
МЕТОД ДИСПЕРСИОННОГО КАРТИРОВАНИЯ В ОЦЕНКЕ ЦИРКАДНЫХ И ГОДИЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ МИКРОАЛЬТЕРНАЦИЙ ЭКГ-СИГНАЛА

Г.Г. Иванов

Отдел кардиологии НИЦ
Первый московский медицинский университет им. И.М. Сеченова
ул. Трофимова, 26-2, Москва, Россия, 109432

Кафедра госпитальной терапии
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8, Москва, Россия, 117198

**В.Е. Дворников, Ю.В. Михеева, Н.А. Чуйко,
Г. Халаби, Х. Азаракш, Л.А. Эйхенвальд**

Кафедра госпитальной терапии
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8, Москва, Россия, 117198

Исследованы суточные и сезонные ритмы показателей дисперсионного анализа ЭКГ-сигнала, что открывает новые возможности для неинвазивного изучения процессов на кардиометаболических нарушениях. В публикации впервые представлены материалы по мониторингованию показателей дисперсионного картирования ЭКГ с использованием суточной записи. Наиболее важным результатом исследования явилось выявление суточных и сезонных ритмов показателей ДК ЭКГ у здоровых лиц.

Ключевые слова: дисперсионное картирование, ЭКГ-сигнал, суточные и сезонные биологические ритмы, мониторингование микроальтернаций.

В последнее время возрос интерес к хронобиологическим аспектам здоровья. Сезонные ритмы организма являются составной частью адаптационного процесса, особенно ярко выражены они в тех климатических поясах, где они наиболее контрастны. Биоритмы можно определить как статистически достоверные изменения различных показателей физиологических процессов волнообразной формы. Биоритмам подчинена жизнедеятельность всех живых организмов на всех уровнях их существования. В основе временной организации живой материи лежит эндогенная природа биоритмов, корригируемая экзогенными факторами. Устойчивость эндогенной компоненты биологических часов поддерживается тесным взаимодействием нервной и гуморальной систем [1; 2]. Суточные колебания различных функций организма образуют единый ансамбль, в котором прослеживается строгая последовательность в активации поведенческих, физиологических и метаболических процессов.

Характеристики хроноструктуры циркадианных ритмов сердечно-сосудистой системы имеют во многом сходную динамику во все сезоны года, но отличаются в деталях. Весенний и осенний периоды являются переходными, и состояние сосудистого тонуса оказывает существенно большее влияние на функцию сердца, нежели в другие сезоны года [3]. Авторам удалось выявить характеристики циркадианной ритмики сердечно-сосудистой системы, интересных с теоретической и практической точек зрения. Выявлены вариации амплитуды и времени акрофа-

зы циркадианного ритма сердца с сезонами года, наличие типовой биоритмологической реакции сердца на воздействие различных внешних факторов, включая геомагнитную активность.

Метод дисперсионного картирования ЭКГ (ДК ЭКГ) появился в последнее десятилетие и продолжает активно изучаться. Показано, что в настоящее время он может использоваться преимущественно в качестве тестирования при скрининге и мониторинговании. Основу изменений низкоамплитудных колебаний ЭКГ-сигнала составляют нарушения ионно-транспортной функции, структуры клеточных мембран и митохондриального энергообразования, нарушения микроциркуляции и ряд других факторов. Характер и степень изменения микроальтернаций является новой диагностической областью признаков, отражающих «запас» электрофизиологических компенсаторных ресурсов миокарда. Мониторинг показателей дисперсионного картирования не имеет аналогов, так как ни один из известных методов этот ресурс не измеряет. Исследований, посвященных изучению суточной и годовой периодики микроколебаний ЭКГ-сигнала на протяжении кардиоцикла P-QRS-T у здоровых лиц, практически не проводилось [4].

Материалы и методы. Основным интегральным параметром, результаты анализа которого изложены в настоящей работе, является показатель, который получил наименование «Миокард» или индекс микроальтернаций миокарда (ИММ). В данном сообщении проанализированы данные показателей ДК при суточном и годовичном наблюдении в группе из 51 здоровых лиц в возрасте 23 ± 3 года. Для изучения микроколебаний ЭКГ использовались записи суточного холтеровского мониторингования с использованием специализированного холтеровского монитора микроальтернаций и программного обеспечения. Далее «нарезались» участки длительностью в 15—20 минут (без значимых артефактов) из каждого часа и анализировались их средние значения. Проводился стандартный анализ показателей ДК: интегральный показатель ИММ и расчетный индекс частотно-метаболической адаптации (индекс $ЧСС_{\max}/ИММ_{\max}$). Полученные результаты представлены в табл. 1 и 2. На первом этапе в исходе проводили клинико-функциональное исследование исключения патологии сердечно-сосудистой системы. Дисперсионное картирование ЭКГ проводилось 4 раза с интервалом в 3 месяца (весна, лето, осень и зима).

Анализ полученных данных проведен с помощью методов статистики в программах Microsoft Excel 2000; Primer of Biostatistics 4.03. Оценивался *t*-критерий Стьюдента для связанных и несвязанных выборок. Для оценки значимости различий между данными исследования в разных группах больных использован *t*-критерий Стьюдента с и без коэффициента Уайта. Все данные в таблицах представлены в форме «среднее значение \pm стандартная ошибка». Различия считались достоверными при $p < 0,05$.

Как следует из представленных в табл. 1 данных, показатели ЭХО-КГ в группе здоровых лиц не имели отклонений. В этой группе максимальные значения ЧСС/ИММ выявлены в 10 часов утра ($4,4 \pm 0,3$) и в 18 часов ($4,9 \pm 0,3$). Достоверное снижение индекса отмечено в период от 02 до 05 часов ($3,9 \pm 0,1$) (табл. 2). Динамика показателя ИММ при суточном мониторинговании у здоровых лиц вы-

явила наличие колебаний значений ИММ в пределах 5—10%, которые не превышали диапазон средних значений в 20% случаев. В 12% случаев колебания были большими — до 10—16%. По нашим данным, полученным ранее, порог нормального значения индекса $ЧСС_{\text{макс}} / ИММ_{\text{макс}}$ составляет от 2,0 до 4,5; значения ИММ при максимальной ЧСС < 30%. Как следует из полученных данных, максимальное снижение индекса ЧСС/ИММ выявлено в ночной период с 04 до 06 часов, а максимальный пик к 09 часам утра. В районе 17—18 часов выявлялся второй пик повышения.

Таблица 1

Показатели ЭХО-КГ

МЖП в диастолу IVSd/cm	МЖП в систолу IVSs/cm	ЛЖ в диастолу LVIDd/cm	ЛЖ в систолу LVPWd/cm	Задняя стенка в диастолу LVPWd/cm	Задняя стенка в систолу LVPWs/cm	EF Фракция выброса
0,80 ± 0,05	1,31 ± 0,900	4,82 ± 0,82	2,96 ± 0,73	0,74 ± 0,24	1,38 ± 0,09	71,09 ± 0,09

Таблица 2

Показатели ДК здоровых лиц на протяжении суток

Время суток	ИММ (%)	ЧСС (в 1 мин)	ЧСС/ИММ (отн. ед.)	РИТМ (отн. ед.)
01	20,0 ± 0,5	77,7 ± 0,8	3,6 ± 0,4	44,3 ± 0,1
02	16,5 ± 0,5	70,1 ± 0,7	4,2 ± 0,2	52,6 ± 0,2
03	17,1 ± 0,3	64,0 ± 0,9	3,9 ± 0,4	47,8 ± 0,1
04	15,2 ± 0,4	59,2 ± 1,1	3,9 ± 0,4	52,8 ± 0,1
05	19,6 ± 0,3	63,8 ± 1,3	3,1 ± 0,3	58,9 ± 0,3
06	17,8 ± 0,3	64,0 ± 1,4	3,7 ± 0,3	53,6 ± 0,3
07	18,8 ± 0,5	60,2 ± 1,8	3,3 ± 0,2	62,7 ± 0,2
08	15,4 ± 0,4	85,3 ± 1,9	3,6 ± 0,2	51,2 ± 0,2
09	20,7 ± 0,5	65,9 ± 1,5	4,1 ± 0,3	50,7 ± 0,3
10	16,8 ± 0,5	73,3 ± 1,1	4,4 ± 0,3	47,5 ± 0,1
11	18,4 ± 0,4	71,8 ± 1,2	3,9 ± 0,3	50,4 ± 0,2
12	17,3 ± 0,6	64,4 ± 1,1	4,0 ± 0,3	42,8 ± 0,1
13	21,8 ± 0,5	96,2 ± 1,4	4,9 ± 0,4	44,7 ± 0,1
14	16,5 ± 0,6	75,1 ± 1,3	4,8 ± 0,5	48,6 ± 0,3
15	17,9 ± 0,5	74,8 ± 1,3	4,0 ± 0,3	40,4 ± 0,3
16	16,6 ± 0,4	68,1 ± 1,2	4,5 ± 0,2	39,9 ± 0,2
17	16,7 ± 0,3	84,0 ± 1,7	4,3 ± 0,3	42,9 ± 0,2
18	20,0 ± 0,4	73,2 ± 1,8	4,9 ± 0,2	43,6 ± 0,4
19	18,8 ± 0,2	74,8 ± 1,2	4,2 ± 0,3	42,2 ± 0,2
20	20,2 ± 0,5	73,8 ± 1,3	4,4 ± 1,1	45,5 ± 0,1
21	22,9 ± 0,4	80,1 ± 1,2	3,8 ± 1,5	42,8 ± 0,1
22	15,8 ± 0,3	70,0 ± 1,7	4,7 ± 1,6	40,8 ± 0,3
23	18,2 ± 0,5	75,2 ± 1,8	4,2 ± 1,3	43,5 ± 0,3
24	16,7 ± 0,4	81,8 ± 1,2	4,5 ± 1,5	45,4 ± 0,2

При анализе годовой динамики ЭКГ-12, ВСП и ДК, выявляются их сезонные колебания в осенний и весенний периоды (табл. 3).

Таблица 3

Сезонная динамика показателей ЭКГ-12, ВСП и ДК

Показатель	Зима	Весна	Лето	Осень
Сезонная динамика ЭКГ-12				
PQ, мс	145,5 ± 2,2	147,2 ± 1,2	145,4 ± 1,0	146,9 ± 1,2
QT, мс	361,3 ± 3,0	359,9 ± 3,2	364,2 ± 2,6	364,7 ± 3,2
P, мс	110,7 ± 2,2	111,9 ± 2,2	110,0 ± 1,0	109,5 ± 1,0
QRS, мс	78,0 ± 2,0	79,3 ± 1,2	78,8 ± 1,0	78,4 ± 0,7
Сезонная динамика ВСП				
РИТМ	30,0 ± 3,2	30,6 ± 2,1	29,9 ± 2,4	32,1 ± 0,15
СКО, мс	36,5 ± 2,2	35,1 ± 2,0	31,4 ± 2,0*	31,4 ± 3,4
Коэф. вариаци	4,8 ± 0,5	4,6 ± 1,1	4,1 ± 0,4*	4,3 ± 0,6
Сезонная динамика ДК				
ИММ%	13,9 ± 1,0	14,5 ± 0,8	14,7 ± 0,5*	14,3 ± 0,6*
ЧСС, в мин	80,9 ± 5,2	79,7 ± 2,8	78,1 ± 1,5	79,3 ± 0,6
ИММ/ЧСС	5,75 ± 0,3	5,80 ± 0,2	5,3 ± 0,1*	5,5 ± 0,1
G1	2,5 ± 0,08	2,3 ± 0,08	2,3 ± 0,08	2,2 ± 0,03
G2	2,5 ± 0,07	2,7 ± 0,04*	2,5 ± 0,07	2,5 ± 1,04
G3	1,0 ± 0,06	1,3 ± 0,02*	1,1 ± 0,07	1,1 ± 0,04
G4	1,0 ± 0,07	1,1 ± 0,05	1,1 ± 0,06	1,1 ± 0,03
G5	1,0 ± 0,08	1,0 ± 0,04	1,0 ± 0,06	1,0 ± 0,02
G6	1,1 ± 0,06	1,5 ± 0,03*	1,2 ± 0,04	1,4 ± 0,03
G7	1,2 ± 0,05	1,3 ± 0,06	1,4 ± 0,07	1,4 ± 0,07
G8	1,0 ± 0,06	1,0 ± 0,06	1,0 ± 0,08	1,0 ± 0,07
G9	3,2 ± 0,06	3,0 ± 0,05*	3,1 ± 0,08	3,4 ± 0,03

Примечание: * — показатель, достоверно (P < 0,05) отличающийся от аналогичного показателя, зарегистрированного зимой.

Анализ динамики показателей ДК (G1-G9) в группе обследованных контрольной группы выявил наибольшее повышение значений G2-G3, G6, G9 в весенний период, а G9 и осенью (3,4 ± 0,03 мкВ).

Наибольшие различия средних значений отношения анализируемых показателей в обследованной группе выявлены по показателю ЧСС/ИММ (1,20 ± 0,2) день (07—24)/ночь (01—06) (табл. 4).

Таблица 4

Средние значения отношения анализируемых показателей в обследованной группе — день (07—24)/ночь (01—06)

Показатель	ИММ	ЧСС	ЧСС/ИММ	РИТМ
Отношение День/ночь	1,18 ± 0,2	1,13 ± 0,2	1,20 ± 0,2	1,03 ± 0,2

Обсуждение. В процессе жизнедеятельности уровень функционирования организма подвергается непрерывной перенастройке внутренних связей между физиологическими системами, отражающиеся в изменении их активности и регулирования. Было показано, что метаболические процессы отличаются периодическими изменениями или колебаниями [3]. В частности, колебания на молекулярном

уровне характерны для многих ферментативных реакций, в том числе и для расщепления глюкозы с образованием АТФ, равной 2—3 минутам. Нарушение этих процессов, по мнению авторов, ведет к недостаточности синтеза АТФ, а следовательно к метаболическому энергодефициту.

Между биохимическими и биофизическими колебательными изменениями в тканях существует несомненная связь. Циркадный ритм присущ всем показателям функционирования сердечнососудистой системы — частоте сокращений сердца, структуре ритма сердца, объемной скорости кровотока, артериальному давлению (АД). В течение суток изменяется не только деятельность отдельных звеньев системы кровообращения, но и их реактивность, чувствительность к различным воздействиям — физическим нагрузкам, вазоактивным веществам [5; 6].

Таким образом, в результате проведенных исследований показано, что при регистрации ЭКГ-сигнала с анализом показателей микроальтернации ЭКГ-сигнала наблюдаются суточные и годовые колебания. Это может говорить о наличии взаимосвязи между микроальтернациями амплитудных характеристик ЭКГ-сигнала и структурами, которые ответственны за генерацию соответствующих колебаний. Вероятно, что изменение микроальтернаций отражает известный универсальный механизм изменения функции миокарда в ответ на несоответствие потребления кислорода нагрузкам любого генеза, предъявляемым миокарду. Создается впечатление, что сезонные колебания электрофизиологических характеристик миокарда «записаны» в кардиомиоцитах подобно генетической информации. Установление этого нового факта расширяет наши представления о биологической организации системы управления в живом организме и может быть отнесено к фундаментальным результатам исследования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Агаджанян Н.А., Баширов А.А., Власова И.Г.* О физиологических механизмах биоритмов // *Успехи физиол. наук.* 1987. Т. 18. № 4. С. 80—104.
- [2] *Агаджанян Н.А., Чеснокова С.А., Михайловская Т.А.* Фактор времени и физиологические реакции. М.: Изд-во Университета дружбы народов, 1989.
- [3] *Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.М., Шибзухов К.В.* Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды. М.: Изд-во Российского университета дружбы народов; Полиграф сервис, 2002.
- [4] *Иванов Г.Г., Сула А.С.* Дисперсионное ЭКГ-картирование: теоретические основы и клиническая практика. М.: Техносфера, 2009.
- [5] *Заславская Р.М.* Хронодиагностика и хронотерапия заболеваний сердечно-сосудистой системы. М.: Медицина, 1991.
- [6] *Баевский Р.М., Чернышов М.К.* Некоторые аспекты системного подхода к анализу временной организации функции в живом организме // *Теоретические и прикладные аспекты временной организации биосистем.* М.: Наука, 1976.

REFERENCES

- [1] *Agadzhanyan N.A., Bashkirov A.A., Vlasova I.* About physiological mechanism biorhythms // *Successes fiziol. nauk.* 1987. V. 18. N 4. S. 80—104.

- [2] *Agadzhanyan N.A., Chesnokova S.A., Mihaylovskaya T.A.* Factor of time and physiological reaction. M.: PFUR, 1989.
- [3] *Breus T.K., Shibisov C.M., Baevskiy R.M., Shebzuhev K.B.* Hronostruktura byorythms of the heart and factors of the external ambience. M., 2002.
- [4] *Ivanov G.G., Soula A.S.* Dispersion EKG-mapping: theoretical bases and clinical praktika. M.: Tehnosfera, 2009.
- [5] *Zaslavskaya R.M.* Hronodiagnostika and hronotherapy of diseases cardiovascular sistems. M.: Medicine, 1991.
- [6] *Baevskiy R.M., CHernyshov M.K.* Some aspects of the system approach to analysis of the time organization to functions in живом organism // Theoretical and applied aspects to time organization biosistem. M.: Science, 1976.

THE METHOD OF DISPERSION MAPPING IN ESTIMATION OF DAYLY END ANNUAL FLUCTUATIONS MICROALTERNANCE ECG-SIGNAL

G.G. Ivanov

Department of Cardiology
Sechenov First Moscow State Medical University
Trofimova str., 26, Moscow, Russia, 109432

Department of hospital therapy
Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 8, Moscow, Russia, 117198

**V.E. Dvornicov, YU.V. Miheeva, N.A. Cuiko,
G. Halabi, H. Azaraksh, L.A. Aeyhenvald**

Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklai str., 8, Moscow, Russia, 117198

The study dayly and seasonal rhythm of the factors the analysis variance EKG opens the new possibilities for not invasive study of the processes on cardiometabolic level to organizations of the alive system. The material for the first time introduce in publications on monitoring factors dispersion mapping of ECG-signal. The most important result of the study was a discovery dayly and seasonal rhythm of the factors DM ECG beside sound persons.

Key words: dispersion mapping, ECG-signal, day allowance and seasonal biological rhythms, monitoring microalternans.