

УДК 796.01:612 (045)

*Н.И. Шлык, Е.Н. Сапожникова***АНАЛИЗ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ДИСПЕРСИОННОГО КАРТИРОВАНИЯ ЭКГ У УЧАСТНИКОВ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ «МАРС-500» С РАЗНЫМИ ПРЕОБЛАДАЮЩИМИ ТИПАМИ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ (ИЖЕВСКАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ГРУППА)**

Рассматривается взаимосвязь между индивидуально-типологическими особенностями вегетативной регуляции сердечного ритма и уровнем функционирования миокарда. Приводятся результаты годовой динамики показателей ВСР и дисперсионного картирования ЭКГ у исследуемых проекта «Марс-500» в зависимости от преобладающего типа вегетативной регуляции.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, типы вегетативной регуляции, дисперсионное картирование ЭКГ, спортсмены, проект «Марс-500».

Кафедра медико-биологических основ физической культуры Удмуртского государственного университета явилась участником наземных медико-экологических исследований космической программы «Марс-500», которая организована ГНЦ РФ – ИМБП РАН.

Целью настоящего исследования явилось получение новых научных данных на основе использования современных информационных технологий об особенностях функционирования миокарда у исследуемых с разными типами вегетативной регуляции сердечного ритма и раннего выявления донзологических состояний.

При изучении функционального состояния организма физиологами и врачами чаще всего не учитываются индивидуально-типологические особенности регуляторных систем, о которых можно судить по данным анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР). В данной работе представлен новый подход к оценке сердечного ритма у исследуемых в зависимости от типологических особенностей регуляторных систем на основе анализа ВСР [1].

Согласно представлениям о двухконтурной модели управления сердечным ритмом было выявлено четыре типа вегетативной регуляции: два с преобладанием центральной регуляции (с умеренным – I тип и выраженным – II тип) и два с преобладанием автономной регуляции (с умеренным – III тип и выраженным – IV тип). За основу предложенной классификации взяты не отделы вегетативной нервной системы (симпатический и парасимпатический), а центральный и автономный контуры вегетативного управления физиологическими функциями, тем самым подтверждено участие в процессах вегетативной регуляции многих звеньев единого регуляторного механизма. Это есть системный подход к рассмотрению сложнейшего механизма регуляции физиологических функций, о котором можно судить по данным анализа ВСР [1-3].

Исходя из этого, принципиально важным является выявление взаимосвязи между типом вегетативной регуляции сердечного ритма и уровнем функционирования миокарда исследуемых.

Нами представлены динамические исследования ВСР и дисперсионного картирования ЭКГ у участников проекта «Марс-500» с разными преобладающими типами вегетативной регуляции.

Материалы и методика исследований

Группу участников проекта «Марс-500» составили 11 студентов-спортсменов (КМС и МС) факультета физической культуры Удмуртского госуниверситета в возрасте 20-24 лет. Согласно проекту «Марс-500» исследования ВСР и дисперсионного картирования сердца проводились с использованием аппаратно-программного комплекса «Экосан-2007» один раз в месяц в течение одного года. Анализ ВСР осуществлялся с помощью программы «Иским 6» с учетом методических рекомендаций, разработанных группой российских экспертов [4]. В 5-минутных отрезках записи кардиоинтервалограммы определялись ЧСС, временные показатели ВСР – MxDMn, RMSSD, pNN50, SI, характеризующие состояние автономной регуляции, и частотные показатели спектра TP, HF, LF, VLF и ULF, определяющие функциональное состояние центральных структур вегетативной регуляции сердечного ритма.

При анализе ВСР осуществлялся индивидуальный подход к оценке типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма [1]. Экспресс-оценка преобладающего типа вегетативной регуляции проводилась по показателям SI и VLF. Умеренному преобладанию центральной регуляции (I тип) соответствовали значения $S > 100$ усл.ед., $VLF > 240$ мс², выраженному преобладанию центральной регуляции (II тип) – $SI > 100$ усл.ед., $VLF < 240$ мс², умеренному преобладанию автономной регуляции (III тип) – $SI < 70$ усл.ед., $VLF > 240$ мс², выраженному преобладанию автономной регуляции (IV тип) – $SI < 25$ усл.ед., $VLF > 240$ мс², $TP > 8000$ мс².

При определении типа вегетативной регуляции могут встречаться переходные состояния из одного в другое, когда показатели ВСР не соответствуют ни одному из типов регуляции. Эти состояния возникают у исследуемых при утомлении, чувстве голода, донозологических состояниях, психоэмоциональном напряжении и др. В этом случае необходимы повторные исследования ВСР. При динамических исследованиях ВСР можно наблюдать устойчивую вегетативную регуляцию (когда преобладающий тип регуляции сохраняется) и неустойчивую регуляцию (когда тип регуляции меняется с одного на другой).

Оценка уровня функционирования миокарда проводилась по данным дисперсионного картирования электрокардиограммы (ДК ЭКГ). Этот современный метод направлен на выявление ранних неблагоприятных изменений уровня функционирования миокарда и основан на информационно-топографической модели микроколебаний ЭКГ [5-7]. Для выявления микроколебаний синхронизируют несколько последовательных циклов в каждом из 6 отведений ЭКГ от конечностей (I, II, III, aVL, aVR, aVF) и получают сигналы низкоамплитудных флуктуаций кардиоцикла (P-QRS-T) в каждый момент времени регистрации, отражающие степень выраженности и локализации электрофизиологических нарушений в миокарде предсердий и желудочков в фазе де- и реполяризации. Дисперсионные характеристики рассчитываются по 9 анализируемым группам отклонений. Для каждой из групп разработаны границы нормы для дисперсий P-зубца, QRS-комплекса и T-зубца. Суммарная величина дисперсионных отклонений представляется интегральным показателем, получившим название «Миокард». Функциональное состояние миокарда считается в норме, когда интегральный показатель «Миокард» не превышает 15%. Цифровая модель электрических флуктуаций формирует цветовую гамму визуального «портрета сердца». Портрет здорового сердца в норме имеет ровный зеленый цвет. При увеличении значения «Миокард» происходит изменение цветовой гаммы визуального «портрета сердца» от зеленого до желтого и красного.

Любые изменения «портрета сердца» отражают электролитные и метаболические изменения миокарда, то есть дают информацию о текущем состоянии миокарда и его динамике.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлены результаты ежемесячного анализа ВСР у каждого исследуемого за год, отражающие индивидуальные особенности функционального состояния регуляторных систем организма. Из представленных данных виден большой межиндивидуальный разброс показателей ВСР за весь период исследований. Используя индивидуальный подход к оценке типа вегетативной регуляции сердечного ритма [1], мы выявили исследуемых с разным состоянием регуляторных систем (с умеренным и выраженным преобладанием центральной регуляции (I и II тип), с умеренным и выраженным преобладанием автономной регуляции (III и IV тип)).

В табл. 1 представлены результаты распределения исследуемых по преобладающим типам вегетативной регуляции за весь период исследований.

Из данных табл. 1 следует, что у исследуемых Е.В., И.А., К.И., О.М. имеется устойчивое преобладание центральных механизмов регуляции на протяжении всего периода исследований. У этих студентов чаще ЧСС, меньше значения $MxDMn$, больше SI, меньше показатели спектральной функции (TP, HF, LF, VLF, ULF) по сравнению с исследуемыми, с преобладанием автономной регуляции (Д.И., К.В., С.А., Щ.М.) (рис. 1). У последних была ниже ЧСС, больше разброс кардиоинтервалов, меньше SI и больше показатели спектральной функции (HF, LH, VLF, ULF). И у четырех исследуемых (А.П., П.М., П.А., С.А.) выявлена неустойчивая регуляция, которая характеризуется переходом с одного типа регуляции на другой.

Таким образом, динамический анализ ВСР свидетельствует о том, что недопустимо усреднение показателей ВСР у исследуемых с разными типами вегетативной регуляции, иначе возможна ложная интерпретация полученных результатов.

Таблица 1

**Распределение исследуемых по преобладающим типам вегетативной регуляции
за весь период исследований по программе «Марс-500»**

Время исследования	Исследуемые										
	А.П.	Д.И.	Е.В.	И.А.	К.В.	К.И.	О.М.	П.М.	П.А.	С.А.	Щ.М.
10.10	III	III	II	II	III	II	II	II	–	IV	–
11.10	II	III	II	II	III	II	I	II	–	–	–
12.10	II	III	II	II	III	II	II	III	–	III	–
01.11	II	III	II	II	III	II	II	III	III	IV	–
02.11	II	III	II	I	III	II	II	II	–	IV	III
03.11	II	III	III	II	I	I	I	II	I	IV	IV
04.11	II	III	II	II	III	I	II	II	I	IV	III
05.11	II	IV	I	II	III	I	I	III	II	I	III
06.11	II	IV	I	II	III	II	II	III	III	II	III
07.11	III	III	II	II	III	II	II	–	I	I	I
08.11	III	III	II	II	III	I	I	I	III	IV	III
09.11	II	III	II	II	I	II	II	I	II	I	IV
10.11	II	IV	II	II	I	II	II	III	II	III	III
11.11	III	III	II	II	III	II	II	III	III	III	IV
12.11	III	IV	II	II	I	II	III	I	II	III	III

Таблица 2

**Анализ годовой динамики показателей ВСР у исследуемого К.И. с преобладанием
центральной регуляции**

Дата иссл.	ЧСС, уд/мин	MxDMn, мс	SI, у.е.	TP ₂ , мс ²	HF, мс ²	LF ₂ , мс ²	VLF, мс ²	ULF, мс ²	HF, %	LF, %	VLF, %	ULF, %
окт. 10	97	218	258,7	382,7	98,7	151,5	105,9	26,5	26	40	28	7
нояб. 10	84	228	121,6	912,0	247,4	265,0	137,4	262,2	27	29	15	29
дек. 10	83	201	174,9	1089,6	183,8	485,5	204,6	215,7	17	45	19	20
январ. 11	82	233	152,0	1319,7	283,2	644,3	237,4	154,9	21	49	18	12
февр. 11	87	222	203,0	933,5	169,4	356,6	300,3	107,2	18	38	32	11
мар. 11	83	366	77,0	1951,7	738,6	661,7	372,2	179,2	38	34	19	9
апр. 11	80	350	78,1	2261,3	449,2	1006	519,8	286,1	20	44	23	13
май 11	83	207	196,0	982,9	121,0	392,1	303,7	166,0	12	40	31	17
июн. 11	84	275	131,0	1001	197,8	459,7	224,9	118,6	20	46	22	12
июл. 11	85	212	46,0	555,9	141,0	219,9	103,2	91,9	25	40	19	17
авг. 11	83	166	209,0	872,8	125,8	240,6	334,4	172,0	14	28	38	20
сент. 11	79	252	130,9	1195	138,0	719,1	227,5	110,5	12	60	19	9
окт. 11	114	146	548,0	312,4	34,6	156,8	55,2	65,8	11	50	18	21
нояб. 11	80	251	122,0	1070,9	243,0	492,7	215,0	120,3	23	46	20	11
дек. 11	85	238	137,0	815,9	171,3	510,9	117,3	16,4	21	63	14	2

При проведении ежемесячного исследования ВСР и ДК ЭКГ у одних и тех же испытуемых с разными преобладающими типами вегетативной регуляции обнаружена зависимость между степенью напряжения регуляторных систем и функциональным состоянием миокарда. Было установлено: чем выше степень напряжения центральных систем регуляции, тем больше дисперсионных отклонений от нормы по показателю «Миокард» и изменений в цветовой гамме «портрета сердца».

Это можно наблюдать по данным табл. 2, 3 и на рис. 2, где представлена годовая динамика показателей ВСР и ДК ЭКГ у испытуемых К.И. и Д.И. с разными преобладающими типами вегетативной регуляции.

Таблица 3

Анализ годовой динамики показателей ВСП у исследуемого Д.И. с преобладанием автономной регуляции

Дата иссл.	ЧСС, уд/мин	MxDMn, мс	SI, у.е.	TP, мс ²	HF, мс ²	LF, мс ²	VLF, мс ²	ULF, мс ²	HF, %	LF, %	VLF, %	ULF, %
окт. 10	54	467	27,5	5225,8	2801,0	1744,2	300,6	380,0	54	33	6	7
нояб. 10	58	365	47,4	2941,6	809,2	1546,0	491,5	94,8	28	53	17	3
дек. 10	54	468	29,8	4386,0	1590,8	1638,8	556,0	600,4	36	37	13	14
январ. 11	65	318	68,0	2316,7	713,1	1070,2	477,4	56,1	31	46	21	2
февр. 11	58	487	26,0	6365,9	1207,1	2548,1	2058,7	552,0	19	40	32	9
мар. 11	53	450	34,0	3931,3	1073,0	1546,4	1035,1	276,8	27	39	26	7
апр. 11	65	468	42,6	3926,9	861,1	1689,5	1226,5	149,9	22	43	31	4
май 11	47	701	10,0	10857,7	4133,0	5173,6	783,2	767,9	38	48	7	7
июн. 11	54	477	22,0	7270,4	2034,2	2814,2	971,3	1450,7	28	39	13	20
июл. 11	60	345	48,0	2960,3	836,3	1010,5	623,6	489,9	28	34	21	17
авг. 11	50	390	25,0	5006,5	1983,7	1886,9	648,4	487,6	40	38	13	10
сент. 11	58	421	36,5	3916,7	1249,7	1568,4	553,1	545,5	32	40	14	14
окт. 11	49	637	14,0	9968,8	3137,2	3068,2	2395,4	1368,1	31	31	24	14
нояб. 11	56	499	28,0	3447,2	1299,6	1732,5	258,2	156,9	38	50	7	5
дек. 11	45	654	16,0	8382,4	3055,9	2667,5	618,6	2040,5	36	32	7	24

Согласно этим данным испытуемый К.И. (с центральным типом вегетативной регуляции) на протяжении всего года отличается от испытуемого Д.И. (с преобладанием автономной регуляции), не только низкой вариабельностью сердечного ритма, свидетельствующей о постоянно выраженном напряжении вегетативной регуляции (чаще ЧСС, меньше разброс кардиоинтервалов MxDMn, больше SI, меньше показатели частотных характеристик TP, HF, LF, VLF), но и устойчиво выраженными дисперсионными отклонениями ЭКГ от нормы, которые заключались в больших значениях интегрального показателя «Миокард» (18-43% при норме 15%) и нарастании красной гаммы визуального «портрета сердца» (рис. 2).

Подобные дисперсионные характеристики ЭКГ свидетельствуют о нарушениях де- и реполяризации предсердий, характерных для гипоксии миокарда и изменении электролитных и метаболических процессов миокарда [6; 7]. При анализе динамики изменений ВСП и ДК ЭКГ у исследуемого К.И. установлено, что с увеличением напряжения в состоянии регуляторных систем одновременно нарастают неблагоприятные изменения в функциональном состоянии миокарда. Так, согласно данным табл. 3 и на рис. 2 у этого исследуемого самое высокое напряжение центральных регуляторных систем отмечено 12.10.2011, которое характеризовалось высокими значениями ЧСС, SI, низкими показателями суммарной мощности спектра (TP) и волновой структуры HF, LF, VLF. При этом показатели ДК ЭКГ в этот день были самыми выраженными как по интегральному показателю «Миокард» (43%), так и по цветовой гамме «портрета сердца».

У исследуемого Д.И. с преобладанием автономной регуляции сердечного ритма при анализе динамики ВСП и дисперсионного картирования ЭКГ не обнаружено каких-либо отклонений от нормы как со стороны регуляторных систем, так и в функциональном состоянии миокарда. По сравнению с исследуемым К.И. у него, по данным анализа ВСП, в течение всего года реже ЧСС, больше разброс кардиоинтервалов MxDMn, ниже SI, больше суммарная мощность спектра TP, больше амплитуда дыхательных волн (HF), вазомоторных (LF), VLF и ULF волн. Согласно данным дисперсионного картирования ЭКГ интегральный показатель «Миокард» не выходит за пределы нормы и варьируется в пределах от 7 до 14%, а в «портрете сердца» постоянно превалирует зеленый цвет (рис. 2).

Заключение

Таким образом, динамические исследования ВСР и ДК ЭКГ у исследуемых с разным функциональным состоянием регуляторных систем дают основание утверждать, что тип вегетативной регуляции отражается на функционировании миокарда. Показано, что хроническое, в течение года, напряжение центральных механизмов регуляции сердечного ритма приводит к серьезным изменениям в деятельности миокарда. Чем более выражено напряжение механизмов вегетативной регуляции сердечного ритма, тем существенней неблагоприятные изменения в функциональном состоянии миокарда.

Результаты проведенных исследований по программе «Марс-500» подтверждают высокую чувствительность и информативность применяемых методов анализа вариабельности сердечного ритма и дисперсионного картирования ЭКГ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / УдГУ. Ижевск: Удмуртский университет, 2009. 255 с.
2. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // Вестн. аритмологии. 2001. № 24. С. 69-85.
3. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Введение в донозологическую диагностику. М.: Слово, 2008. 220 с.
4. Вариабельность сердечного ритма: стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования / рабочая группа Европейского кардиологического общества и Североамериканского общества стимуляции и электрофизиологии [Marek Malik и др.]. СПб.: АОЗТ «Институт кардиологической техники», 2000.
5. Иванов Г.Г., Сула А.С. Дисперсионное ЭКГ-картирование: теоретические основы и клиническая практика. М.: Техносфера, 2009. 192 с.
6. Новые методы электрокардиографии / под. ред. С.В. Грачева, Г.Г. Иванова, А.Л. Сыркина. М.: Техносфера, 2007. 552 с.
7. Иванов Г.Г., Сула А.С. Дисперсионное ЭКГ-картирование: теоретические основы и клиническая практика. М.: Техносфера, 2009. 192 с.

Поступила в редакцию 13.02.12

N.I. Shlyk, E.N. Sapozhnikova

Analysis of heart rate variability and dispersive mapping of ecg of participants of parallel researches “Mars-500” with different dominant types of vegetative regulation

An interrelation between individual-typological peculiarities of vegetative regulation of heart rate and level of myocardium functioning is being considered. The results of annual dynamics of heart rate variability figures and dispersive mapping of ECG of “Mars-500” project participants are given depending on dominant type of vegetative regulation.

Keywords: heart rate variability, types of vegetative regulation, dispersive mapping of ECG, sportsmen, “Mars-500” project.

Шлык Наталья Ивановна, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой
ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет»
426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1
E-mail: medbio@uni.udm.ru

Сапожникова Елена Николаевна, кандидат биологических наук, доцент
ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет»
426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1
E-mail: medbio@uni.udm.ru

Shlyk N.I., doctor of biology, professor
Udmurt State University
426034, Russia, Izhevsk, Universitetskaya st., 1
E-mail: medbio@uni.udm.ru

Sapozhnikova E.N.,
candidate of biology, associate professor
Udmurt State University
426034, Russia, Izhevsk, Universitetskaya St., 1
E-mail: medbio@uni.udm.ru