

- al. // *Circulation*. — 1979. — Vol. 59. — P. 356—363.
4. Lux R. L., Evans A. K., Burgess M. J., et al. // *Circulat. Res.* — 1981. — Vol. 49. — P. 186—196.
5. Evans A. K., Burgess M. J., Wyatt R. F., Abildskov J. A. // *Circulat. Res.* — 1981. — Vol. 49. — P. 197—203.
6. Green L. S., Lux R. L., Haws C. W. et al. // *Circulation*. — 1985. — Vol. 71. — P. 244—253.
7. Lux R. L., Haws C. W., Green L. S. et al. // *Circulation*. — 1985. — Vol. 72. — P. 213.
8. Vincent G. M., Green L. S., Lux R. L. et al. // *Circulation*. — 1983. — Vol. 68, Suppl. 2. — P. 352.
9. Green L. S., Lux R. L., Merchant M. H. et al. // *Circulation*. — 1982. — Vol. 66. — P. 377.
10. Abildskov J. A., Vincent G. M., Evans A. K., Burgess M. J. // *Amer. J. Cardiol.* — 1981. — Vol. 47. — P. 486.
11. Green L. S., Lux R. L., Freedman R. A. et al. // *Clin. Res.* — 1986. — Vol. 34. — P. 6A.

Поступила 21.05.86

BODY SURFACE ELECTROCARDIOGRAPHIC MAPPING

J. A. Abildskov, R. L. Lux

Summary. Body surface electrocardiographic mapping may permit a regionally selective examination of the electrophysiologic state of the heart. Evidence of regional sensitivity has been obtained from experimental studies in animals and observations in patients. Appropriate technology including multiplexing circuitry for simultaneous acquisition of multiple leads has been developed. Clinically practical lead systems consisting of 32 leads from which total thoracic potential distribution can be

accurately estimated have been designed. Quantitative map analyses based on statistical representation of maps by coefficients and common basis functions have been developed. Clinical studies include definitions of normal map features and limited studies suggesting medical utility of body surface maps in the recognition of coronary arterial disease, prediction of ventricular arrhythmias and evaluation of patients with prolonged QT interval syndrome.

УДК 616.12-008.318-073.97:681.31

Б. М. Цукерман, И. Е. Финкельштейн

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕРВАЛОВ $R-R$ ЭКГ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СПОСОБОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ НАРУШЕНИЙ РИТМА СЕРДЦА

Лаборатория физиологии (зав. — доктор мед. наук Г. И. Серегин) Института хирургии им. А. В. Вишневского (дир. — акад. АМН СССР М. И. Кузнец) АМН СССР, Москва

Важность неотложного выявления угрожающих аритмий и их предвестников диктует необходимость применения в отделениях интенсивной терапии методов автоматической диагностики аритмий сердца [4, 5, 7, 9]. Перспективным подходом к разработке подобных систем является анализ последовательного ряда интервалов $R-R$ ЭКГ, который привел к созданию диагностических алгоритмов [1, 2, 6]. Важнейшее звено таких алгоритмов — достоверное определение интервалов между смежными сокращениями сердца синусового происхождения («синусовых интервалов»). Между тем разработанный для этой цели «адаптивный критерий аритмичности», по данным Э. Ш. Халфена [8], имеет определенное практическое значение при наличии одиночных экстрасистол, допуская ошибки при более сложных аритмиях. В ал-

горитме Дж. Абенстейна [1], предназначенном для применения в микропроцессорных устройствах, среднюю длительность синусового интервала определяют, осредняя значения нескольких текущих интервалов $R-R$. Очевидно, что, если в число осредняемых попадают интервалы частых, особенно групповых, нарушений ритма, ошибки также неизбежны. Выделение характерных интервалов $R-R$ в реальном электрокардиосигнале оказалось непростой задачей, для ее решения предлагают сложные математические методы с громоздкой вычислительной процедурой [3].

Задача настоящей работы заключалась в исследовании распределения абсолютных интервалов $R-R$ и отношений между смежными интервалами при синусовом и патологических ритмах сердца. Найденные закономерности позволили разработать про-

стой алгоритм, надежно и достоверно выделяющий синусовые интервалы $R-R$.

Материал и методы

Материалом для исследования явились длительные записи ЭКГ 50 больных с различными нарушениями ритма и проводимости, содержавшие 6231 интервал $R-R$. Из этого числа 4112 интервалов были нормальными, 2119 — аномальными. ЭКГ зарегистрированы на бумажной ленте, продолжительность непрерывной регистрации колебалась от 2 до 5 мин. Каждый комплекс ЭКГ и каждый интервал $R-R$ идентифицированы в соответствии с общепринятыми электрокардиографическими критериями для последующей оценки работы алгоритма распознавания.

Обработка материала и построение гистограмм выполнены на ЭВМ ЕС-1033.

Результаты и обсуждение

Гистограммы, характеризующие распределение отношений между смежными интервалами $R-R$ у всей совокупности больных, представлены на рис. 1.

На рисунке видно, что кривая 1, отражающая распределение отношений между смежными нормальными интервалами, разделяющими синусовые сокращения, имеет один максимум. Кривая 2, отражающая распределение отношений между смежными интервалами, из которых один аномальный, содержит два максимума. Левый максимум включает случаи, когда $R-R_{i+1} > R-R_i$. Приводим наиболее типичные варианты:



Рис. 1. Распределение отношений между смежными интервалами $R-R$ ЭКГ у совокупности исследованных больных с нарушениями ритма и проводимости сердца.

Гистограмма 1 (штриховая линия) отражает распределение отношений между смежными нормальными интервалами, гистограмма 2 (сплошная линия) — распределение отношений между смежными интервалами, один из которых аномальный.

Анализ гистограмм 1 показал, что 83 % всех исследованных синусовых интервалов попали в промежуток между 0,9 и 1,1, остальные 17 % вышли за его пределы либо в связи с физиологической синусовой аритмией, либо в результате соседства синусовых интервалов с аномальными. Совместный анализ гистограмм 1 и 2 показал также, что 95,8 % значений, лежащих в промежутке между 0,9 и 1,1, представляли собой отношения сложных синусовых интервалов, остальные 4,2 % — отношения между смежными укороченными интервалами, соответствующими вставочным и групповым экстрасистолам, и между смежными удлиненными интервалами, соответствующими выпадениям интервалов при блокадах типа N:1.

Несмотря на относительность полученных численных характеристик

Характеристики интервалов	
$R-R_i$	$R-R_{i+1}$
Нормальный	Аномальный: выпадение в связи с блокадой II степени
Аномальный: предэкстрасистолический	Аномальный: пауза после экстрасистолы
Аномальный: после вставочной экстрасистолы	Нормальный

Правый максимум кривой 2 отражает случаи, когда $R-R_i > R-R_{i+1}$. Возможные варианты такой ситуации приведены ниже:

Характеристики интервалов	
$R-R_i$	$R-R_{i+1}$
Нормальный	Аномальный: предэкстрасистолический
Аномальный: выпадение в связи с блокадой II степени	Нормальный
Аномальный: пауза после экстрасистолы	Нормальный

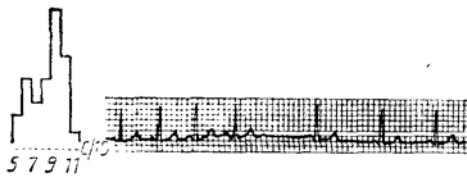


Рис. 2. ЭКГ и «абсолютная» гистограмма больной 20 лет с выраженной дыхательной аритмией.

(они могут изменяться в зависимости от контингента исследуемых больных), обнаруженные особенности распределения дают возможность создать алгоритм достоверного распознавания синусовых интервалов $R-R$. Необходимо лишь разработать способ, при помощи которого можно разделить между собой укороченные, нормальные и удлиненные интервалы, попавшие в промежуток 0,9—1,1. Решить эту задачу удалось путем построения гистограммы абсолютных значений интервалов $R-R$, входивших в диапазон 0,9—1,1. В гистограмму абсолютных значений интервалов $R-R$, как было показано выше, помимо нормальных, синусовых интервалов, могут входить аномальные. При этом синусовые, а также укороченные и удлиненные аномальные интервалы, группируясь вокруг своих средних значений, формируют максимумы, довольно далеко отстоящие друг от друга. В отличие от этого два максимума, которые могут появиться на «абсолютной» гистограмме при выраженной дыхательной аритмии, располагаются близко друг от друга (рис. 2). Один из них соответствует учащению ритма на вдохе, другой — урежению его на выдохе. Близко расположенные максимумы могут появиться и при небольшом числе накопленных интервалов $R-R$.

Таким образом, метод построения «абсолютной» гистограммы позволил дифференцировать синусовые и аномальные интервалы. Теперь осталось определить, какой из максимумов образован синусовыми интервалами. Для этого мы используем критерии, получаемые на основании анализа числа максимумов, их положения на гистограмме и их взаимного расположения. Было установлено, что далеко расположенные максимумы (средняя продолжительность интервалов $R-R$ различается приблизительно в 2 раза) могут быть сформированы только

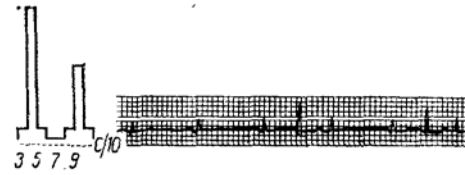


Рис. 3. ЭКГ и «абсолютная» гистограмма больного 59 лет, имеющего частые вставочные желудочковые экстрасистолы.

разнородными интервалами $R-R$; близко расположенные максимумы, напротив, состоят из однородных интервалов и должны быть объединены, т. е. оценены как один максимум.

После объединения близко расположенных максимумов на рассматриваемой «абсолютной» гистограмме в зависимости от ритма сердца анализируемого больного остается от одного до трех максимумов. Если имеются три максимума, очевидно, что в левом содержатся аномальные укороченные, в правом — аномальные удлиненные, в среднем — только синусовые интервалы. Это весьма редкий вариант, возможный при таких сочетанных нарушениях ритма и проводимости, как, например, групповая экстрасистолия и блокада типа $N:1$. Редко встречается также вариант гистограмм, включающий два максимума, правый из которых обязан тому же типу блокады, а левый — синусовому ритму, намного чаще — гистограммы, содержащие два максимума, левый из которых содержит аномальные укороченные интервалы, а правый — синусовые. Пример «абсолютной» гистограммы такого вида приведен на рис. 3. Он характеризует ритм сердца больного 59 лет, на ЭКГ которого выявлены частые вставочные желудочковые экстрасистолы на фоне синусового ритма.

Если в результате процедуры объединения близко расположенных пиков на «абсолютной» гистограмме признается лишь один максимум, то он образован интервалами между синусовыми сокращениями сердца. Алгоритм свидетельствует об этом даже в таких трудных ситуациях, которая представлена на рис. 2.

Наконец, в некоторых случаях, например при мерцательной аритмии или экстрасистолической бигеминии, «абсолютная» гистограмма не содержит ни одного максимума. Алгоритм в этих случаях свидетельствует об от-

сутствии на ЭКГ синусовых интервалов.

Таким образом, предлагаемый алгоритм распознавания синусовых интервалов $R-R$ в реальном электрокардиосигнале заключается в следующем: в первой его части (оценка отношений между смежными интервалами) отбрасываются все пары интервалов, отношения между которыми выходят за пределы 0,9—1,1. При этом отбрасываются, в частности, экстрасистолические интервалы, паузы любого происхождения, а также все интервалы $R-R$ при мерцательной аритмии и экстрасистолической бигеминии. Вторая часть алгоритма (построение и анализ гистограммы абсолютных значений остальных интервалов) позволяет отбросить аномальные интервалы, связанные с групповыми нарушениями ритма и проводимости. После этой процедуры остаются только синусовые интервалы ЭКГ.

Описанный алгоритм предназначен для использования в составе системы диагностики аритмий сердца, построенной на анализе последовательности интервалов $R-R$ ЭКГ. Необходимо отметить особенности алгоритма, могущие влиять на работу системы. Одна из них — способность адаптироваться к изменениям ритма сердца больного в процессе исследования — обуславливает длительную устойчивую его работу с минимальной погрешностью. Другая особенность связана с ограниченностью информации, получаемой алгоритмом (только интервалы $R-R$ ЭКГ). Она обуславливает возможность ошибок при постоянных формах аритмий, сопровожда-

ющихся регулярной последовательностью сокращений сердца: трепетание предсердий, синдром Фредерика, эктопические ритмы без тахи- или брадикардии. Однако если эти нарушения ритма возникают в виде эпизодов во время исследования, вероятность ошибочного выделения синусовых интервалов $R-R$ мала.

Алгоритм выделения синусовых интервалов $R-R$ из реального электрокардиосигнала реализован на микроЭВМ «Электроника» НЦ-80». С ее помощью проанализировано 50 длительных записей ЭКГ больных, выполненных во время хирургических операций и в послеоперационном периоде в отделении реанимации. Во всех случаях синусовые интервалы были определены правильно, даже при сложных сочетанных нарушениях ритма и проводимости.

Выводы

1. Разработан алгоритм распознавания интервалов $R-R$ между синусовыми сокращениями сердца. При испытаниях на представительной контрольной выборке алгоритм во всех случаях правильно определял синусовый интервал, даже при сложных сочетанных нарушениях ритма и проводимости.

2. Способность алгоритма адаптироваться к изменениям ритма сердца в процессе исследования и легкая его реализация в устройствах, выполняемых на базе микропроцессорной техники, делают целесообразным его применение в мониторинговых системах автоматической диагностики аритмий сердца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абенштейн Дж. // Микрокомпьютерные медицинские системы / Под ред. У. Томкинса, Дж. Уэбстера. — М., 1983. — С. 439—448.
2. Жемайтис Д., Каукенас И., Кусас В. и др. // Анализ сердечного ритма. — Вильнюс, 1982. — С. 5—22.
3. Каукенас И. // Статистические проблемы управления. — Вильнюс, 1983. — С. 9—22.
4. Лебедева Р. Н. Осложнения в системе кровообращения после хирургических вмешательств. — М., 1979.
5. Мазур Н. А., Матвеева Л. С., Смирнова Т. М. и др. // Кардиология. — 1974. — № 4. — С. 11—15.
6. Пупко И. Д., Долгов В. К., Тартаковский М. Б. // Проблемы вычислительной диагностики. — Л., 1969. — С. 41—51.
7. Томас Л. Дж. мл., Кларк К. У., Мед Ч. Н. и др. // Труды Ин-та инженеров по электронике и радиотехнике. — М., 1979. — Т. 67, № 9. — С. 173—193.
8. Халфен Э. Ш. Кардиологический центр с дистанционным и автоматическим наблюдением за больными. — М., 1980.
9. Katz R L., Bigger J. T. // Anesthesiology. — 1970. — Vol. 33. — P. 193—212.

Поступила 17.03.86

ASSESSMENT OF THE PATTERN OF ELECTROCARDIOGRAPHIC R-R INTERVAL DISTRIBUTION FOR THE DEVELOPMENT OF AUTOMATED DIAGNOSIS OF HEART RHYTHM DISORDERS

B. M. Tsukerman, I. E. Finkelshtein

Summary. A statistical analysis of prolonged ECG records has been carried out in patients with various heart rhythm and conductivity disorders. The distribution of absolute R-R duration values and relationships between adjacent intervals have been examined. A two-step algorithm has been constructed that excludes anomalous and "suspicious" intervals from

a sample of consecutively recorded R-R intervals, until only the intervals between contractions of veritably sinus origin remain in the sample. The algorithm has been developed into a programme for microcomputer Electronica NC-80. It operates reliably even in cases of complex combined rhythm and conductivity disorders.

УДК 616.12-008.318.1-089:615.844

Э. О. Гимрих, Б. Р. Резапов, С. В. Попов, А. М. Чехов, В. В. Пекарский КЛИНИЧЕСКИЙ ОПЫТ И ОТДАЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТРАНСВЕНОЗНОЙ ЭНДОКАРДИАЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ АТРИОВЕНТРИКУЛЯРНОГО СОЕДИНЕНИЯ СЕРДЦА БИПОЛЯРНЫМ СПОСОБОМ

Отделение электрокардиостимуляции и вспомогательного кровообращения (руководитель — член-корр. АМН СССР В. В. Пекарский) Сибирского филиала (дир. — акад. АМН СССР Р. С. Карлов) ВКНЦ АМН СССР, Томск

При лечении пациентов, страдающих устойчивыми к медикаментозному лечению пароксизмальными суправентрикулярными (СВ) тахикардиями, методом выбора в настоящее время становится создание искусственной полной атриовентрикулярной (АВ) блокады сердца с последующей имплантацией кардиостимулятора [1, 2]. Среди различных методов достижения АВ-блокады в последние годы все более широкое распространение получает способ трансвенозной эндокардиальной деструкции (ТЭД) АВ-соединения сердца разрядом импульсного тока. Этот метод имеет несомненные преимущества перед методиками открытого хирургического вмешательства и характеризуется высокой эффективностью и малой травматичностью [1—5, 8, 9].

В настоящем сообщении представлены клинический опыт и отдаленные результаты проведения ТЭД по методике, разработанной авторами.

Материал и методы

Попытки ТЭД АВ-соединения сердца предприняты у 32 больных (21 мужчина и 11 женщин) в возрасте от 28 до 69 лет (средний возраст 52 ± 1.9 года). Основным клиническим диагнозом у 22 больных была ИБС (у 7 из них в сочетании с гипертонической болезнью; 4 больных ранее перенесли документированный инфаркт миокарда), у 4 — постмиокардитический кардиосклероз, у 6 — идиопатическое нарушение ритма сердца.

В результате клинического обследования, включавшего электрофизиологическое исследование сердца, пароксизмальная мерцательная аритмия была документирована у 22 больных, у 3 из них пароксизмы возникали на фоне синдрома слабости синусового узла. Реципрокная СВ-тахикардия обнаружена у 9 больных: у 4 из них тахикардия АВ-соединения типа re-entry, у 2 пароксизмы ортодромной тахикардии, связанные с наличием дополнительных путей проведения типа Кента и Джеймса и у 3 внутрисердечная тахикардия. У 1 больного выявлена постоянная форма эктопической предсердной тахикардии. Аритмический анамнез составлял от 7 мес до 47 лет (в среднем 12.7 ± 8.9 года), а пароксизмы СВ-тахикардии рецидивировали от 1—2 раз в месяц до 27 раз в сутки с длительностью от нескольких минут до 7 сут и более. Профилактическая терапия антиаритмическими препаратами, применявшимися как отдельно, так и в различных комбинациях, у всех больных была неэффективной. За период заболевания каждый из них принимал в среднем до 5 препаратов, которые или не оказывали положительного действия, или вызвали побочные эффекты. Все больные пользовались услугами скорой помощи, причем отмечено, что со временем эффективность внутривенного введения препаратов снижалась, а частота вызова специализированной бригады скорой помощи колебалась от 1—2 раз в месяц до 4 раз в сутки.

Процедуру ТЭД проводили в операционной, оснащенной рентгеноустановкой с телевизионно-оптическим преобразователем. По способу Сельдингера через подключичную вену к верхушке правого желудочка подводили электрод для временной стимуляции сердца. Для регистрации потенциала пучка Гиса через бедренную вену вводили 3- или 4-полюсный электрод. Электрограммы пучка Гиса регистрировали на аппарате «Mingograf-82». ТЭД выполняли разработанным нами способом. Раз-