

УДК 616.12-005.4:616.12-008.313

# Структура вариабельности сердечного ритма при анализе PP- и RR- интервалов у здоровых лиц и больных с ХСН

**Г. Г. Иванов, В. В. Попов, С. Салех**

Московская медицинская академия им. И. М. Сеченова, Российский университет дружбы народов

## Резюме

Изучены показатели структуры сердечного ритма при анализе PP- и RR-интервалов для оценки влияния вегетативной нервной системы на ритмическое функционирование предсердий и желудочков у здоровых лиц и больных с ХСН. В исследование включены результаты обследования 318 человек. Как показал сравнительный анализ данных временного и спектрального распределения PP- и RR-интервалов структура показателей сердечного ритма в группе здоровых 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 влияния отделов ВНС на ритмическую активность синусового узла и желудочков. Дисбаланс вегетативных влияний при PP- и RR-анализе выявлен также у больных с ХСН. Наблюдались различия как в исходном состоянии, так и в динамике наблюдения в течение года. Анализ структуры сердечного ритма по данным PP-интервалов дает значительную дополнительную информацию о характере нарушений вегетативных влияний на ритмическую функцию синусового узла и желудочков.

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, вариабельность R-R и P-P интервалов, независимые модуляции, ритмическая активность синусового узла и желудочков, спектральный анализ.

**Клин. информат. и Телемед.**  
**2008. Т.4. Вып.5. с.21–29**

## Актуальность темы

Изучение состояния вегетативной нервной системы (ВНС), а также причин возникновения и клинических проявлений вегетативных расстройств является одной из актуальных проблем современной медицины. Практически нет таких заболеваний в развитии которых не играла бы роль ВНС. В одних случаях она является существенным фактором патогенеза, в других – возникает вторично в ответ на повреждение любых органов и тканей организма.

Среди методов изучения ВНС исследование вариабельности сердечного ритма (ВСР) занимает особое место. Под ВСР понимают изменчивость величин интервалов RR на ЭКГ. При этом ВСР 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 ПСНС имеет место «относительное равновесие» и в большинстве случаев являются синергичными. 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 [5].

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 [3, 4].

В желудочки терминали блуждающих нервов проходят по сосудам проводящей нервной системы сердца. Афферентные 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 [7].

На синоаурикулярном уровне нет строго 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 [6, 7, 10].

Выделяют также интракардиальные (обусловлены изменением ОЦК и пе-

риферического 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.

Таким образом, существуют и определенные теоретические предпосылки для использования временного и спектрального анализа ритмических сокращений предсердий по данным PP-интервалов для оценки колебаний вегетативных влияний на сердце. Эти физиологические коррелянты ВСП 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.

Традиционный метод анализа с анализом RR-интервалов давно известен и широко представлен в публикациях. Среди методов изучения ВНС исследование variability сердечного ритма (ВСП) занимает особое место. Под ВСП понимают изменчивость величин интервалов RR на ЭКГ. При этом ВСП рассматривается не только как показатель функции синусового узла, но в большей степени как интегральный показатель состояния многих систем обеспечения гомеостаза организма.

В международных рекомендациях Рабочей группы Европейского Кардиологического Общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии – *Вариабельность сердечного ритма «Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования»* указано, что *о взаимосвязи между вегетативными модуляциями PP- и RR-интервалов известно немного*. Поэтому последовательность интервалов PP также нуждается в изучении. Подчеркивается, что «Синхронный анализ ритмической деятельности предсердий и желудочков, возможно, будет более полно и точно отражать вегетативную регуляцию деятельности сердца» [1].

Имеющиеся технические сложности выполнения методики анализа PP-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. В доступной нам литературе мы встретили только единичные работы посвященные проблеме анализа и физиологической интерпретации структуры PP-распределения и сопоставления с показателями ВСП при RR-анализе [1, 2, 8, 9].

Как нам представляется, использование метода анализа PP-интервалов в исследовании ВСП имеет свою точку приложения и область использования, которые надо аргументировано показать на достаточном клиническом материале. Синхронный анализ ритмической деятельности предсердий и желудочков, возможно, будет более полно и точно отражать вегетативную регуляцию деятельности сердца. Совершенствование неинвазивного метода анализа ВСП может открыть новые возможности для продолжения изучения этого аспекта проблемы.

## Цель исследования

Изучить показатели структуры сердечного ритма при анализе PP- и RR-интервалов для оценки влияний вегетативной нервной системы на ритмическое функционирование предсердий и желудочков у здоровых лиц и больных с ХСН.

## Материал и методы

В исследование включены больные находящиеся на лечении в кардиологических отделениях больницы №53, а также отделе кардиологии ММА им. И. М. Сеченова. Всего в исследование включено 318 человек. Группу 1 (контрольную) составили 113 человек различного возраста (три подгруппы) у которых проведенное клинико-инструментальное обследование позволило исключить какую-либо патологию на момент исследования: анамнестические данные, физикальные, электро- и эхокардиографические, рентгеноло-

гические и лабораторные указаний на заболевание сердца, легких и других органов. Обследование здоровых 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 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.

В обследование включено 452 больных с различными формами ИБС общая характеристика которых приведена в таблице 1.

В **группу 2** (n=30) включены пациенты с ИБС без нарушений ритма – составили мужчины и женщины в возрасте от 51 до 72 лет (средний возраст составил  $61,1 \pm 8,5$  лет) с верифицированной (положительный нагрузочный тредмил-тест или результаты коронароангиографии) ИБС, как имеющие, так и не имеющие в анамнезе инфаркт миокарда и артериальную гипертензию и получающие стандартную антиангинальную и гипотензивную терапию (атенолол 50–150 мг/сут, кардикет 80–180 мг/сут, энап 5 мг/сут). Перед включением в исследование этим пациентам проводилось то же стандартное обследование, что и здоровым лицам, а также УЗИ сердца. По результатам суточного мониторирования ЭКГ по Холтеру исключались пациенты, имеющие суправентрикулярные и желудочковые нарушения ритма более, чем 10 суправентрикулярных и 15 желудочковых экстрасистол. Все пациенты этой группы получали стандартную антиангинальную и гипотензивную терапию (атенолол 50–150 мг/сут, кардикет 80–180 мг/сут, энап 5 мг/сут). В группу не включались пациенты с недостаточностью кровообращения, пациенты с патологией щитовидной железы, с острым коронарным синдромом, дилатацией левого предсердия, а также больные с острыми и обострением каких-либо хронических заболеваний.

**Группа 3а** представлена 130 больными ИБС – постинфарктным кардиосклерозом (ПК) без клинических признаков недостаточности кровообращения и базовой терапией включающей иАПФ, нитраты и в случае сочетания с артери-

Табл. 1. Общая характеристика обследованных лиц.

Номер	Группа	Количество	М:Ж	Средний 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
2	2 ИБС стенок I–III ФК	30	13:17	61,1±8,5
3	3а ПИКС без ХСН	130	76:54	58,9±6,6
	3б ПИКС с ХСН	45	24:21	59,0±9,0
	Итого	205	113:92	59,6±5,1
	Всего	318	196:122	52,8±3,4

Табл. 2. Показатели спектрального анализа в обследованных группах здоровых лиц.

Контрольные группы/режим анализа		TPower	VLF	LF	HF	VLF +LF +HF	VLF +LF	% VLF	% LF	% HF
1а возраст 31±4 (n=65)	RR	22121±523	2237±88	2147±81	1529±46	5913±134	4384±127	38	36	26
	PP	<b>27856±721*</b>	<b>1836±74*</b>	<b>1828±72*</b>	<b>1234±51*</b>	<b>4898±154*</b>	<b>3664±138*</b>	37	38	25
1б возраст 40±6 (n=26)	RR	20462±1712	1322±105	1075±77	847±54	3244±143	2597±185	41	33	<b>26</b>
	PP	<b>29583±1945*</b>	1057±90*	1008±93	945±76	3010±156	<b>2065±191*</b>	33	31	<b>36</b>
1в возраст 50±6 (n=22)	RR	15064±1454	914±87	656±54	326±28	1896±86	1570±78	<b>48</b>	35	<b>17</b>
	PP	<b>22677±1644*</b>	891±60	561±42	<b>544±34*</b>	1996±97	1452±89	<b>45</b>	<b>28</b>	27

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

Табл. 3. Показатели расчетных индексов при спектральном анализе в обследованных группах здоровых лиц (ИЦ, ИВБ и ИАПЦ).

Группы		Индекс централизации HF+LF / VLF	Индекс вегетативного баланса LF / HF	Индекс активации подкорковых центров VLF / HF	TotRR / TotPP
1а возраст 31±4 (n=65)	RR	3,90±0,21	1,90±0,10	1,47±0,11	0,76±0,05
	PP	3,47±0,35	1,91±0,11	1,49±0,12	
1б возраст 40±6 (n=26)	RR	3,83±0,51	1,03±0,14	1,56±0,10	0,69±0,06
	PP	3,19±0,54	1,10±0,10	1,12±0,19	
1в возраст 50±6 (n=22)	RR	<b>+5,82±0,69**</b>	2,00±0,18	<b>+ 2,8±0,23**</b>	<b>0,65±0,05**</b>
	PP	3,67±0,55*	<b>- 1,00±0,09*</b>	1,65±0,17*	

\* – достоверность различий между показателями при анализе PP- и RR-интервалов ( $P < 0,05$ ).

\*\* – тоже между группами 1а и 1в.

альной гипертонией — дополнительно бета-блокаторы (ср. возраст 58,9±6,6 лет). Группа 3б (n=45) Группу составили без пароксизмов мерцания предсердий на фоне ИБС по данным холтеровского мониторирования и с верифицированной стенокардией напряжения и покоя (II–III ФК) по результатам нагрузочного тредмил-теста с клиникой сердечной недостаточности II–III ФК по NYHA. Средний возраст в которой составил 59,0±9,0 года.

## Методы обследования больных

При спектральном анализе ВСР 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» [Eur Heart J, 1996, Vol. 17, March.] в программе был заложен общепринятый частотный диапазон Пороговые значения для оценки вегетативного статуса у пациентов с ПМА и лиц обеих контрольных групп нами использовались также в соответствии со «Стандартами измерения, физиологической интерпретации и клинического использования ВСР», а также согласно Российским «Методическим рекомендациям по анализу вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем». Метод ВСР позволял анализировать все общепринятые временные ( $SDNN_{RR}$ ,  $SDAN_{RR}$ ,  $RMSSD_{RR}$ ,  $PNN50_{RR}$ ) показатели,  $Mo_{RR}$ ,  $AMo_{RR}$ ,  $TINN_{RR}$ , триангулярный индекс, частотные показатели ( $Total Power_{RR}$ ,  $VLF_{RR}$ ,  $HF_{RR}$ ,  $LF_{RR}$ ,  $VLF_{RR}$ ,  $LF/HF$ ) в традиционных единицах. Использовался общепринятый частотный диапазон. Кроме того, все указанные показатели определяли в режиме анализа PP-интервалов ( $Total Power_{PP}$ ,  $VLF_{PP}$ ,  $HF_{PP}$ ,  $LF_{PP}$ ,  $VLF_{PP}$  и др.).

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 персонального

компьютера IBM PC/AT с пакетом прикладных программ. Регистрировались ЭКГ сигналы трех ортогональных X,Y,Z отведений по Франку. Программные средства выполнены таким образом, что обеспечивалась обработка одного файла различными диагностическими программами. С помощью первой специализированной программы реализовался ввод ЭКГ сигнала произвольной длительности. Позже проводилась процедура временного, спектрального анализа с выбором режима RR (R-триггерный режим) или PP (P-триггерный режим), а также анализ по Баевскому. Анализу подвергались комплексы с коэффициентом корреляции 0.98–0.99, что позволяло надежно исключать из анализа экстрасистолы и комплексы с шумовыми помехами. В исследование не включались пациенты с другими формами наджелудочковых аритмий, синдромом Вольфа-Паркинсона-Уайта, признаками синдрома слабости синусового узла, лица, имеющие ревматические и врожденные пороки сердца.

Данные о распределении спектральной плотности зависимости длительности интервалов RR от времени по частотным поддиапазнам в абсолютных значениях  $ms^2$ ; NN – триангулярная интерполяция гистограммы NN-интервалов «индекс Святого Георга»; HF – высокие частоты; LF – низкие частоты; VLF – очень низкие частоты; TP – общая спектральная плотность. По данным спектрального анализа вычисляли индексы: Индекс централизации – 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.

Стресс-тест в группе 2) проводили на тредмиле швейцарской фирмы Schiller CS-100 с постоянным ЭКГ контролем на экране монитора CARDIOVIT AT-10 с. Использовался непрерывный ступенчатый возрастающий способ дозирования физической нагрузки до достижения субмаксимальной ЧСС, составляющей 90% от максимально достижимой ЧСС, расчет производился автоматически по формуле:  $ЧСС_{сбм} = 0,9 \times (220 - \text{возраст})$ . Проба проводилась по модифицированному протоколу Бруса с продолжительностью каждой ступени 2 минуты. Всем включенным в исследование лицам проводилось стандартное обследование, включавшее в себя ре-

гистрацию ЭКГ, ЭхоКГ и специальные методы в зависимости от целей раздела исследований.

Анализ полученных данных проведен с помощью методов описательной статистики в программах Microsoft Excel 2000. и Primer of Biostatistics 4.03 (Glantz S., McGraw Hill, 1998). Оценивался критерий t-критерия Стьюдента для связанных и несвязанных выборок,  $\chi^2$ , точный критерий Фишера, коэффициент линейной корреляции и непараметрический критерий Wilcoxon. Обработка данных проводилась на персональном компьютере IBM PC/AT с помощью пакета статистических программ «STATISTICA». Результаты исследования представлены как средние арифметические значения  $\pm$  стандартные отклонения ( $M \pm SD$ ). Для оценки значимости различий между данными исследования в разных группах больных использован t-критерий Стьюдента с и без коэффициента Уатта. Различия считались достоверными при  $p < 0,05$ . При оценке достоверности различий качественных показателей применяли критерии Пирсона и Фишера. Проводили также корреляционный анализ для оценки связи между различными параметрами, используя моментную корреляцию Пирсона.

## Результаты

### Структура сердечного ритма при анализе RR- и PP-интервалов у здоровых лиц и больных с различными формами ИБС

Показатели вариабельности сердечного ритма в группе здоровых лиц при анализе PP- и RR-интервалов по данным спектрального и временного анализа приведены в таблицах 2–4. Как следует из представленных в таблице 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.

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 про-

порции 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) изменялись 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 ВСП 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 влияния 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 мощности 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 ВСП мы опирались на выбранные нами данные по возрастным диапазонам.

Анализ расчетных индексов (таблица 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 осталась ИЦ по данным анализа PP-интервалов.*

В старшей возрастной группе выявлено увеличение ИАЦП<sub>RR</sub> ( $2,8 \pm 0,23$ ), отражающего 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  $0,65 \pm 0,05$  ( $p < 0,05$ ),

Табл. 4. Показатели спектрального анализа в обследованных группах здоровых лиц.

Группы		TPower	VLF	LF	HF	VLF + LF + HF	VLF + LF	% VLF	% LF	% HF
1а лежа	RR	19641±678	1667±90	1507±96	1089±89	4263±212	3174±208	39	35	26
	PP	<b>25356±1098*</b>	1576±91	1458±89	1224±95	4258±189	3034±178	37	34	29
1а стоя	RR	10550±1430**	<b>1388±112**</b>	1818±106	370±34	<b>3576±180**</b>	3206±166	39	<b>51</b>	<b>10</b>
	PP	<b>13450±841***</b>	1401±105	1809±102	406±40	<b>3616±176**</b>	3210±149	39	<b>50</b>	<b>11</b>

\* – достоверность различий между показателями при усреднении по PP- и RR-интервалов.

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

Табл. 5. Показатели индексов спектрального анализа ВСП в группе 1а при проведении активной ортопробы.

Группы		Индекс централизации HF+LF / VLF	Индекс вегетативного баланса LF / HF	Индекс активации подкорковых центров VLF / HF	TotRR / TotPP
1а лежа	RR	3,90±0,21	1,9±0,10	1,47±0,11	0,76±0,05
	PP	3,47±0,35	1,9±0,11	1,49±0,09	
1а стоя	RR	<b>8,66±0,35**</b>	<b>5,51±0,37**</b>	<b>3,75±0,23**</b>	0,78±0,04
	PP	<b>7,91±0,41**</b>	<b>5,06±0,30**</b>	<b>3,45±0,22**</b>	

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

**Табл. 6. Показатели временного анализа в группе 1а при проведении активной ортостатической пробы.**

Группа		Ср. R-R	Мин R-R	Макс RR, мс	SDN N, мс	SDA NN	RMS SD, мс	pNN 50, %	Triangin	TI NN
1а лежа	RR	917±23	728±16	1127±17	54±4	15±2	46±4	22±2	23±2	173±6
	PP	928±25	769±25	1043±30	52±5	13±2	45±5	19±2	<b>18±2*</b>	<b>134±5*</b>
1а стоя	RR	<b>730±25**</b>	<b>611±16**</b>	<b>884±31**</b>	41±5	15±2	<b>22±3**</b>	16±3	19±2	146±7
	PP	<b>731±20**</b>	<b>616±17**</b>	<b>880±30**</b>	41±6	15±3	<b>25±4**</b>	17±3	21±3	164±6

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

**Табл. 7. Показатели спектрального анализа ВСР в обследованных группах больных.**

Группы		TPower	VLF	LF	HF	VLF +LF +HF	VLF +LF	% VLF	% LF	% HF
1в 50±6 лет (n=22)	RR	15064±1454	914±87	656±54	326±28	1896±86	1570±78	<b>48</b>	35	<b>17</b>
	PP	<b>22677±1644*</b>	891±60	561±42	<b>544±34*</b>	1996±97	1452±89	<b>45</b>	<b>28</b>	<b>27</b>
2а стен I-III ФК (n=30)	RR	21651±1669	940±89	706±80	693±54	2339±102	1646±70	40	30	30
	PP	<b>34419±2323*</b>	878±78	715±56	733±57	2326±109	1593±64	37	31	32
3а ПИКС без ХСН (n=130)	RR	27537±733	1054±76	1140±72**	1109±66**	3303±122**	2194±109**	32	34	32
	PP	<b>45156±958*,**</b>	1099±63	<b>924±70*,**</b>	1056±79**	3079±92**	2023±89**	36	30	34
3б ПИКС с ХСН (n=45)	RR	20460±1487	2485±123*,**	549±56	244±31**	3278±123**	3034±146**	<b>75</b>	<b>18</b>	7
	PP	<b>26513±1812*</b>	<b>509±56*,**</b>	<b>255±33*,**</b>	<b>118±22*,**</b>	<b>882±45*,**</b>	<b>764±44*,**</b>	58	29	<b>13</b>

\* – достоверность различий между показателями при анализе PP- и RR-интервалов.  
 \*\* – достоверность различий по сравнению с данными контр. группы ( $P < 0,05$ ).

что могло являться отражением общей перестройки регуляции происходящей с увеличением возраста.

В таблицах 5 и 6 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 отсутствию рассогласования регуляторных систем и сбалансированности входящих в них подсистем (неадекватности ответа) при их влиянии на функционирование синусового узла и желудочков.

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

В таблице 7 приведены данные показателей спектрального анализа в обследованных группах больных ИБС при анализе спектра PP- и RR-интервалов. Характеризуя представленные данные можно отметить, что для больных ИБС были характерны более высокие средние значения  $TP_{PP}$  во всех группах. Показатели  $TP_{RR}$  были выше в группе 3а.

Обращало на себя внимание непропорциональность снижения VLF при анализе PP-интервалов в гр 3б (ПК с ХСН) впрочем как и показателей LF и HF в данной группе. Максимальные значения содержания в спектре VLF наблюда-

лось в группе Зб при обоих вариантах анализа спектра (RR- и PP-интервалов). Показатели HF<sub>RR</sub> и HF<sub>PP</sub> в группе Зб были достоверно выше таковых в контрольной группе. Наиболее выраженное снижение процентного содержания домена HF выявлено в группах с постинфарктным кардиосклерозом (Зб).

В целом приведенные данные по анализу частотных доменов при анализе RR-интервалов совпадают с известными в литературе данными о снижении показателей ВСП. Однако, полученные результаты свидетельствовали и о целом ряде особенностей частотных доменов при анализе PP-интервалов и разнонаправленности изменений их средних значений, что может свидетельствовать о появившемся рассогласовании вегетативных влияний на функцию синусового узла и желудочков.

Таким образом, как показали проведенные исследования по сопоставлению данных спектрального и временного анализа, получаемого в результате двух режимов усреднения имеются существенные отличия, что может свидетельствовать о различиях в характере вегетативной регуляции синусового узла и желудочков.

### Показатели ВСП в группах больных различными формами ИБС без ХСН при анализе PP- и RR-интервалов при проведении теста с физической нагрузкой

Показатели variability сердечного ритма в группе обследованных больных при анализе PP- и RR-интервалов по данным спектрального и временного анализа приведен в таблице 8. Как следует из представленных в таблице данных в группе здоровых лиц после проведения теста с физической нагрузкой отмечены сходные изменения вклада (% содержания от общей мощности) гуморального звена (VLF). Отмечено снижение средних значений общей плотности спектра после проведения физической нагрузки в данной возрастной группе. Это **касалось обоих режимов усреднения и всех** частотных диапазонов при анализе средних значений их мощности. Однако при этом

наблюдалось синхронное увеличение % содержания VLF диапазона и снижение HF диапазона при анализе PP- и RR-интервалов.

Примерно сходные изменения выявлены в группе со стенокардией, что проявлялось синхронным увеличением процентного содержания VLF диапазона и снижением HF диапазона при анализе PP- и RR-интервалов по сравнению с данными до нагрузки.

Однако в группе с постинфарктным кардиосклерозом выявлено рассогласование – процентное содержание VLF – снижалось, а HF – не изменялось. Правда, это отмечалось уже при исходно измененном их соотношении.

Как видно из полученных данных анализа ВСП PP- и RR-интервалов в частотном диапазоне при проведении теста с физической нагрузки в контрольной группе 1б отмечено синхронное и пропорциональное увеличение процентного содержания домена VLF при снижении общей мощности энергетического спектра (TP) и всех его составляющих в абсолютных значениях (VLF, LF и HF).

Функциональная проба с нагрузкой вызвала сходные изменения как абсо-

Табл. 8. Показатели спектрального анализа при проведении тредмил-теста.

Группы		TPower	VLF	LF	HF	VLF +LF +HF	VLF +LF	% VLF	% LF	% HF
1б Контр До (1)  После (n=22)	RR 1	20462±1712	1322±105	1075±77	844±54	3244±205	2597±211	41	33	26
	PP 1	<b>29583±1945*</b>	<b>1057±90*</b>	1008±93	945±76	3210±212	<b>2065±187*</b>	33	31	36
	RR 2	11389±988#	483±33#	299±25#	217±17#	999±78#	782±65#	<b>48 (+)</b>	30	<b>22 (-)</b>
	PP 2	15168±1009*,#	389±24#	308±22#	221±18#	918±72#	697±60#	<b>42 (+)</b>	34	<b>24 (-)</b>
2 Стенокардия До  После (n=30)	RR 1	21651±1103**	940±47**	706±41**	693±34**	2339±132**	1646±94**	40	30	30
	PP 1	34419±2213*	878±63	715±56**	733±45**	2326±154**	1593±102	37	31	32
	RR 2	<b>14991±788*,,#</b>	<b>513±49*,,#</b>	<b>370±23*,,#</b>	<b>359±20*,,#</b>	1242±122#	883±87#	<b>41 (+)</b>	30	<b>29 (-)</b>
	PP 2	<b>22644±1088*,,#</b>	<b>491±36*,,#</b>	<b>330±22*,,#</b>	<b>306±18*,,#</b>	1127±98#	821±75#	<b>44 (+)</b>	29	<b>27 (-)</b>
3а ПИКС До (n=31)  После	RR 1	35090±1234**	1180±78	1370±56**	1349±34**	3846±231	2497±132	30	36	34
	PP 1	61566±2341**	1310±89	1029±60	1446±33**	3785±243	2339±209	35	27	38
	RR 2	<b>29316±1967**,,#</b>	<b>799±76**,,#</b>	<b>736±39**,,#</b>	<b>1020±30**,,#</b>	2555±236**,,#	1535±96**,,#	<b>31 (+)</b>	29	<b>40 (+)</b>
	PP 2	<b>58902±2231**</b>	<b>732±34**,,#</b>	<b>605±43**,,#</b>	<b>901±45#</b>	2238±176**,,#	1337±108**,,#	<b>33 (-)</b>	27	<b>40 (0)</b>

\* – достоверность различий между показателями при анализе PP- и RR-интервалов (P < 0,05).

\*\* – тоже по сравнению с контрольной группой.

# – тоже до и после тредмил-теста.

Табл. 9. Показатели спектрального анализа в группе больных с ХСН.

Этапы		TPower	VLF	LF	HF	VLF +LF +HF	VLF +LF	% VLF	% LF	% HF
Исх.	RR	20460±1322	2485±132	549±53	244±12	3278±201	3034±179	<b>75</b>	18	<b>7</b>
	PP	26513±1415 <sup>#</sup>	509±66 <sup>#</sup>	255±17 <sup>#</sup>	118±8 <sup>#</sup>	882±66 <sup>#</sup>	764±56 <sup>#</sup>	58	29	13
3 м-ц	RR	20171±1233	1503±71	748±23	409±14	2660±143	2251±172	<b>57</b>	28	<b>15</b>
	PP	34486±1631 <sup>#,*</sup>	703±42 <sup>#,*</sup>	414±16 <sup>#,*</sup>	206±11 <sup>#,*</sup>	1323±97 <sup>#</sup>	1174±87 <sup>#</sup>	53	31	16
6 м-ц	RR	22546±1677	1089±64	592±26	<b>694±13</b>	2375±156	1681±94	<b>46</b>	26	<b>29</b>
	PP	38263±1568 <sup>#</sup>	1138±74	<b>939±27<sup>#</sup></b>	<b>1375±21<sup>#</sup></b>	<b>3452±231<sup>#</sup></b>	<b>2077±105<sup>#</sup></b>	<b>32</b>	27	<b>38</b>
12 м-ц	RR	21907±1129	1274±65	622±25	550±17	2443±178	1893±98	52	25	23
	PP	34266±1526 <sup>#</sup>	1038±52 <sup>#</sup>	<b>839±23<sup>#</sup></b>	<b>1170±23<sup>#</sup></b>	<b>3047±206<sup>#</sup></b>	<b>1877±102</b>	<b>34</b>	28	<b>38</b>

\* – достоверность различий между 1 и 2 этапом обследования ( $P < 0,05$ ).

\*\* – ( $P < 0,05$ ) достоверность различий между 1 и 3 этапом обследования.

# – то же между анализом PP- и RR-интервалов.

лютных значений составляющих спектра всех доменов диапазона, так и их процентного содержания. Различия носили лишь количественный характер.

Группа За с постинфарктным кардиосклерозом отличалась достоверно большими значениями TP в исходном состоянии и после нагрузки при анализе PP- и RR-интервалов. Домены VLF, LF, HF в их абсолютных значениях также были снижены при анализе PP- и RR-интервалов, а процентное содержание VLF при анализе PP-интервалов было ниже исходных данных. Это может свидетельствовать о снижении влияния гуморальных систем регуляции на функцию синусового узла у данной категории больных при проведении пробы с физической нагрузкой.

### Показатели вариабельности сердечного ритма в группе больных ХСН при анализе PP- и RR-интервалов в динамике наблюдения

В таблице 9 приведены результаты обследования ВСП в динамике наблюдения у больных с ХСН на протяжении года наблюдения по данным ВСП при частном анализе.

Как видно из приведенных данных, к 6 месяцу выявлены следующие из-

менения анализе PP- и RR-интервалов; 1) характеристики  $TP_{RR}$  снижались, а  $TP_{PP}$  – увеличивались в период до 6 месяца наблюдения; 2) отмечена разнонаправленная динамика спектральной мощности НЧ и ВЧ диапазонов; 3) процентное соотношение частотных доменов при анализе PP- и RR-интервалов изменялось примерно пропорционально (VLF диапазон RRinterv. – с 75% снижался до 46%, а PPinter – с 58% до 32%; в диапазоне HF–RRinterv. – процентное содержание увеличивалось с 7 до 29%, а PP-inter. – с 13 до 38% (вагусная активность повышалась); 4) к 6 месяцу наблюдения поменялось соотношение абсолютных значений спектра в диапазонах VLF и HF по сравнению с исходными данными.

Таким образом, как показали проведенные исследования по данным анализа PP- и RR-интервалов: структура показателей сердечного ритма в группе здоровых в возрасте 25–45 лет не имеет значительных различий в покое и изменяется однонаправленно при проведении функциональных проб. В старшей возрастной группе ( $50 \pm 6$ ) выявлено рассогласование влияний отделов ВНС на ритмическую активность синусового узла и желудочки; дисбаланс вегетативных влияний при PP- и RR-анализе выявлен у больных с ХСН. Наблюдалось различия как в исходном состоянии, так и в динамике наблюдения. Анализ структуры сердечного ритма по данным

PP-интервалов дает значительную дополнительную информацию о характере нарушений вегетативных влияний на ритмическую функцию синусового узла и желудочков.

## Выводы

1. 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.

2. 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 ( $50 \pm 16$ ) выявлено рассогласование влияний отделов ВНС на ритмическую активность синусового узла и желудочки, а также показатели индексов: централизации, вегетативного баланса и активации подкорковых.

3. Наибольший дисбаланс вегетативных влияний при PP- и RR-анализе выявлен у больных с ХСН. После тред-



мил-теста в группе здоровых и больных стабильной стенокардией наблюдалось снижение доменов HF<sub>pp</sub> и HF<sub>RR</sub>, увеличение VLF<sub>pp</sub> и VLF<sub>RR</sub>, у больных ПИКС содержание частот HF<sub>pp</sub> и HF<sub>RR</sub> увеличивалось до 40%.

4. У больных с ХСН выраженное в ходе изменение соотношения процентного содержания HF<sub>pp</sub>, HF<sub>RR</sub> и VLF<sub>pp</sub>, VLF<sub>RR</sub> улучшалось к 6 месяцу на фоне проводимой терапии, что может быть использовано в оценке эффективности проводимой терапии.

## Литература

1. Иванов Г. Г., Дворников В. Е. Электрокардиография высокого разрешения — теоретические предпосылки и методические аспекты использования метода // Вестник РУДН — 1998; N1, — С. 8–49.
2. Иванов Г. Г., Ф. Х. Аль-Валиди, 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, N 1 — С.:90–98.
3. Blomquist T. M., Priola D. V., Romero A. M. Source of intrinsic innervation of canine ventricles: a functional study. // Am J Physiol — 1987, 252 — H638-H644.
4. Gets W. P., Kaye M.P. Distribution of sympathetic fibers in left ventricular epicardial plexus of the dog. // Circulat Res — 1968, 23, — P.165–170.
5. Heart Rate Variability. Standarts 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.
6. Hucker W. J., Nikolski V. P., Efimov I. R. Optical mapping of the atrioventricular junction. // Journal of Electrocardiology — 2005, vol 38 (4S) — С. 121–125.
7. Martins J. B., Lewis R., Wenbt B. Et al. Subendocardial infarction produces epicardial parasympathetic denervation in canine left ventricle. // Am J Physiol — 1989, 256 (Heart Circular Physiol 25) — H859–H866.
8. 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.
9. 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.
10. Yasuma F., Hayano J. Respiratory sinus arrhythmia: why does the heart-beat synchronize with respiratory rhythm? // Chest. — 2004 Feb; 125(2) — С. 683–690.

## Structure of heart rate variability at analysis PP- and RR-intervals in healthy persons and patients with CHF

G. G. Ivanov, V. V. Popov, S. Salekh  
Moscow Medical Academy,  
Russian Federation

### Abstract

Parameters of structure of heart rate variability are investigated at analysis PP-and RR-intervals for an estimation of influences vegetative nervous system on rhythmic functioning of auricles and ventriculans at healthy persons and patients with CHF. Results of inspection are included in research 318 person. As has shown the comparative analysis of the data of time both spectral distribution PP- and RR-intervals the structure of parameters an intimate rhythm in group healthy in the age of 25–45 years has no significant distinctions in rest and changes is unidirectional at carrying out of functional tests. In the senior age group (50±6 years) the mismatch of influences of departments autonomic balance on rhythmic activity of sunus node and ventriculans is revealed. Disbalance vegetative influences at PP- and the RR-analysis it is revealed also at patients with CHF. Distinctions both in an initial condition, and in dynamics of supervision within one year were observed. The analysis of structure of an intimate rhythm according to PP-intervals gives the significant additional information on character of infringements of vegetative influences on rhythmic function sinus node and ventriculans.

**Keywords:** Heart rate variability, Variability of R-R and P-P intervals, Independent autonomic modulation, Rhythmic activity of sinus node and ventriculans, Spectral analysis.

## Структура варіабельності серцевого ритму при аналізі PP- і RR- інтервалів у здорових осіб і хворих із ХСН

Г. Г. Іванов, В. В. Попов, С. Салех  
Московська медична академія  
ім. І. М. Сеченова, Російський університет  
дружби народів

### Резюме

Вивчено показники структури серцевого ритму при аналізі PP- і RR-інтервалів для оцінки впливів вегетативної нервової системи на ритмічне функціонування

передсердь і шлуночків у здорових осіб та хворих на ХСН. У дослідження включені результати обстеження 318 чоловік. Як показав порівняльний аналіз даних тимчасового і спектрального розподілу PP- і RR-інтервалів, структура показників серцевого ритму в групі здорових у віці 25–45 років не має значних розходжень у покої і змінюється в одному напрямі при проведенні функціональних проб. У старшій віковій групі (50±6 років) виявлена неузгодженість впливів відділів ВНС на ритмічну активність синусового вузла і шлуночки. Дисбаланс вегетативних впливів при PP- і RR-аналізі виявлений також у хворих на ХСН. Спостерігалися розходження як у початковому стані, так і в динаміці спостереження протягом року. Аналіз структури серцевого ритму за даними PP-інтервалів дає значну додаткову інформацію про характер порушень вегетативних впливів на ритмічну функцію синусового вузла і шлуночків. **Ключові слова:** варіабельність серцевого ритму, варіабельність R-R і P-P інтервалів, незалежні модуляції, ритмічна активність синусового вузла та шлуночків, спектральний аналіз.

## Переписка

д.м.н., професор Г. Г. Іванов  
ул. генерала Белобородова  
д. 30, кв. 39  
Москва, 125222, РФ  
тел.: +495 958-95-78  
+495 958-95-43  
+495 958-95-45  
эл. почта: lvgen2004@mail.ru