

UDC 61

**Type of Autonomic Regulation and Risk of Cardiac Event in Athletes  
(Based on the Results of Dynamic Study of Heart Rate Variability  
and Dispersed ESG Mapping)**

<sup>1</sup>N.I. Shlyk  
<sup>2</sup>E.N. Sapozhnikova  
<sup>3</sup>T.G. Kirillova

<sup>1-3</sup>Udmurt State University, Russia  
1/1, Universitetskaya Street, Izhevsk, Udmurtia, 426034

**Abstract.** Dynamic study of heart rate variability and dispersed cardiac mapping of 11 students-athletes, aged 20-24, using apparatus Ekosan-2007 was conducted during 15 months. The results of the study help to imagine the individual image of autonomic regulation and its changes, opening up new possibilities to control body reserves in everyday life, during training and for early prediction of overtraining, stress and donozological states.

**Keywords:** heart rate variability; dispersed cardiac mapping; athletes.

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

При изучении функционального состояния организма физиологами, врачами и тренерами чаще всего не учитываются индивидуально-типологические особенности регуляторных систем, о которых можно судить по результатам анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР). К сожалению, в большинстве работ по изучению ВСР усредняются межиндивидуальные (внутригрупповые) значения показателей ВСР, что является грубой ошибкой, ведущей к нивелированию результатов и ложной трактовке изучаемых процессов в состоянии регуляторных систем и, в конечном итоге, дискредитации самого метода. В данной работе представлен новый подход к оценке ВСР у исследуемых в зависимости от типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма [6].

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; 2; 6].

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

**Материалы и методика исследований.** Под наблюдением находились 11 студентов-спортсменов (КМС и МС) факультета физической культуры Удмуртского государственного университета в возрасте 20–24 лет. Исследования ВСР и дисперсионного картирования сердца (ДК ЭКГ) проводились с использованием аппаратно-программного комплекса «Экосан-2007» один раз в месяц в течение 15 месяцев. Анализ ВСР осуществлялся с помощью программы «Иским 6» с учетом методических рекомендаций, разработанных группой российских экспертов [3]. 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 ВСП осуществлялся индивидуальный подход к оценке типологических особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма [6]. Экспресс-оценка преобладающего типа вегетативной регуляции проводилась по показателям SI и VLF. Умеренному преобладанию центральной регуляции (I тип) соответствовали значения  $SI > 100$  усл. ед.,  $VLF > 240$  мс<sup>2</sup>; выраженному преобладанию центральной регуляции (II тип) –  $SI > 100$  усл. ед.,  $VLF < 240$  мс<sup>2</sup>; умеренному преобладанию автономной регуляции (III тип) –  $SI < 70$  усл. ед.,  $VLF > 240$  мс<sup>2</sup>; выраженному преобладанию автономной регуляции (IV тип) –  $SI < 25$  усл. ед.,  $VLF > 240$  мс<sup>2</sup>,  $TP > 8000$  мс<sup>2</sup>. При этом обязательно учитывались все другие показатели ВСП.

При определении типа вегетативной регуляции могут встречаться переходные состояния из одного в другое, когда показатели ВСП 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 ВСП. При динамических исследованиях ВСП 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; 6]. 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.** Используя индивидуальный подход к оценке типа вегетативной регуляции сердечного ритма [6], мы выявили исследуемых спортсменов 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)] (табл. 1).

Результатами анализа ВСП установлено, 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., Ш.М.). 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 подтверждает наши предположения 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 наблюдений**

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

Эти различия можно наблюдать на примере динамических исследований двух спортсменов К.И. (табл. 2) и Д.И. (табл. 3) с разными типами вегетативной регуляции.

Таблица 2

**Динамика показателей ВСР у спортсмена К.И. с преобладанием центральной регуляции**

Дата иссл.	ЧСС, уд/мин	MxDM, н, мс	SI, у.е.	TP, мс <sup>2</sup>	HF, мс <sup>2</sup>	LF, мс <sup>2</sup>	VLF, мс <sup>2</sup>	ULF, мс <sup>2</sup>	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» (табл. 4).

Таблица 3

**Динамика показателей ВСР у исследуемого Д.И. с преобладанием автономной регуляции**

Дата иссл.	ЧСС уд/мин	MxDMn мс	SI у.е.	TP мс <sup>2</sup>	HF мс <sup>2</sup>	LF мс <sup>2</sup>	VLF мс <sup>2</sup>	ULF мс <sup>2</sup>	HF %	LF %	VLF %	ULF %
окт. 10	54	467	27,5	5226	2801	1744,2	300,6	380,0	54	33	6	7
нояб. 10	58	365	47,4	2942	809	1546,0	491,5	94,8	28	53	17	3
дек. 10	54	468	29,8	4386	1591	1638,8	556,0	600,4	36	37	13	14
январ. 11	65	318	68,0	2317	713	1070,2	477,4	56,1	31	46	21	2
февр. 11	58	487	26,0	6366	1207	2548,1	2058,7	552,0	19	40	32	9
мар. 11	53	450	34,0	3931	1073	1546,4	1035,1	276,8	27	39	26	7
апр. 11	65	468	42,6	3927	861	1689,5	1226,5	149,9	22	43	31	4
май 11	47	701	10,0	10858	4133	5173,6	783,2	767,9	38	48	7	7
июн. 11	54	477	22,0	7270	2034	2814,2	971,3	1450,7	28	39	13	20
июл. 11	60	345	48,0	2960	836	1010,5	623,6	489,9	28	34	21	17
авг. 11	50	390	25,0	5007	1984	1886,9	648,4	487,6	40	38	13	10
сент. 11	58	421	36,5	3917	1249	1568,4	553,1	545,5	32	40	14	14
окт. 11	49	637	14,0	9969	3137	3068,2	2395,4	1368,1	31	31	24	14
нояб. 11	56	499	28,0	3447	1299	1732,5	258,2	156,9	38	50	7	5
дек. 11	45	654	16,0	8382	3056	2667,5	618,6	2040,5	36	32	7	24

Было установлено, что спортсмен К.И. на протяжении всех исследований отличается от спортсмена Д.И. 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».

Таблица 4

**Динамика интегрального показателя «Миокард» у спортсменов с разными преобладающими типами вегетативной регуляции, %**

Преобладание центральной регуляции										
Интегральный показатель «Миокард» в %										
25	23	31	22	17	14	22	17	22	20	17
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Месяц										
Преобладание автономной регуляции										
Интегральный показатель «Миокард» в %										
8	14	12	4	8	14	7	14	13	12	14
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Месяц										

Было установлено, что чем выше уровень преобладания центральной регуляции у спортсменов, тем больше дисперсионных отклонений ЭКГ от нормы по показателю «Миокард» и изменений в цветовой гамме «портрета сердца».

Подобные дисперсионные характеристики ЭКГ свидетельствуют о нарушениях де- и реполяризации предсердий, характерных для гипоксии миокарда, и изменении электролитных и метаболических процессов миокарда [4; 5]. 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.

У спортсмена 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» у этого спортсмена не выходит за пределы нормы и варьируется в пределах от 7 до 14 %, а в «портрете сердца» постоянно превалирует зеленый цвет.

**Заключение.** Таким образом, динамические исследования ВСП 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 напряжение центральных механизмов регуляции сердечного ритма приводит к серьезным изменениям в деятельности миокарда. Чем более выражено напряжение кардиорегуляторных систем вегетативной регуляции, тем существенней неблагоприятные изменения в функциональном состоянии миокарда.

Результаты проведенных динамических исследований ВСП у одних и тех же спортсменов позволяют иметь представление об индивидуальном «портрете» вегетативной регуляции и ее изменениях, что открывает новые возможности для управления функциональными резервами организма в повседневной жизни, тренировочном процессе, раннего прогнозирования перетренированности, перенапряжения и донозологических состояний. Систематический контроль за функциональным состоянием регуляции по данным ВСП есть не что иное, как своеобразный ключ к управлению здоровьем и спортивным долголетием каждого спортсмена. Только нужно грамотно научиться пользоваться этим ключом.

#### **Примечания:**

1. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейкин [и др.] // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С. 69–85.

2. Баевский, Р. М. Введение в донозологическую диагностику / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. М. : Слово, 2008. 220 с.

3. Variability 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. : Ин-т кардиол. техники, 2000.

4. Иванов Г.Г. Дисперсионное ЭКГ-картирование: теоретические основы и клиническая практика / Г.Г. Иванов, А.С. Сула. М. : Техносфера, 2009. 192 с.

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

6. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов. УдГУ. Ижевск : Удмурт. ун-т, 2009. 255 с.

УДК 61

**Тип вегетативной регуляции и риск развития патологии сердца у спортсменов (по результатам динамических исследований variability сердечного ритма и дисперсионного картирования ЭКГ)**

<sup>1</sup> Н.И. Шлык

<sup>2</sup> Е.Н. Сапожникова

<sup>3</sup> Т.Г. Кириллова

<sup>1-3</sup> Удмуртский государственный университет, Россия  
426034, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, корп.1

**Аннотация.** Динамическое изучение variability сердечного ритма и дисперсионного картирования сердца проводилось у 11 студентов-спортсменов в возрасте 20–24 лет с использованием аппаратно-программного комплекса «Экосан-2007» в течение 15 месяцев. Результаты проведенных исследований позволяют создать представление об индивидуальном «портрете» вегетативной регуляции и ее изменениях, что открывает новые возможности для управления функциональными резервами организма в повседневной жизни, тренировочном процессе, раннего прогнозирования перетренированности, перенапряжения и донологических состояний.

**Ключевые слова:** variability сердечного ритма; дисперсионное картирование сердца; спортсмены.