

Автор выражает благодарность заведующему лаборатории хронобиологии НИИ физики Южного федерального университета С.Л. Загускину за консультации и дискуссии в ходе подготовки статьи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Voss A., Wessel N., Baier V., Osterziel K.J., Kurths J., Dietz R., Schirdewan A. Symbolic Dynamics – a Powerful Tool in Non-Invasive Biomedical Signal Processing. Report – Online symposium for electronics engineers. 2000.
2. Voss A., Schulz S., Schroeder R., Baumert M., Caminal P. Methods derived from nonlinear dynamics for analyzing heart rate variability. Phil. Trans. R. Soc. A. 2009. 28(367). – P. 277-296.
3. Guzzetti S., Borroni E., Gabrielli P.E., Porta A. Symbolic Dynamics of Heart Rate Variability: A Probe to Investigate Cardiac Autonomic Modulation. Circulation. – 2005. – № 112 (4). – P. 465-470.
4. Базы доступны по адресу <http://physionet.org/>.

Гуров Юрий Владимирович

Научно-исследовательский институт физики Южного федерального университета.

E-mail: noisegen@mail.ru.

344090, Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194.

Тел.: +79081914297.

Gurov Jury Vladimirovich

Southern Federal University, Physics Research Institute.

E-mail: noisegen@mail.ru.

194, Stachki prosp., Rostov-on-Don, 344090, Russia.

Phone: +79081914297.

УДК 616.054.4:616

А.А. Демидова, Э.В. Курбатова

**ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ РИТМОГРАФИИ ПРИ АНАЛИЗЕ
ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
НАРУШЕНИЙ РИТМА СЕРДЦА**

Рассматривается метод корреляционной ритмографии, отражающий степень хаотичности генерации сердечного ритма, который обладает высокой информативностью в отношении прогнозирования аритмий у больных с артериальной гипертензией.

Корреляционная ритмография; прогнозирование; аритмии.

A.A. Demidova, E.V. Kurbatova

**POSSIBILITIES CORRELATIVE RHYTHMOGRAPHY AT THE ANALYSIS
OF VARIABILITY OF THE INTIMATE RHYTHM FOR PREDICTION
OF VIOLATIONS OF THE RHYTHM OF HEART**

The method of correlation rhythmography reflecting a degree of a randomness of generation of an intimate rhythm, possesses high selfdescriptiveness concerning forecasting of arhythmics of heart at sick an arterial hypertension.

Correlative rhythmography; prediction; arhythmia.

При артериальной гипертензии (АГ) имеется сочетание факторов, играющих существенную роль в инициации или поддержании жизнеугрожающих аритмий. К таким факторам можно отнести адренэргический дисбаланс, ишемию миокарда,

нарушение электролитного обмена, изменение геометрии сердца [1]. Изучение variability сердечного ритма и электрической стабильности миокарда и оценка симпатического и парасимпатического баланса в организме позволяет определить вероятность развития потенциально опасных аритмий у больных [2]. Вышеизложенное объясняет несомненную актуальность поиска предикторов и новых методов ранней диагностики нарушений ритма сердца у больных АГ при изучении variability сердечного ритма.

Целью работы явилось определить у больных АГ информативные показатели корреляционной ритмографии при анализе динамического ряда кардиоинтервалов для прогнозирования жизнеопасных нарушений ритма сердца.

В основу работы положены результаты анализа записи кардиоинтервалов у 64 больных АГ: 18 мужчин (28,1 %) и 46 женщин (71,9 %). Возраст пациентов колебался от 39 до 58 года, в среднем составив $51,2 \pm 1,2$ года. Большинство больных (92,2 %) имели II степень тяжести АГ. У пациентов для регистрации нарушений ритма сердца проводили суточный мониторинг ЭКГ. Запись и анализ кардиоинтервалов в течение 10 минут были реализованы с использованием автоматизированной системы «Кармин» (г. Таганрог). ЭКГ-сигнал регистрировали во II стандартном отведении. При исследовании variability ритма сердца были применены как стандартные временные и частотные методы статистического анализа, так и метод нелинейной обработки, характеризующий степень хаотичности генерации сердечного ритма под названием корреляционной ритмографии. Сущность метода корреляционной ритмографии заключалась в графическом отображении последовательных пар кардиоинтервалов (предыдущего и последующего) в двухмерной координатной плоскости. График и область точек, полученных таким образом, представляли собой скаттерграмму. Вычисляли количественные показатели скаттерграммы: длину, ширину и площадь скаттерграммы. Контрольную группу составили 30 обследуемых без патологии сердечно-сосудистой системы.

У больных АГ был зарегистрирован ригидный циркадный профиль частоты сокращений сердца (циркадный индекс менее 1,2) (табл. 1). Показатели частоты сокращений сердца у больных АГ по сравнению с контрольной группой здоровых людей характеризовались достоверным повышением средней, минимальной и максимальной величин как днем, так и ночью. Особенно заметны были различия величин в ночное время. Установленные изменения ритмической деятельности сердца отражали более высокую активность симпатического звена автономной нервной системы.

Таблица 1

Показатели суточного мониторинга ЭКГ у больных АГ и у практически здоровых людей контрольной группы

Показатель	Больные АГ (n=64)	Контрольная группа (n=30)
Суточная ЧСС:		
ЧСС минимальная, в мин	$60,2 \pm 0,7^*$	$50,2 \pm 0,8$
ЧСС максимальная, в мин	$117,5 \pm 1,9^*$	$93,2 \pm 1,5$
ЧСС средняя, в мин	$80,7 \pm 1,5^*$	$68,4 \pm 1,3$
Дневная ЧСС:		
ЧСС минимальная, в мин	$59,4 \pm 0,8^*$	$52,3 \pm 0,6$
ЧСС максимальная, в мин	$119,2 \pm 1,3^*$	$102,3 \pm 1,6$
ЧСС средняя, в мин	$81,1 \pm 1,0^*$	$71,3 \pm 1,4$

Окончание табл. 1

Показатель	Больные АГ (n=64)	Контрольная группа (n=30)
Ночная ЧСС:		
ЧСС минимальная, в мин	60,1±0,7*	47,6±0,8
ЧСС максимальная, в мин	99,8±1,6*	82,3±1,4
ЧСС средняя, в мин	73,1±1,1*	60,2±1,5
Циркадный индекс	1,12±0,02*	1,24±0,01

* - достоверные различия между показателями по сравнению с контрольной группой при $P < 0,05$.

На следующем этапе работы особенности ритмогенеза в сердце у больных клинических групп изучали с применением метода оценки variability сердечного ритма. Временные показатели variability ритма сердца у больных отражены в табл. 2. Известно, что наиболее чувствительным показателем ВРС, имеющим прогностическое значение, является SDNN, который характеризует вегетативную регуляцию сердечной деятельности в целом и зависит от воздействия, как симпатического, так и парасимпатического отделов нервной системы. У больных АГ по сравнению с контрольной группой SDNN был снижен, соответственно, на 13 % ($p < 0,05$), что свидетельствовало о снижении variability распределения RR интервалов. Как следует из приведенной табл. 2, у больных АГ регистрировался более частый ритм сердца, выявлялось достоверное снижение тонуса парасимпатической нервной системы, на что указывали сниженные показатели RMSSD на 27,6 % и pNN50 на 49,3 %. Эти нарушения объясняются наличием прогрессирующей автономной нейропатии у больных АГ. Доля больных с ригидным сердечным ритмом в группе больных АГ 32,8 %, а в группе контроля – 6,7 % (показателями, характеризующими ригидный ритм приняты $RMSSD < 17$ мс и $pNN50 < 1$ %). Таким образом, практически у трети больных АГ регистрировали ригидный сердечный ритм, что свидетельствовало об утрате влияния нервных проводников на сердце и увеличении долевого участия медленных гуморально-метаболических влияний на сердце.

Таблица 2

Временные показатели variability сердечного ритма у больных АГ и у практически здоровых людей контрольной группы

Показатель	Больные АГ (n=64)	Контрольная группа (n=30)
RRcp, мс	735,3±23,1*	845,2±18,3
SDNN, мс	42,3±3,2*	56,3±2,6
RMSSD, мс	31,2±1,9*	43,1±2,1
pNN50, %	11,4±0,5*	22,5±0,9
CV, %	3,2±0,01*	5,2±0,03

Примечание: RRcp – усредненное время сердечного цикла, SDNN – среднее квадратическое отклонение, RMSSD – квадратный корень средних квадратов разницы между смежными RR-интервалами, PNN50 – процент NN50 от общего количества последовательных пар интервалов, различающихся более чем на 50 мс, CV – коэффициент вариации

* – достоверные различия между показателями по сравнению с контрольной группой при $p < 0,05$.

Итак, по результатам временного анализа ВРС у больных АГ выявлено снижение функции разброса и усиление функции концентрации ритма сердца, очевидно, вследствие ослабления тонических влияний парасимпатической нервной системы.

Частотные показатели variability сердечного ритма у больных АГ и у практически здоровых людей контрольной группы отражены в табл. 3.

Таблица 3

Частотные показатели variability сердечного ритма у больных АГ и у практически здоровых людей контрольной группы

Показатель	Больные АГ (n=64)	Контрольная группа (n=30)
TP, $\text{мс}^2/\text{Гц}$	1003,2±23,8*	2521,7±34,8
VLF, %	61,2±4,5*	35,6±3,7
LF, %	18,9±0,8	24,6±1,4
HF, %	19,9±1,3*	39,8±3,5
LF/HF	1,8±0,4*	0,8±0,04

Примечание: TP – общая мощность спектра variability сердечного ритма, VLF – мощность сверхнизкочастотных колебаний сердечного ритма, LF – мощность низкочастотной компоненты variability сердечного ритма, HF – мощность высокочастотной компоненты спектра variability сердечного ритма, LF/HF – показатель вагосимпатического баланса:

* – достоверные различия между показателями по сравнению с контрольной группой при $p < 0,05$.

У больных АГ резкое снижение общей мощности спектра по сравнению с контрольной группой в 2,5 раза, преобладание в структуре спектральной мощности очень медленных колебаний ($VLF > 60\%$) при превышении отношения $LF/HF > 1,1$ указывали на наличие кардионейропатии, обусловленную системными и локальными нейрогормональными нарушениями.

У здоровых людей контрольной группы скатерграммы были представлены эллипсом правильной формы: длина скатерграммы составляла $0,16 \pm 0,005$ с, ширина – $0,06 \pm 0,002$ с, а площадь – $0,007 \pm 0,0002$ с². У 39 больных АГ (60,9 %) при отсутствии экстрасистолии скатерграмма выглядела как корреляционное поле точек малой площади округлой формы. При этом длина скатерграммы составила $0,08 \pm 0,002$ с, ширина – $0,07 \pm 0,001$ с, площадь – $0,004 \pm 0,0001$ с². При наличии экстрасистол у пациентов с АГ (39,1 %) корреляционное поле точек последовательных RR интервалов меняло форму с вытянутого эллипса на рассеянное облако большого диаметра, что можно трактовать как вариант дезадаптации. При этом длина и ширина скатерграммы увеличивались, соответственно, до $0,23 \pm 0,004$ с и $0,011 \pm 0,002$ с. Редкие и внезапные нарушения ритмической деятельности сердца (эктопические сокращения и/или выпадения отдельных сердечных сокращений) на фоне монотонности ритма у больных АГ приводили к изменению скатерграммы, но не сопровождалась изменением временных и частотных характеристик variability сердечного ритма. Применение метода множественной регрессии показало, что при расширении скатерграммы более 0,09 с и увеличении длины более 0,2 с, вероятность появления экстрасистол либо пауз сердца превышала 0,5. Сле-

довательно, расширение скатерграммы более 0,2 с и увеличение длины более 0,09 с у больных АГ можно рассматривать как один из предикторов формирования нарушений ритмической деятельности сердца.

Корреляционная ритмография при анализе последовательности кардиоинтервалов у больных АГ обладает большей информативностью по сравнению с временными и частотными методами исследования variability сердечного ритма и может быть использована для прогнозирования нарушений ритма сердца у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Потешкина Н.Г., Туев А.В., Григориади Н.Е.* Временной анализ variability сердечного ритма у больных с артериальной гипертензией // *Вестн. аритмологии.* – 2002. – № 30. – С. 54-57.
2. *Михайлов В.М.* Variability ритма сердца. Опыт практического применения. – Иваново: Изд-во Ивановской госуд. мед. академии, 2000. – 200 с.

Демидова Александра Александровна

ГОУ ВПО «Ростовский государственный медицинский университет Росздрава»
в г. Ростове-на-Дону.
E-mail: aad@aanet.ru.
344068, г. Ростов-на-Дону, ул. Фурмановская, 100.
Тел.: 88632206301.

Курбатова Элеонора Владимировна

E-mail: aad@aanet.ru.
344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Комсомольская, 19.
Тел.: 88632514504.

Demidova Alexandra Aleksandrovna

State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Rostov state medical university Roszdrava» in a Rostov-on-Don.
E-mail: aad@aanet.ru.
100, Furmanovskaya street, Rostov-on-Don, 344068, Russia.
Phone: +78632206301.

Kurbatova Eleonora Vladimirovna

E-mail: aad@aanet.ru.
19, Komsomol street, 344022, Rostov-on-Don, Russia.
Phone: +78632514504.

УДК 616.74-009.54

Д.Ю. Душенин

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДОВ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ К ЭЭГ-МОНИТОРИНГУ

Рассмотрены основные методы анализа нелинейности систем на основе временных рядов: метод замещения данных, метод суррогатных данных, итерационное преобразование Фурье. Метод суррогатных данных применен к анализу ЭЭГ-сигнала. Получен критерий нелинейности системы – коэффициент корреляции суррогатных данных и исходного сигнала.

Нелинейность; суррогатные данные; ЭЭГ-сигнал.