектральной мощности ВРС на уровне верхней квартили, которые предлагается использовать для диагностики типа модуляции сердечного ритма, различаются в трех частотных диапазонах: LF – 47 % без различия пола; HF – 40 % без различия пола. Выявлены определенные гендерные различия значения верхнего квартиля относительной спектральной мощности VLF – 42 % для женщин и 45 % для мужчин.

НИР проводится в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, государственный контракт № П-442 от 31.07.2009 г.

Литература

1. Вегетативные расстройства: клиника, лечение, диагностика / под ред. А.М. Вейна. – М.: Мед. информ. агентство, 2000. – 752 с.
2. Данилова, Н.Н. Сердечный ритм и информационная нагрузка / Н.Н. Данилова // Вестник Московского ун-та. Серия 14 «Психология». – 1995. – № 4. – С. 14–27.
3. Данилова, Н.Н. Стрессоустойчивость как индивидуальная особенность / Н.Н. Данилова // I Междунар. конф. памяти А.Р. Лурия: сб. докл. / под ред. Е.Д. Хомской, Т.В. Ахутиной. – М.: РПО, 1998. – С. 177–192.
4. Данилова, Н.Н. Изменение вариабельности сердечного ритма при информационной нагрузке / Н.Н. Данилова, С.В. Астафьев // Журнал высшей нервной деятельности. – 1999. – Т. 49, № 1. – С. 28–38.
5. Данилова, Н.Н. Внимание человека как специфическая связь ритмов ЭЭГ с волновыми модулями ритма / Н.Н. Данилова, С.В. Астафьев // Журнал высшей нервной деятельности. – 2000. – Т. 50. – Вып. 5. – С. 791–804.
6. Кэмпбелл, Д. Модели экспериментов в социально-психологических и прикладных исследованиях: пер. с англ. / Д. Кэмпбелл. – СПб.: Социально-психологический центр. – 1996. – 390 с.
7. Перхуров, А.М. Очерки донозологической функциональной диагностики в спорте / А.М. Перхуров; под науч. ред. проф. Б.А. Поляева. – М.: РАСМИРБИ. – 2006. – 152 с.
8. Флейшман, А.Н. Медленные колебания гемодинамики. Теория, практическое применение в клинической медицине и профилактике / А.Н. Флейшман. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1999. – 264 с.
9. Флейшман, А.Н. Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики. Нелинейные феномены в клинической практике. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.Н. Флейшман. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 194 с.
10. Хаспекова, Н.Б. Диагностическая информативность мониторингирования вариабельности ритма сердца / Н.Б. Хаспекова // Вестник аритмологии. – 2003. – № 32. – С. 15–23.
11. Changes in heart rate and heart rate variability over time in middle-aged men and women in the general population (from the Whitehall II Cohort Study) / A. Britton, M. Shipley, M. Malik et al. // Am. J. Cardiol. – 2007. – Vol. 100, № 3. – P. 524–527.
12. Is heart rate a convenient tool to monitor over-reaching? A systematic review of the literature / L. Bosquet, S. Merkari, D. Arvisais, A.E. Aubert // Br. J. Sports Med. – 2008. – Vol. 42, № 9. – P. 709–714.
13. Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents / M. Buchheit, G. Millet, A. Parisy et al. // Med. Sci. Sports Exerc. – 2008. – Vol. 40, № 2. – P. 362–371.
14. Effect of physical activity on heart rate variability in normal weight, overweight and obese subjects: results from the SAPALDIA study / D.F. Dietrich, U. Ackermann-Liebrich, C. Schindler et al. // Eur. J. Appl. Physiol. – 2008. – Vol. 104, № 3. – P. 557–565.
15. Heart Rate Variability / Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use / Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // Circulation. – 1996. – Vol. 93, № 5. – P. 1043–1065.
16. Heritability of heart rate variability: the Framingham Heart Study / J.P. Singh, M.G. Larson, C.J. O'Donnell et al. // Circulation. – 1999. – Vol. 99, № 17. – P. 2251–2254.
17. Regular physical exercise, heart rate variability and turbulence in a 6-year randomized controlled trial in middle-aged men: the DNASCO study / P. Tuomainen, K. Peuhkurinen, R. Kettunen et al. // Life Sci. – 2005. – Vol. 77, № 21. – P. 2723–2734.

Поступила в редакцию 17 декабря 2010 г.