

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРУКТУРЫ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА У ЗДОРОВЫХ ЛИЦ ПО ДАННЫМ PP- И RR-ИНТЕРВАЛОВ

**Г.Г. Иванов, В.Е. Дворников, С. Сбеитан,
Е.Ю. Булгакова, М.Р. Александрова, А.Н. Грибанов**

Кафедра госпитальной терапии РУДН

Ул. Миклухо-Маклая, д.8, Москва, 117198, Медицинский факультет

Метод анализа PP-интервалов, отражающий функцию синусового узла и ритмическую деятельность предсердий, может быть использован при анализе вариабельности ритма сердца и получения дополнительных данных для оценки модуляции вегетативных влияний на сердце. Впервые рассмотрены показатели структуры сердечного ритма в сопоставлении двух режимов усреднения по PP- и RR-триггерным режимам. Приведены результаты обследования здоровой группы лиц разного возраста. Кроме того, представлены данные проведения ортостатической. Структура показателей сердечного ритма в группе здоровых по данным анализа PP- и RR-интервалов в возрасте 25—45 лет не имеет значительных различий в покое и изменяется однонаправленно при проведении функциональных проб. В старшей возрастной группе (50 ± 6 лет) выявлено рассогласование влияний отделов ВНС на ритмическую активность синусового узла и желудочки, а также показатели индексов: централизации, вегетативного баланса и активации подкорковых центров.

Среди методов изучения ВНС исследование вариабельности сердечного ритма (BCP) занимает особое место. Традиционный метод анализа с анализом RR-интервалов давно известен и широко представлен в публикациях. Среди методов изучения ВНС исследование вариабельности сердечного ритма (BCP) занимает особое место. BCP рассматривается не только как показатель функции синусового узла, но в большей степени как интегральный показатель состояния многих систем обеспечения гомеостаза организма.

О вариабельности ритма сердца традиционно судят по длительности RR-интервалов ЭКГ, хотя более правильным будет рассматривание длительности PP-интервалов, так как именно начало зубца Р как раз и является началом нового сердечного цикла, связанного с возбуждением синусового узла. Склонность к оценке RR-интервалов связана с тем, что зубец R, особенно во втором стандартном отведении, наиболее легко выделить из ЭКГ-сигнала при компьютерной обработке в силу того, что он является наибольшим по амплитуде. При этом BCP рассматривается не только как показатель функции синусового узла,

но в большей степени как интегральный показатель состояния многих систем обеспечения гомеостаза организма.

Симпатические отдел ВНС — это система мобилизации резервов, генерализованного и быстрого вовлечения в реакцию и мобилизацию многих органов и систем. В отличие от этого парасимпатический отдел — это система текущей регуляции физиологических процессов. Многие симпатические и парасимпатические эфферентные волокна находятся в состоянии непрерывного возбуждения, получившего название тонус. В физиологических условиях между тонусом СНС и ПНС имеет место «относительное равновесие», и в большинстве случаев они являются синергистами. Тонкая координация деятельности отделов ВНС осуществляется надсегментарными центрами с участием коры головного мозга. Тонические влияния симпатического и парасимпатического отделов нервной системы наиболее подробно исследованы на сердце.

Как известно, вегетативная иннервация сердца не является симметричной. Симпатическая иннервация сердца осуществляется из звездчатого и верхнего шейного ганглиев. Правосторонние симпатические нервы подходят к синусовому узлу (СУ), межжелудочковой перегородке и передней стенке сердца, левосторонние — к АВ узлу и задне-боковой стенке. В желудочки терминали блуждающих нервов проходят по сосудам проводящей нервной системы сердца. Аfferентные и эфферентные волокна блуждающего нерва пересекают АВ соединение и располагаются субэндокардиально. Парасимпатические нервы, расположенные в субэндокардиальном слое, идут к синусовому и АВ узлам, густо расположены в области задненижней стенки ЛЖ.

На синоаурикулярном уровне нет строгого разграничения симпатического и парасимпатического влияний. На уровне АВ узла влияние обоих отделов ВНС более разграничено. Изменение времени АВ проведения в ответ на повышение симпатической или парасимпатической активности зависит от тонуса другого отдела. Нейрогистологические исследования показали, что СУ и АВ-узел находятся, в основном, под влиянием блуждающего (и в меньшей степени симпатического) нерва, а желудочки контролируются, в основном, СНС. Выделяют также интракардиальные (обусловлены изменением ОЦК и периферического сопротивления) и экстракардиальные механизмы регуляции сердечного ритма. Вещества, содержащиеся в перикардиальной жидкости, могут изменять функцию ВНС, тормозя или стимулируя секрецию медиатора. Такой эффект возможен, поскольку и блуждающий и симпатические нервы располагаются субэпикардиально на определенных участках миокарда желудочков.

В какой степени гемодинамические изменения, происходящие в полостях сердца, изменения электрофизиологических свойств миокарда и проводящей системы сердца могут оказывать влияние на изменение показателей ВСР, остается пока неясным.

Имеющиеся технические сложности выполнения методики анализа РР-интервалов обусловлены проблемой точной локализации «стабильной точки отсчета» зубца Р на поверхностной ЭКГ. Однако благодаря созданию систем ЭКГ высокого разрешения, где используются специальные алгоритмы выделения и оценки предсердного зубца Р, данные работы в настоящее время могут проводиться. Системы ЭКГ ВР с анализом зубца Р и алгоритмы его выделения используются уже более 15 лет и доказали высокую надежность при усреднении по зубцу Р для анализа поздних потенциалов предсердий [1, 2, 3, 4, 5]. В доступной нам литературе мы встретили только единичные работы, посвященные проблеме анализа и физиологической интерпретации структуры РР-распределения и сопоставления с показателями ВСР при RR-анализе.

Таким образом, существуют определенные теоретические предпосылки для использования временного и спектрального анализа ритмических сокращений предсердий по данным РР-интервалов для оценки вегетативных влияний на сердце. Эти физиологические корреляты ВСР и механизмы вегетативной модуляции сердечного ритма определяются наличием различий вагусных и симпатических влияний на функцию синусового узла, предсердий и АВ-узла, с одной стороны, и желудочков — с другой.

Синхронный анализ ритмической деятельности предсердий и желудочков, возможно, будет более полно и точно отражать вегетативную регуляцию деятельности сердца. Совершенствование неинвазивного метода анализа ВСР может открыть новые возможности для продолжения изучения этого аспекта проблемы.

Материал и методы. Обследовано 113 здоровых лиц различного возраста (три подгруппы), у которых проведенное клиничко-инструментальное обследование позволило исключить какую-либо патологию на момент исследования: анамнестические данные, физикальные, электро- и эхокардиографические, рентгенологические и лабораторные указаний на заболевание сердца, легких и других органов. Обследование здоровых мужчин и женщин включало в себя съем стандартной ЭКГ-покоя, проведение нагрузочного тредмил-теста, суточного мониторирования ЭКГ по Холтеру, общий и биохимический анализ крови, анализ уровня тиреоидных гормонов в крови. В контрольную группу 1 включались лица с отсутствием патологических изменений на ЭКГ-покоя, отрицательным результатом тредмил-теста, отсутствием различных аритмий при проведении холтеровского мониторирования и количеством суправентрикулярных и желудочковых экстрасистол не более 10 и 15 соответственно, отсутствием артериальной гипертензии. В исследования также не включались лица с грубыми нарушениями общего и биохимического анализов крови, лица с патологией щитовидной железы и лица, страдающие какими-либо острыми и хроническими заболеваниями.

Таблица 1

Общая характеристика обследованных лиц

Номер	Группа	Количество	М : Ж	Средн. возраст
1	1а Контрольная	65	55 : 10	31,0 ± 4,2
	1б Контрольная	26	15 : 11	40,1 ± 6,4
	1в Контрольная	22	13 : 9	50,4 ± 6,0
	Итого	113	83 : 30	41,6 ± 2,1

Временной и спектральный анализ ВСР проведен в соответствии с Рекомендациями рабочей группы Европейского Кардиологического общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии «Вариабельность сердечного ритма: стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования» [6], а также согласно Российским «Методическим рекомендациям по анализу вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем». По данным спектрального анализа вычисляли также индексы: Индекс центризации — $ИЦ = (LF + VLF)/HF$ (отражает степень преобладания недыхательных составляющих синусовой аритмии над дыхательными) $TotRR/TotPP$ — отношение общих доменов мощностей при RR и PP анализе спектра; Индекс вегетативного баланса — $ИВБ = LF/HF$; Индекс активации подкорковых нервных центров — $ИАП = VLF/HF$. Характеризует активность сердечно-сосудистого подкоркового центра по отношению к более высоким уровням управления.

Для регистрации ЭКГ использовали технические средства, разработанные ТОО «Медицинские компьютерные системы» (г. Зеленоград), состоящие из специализированной платы ввода сигнала, выносного блока для съема кардиосигнала «KARD» и пакет прикладных программ. Позже проводилась процедура временного, спектрально анализа с выбором режима усреднения по RR (R-триггерный режим) или PP интервалам (P-триггерный режим).

Полученные результаты. Показатели вариабельности сердечного ритма в группе здоровых лиц при анализе PP- и RR-интервалов по данным спектрального и временного анализа приведен в таблицах 2—4. Как следует из представленных в табл. 2 данных, в группе здоровых лиц отмечено снижение средних значений общей плотности спектра по мере увеличения возраста. Это касалось обоих режимов усреднения, хотя, в целом, пожалуй, важно отметить достоверно большие значения TP в каждом из возрастных диапазонов при анализе PP-интервалов.

Таблица 2

Показатели спектрального анализа в обследованных группах здоровых лиц

Контр. группы/ режим анализа		TPower, мс ²	VLF, мс ²	LF, мс ²	HF, мс ²	VLF, %	LF, %	HF, %
1а возраст 31 ± 4 (n = 65)	RR	22 121 ± ± 523	2237 ± ± 88	2147 ± ± 81	1529 ± ± 46	38	36	26
	PP	27 856 ± ± 721*	1836 ± ± 74*	1828 ± ± 72*	1234 ± ± 51*	37	38	25
1б возраст 40 ± 6 (n = 26)	RR	20 462 ± ± 1712	1322 ± ± 105	1075 ± ± 77	847 ± ± 54	41	33	26
	PP	29 583 ± ± 1945*	1057 ± ± 90*	1008 ± ± 93	945 ± ± 76	33	31	36
1в возраст 50 ± 6 (n = 22)	RR	15 064 ± ± 1454	914 ± ± 87	656 ± ± 54	326 ± ± 28	48	35	17
	PP	22 677 ± ± 1644*	891 ± ± 60	561 ± ± 42	544 ± ± 34*	45	28	27

Примечание. * — достоверность различий между показателями при анализе PP- и RR-интервалов в каждой из групп ($P < 0,05$).

Анализ в отдельных диапазонах спектра показал, что в группе 1а (34 ± 4 года) средние значения VLF, LF и HF были достоверно ниже при анализе PP, чем при RR-интервалов. При этом пропорции в общей мощности спектра сохранялись при обоих режимах анализа (VLF_{RR} — 38% и VLF_{PP} — 37%, LF_{RR} — 36% и LF_{PP} — 38%, HF_{RR} — 26% и HF_{PP} — 25% соответственно). Важно также отметить, что по мере увеличения возраста отмечено снижение средних абсолютных значений спектральной мощности в каждом из анализируемых диапазонов, однако процентное содержание в суммарной мощности спектра параметров VLF от суммарной мощности спектра (TP) изменялось только в старшей возрастной группе. Так, в группе 1в средние значения в диапазоне VLF при анализе PP и RR спектра были в среднем выше на 10% таковых в группе 1а. В этой группе обращало на себя внимание и снижение значений спектра BCP при анализе PP-интервалов в диапазоне HF при нормальных значениях в этом частотном диапазоне спектра RR интервалов, что может указывать на смещение вегетативного баланса в сторону преобладания влияний симпатического отдела на желудочки и в меньшей степени на синусовый узел.

Процентное содержание домена VLF в старшей возрастной группе превышали таковые младшей группы, но были ниже по абсолютным значениям, что можно трактовать как гипердаптивное состояние (по А.Н. Флейшману) за счет увеличения мощности энергетического спектра гуморального звена нейрогуморальной регуляции.

Таким образом, можно сказать, что возрастные изменения затрагивают в первую очередь показатели высокочастотной области спектра и проявляются снижением их абсолютных значений в старшем возрастном диапазоне и доминированием домена VLF в старшей возрастной группе (в % от суммарной мощно-

сти спектра). Значительных (свыше 10%) различий в процентном содержании доменов во всех частотных диапазонах при анализе по PP и RR-интервалов в группе здоровых лиц нами не выявлено. Ввиду выраженной обратной зависимости от возраста при интерпретации последующих результатов анализа спектра ВСР мы опирались на выбранные нами данные по возрастным диапазонам.

Анализ расчетных индексов (табл. 3) показал значительное увеличение ИЦ в старшей возрастной группе здоровых лиц при анализе RR интервалов ($5,82 \pm 0,69$), который отражает количественную характеристику соотношений между центральным и автономным контурами регуляции сердечного ритма и степень преобладания недыхательных составляющих аритмии. Важно и то обстоятельство, что при этом без изменений остался ИЦ по данным анализа PP-интервалов.

В старшей возрастной группе выявлено увеличение ИАЦП_{RR} ($2,8 \pm 0,23$), отражающее повышенную активность подкорковых нервных центров в старшей возрастной группе (1в). При этом ИВБ (LF/HF) был наиболее низким также в группе 1в (отражение преобладающей парасимпатической регуляции), но при анализе спектра PP-интервалов (в отношении влияния на синусовый узел). Отношение TotRR/TotPP так же прогрессивно снижалось по мере увеличения возраста от $0,76 \pm 0,05$ до $0,65 \pm 0,05$ ($p < 0,05$), что могло являться отражением общей перестройки регуляции, происходящей с увеличением возраста.

Полученные данные показателей временного анализа в обследованных группах здоровых лиц свидетельствовали о том, в данной выборке здоровых лиц различия касались, в основном, известных межгрупповых различий и проявлялись прогрессивным изменением показателей с возрастом (SDNN, RMSSD, pNN50). Снижение значений RMSSD означало снижение активности звена парасимпатической регуляции

Таблица 3

Показатели расчетных индексов при спектральном анализе в обследованных группах здоровых лиц (ИЦ, ИВБ и ИАЦП)

Группы		Индекс централизации (HF + LF/VLF)	Индекс вегетативного баланса (LF/HF)	Индекс активации подкорковых центров (LF/HF)
1а Норма 31 ± 4 (n = 65)	RR	$3,90 \pm 0,21$	$1,90 \pm 0,10$	$1,47 \pm 0,11$
	PP	$3,47 \pm 0,35$	$0,91 \pm 0,11$	$1,49 \pm 0,12$
1б Норма 40 ± 6 (n = 26)	RR	$3,83 \pm 0,51$	$1,03 \pm 0,14$	$1,56 \pm 0,10$
	PP	$3,19 \pm 0,54$	$1,10 \pm 0,10$	$1,12 \pm 0,19$
1в Норма 50 ± 6 (n = 22)	RR	$5,82 \pm 0,69^{**}$	$2,00 \pm 0,18$	$+2,8 \pm 0,23^{**}$
	PP	$3,67 \pm 0,55^{*}$	$-1,00 \pm 0,09^{*}$	$1,65 \pm 0,17^{*}$

Примечание. * — достоверность различий между показателями при анализе PP- и RR-интервалов ($P < 0,05$); ** — то же между группами 1а и 1в.

Таблица 4

Показатели спектрального анализа в обследованных группах здоровых лиц

Группы		TPower, Mc ²	VLF, mc ²	LF, mc ²	HF, mc ²	VLF, %	LF, %	HF, %
1а лежа	RR	19 641 ± ± 678	1667 ± ± 90	1507 ± ± 96	1089 ± ± 89	39	35	26
	PP	25 356 ± ± 1098*	1576 ± ± 91	1458 ± ± 89	1224 ± ± 95	37	34	29
1а стоя	RR	10 550 ± ± 1430**	1388 ± ± 112**	1818 ± ± 106	370 ± ± 34	39	51	10
	PP	13 450 ± ± 841*, **	1401 ± ± 105	1809 ± ± 102	406 ± ± 40	39	50	11

Примечание. * — достоверность различий между показателями при усреднении по PP- и RR-интервалов; ** — достоверность различий по сравнению с данными в положении лежа ($P < 0,05$).

В таблицах 4 и 5 представлены данные результатов спектрального анализа при проведении активной ортопробы. Динамика имеющихся изменений в достаточной степени обычна и соответствует стандартным ранее выявленным и описанным изменениям отдельных частотных компонентов спектра при выполнении данной пробы.

Известно, что нормальная реакция заключается в некотором снижении общей мощности спектра, возрастание мощности LF компоненты и уменьшение HF компоненты с увеличением отношения LF/HF. Хотелось бы обратить внимание, что степень изменений всех показателей при анализе PP- и RR-интервалов была практически идентичной, что свидетельствует об отсутствии расогласования регуляторных систем и сбалансированности входящих в них подсистем (неадекватности ответа) при их влиянии на функционирование синусового узла и желудочков.

Таблица 5

Показатели индексов спектрального анализа ВСР в группе 1а при проведении активной ортопробы

Группы		Индекс централизации (HF + LF / VLF)	Индекс вегетативного баланса (LF / HF)	Индекс активации подкорковых центров (VLF / HF)
1а Лежа	RR	3,90 ± 0,21	1,9 ± 0,10	1,47 ± 0,11
	PP	3,47 ± 0,35	1,9 ± 0,11	1,49 ± 0,09
1а Стоя	RR	8,66 ± 0,35*	5,51 ± 0,37*	3,75 ± 0,23*
	PP	7,91 ± 0,41*	5,06 ± 0,30*	3,45 ± 0,22*

Примечание. * — достоверность различий по сравнению с данными в положении лежа ($P < 0,05$).

Показатели временного анализа и классических статистических показателей (индексы Баевского) при проведении активной ортостатической пробы приведены в табл. 6.

Таблица 6

**Показатели временного анализа в группе 1а
при проведении активной ортостатической пробы**

Группа		Ср. R-R, мс	Мин R-R, мс	Макс RR, мс	SDN N, мс	SDA NN	RMS SD, мс	pNN 50, %	Tri- ang in
1а лежа	RR	917 ± ± 23	728 ± ± 16	1127 ± ± 17	54 ± 4	15 ± 2	46 ± 4	22 ± 2	23 ± 2
	PP	928 ± ± 25	769 ± ± 25	1043 ± ± 30	52 ± 5	13 ± 2	45 ± 5	19 ± 2	18 ± ± 2*
1а стоя	RR	730 ± ± 25**	611 ± ± 16**	884 ± ± 31**	41 ± 5	15 ± 2	22 ± ± 3**	16 ± 3	19 ± 2
	PP	731 ± ± 20**	616 ± ± 17**	880 ± ± 30**	41 ± 6	15 ± 3	25 ± ± 4**	17 ± 3	21 ± 3

Примечание. * — достоверность различий между показателями при усреднении по Р и R зубцу; ** — достоверность различий по сравнению с данными в положении лежа ($P < 0,05$).

Отмечено снижение средних значений при анализе спектра PP- и RR-интервалов показателя RMSSD, однако все изменения при различных режимах носили однонаправленный характер и не различались по степени ответа (изменению показателей).

На основании проведенных исследований можно заключить, что метод анализа PP-интервалов, отражающий функцию синусового узла и ритмическую деятельность предсердий, может быть использован при анализе вариабельности ритма сердца и получения дополнительных данных для оценки модуляции вегетативных влияний на сердце. Структура показателей сердечного ритма в группе здоровых по данным анализа PP- и RR-интервалов в возрасте 25—45 лет не имеет значительных различий в покое и изменяется однонаправленно при проведении функциональных проб. В старшей возрастной группе (50 ± 6 лет) выявлено рассогласование влияний отделов ВНС на ритмическую активность синусового узла и желудочков, а также показатели индексов: централизации, вегетативного баланса и активации подкорковых центров.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Иванов Г.Г., Дворников В.Е. Электрокардиография высокого разрешения — теоретические предпосылки и методические аспекты использования метода // Вестник РУДН. — 1998. — № 1. — С. 8—49.
- [2] Иванов Г.Г., Аль-Валиди Ф.Х., Дворников В.Е., Александрова М.Р. Влияние сахарного диабета на показатели электрической нестабильности миокарда у больных ишемической болезнью сердца (по данным ЭКГ высокого разрешения и вариабельности сердечного ритма) // Ультразвуковая и функциональная диагностика. — 2001. — № 1. — С. 90—98.
- [3] Shouldice R., Heneghan C., Nolan P. et al // Modulating effect of respiration on atrioventricular conduction time assessed using PR interval variation // Med Biol Eng Comput. — 2002. — Vol. 40(6). — P. 609—617.
- [4] Ward S., Shouldice R., O'Brien L.M., C O'Brien et al PP and PR Interval Variations in Pediatric Subjects Being Evaluated for Obstructive Sleep Apnea // Computers in Cardiology. — 2004. — 31. — P. 301—304.

- [5] Yasuma F., Hayano J. Respiratory sinus arrhythmia: why does the heartbeat synchronize with respiratory rhythm? // *Chest*. — 2004. — Feb; 125(2). — С. 683—690.
- [6] Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation and Clinical Use. — Task Force of the Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // *Circulation*. — 1996. — V. 93, N 5. — P. 1043—1065.

THE ANALYSIS OF PARAMETERS STRUCTURE VARIABILITY OF HEART RHYTHM AT HEALTHY PERSONS ON DATA OF PP- AND RR-INTERVALS

**G.G. Ivanov, V.E. Dvornikov, S. Sbeitan,
E.Ju. Bulgakova, M.R. Alexandrova, A.N. Griбанov**

Department of Hospital Therapy RPFU
M. Maklaya st., 8, Moscow, 117198, Medical faculty

The method of PP-intervals analysis, reflecting function of sinus node and rhythmic activity of auricles, can be used at the analysis of variability rhythm of the heart and reception of the additional data for an estimation of modulation of vegetative influences on the heart. For the first time parameters of structure of an intimate rhythm in comparison of two modes of averaging on PP- and RR-trigger modes are considered. Results of inspection of healthy group persons of different age are presented. Besides that the results of carrying out ortostatics are submitted. The structure of parameters of an intimate rhythm in healthy group according to analysis PP- and RR-intervals at the age of 25—45 years has no significant differences at rest and changes at functional tests unidirectionally. In the senior age group (50 ± 6 years) the discoordination of influences of vegetativ nerves system on rhythmic activity of sinus node and ventricles, and also on parameters of indices (centralization, vegetative balance and activation of the subcortical centers) is revealed.

Key words: averaging on PP- and RR-trigger, analysis of variability rhythm.