

## Методологические аспекты проведения и анализа вариабельности ритма сердца

*Белорусская медицинская академия последипломного образования*

В статье обсуждаются факторы, влияющие на значения показателей 5-минутных записей вариабельности ритма сердца. Приводятся литературные данные и результаты собственного исследования.

**Ключевые слова:** вариабельность ритма сердца, анализ

Анализ вариабельности ритма сердца (ВРС) является методом оценки вегетативной регуляции сердечной деятельности [1]. ВРС является интегральным показателем функционального состояния сердечно-сосудистой системы и организма в целом [7,8]. Результаты многочисленных исследований убедительно доказывают, что снижение ВРС тесно связано с возникновением опасных осложнений, а также с тяжестью течения многих заболеваний [11,12,13]. Снижение показателей ВРС предшествует гемодинамическим, метаболическим, энергетическим нарушениям и является наиболее ранним прогностическим признаком неблагоприятного исхода [3,7]. Поэтому понятен неугасающий интерес исследователей к разработке и внедрению этого метода в практическую медицину.

Математический анализ ритма сердца привлекает к себе внимание исследователей достаточно давно. Первый симпозиум по этой проблеме состоялся в 1966 году в Москве под руководством академика В.В. Парина. В настоящее время интерес исследователей к этой проблеме не угасает [4,7,10]. В России по вопросам применения ВРС состоялись 4 симпозиума (в 1996, 2000, 2003 и 2008 гг.). Проводится большое количество исследований по ВРС в странах Европы и Америки.

Большим шагом в стандартизации терминологии, выработки стандартов измерения и интерпретации ВРС явились рекомендации, подготовленные рабочей группой Европейского кардиологического общества и Северо-Американской Ассоциации электрофизиологии и кардиостимуляции [14]. При анализе ВРС исследователь может столкнуться с рядом факторов, которые могут изменить значения показателей ВРС и привести к их неверной интерпретации.

Целью настоящей статьи было описать факторы, влияющие на значения показателей 5-минутных записей ВРС. Их учет поможет предотвратить некорректную оценку ВРС.

В настоящее время существует достаточно большое количество методов анализа ВРС. Среди них выделяют методы временного (time domain) анализа (статистические, графические, вариационная пульсометрия по Р.М. Баевскому), методы частотного (frequency domain) анализа (спектральный анализ, визуально-логический анализ ритмограммы), методы анализа нелинейных хаотических колебаний кардиоритма. Постоянно разрабатываются новые методы оценки ВРС [6,8].

Наиболее часто при анализе ВРС используются следующие показатели: показатели временного анализа: RRNN, мс (среднее значение интервалов RR), SDNN (СКО), мс (среднее квадратическое отклонение величин NN-интервалов анализируемой записи), RMSSD, мс (корень квадратный из средней суммы квадратов разностей величин соседних пар NN-интервалов), pNN50, % (процент пар последовательных интервалов NN, которые различаются более, чем на 50 мс), CV, % (коэффициент вариации, рассчитывается по формуле  $SDNN/RRNN \times 100\%$ ); показатели спектрального анализа: TP (Total Power), мс<sup>2</sup> (общая мощность в диапазоне частот  $\leq 0,4$  Гц), HF (High Frequency), мс<sup>2</sup> (мощность в диапазоне высоких (0,15 – 0,4 Гц) частот (волны длительностью 2,5 – 6,5 сек)), LF (Low Frequency), мс<sup>2</sup> (мощность в диапазоне низких (0,04 – 0,15 Гц) частот (волны длительностью 6,5 – 25 сек)), VLF (Very Low Frequency), мс<sup>2</sup> (мощность в диапазоне очень низких ( $\leq 0,04$  Гц) частот (волны длительностью более 25 сек)), HFnorm, % (нормализованная мощность в диапазоне высоких частот) – отражает относительный вклад HF-компонента в общую мощность за вычетом VLF-компонента, LFnorm, % (нормализованная мощность в диапазоне низких частот) – отражает относительный вклад LF-компонента в общую мощность за вычетом VLF-компонента; LF/HF (отношение LFnorm/HFnorm); показатели кардиоинтервалографии (КИГ) по Р.М. Баевскому: СК, с<sup>2</sup> (среднее квадратичное отклонение динамического ряда), Мо (мода), с (наиболее часто встречающееся значение RR), АМо (амплитуда моды), % (количество кардиоинтервалов, соответствующих диапазону моды (в %)), ВР (вариационный размах), с (разница между максимальным и минимальным значениями RR), ИВР (индекс вегетативного равновесия), у.е. ( $ИВР = АМо/ВР$ ); ПАПР (показатель адекватности процессов регуляции), у.е. ( $ПАПР = АМо/Мо$ ); ВПР (вегетативный показатель ритма), у.е. ( $ВПР = 1/Мо \times ВР$ ); ИН (индекс напряжения регуляторных систем), у.е.; ( $ИН = АМо/2 \times ВР \times Мо$ ).

При анализе ВРС различают длинные (холтеровское мониторирование) и короткие записи. Каждый из этих способов имеет свои достоинства и недостатки. Например, преимуществом коротких записей является возможность достижения стационарности процесса, преимуществом холтеровского мониторирования – возможность анализа ВРС за сутки. Далее речь пойдет о коротких записях ВРС.

Необходимо отметить, что сравнивать значения показателей ВРС записей различной длины не корректно [6,7]. В соответствии с международным стандартом [14] продолжительность короткой записи должна составлять 5 минут.

Для адекватной оценки 5-минутных записей ВРС необходимо выполнять ряд требований протокола проведения исследования. К обследованию приступают не ранее чем через 1,5-2 часа после еды, в тихой комнате, в которой поддерживается постоянная температура 20-22°C. Перед исследованием обязательна отмена физиотерапевтических процедур и медикаментозного лечения (либо эти факторы должны учитываться при оценке результатов исследования). Перед началом исследования необходим период адаптации к окружающим условиям в течение 5-10 минут [1].

Запись ВРС производится в положении лежа на спине, при спокойном дыхании. Обстановка во время обследования должна быть спокойной.

Исследование у женщин желательно проводить в межменструальный период, так как гормональные изменения в организме отражаются на кардиоинтервалограмме. Необходимо устранить все помехи, приводящие к эмоциональному возбуждению, не разговаривать с исследуемым и посторонними, исключить телефонные звонки и появление в кабинете других лиц, включая медработников. В период исследования ВРС пациент должен дышать, не делая глубоких вдохов, не кашлять, не сглатывать слюну [1].

Нарушения указанных требований проведения 5-минутной записи ВРС ведут к искажению значений ее показателей [7,9]. Глубокие вздохи, глотание, смех, произвольные задержки дыхания, открывание глаз, чихание и др. приводят к искажению показателей как временного, так и спектрального анализа. Поэтому участки измененной ритмограммы перед анализом необходимо удалять.

Некоторые исследователи даже рекомендуют увеличивать запись до 10 минут, поскольку исключение из записи всех случайных событий, артефактов и помех может существенно уменьшить объем выборки кардиоинтервалов для статистической обработки [9].

Следует отметить, что результаты анализа вегетативной регуляции могут быть корректными при условии, когда временной отрезок содержит комплексы только синусового происхождения [7,8,9]. Поэтому для оценки ВРС в стандартах [14] вводится параметр NN-интервал (normal-to-normal), который характеризует интервалы между последовательными комплексами QRS, являющиеся результатом деполяризации клеток синусового узла. Из анализа должны исключаться периоды миграции ритма и нарушения синоатриальной проводимости [2,9]. Наши наблюдения также показывают, что эпизоды или постоянная миграция ритма по предсердиям, эпизоды нарушения синоатриальной проводимости увеличивают показатели вариабельности ритма сердца, нередко значительно.

Значительно могут изменить значения показателей ВРС экстрасистолы и артефакты. Поэтому, согласно рекомендациям [14], перед анализом их необходимо удалить (вручную или с помощью функции фильтрации). Между тем важно знать, все ли показатели и в какой степени изменяются при наличии экстрасистол и артефактов, и какие показатели являются наиболее устойчивыми, на значения которых можно было бы ориентироваться при невозможности произвести коррекцию ритмограммы. Для ответа на этот вопрос было проведено изучение 50 5-минутных кардиоритмограмм (полученных с помощью аппаратного комплекса «Поли-Спектр» компании «Нейрософт») с наличием 1-2 артефактов или экстрасистол. Сравнивались показатели ВРС до коррекции записи и после удаления экстрасистол и артефактов вручную. Для каждого показателя был рассчитан процент его изменения, затем определены средние значения (медиана (Me), 25-й и 75-й процентиля) изменений для всех 50 записей. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Изменение значений показателей ВРС (в %) при наличии в 5-минутной записи ВРС 1-2 артефактов или экстрасистол

Показатель BPC	Изменение значения, %	
	Me	25-й – 75-й процентиль
<b>Временной анализ</b>		
ЧСС, %	0	0 – 1,67
RRNN, %	0,3	0,12 – 0,52
SDNN, %	22,6	12,5 – 45,6
RMSSD, %	40	15,6 – 67,7
pNN50, %	2,24	1,21 – 5,47
CV, %	23,4	10,8 – 47,9
<b>Спектральный анализ</b>		
TP, %	50,1	18 – 110
VLF, %	26,2	3,17 – 46,4
LF, %	68,7	12,5 – 195
HF, %	77	28,4 – 145
LFnom, %	14,1	5,45 – 27,6
HFnom, %	9,7	5,72 – 19,7
LF/HF, %	25,3	9,93 – 49,5
%VLF, %	18,6	8,15 – 32,7
%LF, %	17,8	9,1 – 41,5
%HF, %	13,1	6,55 – 38,2
<b>Показатели кардиоинтервалографии по P.M. Баевскому</b>		
Mo, %	1,58	0,8 – 2,59
AMo, %	5,9	3,37 – 12
Me, %	0,63	0,12 – 0,92
BP, %	127	75,3 – 186
IBP, %	54,2	41,7 – 66,5
ПАПР, %	6,16	2,69 – 12,6
ВПР, %	56	45 – 64
ИН, %	54,8	44,4 – 65,4

Как видно из таблицы, при отсутствии коррекции записи значительно изменялись значения многих показателей, особенно спектрального анализа и КИГ по P.M. Баевскому (в последнем случае преимущественно за счет за счет увеличения вариационного размаха).

Относительно стабильными оставались ЧСС (и, соответственно, RRNN), pNN50, Mo и Me, изменения которых, как правило, не превышали 2%, а также AMo (которая изменялась не более, чем на 6%).

Таким образом, при наличии в 5-минутной записи ЭКГ артефактов или экстрасистол и отсутствии возможности ее коррекции мы можем ориентироваться на значения ЧСС, RRNN, pNN50, Mo, Me и AMo, оценка других показателей временной и частотной области, показателей КИГ в этом случае часто не имеет смысла.

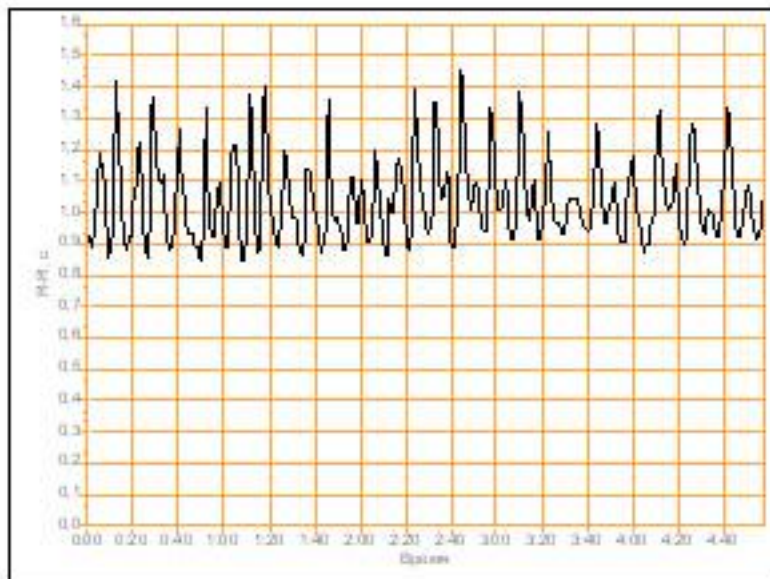
Следует отметить, что некоторые методы анализа BPC не чувствительны к наличию артефактов и экстрасистол. К ним относят корреляционную

ритмографию, показатели TINN, триангулярный индекс, WN1, WN5, WAM5, WAM10.

Суть метода корреляционной ритмографии (скаттерография) состоит в построении графика в виде облака точек путем откладывания по оси абсцисс величины предыдущего интервала RR, а по оси ординат – величины последующего интервала RR. При анализе оценивают длину облака, а также его ширину и площадь. Эктопические сокращения и/или «выпадения» отдельных сердечных сокращений при этом остаются за пределами облака [7]. TINN – это ширина основания треугольника, рассчитанная по графику наиболее высокого пика гистограммы распределения NN-интервалов [14] (по сути этот показатель идентичен вариационному размаху, при этом он не учитывает выпадающие крайние левые и правые сокращения). Триангулярный индекс (HRV triangular index) рассчитывается как соотношение между общим количеством NN интервалов и максимумом плотности распределения (амплитудой моды) [14]. Преимуществом показателей TINN и триангулярного индекса является то, что они позволяют не учитывать выпадающие сокращения, артефакты и экстрасистолы, поскольку последние образуют дополнительные пики и купола. Недостатком этих показателей является необходимость большого количества NN-интервалов для построения геометрической модели, на практике рекомендуется использовать записи не короче 20 мин [7,14].

Выпадающие интервалы RR также позволяет исключить метод, предложенный Л.Н. Лютиковой (1995) [5]. При этом методе определяется ширина основного купола гистограммы на уровне 1 и 5 % от общего количества интервалов RR (WN1 и WN5) и 5 и 10 % от амплитуды моды (WAM5 и WAM10).

При анализе ВРС также очень важно учитывать частоту дыхания пациента в мин. Некоторые пациенты имеют редкое (9 и менее в мин) дыхание. В таких случаях компьютерная программа расценивает дыхательные (HF) волны как LF-компонент, при этом увеличивается мощность LF-волн, а также значения %LF и LF/HF, что ошибочно можно расценить как увеличение активности симпатического отдела вегетативной нервной системы (см. рис. 1).

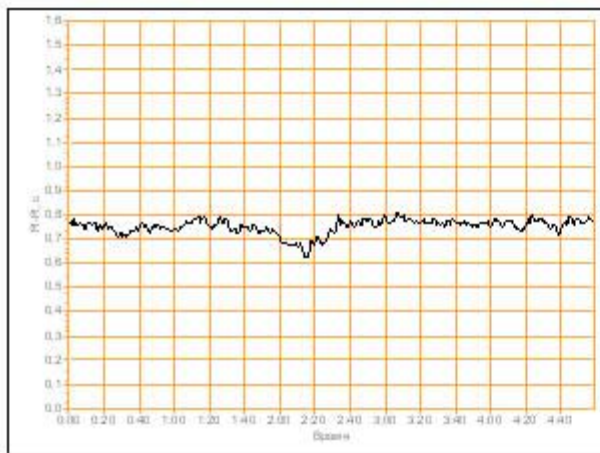


TP, мс <sup>2</sup>	8311
VLF, мс <sup>2</sup>	1389
LF, мс <sup>2</sup>	5869
HF, мс <sup>2</sup>	1053
LF norm, n.u.	84,8
HF norm, n.u.	15,2
LF/HF	5,57
Структура спектра	
%VLF	16,7
%LF	70,6
%HF	12,7

Рисунок 1. Ритмограмма и значения показателей спектрального анализа пациента А. (увеличение мощности LF-волн и показателя LF/HF связано с редким дыханием)

При интерпретации показателей КИГ по Р.М. Баевскому необходимо также учитывать следующие моменты. Важными показателями КИГ для оценки вегетативных влияний являются ВР и АМо. При этом считается, что чем больше ВР и меньше АМо, тем сильнее влияние парасимпатического звена вегетативной нервной системы. Однако в некоторых случаях увеличение ВР и уменьшение АМо и, соответственно, индексов, рассчитываемых на их основе, происходит не за счет увеличения дыхательных (HF) волн, характеризующих активность парасимпатического звена вегетативной нервной системы, а за счет недыхательного (LF и VLF) компонента, что, наоборот, свидетельствует об активации симпатического звена вегетативной нервной системы и других механизмов регуляции.

Увеличение ВР происходит также в случаях нестационарного процесса, когда ЧСС постепенно уменьшается (например, при недостаточном отдыхе перед исследованием) или возрастает (например, при повышении психической активности обследуемого (см. рис. 2)). Участки нестационарных процессов должны исключаться из анализа, они искажают значения практически всех показателей ВРС.



Показатель КИГ	До коррекции ритмограммы	После коррекции ритмограммы
ЧСС, уд/мин	80	79
M, с	0,75	0,76
СК, с <sup>2</sup>	0,0323	0,0192
Mo, с	0,745	0,781
AMo, %	59	60,6
Me, с	0,751	0,758
BP, с	0,191	0,104
ИВР, у.е.	310	583
ПАПР, у.е.	79,3	77,6
ВПР, у.е.	7,05	12,3
ИН, у.е.	208	373

Рисунок 2. Ритмограмма и значения показателей КИГ пациента М.: ВР увеличен за счет учащения ЧСС (реакция на вошедшего в кабинет врача)

Таким образом, при проведении и анализе ВРС необходимо учитывать многочисленные факторы, которые могут оказать значительное влияние на значения ее показателей. Их учет необходим для правильной интерпретации ВРС и адекватной оценки функционального состояния обследуемого.

#### Литература

1. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: метод. рекомендации / Р. М. Баевский [и др.]. М., 2002. 53 с.
2. Бабунец, И. В. Азбука анализа variability сердечного ритма / И. В. Бабунец, Э. М. Мириджанян, Ю. А. Машаех. Компакт-диск, 2002.
3. Баевский, Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. М.: Медицина, 1997. 265 с.
4. Variability сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение: тез. докл. IV всерос. симп. / отв. ред. Н. И. Шлык, Р. М. Баевский. УдГУ. Ижевск, 2008. 344 с.
5. Лютикова, Л. Н. Методика анализа суточной variability сердечного ритма / Л. Н. Лютикова, М. М. Салтыкова, Г. В. Рябыкина // Кардиология. 1995, № 1. С. 45–50.
6. Макаров, Л. М. Холтеровское мониторирование / Л. М. Макаров. М.: Медпрактика-М, 2008. 456 с.
7. Михайлов, В. М. Variability ритма сердца: опыт практ. применения метода / В. М. Михайлов. Иваново, 2002. 290 с.
8. Рябыкина, Г. В. Variability ритма сердца / Г. В. Рябыкина, А. В. Соболев. М.: Оверлей, 2001. 200 с.
9. Функциональная диагностика состояния вегетативной нервной системы / Э. В. Земцовский [и др.]. СПб.: ИНКАРТ, 2004. 80 с.

10. Хаютин, В. М. Колебания частоты сердцебиений: спектральный анализ / В. М. Хаютин, Е. В. Лукошкова // Вестник аритмологии. 2002. № 26. С. 10–21.
11. Autonomic dysfunction predicts mortality in patients with multiple organ dysfunction syndrome of different age groups / H. Schmidt [et al.] // Crit. Care Med. 2005. Vol. 33, №9. P. 1994–2002.
12. Routledge, H. C. Heart rate variability – a therapeutic target / H. C. Routledge, S. Chowdhary, J. N. Townend // J Clin Pharm Ther. 2002. Vol. 27. P. 85–92.
13. Reed, M. J. Heart rate variability measurements and the prediction of ventricular arrhythmias / M. J. Reed, C. E. Robertson, P. S. Addison // QJM. 2005. Vol. 98. P. 87–95.
14. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability. Standards of Measurement. Physiological interpretation and clinical use // Circulation. 1996. V. 93. P. 1043–1065.