

4. *Timo H.* Prediction of Sudden Cardiac Death by Fractal Analysis of Heart Rate Variability in Elderly Subjects // Journal of the American College of Cardiology. – 2001. – Vol. 37, №. 5. – P. 1395-1402.
5. *Timo H.* Fractal Analysis and Time- and Frequency-Domain Measures of Heart Rate Variability as Predictors of Mortality in Patients With Heart Failure // Am J Cardiol. – 2001. – Vol. 87. – P. 178-182.
6. *Peng C.K.* Mosaic organization of DNA nucleotides // Phys Rev E. 49. – 1994. – P. 1685-1689.

Калакутский Лев Иванович

Самарский аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева.

E-mail: bme@ssau.ru.

443086, г. Самара, Московское шоссе, 34.

Тел.: 88462674549.

Федотов Александр Александрович

E-mail: fedoaleks@yandex.ru.

Тел.: 88462674548.

Kalakutsky Lev Ivanovich

Samara State Aerospace University.

E-mail: bme@ssau.ru.

34, Moscow highway, Samara, 443086, Russia.

Phone: +78462674549.

Fedotov Alexander Alexandrovich

E-mail: fedoaleks@yandex.ru.

Phone: +78462674548.

УДК: 615.225.2

К.С. Караханян

**ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЖИЗНЕУГРОЖАЮЩИХ НАРУШЕНИЙ
РИТМА СЕРДЦА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ВАРИАбельНОСТИ РИТМА
СЕРДЦА У БОЛЬНЫХ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ
И НАРУШЕНИЕМ УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА**

Изучение variability сердечного ритма и электрической стабильности миокарда имеет высокую информативную значимость для оценки вероятности развития потенциально опасных аритмий.

Вариабельность сердечного ритма; аритмии; прогнозирование.

K.S. Karakhanyan

**BASES OF FORECASTING OF INFRINGEMENTS OF THE RHYTHM
OF HEART ON PARAMETERS OF VARIABILITY OF THE RHYTHM
OF HEART AT SICK OF THE ARTERIAL HYPERTENSIA
AND INFRINGEMENT CARBOHYDRATE EXCHANGE**

Studying of variability of an intimate rhythm and electric stability of a myocardium has the high informative importance for an estimation of probability of development potentially dangerous arrhythmia.

Variability of an intimate rhythm; arrhythmia; forecasting.

Влияние на сердце симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы и гуморальных факторов регуляции обеспечивает координа-

рующую функцию и достижение оптимальных результатов в плане адаптации к изменяющимся условиям внутренней и внешней среды [1]. Отклонения, возникающие в регулирующих системах сердца, как правило, предшествуют гемодинамическим, метаболическим, энергетическим нарушениям и, следовательно, являются наиболее ранними прогностическими признаками неблагополучия обследуемого. Сердечный ритм служит индикатором этих отклонений [2], а потому исследование вариабельности ритма сердца у больных с такой сложной патологией как артериальная гипертензия (АГ) на фоне нарушений углеводного обмена имеет важное прогностическое и диагностическое значение.

Целью работы явилось у больных АГ на фоне нарушений толерантности к глюкозе (НТГ) или сахарного диабета (СД) 2 типа дать прогноз заболевания с учетом риска развития жизнеугрожающих нарушений ритма сердца.

Обследовано 64 больных АГ с нарушением толерантности к глюкозе (НТГ) (1 группа) и 70 больных АГ и СД 2 типа (2 группа). Контрольную группу составили практически здоровые люди. Всем больным проведена регистрация ЭКГ на аппаратно-компьютерном комплексе Кармин (г. Таганрог). Путем статистической обработки рассчитывали показатели временного и спектрального анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР). Кроме того, определяли среднюю частоту сокращений сердца (ЧСС) в дневное, ночное время суток, циркадный индекс (ЦИ) как отношение среднедневной к средненочной ЧСС. Для изучения нелинейных характеристик ВСР использовали показатель фрактальной размерности временного ряда (FrD). Для характеристики гетерогенности желудочковой реполяризации использовали дисперсию QT-, JT-интервалов. После комплексного клинико-инструментального исследования из 1-й группы больных АГ и НТГ была выделена подгруппа пациентов (n=31) с нарушениями ритма сердца или высоким риском развития внезапной сердечной смерти. Среди больных АГ и СД 2 типа аналогичная подгруппа пациентов составила 34 человека. Ключевым при выделении подгруппы больных с высоким риском развития внезапной кардиальной смерти был анализ результатов холтеровского мониторирования ЭКГ, исследования электрической стабильности миокарда, вариабельности сердечного ритма.

В результате проведенного исследования было установлено, что у больных 1-й и 2-й групп, в отличие от пациентов контрольной группы в дневное время выявлена тахикардия до $97,1 \pm 3,1$ и $103,2 \pm 3,4$ ударов в минуту, соответственно. Средненочная ЧСС также превышала значения пациентов контрольной группы ($p < 0,05$) и составила $79,2 \pm 2,5$ и $85 \pm 2,9$ ударов в минуту, соответственно. Наряду с этим, у больных двух групп регистрировалось уменьшение ЦИ относительно соответствующего показателя здоровых людей, равного $1,37 \pm 0,02$ ($p < 0,05$). Причем более значительно ЦИ снижался во 2-й группе: $1,21 \pm 0,03$ против $1,29 \pm 0,01$ в первой. По результатам временного анализа ВСР у больных двух групп выявлено снижение функции разброса (на основании данных о среднеквадратическом отклонении) и усиление функции концентрации ритма, очевидно, вследствие ослабления тонических влияний парасимпатической нервной системы. Спектральный анализ ВСР свидетельствовал о статистически достоверном уменьшении мощности всех компонентов спектра у больных АГ и нарушениями углеводного обмена: как медленных (LF) и очень медленных волн (VLF), отражающих степень активации симпатических сегментарных и церебральных центров регуляции, так и быстрых волн (HF), обусловленных парасимпатическими влияниями. Наряду с этим, у больных исследуемых групп отмечалось относительное преобладание волн большого периода, свидетельствующих о доминировании симпатических влияний, тогда как у здоровых людей отношение LF/HF приближалось к 1. В результате применения методов нелинейной динамики было установлено, что в спектре мощности кар-

диоинтервалограммы у больных 1-й и 2-й групп, доля непериодических хаотических компонентов, имеющих фрактальную природу, составляла, соответственно, 67 % и 87 %. У больных 1-й группы показатель FrD сердечного ритма находился в интервале 1,0-1,2, в среднем составив $1,09 \pm 0,003$. У пациентов 2-й группы происходило снижение фрактальной размерности, что свидетельствовало об усилении непериодичности хаотической компоненты кардиоинтервалограммы. Так, показатель FrD сердечного ритма колебался в диапазоне 0,80-1,0, в среднем составив $0,91 \pm 0,002$. Снижение FrD у больных 2-й группы обратно коррелировало с усилением влияния симпатических нервов на сердце. Кроме того, усиление «хаоса» в структуре ритма сердца находилось в тесной прямой взаимосвязи с количеством экстрасистол и вентрикулярных экстрасистол, появление которых связано с повышенным риском внезапной сердечной смерти. Электрическая нестабильность миокарда, являющаяся еще одним характерным признаком автономной кардионейропатии, была выявлена при проведении суточного мониторирования ЭКГ у 18 больных 1-й группы и у 26 пациентов 2-й группы в виде альтернации зубца Т. Среди пациентов контрольной группы данный феномен не зарегистрирован. Особый интерес, на наш взгляд, представляют данные об увеличении дисперсии (по данным стандартной ЭКГ) и вариабельности (по результатам холтеровского мониторирования) интервала QT у больных АГ и нарушениями углеводного обмена относительно пациентов контрольной группы. У больных АГ и СД 2 типа признаки электрофизиологической неоднородности миокарда были более выражены.

Итак, результаты исследования свидетельствовали об уменьшении ВСР у пациентов с АГ и нарушениями углеводного обмена и однозначно указывали на наличие у них признаков вегетативного дисбаланса. Известно, что наиболее чувствительным показателем ВСР, имеющим прогностическое значение, является среднеквадратическое отклонение, которое характеризует вегетативную регуляцию сердечной деятельности в целом и зависит от воздействия как симпатического, так и парасимпатического отделов нервной системы. Другие показатели частотного анализа также свидетельствовали об уменьшении ВСР у больных двух групп вследствие ослабления тонуса блуждающего нерва и/или повышения активности центров, отражающих уровень симпатoadреналовой или эрготропной активации. На наш взгляд, эти процессы взаимосвязаны, поскольку активация высших вегетативных центров, отвечающих за метаболизм и энергетический обмен, сопровождается подавлением активности нижележащих уровней регуляции, снижением ВСР и уменьшением суммарной мощности спектра в диапазоне дыхательных волн и медленных волн 1 и 2 порядка. В связи с этим, логичным было бы обнаружение повышения мощности медленных волн за счет симпатикотонии. Однако нам не удалось выявить подобной закономерности, что еще раз подтверждает широко распространенное мнение о трудности однозначной интерпретации данных анализа ВСР и сведения об отсутствии корреляции между показателями частотного и спектрального анализа. Сопоставление полученных данных с результатами оценки вегетативных проб указывало, что в формировании изменений ВСР у больных АГ и нарушениями углеводного обмена заинтересованы оба отдела вегетативной нервной системы.

Известно, что вегетативный дисбаланс способствует развитию аритмогенной ситуации. Хотя спектр и выраженность сердечных аритмий у больных 1-й группы не отличались от контрольных, косвенным подтверждением наличия у них электрофизиологической неоднородности миокарда служило увеличение дисперсии и вариабельности интервала QT и наличие альтернации зубца Т. У пациентов 2-й группы, наряду с миграцией водителя ритма (31,2 %) и синоатриальной блокадой (12,5 %), нами была выявлена желудочковая экстрасистолия (18,8 %) и эпизоды наджелудочкового ускоренного ритма (28,1 %).

В наших исследованиях в результате корреляционного анализа были выявлены достоверные и тесные корреляции, в основном, пространственных показателей гетерогенности реполяризации ЛЖ и нарушений ритма сердца у больных двух групп. Причем, по мере усиления метаболических нарушений у пациентов с АГ увеличивалась как выраженность гетерогенности реполяризации ЛЖ, так и взаимосвязи его показателей с нарушениями ритма сердца. На основании использования метода множественной регрессии для больных АГ с НТГ была получена формула для расчета вероятности нарушения ритма сердца. В эту формулу входили показатели фрактальной мощности, длины скатерграммы, мощности очень низкочастотного компонента спектра ВРС, показатель вагосимпатического равновесия и дисперсия интервала JT. Полученная математическая модель имела следующий вид:

$$P = -1,06 * FrD + 0,198 * ДлСК - 0,01 * VLF + 0,166 * LF/HF + 0,0192 * vJTd + 4,33,$$

где P – вероятность развития желудочковых нарушений ритма сердца или внезапной кардиальной смерти, FrD – фрактальная мощность, ДлСК – длина скатерграммы (в с), VLF – мощность очень низкочастотного компонента спектра ВРС (в $ms^2/Гц$), LF/HF – показатель вагосимпатического равновесия, vJTd – временной показатель дисперсии интервала JT (в мс).

Для больных АГ с СД 2 типа была получена формула для расчета вероятности нарушения ритма сердца с несколько другими показателями, имеющими высокую дискриминантную мощность. В эту формулу входили показатели фрактальной мощности, мощности очень низкочастотного компонента спектра ВРС, показатель вагосимпатического равновесия, дисперсия интервала QT и общая мощность спектра ВРС. Полученная математическая модель имела следующий вид:

$$P = -0,199 * FrD - 0,004 * VLF + 0,115 * LF/HF + 0,008 * vQTd - 0,007 * TP + 3,29,$$

где P – вероятность развития желудочковых нарушений ритма сердца или внезапной кардиальной смерти, FrD – фрактальная мощность, VLF – мощность очень низкочастотного компонента спектра ВРС (в $ms^2/Гц$), LF/HF – показатель вагосимпатического равновесия, vQTd – временной показатель дисперсии интервала QT (в мс), TP – общая мощность спектра (в $ms^2/Гц$).

Итак, негомогенность желудочковой реполяризации ЛЖ, снижение вариабельности сердечного ритма, относительное превалирование симпатических влияний на сердце, ригидный сердечный ритм с высоким удельным неконтролируемых периодических составляющих тесно связаны с развитием нарушений ритма сердца у больных АГ и нарушением углеводного обмена. Изучение вариабельности сердечного ритма и электрической стабильности миокарда для оценки симпатовагального баланса в организме позволит оценить вероятность развития потенциально опасных аритмий и внезапной сердечной смерти у больных при сочетании АГ с нарушением углеводного обмена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вейн А.М.* Вегетативные расстройства. – М.: Медицина, 2000. – 342 с.
2. *Иванов Г.Г.* // Современная электрокардиография: новые возможности и области применения в клинике. – М., 2000. – С. 24-56.

Караханян Карина Суреновна

ГОУ ВПО «Ростовский государственный медицинский университет Росздрава»
в г. Ростове-на-Дону.

E-mail: aad@aanet.ru.

344013, г. Ростов-на-Дону, пер. Рязанский, 2.

Тел.: 88632488352.

Karahanjan Karina Surenovna

State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education "Rostov state medical university Roszdrava" in a Rostov-on-Don.

E-mail: aad@aanet.ru.

2, Ryazan lane, Rostov-on-Don, 344013, Russia.

Phone: +78632488352.

УДК 616-073.7

А.В. Киреев

О НЕЛИНЕЙНОЙ ПРИРОДЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМПЕДАНСА БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ

Описана методика регистрации сверхмалых нелинейности электрического импеданса биологических тканей. Приведены экспериментальные данные, характеризующие нелинейность электрического импеданса тела живого человека.

Электрический ток; импеданс; биологическая ткань; поляризация; нестационарность; нелинейность; линеаризация; погрешность; гармоника.

A.V. Kireev

ABOUT THE NONLINEAR NATURE OF THE ELECTRIC IMPEDANCE OF BIOLOGICAL FABRICS

The technique of registration midget nonlinearity of an electric impedance of biological fabrics is described. The experimental data characterising nonlinearity of an electric impedance of a body of the live person are resulted.

Electric current; impedance; biological fabric; polarisation; non-stationarity; nonlinearity; linearization; error; harmonic.

Обычно, в силу своей незначительности, ошибка линеаризации биологических тканей не принимается во внимание при проведении исследований их электрических характеристик, но в некоторых случаях оценка её величины может оказаться весьма полезной. В частности, это может оказаться важным при проектировании измерительных приборов, предназначенных для исследования пассивных электрических свойств биообъекта, а также при анализе различных экспериментальных данных. Данные о нелинейности биоимпеданса сами по себе могут быть весьма полезным источником полезной информации о биообъекте.

Погрешность линеаризации является методической погрешностью, ограничивающей верхний предел информативности измерений. Её величина никак не зависит от применяемого измерительного прибора и, следовательно, никак не связана с инструментальной погрешностью измерений. Поэтому повышение точности измерений позволяет повысить их реальную информативность лишь до некоторого предела, определяемого ошибкой линеаризации. А так как это напрямую связано с повышением себестоимости измерительного прибора, то чрезмерное повышение точности измерений не всегда является целесообразным.

Линейная модель не в состоянии описать поведение реального объекта во всех его проявлениях и различным состояниям исследуемого объекта могут соответствовать одни и те же значения параметров его линейной модели, что приводит к снижению межгрупповой дисперсии обучающей выборки. Кроме того, при линеаризации даже незначительные изменения условий измерений, таких как амплитуда и форма тестового воздействия, могут приводить к некоторым изменениям