

Н.Н. Корзун, Р.В. Хурса

Геометрический анализ нелинейной хаотической динамики ритма сердца у больных артериальной гипертензией

Белорусский государственный медицинский университет

Проведено исследование ВСР у 110 больных артериальной гипертензией и 30 здоровых лиц. Для анализа результатов использованы два метода оценки: традиционный показатель ПАРС и геометрический анализ нелинейной хаотической динамики ритма сердца. У больных артериальной гипертензией выявлена избыточная активность регуляторных систем в покое, высокая активность и «ригидность» этих систем при активной ортостатической пробе. Анализ хаосграмм отличается большей «помехоустойчивостью» по сравнению с ПАРС и адекватно отражает состояние адаптационных регуляторных систем организма.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, вариабельность сердечного ритма, геометрический анализ нелинейной хаотической динамики ритма сердца, ортостатическая проба, вегетативная нервная система.

Исследование вариабельности ритма сердца (ВСР) находит все более широкое применение в разных областях медицины для оценки состояния вегетативной нервной системы и адаптации (состояния регуляторных систем), с прогностическими целями и др. [1, 5, 7, 8]. Однако, вопросы анализа и интерпретации получаемых данных далеки от разрешения. Традиционно используются статистический и спектральный способы оценки ВСР, которые стандартизированы Европейским обществом кардиологов и обществом электрофизиологов США [8]. Однако данные методы не учитывают нелинейный и фрактальный характер структуры сердечного ритма, в связи с чем появился интерес к анализу хаотических колебаний кардиоритма [2, 3, 4, 6]. Наиболее информативным из них представляется геометрический анализ нелинейной хаотической его динамики, который производится с помощью компьютерной программы-анализатора вариабельности сердечного ритма «Бриз-М». Алгоритм построения картины нелинейной хаотической структуры ритма сердца (хаосграммы) заключается в отображении на осях фазовой плоскости числового значения R-R-интервала (на горизонтальной), и приращения величины R-R-интервала (на вертикальной) с последующим соединением полученных точек (рис. 1).

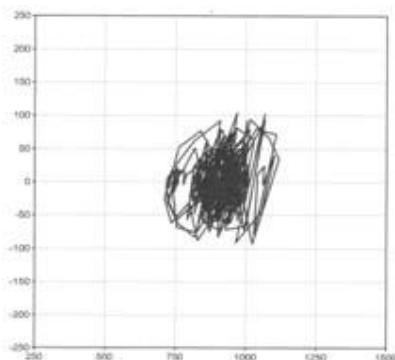


Рис. 1 – Вид хаосграммы

Далее хаосграмма разбивается на элементарные геометрические циклы с различным количеством точек в них, после чего выстраивается диаграмма рейтинга, где отображается частота полученных элементарных геометрических циклов (фигур) с количеством точек 2, 3, 4 и т.д. Исходя из этого, вычисляются определенные числовые показатели (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели геометрического анализа нелинейной динамики ритма сердца [2]

Показатель	Описание
Максимум рейтинга	Количество точек в элементарных геометрических фигурах хаосграммы, которые образовывались наиболее часто
N1	Расчетный показатель, равный отношению суммы количества фигур из 4, 5 и 6 точек рейтинга к сумме количества фигур из 2 и 3 точек
N2	Расчетный показатель, равный отношению суммы количества фигур из 4, 5 и 6 точек рейтинга к общей сумме всех фигур (включая 4,5, 6), выраженный в процентах
N3	Расчетный показатель, равный отношению суммы количества фигур из 4, 5 и 6 точек рейтинга к числу остальных фигур (в точках 2, 3 и более 6)

Диагностические возможности хаосграммы в кардиологической функциональной диагностике изучены крайне недостаточно.

Цель исследования: оценить состояние адаптационных регуляторных систем организма у пациентов с артериальной гипертензией методом геометрического анализа нелинейной хаотической динамики ритма сердца.

Материалы и методы. Проведено исследование ВСР с помощью цифрового интерпретирующего электрокардиографа «Интекард» и компьютерной программы-анализатора variability сердечного ритма «Бриз-М» у 110 амбулаторных пациентов с артериальной гипертензией (АГ), средний возраст 48.1 ± 1.3 лет, и у 30 практически здоровых людей, среднего возраста $47,0 \pm 2.2$. Пациентам выполнялась активная орто-клино-статическая проба, фиксировались 5-минутные отрезки ЭКГ, определялись показатели хаосграммы (табл. 1) и ПАРС (показатель активности регуляторных систем). ПАРС – это комплексный показатель, формирующийся на основе классических параметров ВСР (статистических и спектральных) [1, 5]

Статистическая обработка данных производилась с помощью AnalystSoft, BioStat - программы статистического анализа, версия 2008 г. При распределениях, отличных от нормального, данные представлялись в виде медианы и интерквартильного размаха – Me (25%/75%), сравнение двух независимых выборок производилось с помощью теста Манна-Уитни, порядковых величин – с помощью теста χ -квадрат.

Результаты и обсуждение. В основной группе максимум рейтинга хаосграммы в состоянии покоя приходился на геометрические циклы из трех точек (49,0% исследуемых), тогда как в группе контроля – из четырех точек (96.7%) (рис. 2).

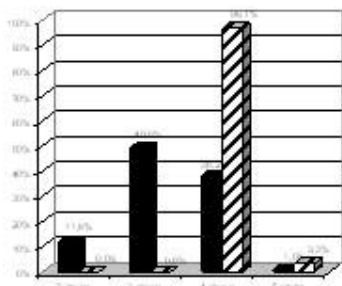


Рис. 2 – Диаграммы рейтинга хаосграмм в состоянии покоя у пациентов основной и контрольной групп

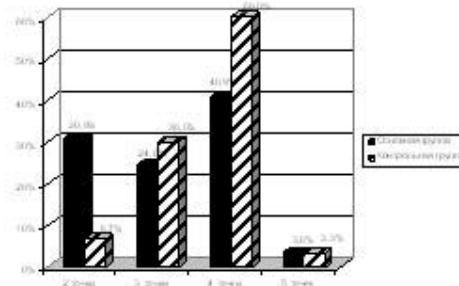


Рис. 3 – Диаграммы рейтинга хаосграмм при активной ортостатической пробе у пациентов основной и контрольной групп

Показатели N1, N2 и N3 в основной группе также были достоверно ниже таковых в

Показатель	Исходное состояние	Ортостатическая проба
------------	--------------------	-----------------------

Значения ПАРС имели аналогичную тенденцию: в основной группе доля испытуемых с напряжением и срывом адаптации в состоянии покоя была достоверно больше (табл. 3).

Таблица 3 – Значения ПАРС в группах исследования в покое (исходное состояние) и при активной ортостатической и клиностатической пробах

	Основная группа	Контрольная группа	Значение р	Основная группа	Контрольная группа	Значение р
N1	1.02 (0.76/1.18)	2.61 (2.11/3.37)	<0.001	1.08 (0.83/1.43)	1.26 (1.03/2.0)	0.019
N2, %	44.75 (39.08/50.57)	66.23 (63.83/71.43)	<0.001	45.40 (38.84/51.61)	50.96 (43.30/54.41)	0.039
N3	0.81 (0.64/1.02)	1.96 (1.76/2.50)	<0.001	0.83 (0.64/1.07)	1.04 (0.76/1.19)	0.039

Значения ПАРС имели аналогичную тенденцию: в основной группе доля испытуемых

с напряжением и срывом адаптации в состоянии покоя была достоверно больше (табл. 3).

Таблица 3 – Значения ПАРС в группах исследования в покое (исходное состояние) и при активной ортостатической и клиностатической пробах

ПАРС	Исходное состояние		Ортостатическая проба		Клиностатическая проба	
	Основная группа	Контрольная группа	Основная группа	Контрольная группа	Основная группа	Контрольная группа
Физиологическая норма	29.1%*	86.7%	19.1%*	20.0%	33.6%*	66.7%
Напряжение механизмов адаптации	68.2%*	13.3%	70.0%*	80.0%	61.8%*	30.0%
Срыв адаптации	2.7%*	0%	10.9%*	0%	4.6%	3.3%

Примечание –* - статистически значимые различия с контрольной группой, $p < 0,05$

В этой связи выявленное нами преобладание фигур из малого числа точек на хаосграммах в основной группе свидетельствует об избыточной регуляции ритма у пациентов с АГ со стороны нейрогуморальных структур даже в покое. У здоровых же лиц в исходном состоянии сердечный ритм характеризуется определенной долей автономности и, соответственно, хаотичностью:

вышестоящие отделы регуляторных систем работают в режиме контроля и активизируются только при необходимости [1, 2, 4].

При проведении активной ортостатической пробы в основной группе произошло смещение максимума рейтинга на геометрические циклы из двух точек, в то время как в контрольной группе сохранилось преобладание фигур из четырех точек (рис. 3).

Расчетные показатели N1, N2 и N3 в основной группе значимых изменений не претерпели, тогда как в группе контроля все эти индексы уменьшились, оставаясь при этом достоверно большими, чем в основной группе (табл. 2).

Значения ПАРС характеризовались некоторым увеличением доли лиц со срывом адаптации среди пациентов с АГ и значительным увеличением доли лиц с напряжением механизмов адаптации в группе здоровых (табл. 3). Эти изменения связаны с тем, что у пациентов с АГ изначально наблюдалась повышенная

активность регуляторных систем, которая просто несколько увеличилась, в то время как в контрольной группе они активизировались только при адаптации организма к ортостазу. Возможно, также, что незначительные изменения ВСР в основной группе при ортостатической пробе связаны со снижением чувствительности барорефлекса при АГ [9].

При проведении клиностатической пробы отмечена тенденция к возврату в исходное состояние максимума рейтинга в основной группе и сохранение преобладания геометрических циклов из 4 точек в группе контроля (рис. 4).

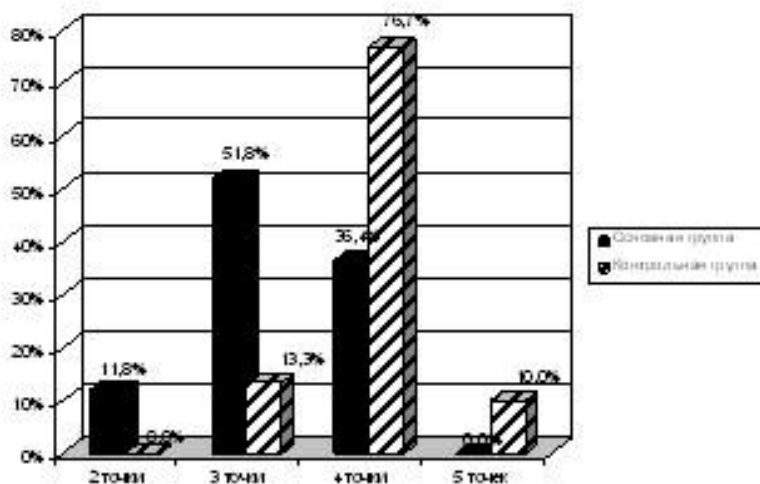


Рис. 4 – Диаграммы рейтинга хаосграммы при клиностатической пробе у пациентов основной и контрольной групп

В то же время показатели N1, N2 и N3 изменялись разнонаправленно: в основной группе продолжилось снижение всех индексов, а в группе контроля произошел рост данных показателей (табл. 4). Это обусловлено, видимо, постепенным возвратом к состоянию покоя с соответствующим уменьшением нейрогуморальной регуляции ритма у практически здоровых лиц. В основной же группе эта регуляция даже усилилась, что можно объяснить исходно повышенной активностью симпатического отдела вегетативной нервной системы и еще большим ее увеличением в противовес естественному клиностатическому повышению напряжения парасимпатического отдела.

ПАРС имел ту же тенденцию в группе пациентов с АГ: по сравнению с исходным состоянием увеличилось количество испытуемых как со срывом адаптации, так и с физиологической нормой. Однако среди здоровых также наблюдалось появление небольшого числа лиц со срывом адаптации (табл. 3), что лишний раз подтверждает относительность такого понятия, как «здоровье» и возможность наличия в контрольной группе лиц в состоянии предболезни. Таблица 4 – Показатели хаосграмм (Me, 25%/75%) в группах исследования в покое (исходное состояние) и при клиностатической пробе

Показатель	Исходное состояние			Клиностатическая проба		
	Основная группа	Контрольная группа	Значение р	Основная	Контрольная группа	Значение р
N1	1.02 (0.76/1.18)	2.61 (2.11/3.37)	<0.001	0.85 (0.65/1.26)	1.57 (1.28/2.33)	<0.001
N2, %	44.75 (39.08/50.57)	66.23 (63.83/71.43)	<0.001	41.90 (36.04/49.38)	57.05 (50.65/65.64)	<0.001
N3	0.81 (0.64/1.02)	1.96 (1.76/2.50)	<0.001	0.73 (0.56/1.0)	1.34 (1.03/1.81)	<0.001

Заключение. Использование метода геометрического анализа нелинейной хаотической динамики ритма сердца позволило выявить у амбулаторного контингента больных артериальной гипертензией избыточную активность регуляторных систем в покое, высокую активность и «ригидность» этих систем при активной ортостатической пробе, признаки гиперактивности симпатического отдела вегетативной нервной системы при незначительной активизации ее парасимпатического отдела. Выявленные тенденции соответствуют данным традиционно используемого комплексного показателя активности регуляторных систем – ПАРС. Однако ПАРС, как интегральный расчетный параметр, объединяющий ряд принципиально разнородных показателей, сопряжен со значительной вероятностью погрешности. Анализ же хаосграмм отличается большей «помехоустойчивостью», так как основан на количественной оценке одного параметра – хаотической составляющей ритма сердца.

Таким образом, метод геометрического анализа нелинейной хаотической динамики ритма сердца адекватно отражает состояние адаптационных регуляторных систем организма и может быть использован с этой целью в функциональной диагностике.

Литература

1. Баевский, Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. М.: Медицина, 1997. 265 с.
2. Гаврилушкин, А. П. Геометрический анализ нелинейных хаотических колебаний в оценке variability ритма сердца: учеб.-метод. пособие для студентов и врачей / А. П. Гаврилушкин [и др.]. Н. Новгород, 2001. 64 с.
3. Гаврилушкин, А. П. Первый опыт применения геометрического анализа нелинейной хаотической динамики ритма сердца у больных с острым коронарным синдромом / А. П. Гаврилушкин [и др.]. Российский кардиологический журнал. 1999. № 5. С. 63–66.
4. Киселев, С. В. Геометрический анализ нелинейных хаотических колебаний кардиоритма как новый метод функциональной диагностики сердечно-сосудистой системы / С. В. Киселев [и др.]. Российский кардиологический журнал. 2000. № 6. С. 76–79.
5. Михайлов, В. М. Variability сердечного ритма. Опыт практического применения / В. М. Михайлов. Иваново, 2000. 200 с.
6. Мун, Ф. Хаотические колебания / Ф. Мун. М.: Мир, 1990. 356 с.

7. Рябыкина, Г. В. Вариабельность ритма сердца / Г. В. Рябыкина, А. В. Соболев. М.: Изд-во «Оверлей», 2001. 200 с.
8. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use / Task Force of The European Society of Cardiologi and The North American Society of pacing and Electrophysiology // Eur Heart J. 1996. Vol. 17. P. 354–381.
9. Parati, G. How to assess baroreflex sensitivity: from the cardiovascular laboratory to daily life / G. Parati, M. Rienzo, G. Mancia // J Hypertens 2000. P. 187–200.