

Eletrocardiografia de alta resolução: técnica, indicações, resultados e significado prognóstico

Júlio César GIZZI(*)

REBRAMPA 78024-43

GIZZI, J. C. - Eletrocardiografia de alta resolução: técnica, indicações, resultados e significado prognóstico. *Rev. Bras. Marcapasso e Arritmia*, 6(3): 123-136, 1993.

RESUMO: Considera-se que o mecanismo de reentrada seja responsável pelo desencadeamento de arritmias ventriculares espontâneas, em um número considerável de situações clínicas. A técnica não-invasiva, para o registro de sua manifestação, com alta sensibilidade, é a eletrocardiografia de alta resolução: o traçado obtido através das derivações ortogonais de Frank é amplificado, filtrado e promediado, permitindo a detecção de potenciais tardios, expressão gráfica de reentrada intramiocárdica, quando presente no coração, com o paciente em ritmo sinusal. Este registro somente é conseguido, utilizando-se equipamento computadorizado que apresenta grande capacidade de redução de ruídos indesejáveis, além de outras características. Indica-se o estudo quando existem arritmias ventriculares complexas, manifestando-se durante a evolução de muitas cardiopatias, onde a reentrada é o mecanismo de origem mais provável. Dentre elas, pode-se citar: enfermidade arterial coronária, aguda ou crônica, quando é possível prever a ocorrência futura de eventos arritmicos graves ou a predisposição à morte súbita; taquicardia ventricular repetitiva idiopática; síncope de origem desconhecida; sobreviventes de morte súbita cardíaca; após transplante cardíaco, para a detecção de sinais precoces de rejeição. A eletrocardiografia promediada prossegue em contínuo desenvolvimento: equipamentos mais aperfeiçoados, novos algoritmos com soluções para questões mais complexas estarão disponíveis no futuro próximo, beneficiando um maior número de pacientes.

DESCRIPTORIOS: eletrocardiografia promediada; arritmias cardíacas; arritmias ventriculares complexas; morte súbita cardíaca.

INTRODUÇÃO

O mecanismo de reentrada, provocando arritmias ventriculares nos corações humanos, foi proposto nos albores do século XX. Um dos primeiros modelos experimentais, que efetivamente comprovou esta teoria, foi idealizado por SCHMITT & ERLANGER⁴⁰. Posteriormente, generalizou-se tal suposição: praticamente todos os distúrbios do ritmo cardíaco tinham como origem este mecanismo, com raras exceções. Mais recentemente, verificou-se que poderiam existir outros fenômenos indutores de arritmogênese, como o hiperautomatismo e a atividade deflagrada^{11,39}.

A confirmação de que a reentrada poderia ser responsável pelas perturbações do ritmo normal, freqüentemente observadas no infarto agudo do mio-

cárdio, foi obtida quando, em 1969, HAN²⁶ e, um pouco mais tarde, DURRER¹³ registraram potenciais elétricos tardios em traçados epicárdicos de corações caninos submetidos à isquemia aguda. Com as publicações de EL-SHERIF et al.¹⁵⁻⁷, em 1977, demonstrando a existência de condução extremamente lenta do impulso, em áreas muito próximas à região de necrose experimental realizada em cães, conseguindo traçados que mostravam atividade elétrica contínua, definitivamente assegurou-se a existência da micro-reentrada, responsável pelas importantes alterações dos batimentos cardíacos, muitas vezes evoluindo para fibrilação ventricular, nestes animais. Ainda em 1977, FONTAINE et al.²¹ mostraram a presença de atividade elétrica tardia, no eletrocardiograma de superfície de pacientes com taquicardia ventricular

(*) Diretor do Serviço de Diagnóstico Complementar do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia.

Endereço para correspondência: Av. Dr. Dante Pazzanese, 500, Ibirapuera - CEP: 04012-180 - São Paulo - SP.

Trabalho recebido em 09/1993 e publicado em 12/1993.

monomórfica sustentada, em um tipo especial de enfermidade, mais tarde conhecida como displasia arritmogênica do ventrículo direito. A obtenção de potenciais elétricos fracionados, surgindo durante a fase da diástole elétrica ventricular ou ainda, abrangendo todo o registro, mediante o mapeamento endocárdico do ventrículo esquerdo de pacientes com aneurisma pós-infarto, com taquicardia ventricular recorrente sustentada, durante estudo eletrofisiológico, foi divulgada em 1978, por JOSEPHSON et al.²⁸.

A prova da existência do mecanismo de reentrada já era definitiva. Porém, para o seu registro, havia necessidade de abordagem invasiva. Aperfeiçoando uma técnica eletrocardiográfica introduzida por BERBARI¹, que consistia na amplificação e promediação dos sinais elétricos captados na superfície do tórax, para obter o potencial do feixe de His, este mesmo autor, em 1978, conseguiu traçados que exibiam, nitidamente, atividade elétrica tardia, de baixa amplitude, no final do complexo QRS e no início do segmento ST². O método ganhou grande impulso após a contribuição técnica de SIMSON⁴¹: uso de filtros bidirecionais, para eliminar interferências prejudiciais; introdução do vetor magnitude, combinando os sinais filtrados das derivações eletrocardiográficas; medida da área da porção terminal do complexo rápido ventricular, a qual fornecia um valor quantitativo, facilmente comparável, com faixa bem definida de normalidade.

A eletrocardiografia de alta resolução é, portanto, uma técnica não-invasiva utilizada para identificar sinais de baixa amplitude, que estão presentes no final do complexo QRS ou no princípio do segmento ST, não evidenciáveis no eletrocardiograma comum, observados principalmente em portadores de taquicardia ventricular monomórfica sustentada. Estas deflexões, denominadas potenciais tardios, são, com muita probabilidade, a representação de condução lenta do impulso em áreas lesadas do miocárdio ventricular, o que significa a existência de um substrato anômico, responsável pelas arritmias ventriculares encontradas nestes pacientes.

TÉCNICA DE REGISTRO

O eletrocardiograma de alta resolução é obtido a partir de derivações bipolares convencionais, captadas na superfície do tórax. Para se alcançar tal objetivo, utiliza-se o sistema ortogonal ou de "derivações corrigidas", proposto por FRANK²². Os registros analisam as forças eletromotivas em três direções distintas: da esquerda para a direita, com o polo positivo situado ao nível da quinta costela, na linha axilar média esquerda e o negativo, na mesma posição, porém à direita (derivação X); no sentido caudocraneal, com o eletrodo positivo na região paraesternal esquerda, próximo ao apêndice xifóide e o negativo, no manúbrio esternal (derivação Y); as variações

ântero-posteriores são delineadas através do polo positivo, posicionado sobre a extremidade do processo xifóide e do negativo, no dorso, em sua linha média, opondo-se perpendicularmente ao precedente, ao mesmo nível (derivação Z). Um derradeiro eletrodo, usado como aterramento, é acolado na região infraclavicular direita. Para reduzir a impedância do contato superfície corpórea-eletrodo, deve-se friccionar vigorosamente as regiões anteriormente descritas, com gaze embebida em álcool, até a pele tornar-se eritematosa. Após estes preparativos, coloca-se o paciente em decúbito supino, em posição confortável, com a cabeça discretamente fletida para frente, solicitando que adote atitude completamente relaxada e respire normalmente, evitando contrações musculares indesejáveis. Observa-se, então, no osciloscópio do equipamento, a amplitude das deflexões; se necessário, aumenta-se o ganho, acionando-se dispositivo apropriado. O traçado eletrocardiográfico, com as três derivações simultâneas (X, Y e Z) não deverá acusar qualquer interferência externa, durante o período diastólico (Figura 1).

O passo seguinte é a análise do nível de ruído de todo o conjunto; em cada uma das derivações, separadamente, ele deve estar situado abaixo de 30 microvolts. O sistema fornece automaticamente esta avaliação, após solicitação do usuário. Seleciona-se, automática ou manualmente, um complexo QRS que servirá como padrão. Em seguida, tem-se o início da captação dos potenciais elétricos; cada uma das derivações será extremamente ampliada (Figura 2). Os sinais serão filtrados e promediados, utilizando-se filtros de Butterworth, com cortes de frequência

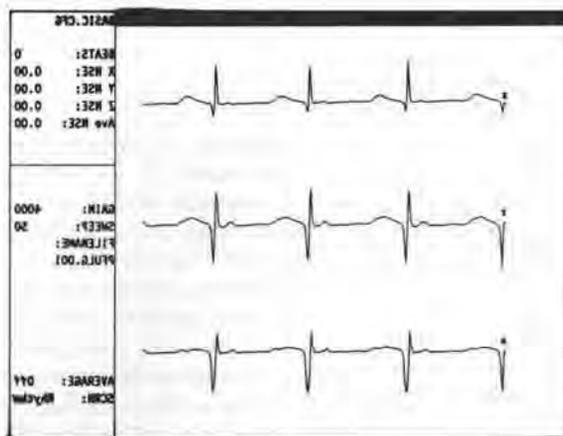


Figura 1 - Traçado eletrocardiográfico, com o registro simultâneo das derivações X, Y, e Z, do sistema de Frank. Embora ampliado, não se observa nenhuma interferência elétrica externa. A velocidade é de 50mm/s. Eletrocardiograma de adolescente com 14 anos, sem doença cardíaca aparente, portador de crises sustentadas e refratárias de taquicardia ventricular, submetido à ablação por choque elétrico de alta energia, 30 dias antes desta avaliação. Sem qualquer medicação, durante as duas últimas semanas.

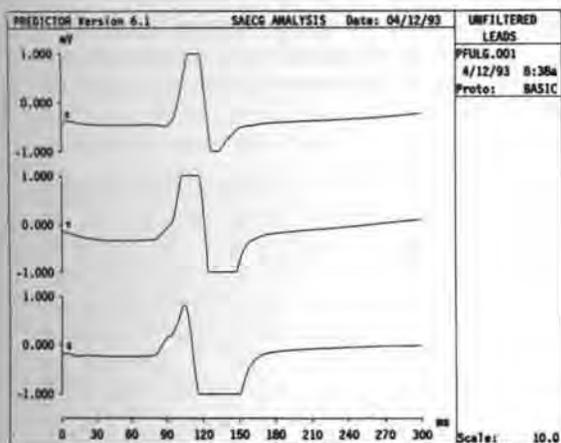


Figura 2 - Traçado eletrocardiográfico grandemente amplificado, com o registro simultâneo das derivações X, Y, e Z. De novo, nenhuma interferência elétrica externa é notada. A velocidade é de 500mm/s. Eletrocardiograma do mesmo paciente da Figura 1.

pré-estabelecidos e que variam conforme a natureza dos potenciais que se procura avaliar (Figura 3). A digitação computadorizada destes sinais encerrar-se-á espontaneamente, quando for atingido o nível mínimo de ruído, previamente estabelecido no protocolo de variáveis (geralmente 0,3 microvolts). Os potenciais elétricos, conseguidos em cada uma das derivações, serão agregados e posicionados na região acima da linha de base, por meio de artifício de técnica, e visualizados na tela do monitor, expostos à velocidade de 500mm/s. Este é o vetor magnitude, representação gráfica da eletrocardiografia de alta resolução (Figura 4). O vetor magnitude surge, portanto, da reunião das três derivações ampliadas, filtradas e

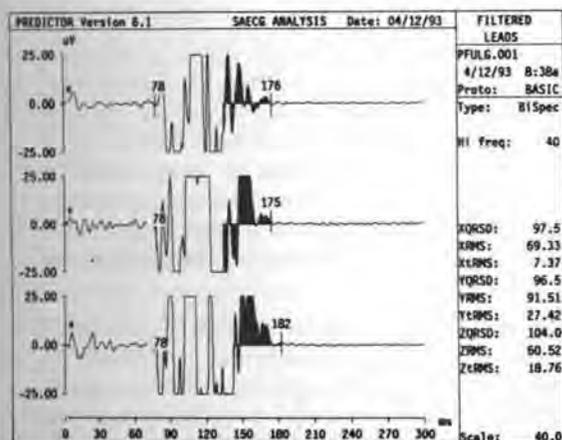


Figura 3 - Traçado simultâneo das derivações X, Y e Z, amplificado, filtrado e promediado. Os traços verticais, sob os números, indicam o início e o final do complexo QRS. As áreas escuras mostram os últimos 40ms da despolarização ventricular. Velocidade do registro: 500mm/s. Eletrocardiograma do mesmo paciente das Figuras 1 e 2.

promediadas, com o uso da seguinte fórmula: raiz quadrada de $X^2 + Y^2 + Z^2$.

A existência dos potenciais tardios é determinada pela avaliação dos últimos 40ms do complexo QRS filtrado. Três parâmetros são pesquisados, na porção terminal do traçado, indicando ou não a presença de alterações: duração total do QRS promediado (normal - igual ou inferior a 120ms); raiz quadrada média da voltagem dos últimos 40ms (normal - acima de 25 microvolts); duração dos potenciais abaixo de 40 microvolts (normal - igual ou inferior a 38ms). Alterações de dois ou três destes valores são indicativas da presença de potenciais tardios.

A área onde se inscrevem os potenciais tardios é influenciada pela ação de determinados antiarrítmicos, podendo provocar o aparecimento de resultados falso-positivos. O uso do método deve ser evitado, portanto, em pacientes que estão ingerindo um dos seguintes medicamentos: amiodarona, propafenona, procainamida, quinidina, disopiramida ou flecainida.

Distúrbios na condução intraventricular (bloqueios de ramo) prejudicam extraordinariamente a análise do eletrocardiograma de alta resolução: podem mascarar os potenciais tardios existentes, devido à despolarização atrasada de parte da massa muscular dos ventrículos, no instante em que se exteriorizam ou, falsamente, induzir o seu diagnóstico, em corações que não o possuem. Evita-se utilizar esta técnica, quando possível, em portadores de complexos QRS com duração aumentada (acima de 0,12s, no eletrocardiograma convencional).

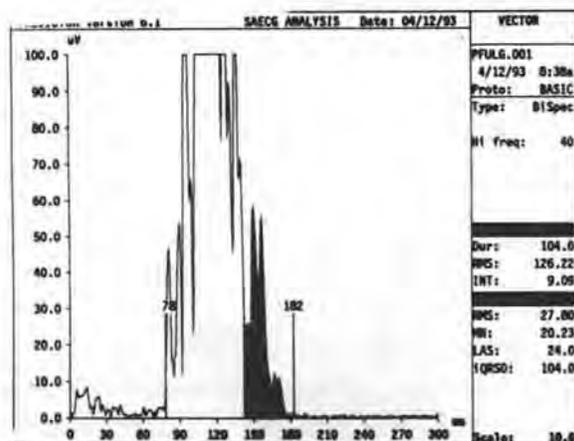


Figura 4 - Vetor magnitude ou eletrocardiograma de alta resolução, do mesmo paciente das Figuras 1-3. A velocidade do traçado é de 500mm/s. Os traços verticais, sob os números, indicam o início e o término da despolarização ventricular. A área escurada determina os últimos 40ms do complexo QRS promediado. Os parâmetros utilizados para a confirmação da presença de potenciais tardios encontram-se dentro dos limites normais e apresentam os seguintes valores: duração total do QRS - 104ms; raiz quadrada média da voltagem dos últimos 40ms - 27,80 microvolts; duração dos potenciais, na região terminal do complexo QRS, inferior a 40 microvolts - 24,0ms.

Muitas variáveis podem ser modificadas, dependendo da natureza dos potenciais que estão sendo pesquisados; ficam disponíveis vários tipos de protocolo, cada um deles servindo a uma situação específica. Utilizam-se filtros bi-espectrais, bidirecionais ou unidirecionais; cortes de frequência, no limite inferior, entre 0 e 40Hz; cortes de alta frequência entre 250 e 600Hz; outras opções podem também ser selecionadas.

A avaliação que se realiza com esta técnica é baseada exclusivamente no domínio do tempo. Uma outra forma de verificar a presença de sinais anormais, indicativos de reentrada intramiocárdica, foi conseguida por CAIN et al.^{8,9,33,34}. Usando a transformação rápida de FOURIER, desenvolveram, testaram e implementaram um sistema de processamento de sinais que analisa a despolarização ventricular através do domínio da frequência. Com a utilização da função janela (Blackman-Harris, Hamm e outras), evitaram certos inconvenientes que a transformação de FOURIER acarreta, aperfeiçoando o caráter da curva obtida, permitindo uma avaliação mais rápida e segura do registro. Quando se agregam os vários parâmetros conseguidos pelo domínio da frequência, em relação ao tempo em que surgem, nota-se uma imagem tridimensional, denominada mapeamento espectro-temporal (Figura 5). A partir deste quadro, pode-se visualizar diretamente os potenciais de baixa amplitude, localizando-os em relação ao tempo de aparição (por exemplo, no final do complexo QRS) e qual o seu espectro de frequência (por exemplo entre 20 e 50Hz). Modificando-se o protocolo de apresentação, pode-se deslocar a imagem tridimensional para posições distintas, que permite melhor analisar seus

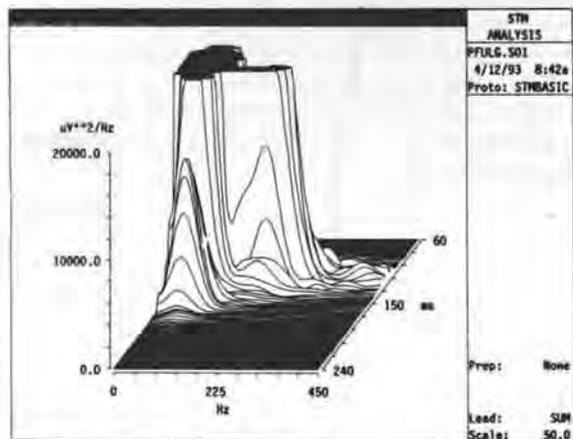


Figura 5 - Mapeamento espectro-temporal (ou análise espectral) obtido através da agregação das derivações X, Y e Z amplificadas, filtradas e promediadas, após utilização da transformação rápida de Fourier e da função janela (Hamm). A imagem tridimensional é visualizada em perspectiva, sendo indicadas as variáveis usadas na ordenada, abcissa e profundidade. Registro do mesmo paciente das Figuras 1-4, sem qualquer anormalidade aparente.

vários componentes. Com este avanço tecnológico, foi possível detectar potenciais tardios, até nos portadores de bloqueio de ramo³⁴.

INDICAÇÕES

A enfermidade que mais frequentemente provoca alterações estruturais nas fibras miocárdicas do ventrículo esquerdo, originando áreas de condução excessivamente lenta, é a oclusão coronária aguda^{17,28}. Estas regiões podem ser completamente eliminadas, com a progressão da necrose miocárdica, ou persistir indefinidamente, após o processo de cicatrização²⁸. A técnica de registro dos potenciais tardios, utilizando-se a eletrocardiografia de alta resolução, conseguirá discriminar os pacientes em que tal distúrbio esteja se desenvolvendo.

No infarto agudo do miocárdio (IAM), são realizados, seqüencialmente, vários traçados, procurando abranger as fases precoce e tardia, já que a evolução da isquemia ou necrose é um processo dinâmico e os sinais elétricos anormais podem surgir ou desaparecer, com o transcorrer do tempo. O primeiro registro deve ser o mais precoce possível, logo após a internação do paciente na unidade coronária; os demais traçados serão tomados diariamente ou de 48 em 48 horas, até a alta. Deve-se adotar este procedimento porque os potenciais tardios são transitórios e flutuantes; habitualmente se observa exacerbação das arritmias ventriculares, incluindo a fibrilação primária, quando eles se encontram presentes^{14,27}.

Entre a quarta e a oitava semana pós-IAM, novo registro deve ser efetuado, independentemente da presença de alterações do ritmo cardíaco. Nesta ocasião, será fornecida uma previsão dos acontecimentos nos 365 dias que seguem ao evento agudo, indicando a probabilidade de taquicardia ventricular ou morte súbita cardíaca⁵.

No primeiro ano após o IAM, todos os enfermos com extra-sístoles ventriculares complexas (polimórficas, presença de pares ou taquicardia ventricular não sustentada), devem realizar traçados eletrocardiográficos promediados, pois a presença de sinais elétricos anormais mostra que há grande risco de aparecimento espontâneo de taquicardia ou fibrilação ventricular, podendo-se adotar medidas preventivas, como o uso de antiarrítmicos eficazes⁵.

A incidência de taquicardia ventricular monomórfica recorrente crônica é acentuada em portadores de aneurisma do ventrículo esquerdo, especialmente quando resultantes de insuficiência coronária aguda²⁹. A área responsável pelo distúrbio encontra-se situada na fronteira entre o músculo ventricular sadio e o tecido cicatricial aneurismático. O registro de potenciais tardios, nestes pacientes, antecipará, com boa probabilidade, o desencadeamento espontâneo da arritmia, no futuro.

A morte súbita ou aparecimento de taquicardia ventricular sustentada não é incomum na miocardiopatia dilatada, independentemente da etiologia, em especial se existe comprometimento da musculatura ventricular esquerda. Quando os pacientes apresentam, no eletrocardiograma (de repouso ou ambulatorial), arritmias ventriculares complexas, devem ser submetidos à avaliação para se detectar potenciais tardios, já que a sua ausência (valor preditivo negativo) indica que estas complicações dificilmente acontecerão. Na enfermidade de Chagas, ainda não se conhece a importância real desta técnica, para o prognóstico de eventos arritmicos de alto risco. São necessários estudos prospectivos, a longo prazo, de um número expressivo de casos, para se obter conclusões bem definidas.

A miocardiopatia hipertrófica obstrutiva evolui, eventualmente, com elevado risco de morte súbita; este fato costuma ocorrer nos enfermos em que o diagnóstico foi feito precocemente (infância ou adolescência) e quando existe incidência familiar desta grave complicação. As perturbações do ritmo, de origem ventricular, são também freqüentes nesta doença, tendo maior significado, ao se exteriorizarem com o esforço físico. A realização do eletrocardiograma de alta resolução poderá discriminar os casos com risco aumentado, ao detectar a presença de sinais elétricos anormais, no final do complexo QRS e início do segmento ST².

As enfermidades que provocam hipertrofia acentuada da musculatura ventricular esquerda, como a estenose aórtica e a hipertensão arterial sistêmica, podem evoluir para morte súbita, especialmente em portadores de arritmias ventriculares, que se acentuam durante ou logo após exercício físico extenuante. Acredita-se que o fenômeno terminal seja a fibrilação ventricular. A análise dos sinais elétricos do coração, à procura de potenciais tardios que indicam a existência de reentrada intramiocárdica, poderá fornecer os parâmetros que irão determinar quais os pacientes com maior risco desta ocorrência.

A displasia arritmogênica do ventrículo direito apresenta, em seu quadro clínico, extra-sístolia ventricular complexa e taquicardia monomórfica sustentada. Durante sua evolução, surgem episódios sincopais e a morte prematura, súbita, costuma ser o evento terminal. O diagnóstico etiológico torna-se difícil, tanto pelo ecocardiograma como através do estudo hemodinâmico, se as lesões na parede ventricular são de pequena extensão, raramente visualizáveis. A técnica de promediação dos potenciais elétricos cardíacos, procurando detectar sinais anormais, no término da despolarização dos ventrículos, orientará o cardiologista para esta afecção, podendo-se optar, após a sua confirmação, pela terapêutica não farmacológica (ablativa ou cirúrgica).

Existem determinados pacientes, depois de correção cirúrgica total da tetralogia de Fallot, que evoluem com arritmias ventriculares freqüentes e complexas. Muitos deles desenvolvem episódios sustentados de taquicardia ventricular monomórfica ou apresentam morte súbita, por provável fibrilação ventricular. A origem destes distúrbios é atribuída às suturas realizadas durante o ato operatório, ao nível do septo interventricular e na parede anterior do ventrículo direito; o mecanismo eletrofisiológico responsável é a micro-reentrada. A realização da eletrocardiografia de alta resolução determinará em quais casos o risco é maior e medidas preventivas vigorosas poderão ser tomadas, evitando-se a ocorrência desastrosa.

Deve-se pesquisar, rotineiramente, potenciais tardios em pacientes recuperados de morte súbita, pois a taquicardia ventricular com alteração hemodinâmica importante, degenerando para fibrilação ventricular, é a causa mais comum deste acontecimento.

A taquicardia ventricular não sustentada, seja a do tipo praticamente incessante, que costuma existir em indivíduos aparentemente normais, ou do tipo paroxístico, observada em pacientes com comprometimento cardíaco, pode progredir para taquiarritmia sustentada, acompanhada ou não de distúrbio hemodinâmico concomitante. Nesta situação, podem eventualmente ser encontrados sinais elétricos anormais, permitindo uma orientação preventiva mais segura³⁰.

Síncope de repetição não explicadas, muitas vezes são consequência de taquiarritmias ventriculares transitórias, com freqüências muito elevadas. Se ocorrem em portadores de distúrbios do ritmo de origem ventricular ou com insuficiência coronária e antecedentes de infarto, a probabilidade torna-se ainda maior. A avaliação através da eletrocardiografia de alta resolução fornecerá mais um subsídio para indicar o estudo eletrofisiológico intracardíaco, se a presença de potenciais tardios forem detectados. A indução de taquicardia ventricular monomórfica sustentada, por meio de estimulação elétrica programada, terá grande chance de ser conseguida^{23,31,46}.

Nos casos de transplante cardíaco ortotópico humano, é extremamente difícil a comprovação segura da rejeição, por métodos não invasivos. Quando se avaliam os potenciais elétricos de baixa amplitude, no final do complexo QRS, em estudos seriados, através do domínio da freqüência, é muito grande a chance de se diagnosticar o fenômeno da rejeição²⁵. A indicação deste exame, neste grupo de pacientes, é bem fundamentada.

Os fármacos antiarrítmicos que prolongam a duração do potencial de ação interferem na análise dos sinais elétricos de alta freqüência, inscritos na porção terminal da despolarização dos ventrículos,

podendo provocar o surgimento de resultados falso-positivos. As drogas que apresentam esta propriedade já foram anteriormente mencionadas. O sotalol, um agente betabloqueador com características eletrofisiológicas especiais, mostra outro tipo de comportamento: nos casos em que atua eficazmente, prevenindo arritmias ventriculares de alto risco, elimina os potenciais anormais, previamente existentes⁴³.

Quando a terapêutica não farmacológica é aplicada para se extinguir taquicardia ou fibrilação ventricular recorrentes, habitualmente se controla a eficácia do procedimento através de estudos eletrofisiológicos seriados. A eletrocardiografia de alta resolução poderá trazer conclusões importantes, mostrando os casos em que a cura foi definitiva, ao comprovar o desaparecimento dos potenciais elétricos anormais, captados previamente àquela abordagem³⁵.

RESULTADOS E SIGNIFICADO PROGNÓSTICO

Dependendo da enfermidade cardíaca e da ocasião em que o exame foi realizado, a prevalência relatada de sinais elétricos anormais oscila entre 60 e 90%, conforme o método de processamento e a definição dos valores normais, distinta em cada Serviço^{4,41}. Por ser uma técnica não invasiva, é sujeita a um percentual de falsos resultados: a incidência de potenciais tardios, de alta frequência, em indivíduos absolutamente normais, é relativamente baixa e varia entre 0 e 7%, quando as mesmas técnicas de registro são essencialmente usadas^{10,19}.

Os potenciais tardios ventriculares não são registrados somente em pacientes com taquicardias sustentadas, previamente documentadas, porém em portadores de insuficiência coronária crônica, completamente assintomáticos. BREITHARDT et al.⁵ detectaram sua presença em 49 casos de um total de 146 examinados (37,6%). Nesta eventualidade, admite-se que há o substrato anatômico responsável pelo desencadeamento de arritmias, porém ainda não se tornaram manifestas. Para que este fato ocorra, são necessários mecanismos deflagradores adicionais, tais como: batimentos ventriculares prematuros, isolados ou pares; fatores moduladores como o sistema nervoso autônomo ou isquemia miocárdica; finalmente, a presença de desequilíbrio eletrolítico.

A obtenção de traçados, na fase aguda do infarto do miocárdio, é essencial; através deles, serão adquiridos parâmetros que vão mostrar a incidência futura de arritmias ventriculares malignas (Figura 6). O número de pacientes com sinais anormais pode variar amplamente, pois depende de dois fatores fundamentais: a época em que foi realizado o exame, já que o transcorrer do tempo pode tornar inativas as regiões de micro-reentrada, ao aumentar a necrose miocárdica; e o local onde ocorreu o evento agudo, pois nos infartos da parede anterior, os potenciais de

baixa amplitude irão se manifestar simultaneamente com a despolarização da parede diafragmática, fenômeno de maior intensidade elétrica, sendo por ela mascarados. Habitualmente, portanto, é mais alta a porcentagem de resultados positivos, no IAM de localização inferior.

O valor da eletrocardiografia promediada em antecipar a manifestação de taquiarritmias ventriculares nas primeiras 48 horas do IAM é controverso. EL-SHERIF et al.¹⁸ encontraram potenciais de baixa amplitude em apenas 1 caso, de um total de 8 pacientes avaliados. McGUIRE et al.³⁷ tiveram uma prevalência muito elevada de resultados alterados; em 52% dos casos por eles analisados, detectou-se sinais elétricos anormais. A maioria das publicações mostra uma incidência que oscila entre 25 e 30%, sendo dez a vinte vezes mais comum o desencadeamento de taquicardia ou fibrilação ventricular, nestes pacientes.

ELDAR et al.¹⁴ realizaram promediação dos complexos QRS obtidos através do eletrocardiograma convencional em 121 casos, nos primeiros dois dias de evolução do IAM. Onze pacientes faleceram no intervalo entre 2 e 10 dias do evento agudo (5 com fibrilação ventricular, 3 com dissociação eletromecânica, 1 com bloqueio AV total e os 2 últimos, de choque cardiogênico). Nos enfermos em que a duração do complexo rápido ventricular foi maior que a média + 1 desvio padrão (109,8ms), nas derivações precordiais, a probabilidade de morte foi quase 7 vezes mais

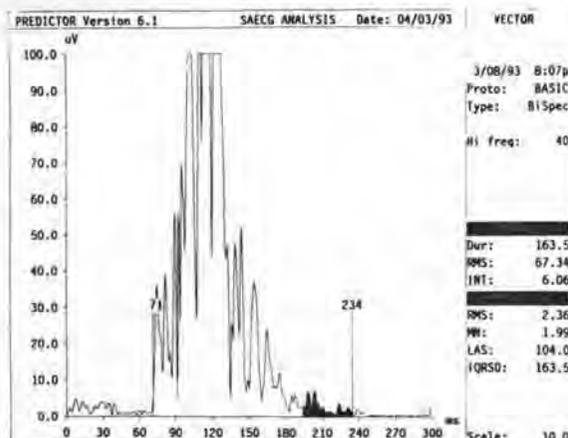


Figura 6 - Eletrocardiograma de alta resolução em paciente do sexo masculino, com 42 anos, portador de infarto do miocárdio em parede infero-dorsal, com 48 horas de evolução. Apresentava-se em ritmo sinusal, sem nenhum distúrbio na condução intraventricular, não tomando medicação antiarrítmica. Os parâmetros que determinam a presença de potenciais tardios encontram-se completamente alterados. Posteriormente, houve desencadeamento de taquicardia ventricular incessante, refratária a repetidas cardioversões elétricas externas e ao uso de lidocaína. Foi revertido após 5 dias, com a associação de procainamida e difenil-hidantoína, não apresentando novas intercorrências.

elevada (29,2%) comparada à daqueles nos quais a duração do QRS filtrado foi inferior a 110ms (4,1%). Do mesmo modo, quando a voltagem dos últimos 40ms encontrava-se abaixo da média - 1 desvio padrão (8,3 microvolts), houve praticamente 3 vezes mais óbitos (19%), do que nos casos com este parâmetro dentro dos limites normais (6,9%).

HONG et al.²⁷ avaliaram a presença ou não de sinais elétricos anormais, através da eletrocardiografia de alta resolução, em 240 pacientes portadores de IAM, obtendo os traçados 3 ± 2 dias após o acidente agudo e procuraram correlacionar com arritmias malignas desencadeadas espontaneamente, como a taquicardia ventricular monomórfica sustentada e a fibrilação ventricular primária. Estas alterações do ritmo surgiram em 17 casos (7%). Eletrocardiogramas promediados com sinais anormais foram captados em 63 (26%). As arritmias malignas estavam presentes em 65% dos enfermos com potenciais tardios (11 casos em um total de 17), enquanto somente 23% com ausência de anormalidades eletrocardiográficas apresentaram tais distúrbios (52, em um total de 223).

Outro importante objetivo que pode ser atingido nos pacientes que sofreram oclusão coronária aguda é a possibilidade de se prever eventos desastrosos no futuro distante (1 a 2 anos após), quando se utiliza a eletrocardiografia de alta resolução. O momento ideal de se registrar o traçado que fornecerá este prognóstico ainda é controverso; alguns autores determinaram 2 semanas após o IAM¹⁸, enquanto outros o consideram entre 4 e 8 semanas depois⁵. A presença de potenciais de baixa amplitude, no final do complexo QRS e início do segmento ST, nesta população, poderá indicar a ocorrência futura de morte súbita, taquicardia ventricular sustentada e o índice de mortalidade cardíaca.

BREITHARDT et al.⁵ seguiram por um período de 39 ± 15 meses, 628 pacientes com infarto do miocárdio prévio; 369 casos (60%) não mostravam potenciais tardios, enquanto os restantes 40% tinham esta anormalidade. No final da observação, constatou-se morte súbita em 21; houve 14 óbitos adicionais, de origem cardíaca (reinfarto ou insuficiência miocárdica); necessitaram terapêutica de emergência, por apresentarem taquicardia ventricular sustentada, 14 pacientes (2,2%). Quando existiam potenciais tardios, a probabilidade de não ocorrer eventos arritmicos importantes, no intervalo de 4 anos, foi de 72%; nos demais, 98%. A taquicardia ventricular surgiu em 13,8% dos casos com anormalidades eletrocardiográficas e, em 0,8%, nos restantes. A morte súbita foi constatada em 8,6% dos portadores de sinais elétricos anormais e somente em 1,6%, quando estes não existiam. A mortalidade cardíaca total foi de 12,1% nos pacientes com potenciais tardios e de 4,5%, nos demais.

KUCHAR et al.³² publicaram os resultados con-

seguidos em 123 pacientes, acompanhados por um período que variou entre 3 e 12 meses, com os traçados registrados 10 dias após o IAM, em média. Constataram morte súbita ou desencadeamento de taquicardia ventricular sustentada sintomática em 20,5% dos casos com potenciais tardios, surgindo tais complicações em apenas 1,4%, nos demais. A análise estatística dos dados mostrou uma sensibilidade de 92% e uma especificidade de 61%, com esta técnica.

Em 1989, GOMES et al.²⁴ relataram sua experiência em 115 pacientes, acompanhados desde o início de oclusão coronária, durante um intervalo de tempo de 14 ± 8 meses. Registraram o eletrocardiograma promediado em uma única ocasião, 10 ± 6 dias após o aparecimento da dor retrosternal. Determinaram a fração de ejeção do ventrículo esquerdo por ventriculografia radioisotópica e quantificaram os distúrbios do ritmo pela eletrocardiografia ambulatorial (sistema Holter). Outras variáveis clínicas e laboratoriais foram também utilizadas para sensibilizar ainda mais o prognóstico. No protocolo de registro dos potenciais tardios, usaram cortes de frequência ao nível de 25 a 250Hz e 40 a 250Hz. Em 51 casos (44%), foram captados sinais anormais: quando o IAM tinha localização na parede anterior, o resultado alterado surgiu em 27% dos enfermos; nos diafragmáticos, 56%. Houve desencadeamento de arritmias ventriculares malignas ou morte súbita, em 16 pacientes, durante o período de observação.

Doze óbitos foram registrados; dentre eles, 10 seguramente de origem cardíaca. Ao compararem as graves complicações com a presença ou não de potenciais tardios, relacionando com o local do infarto, encontraram os seguintes resultados: quando a necrose era diafragmática, a sensibilidade do método foi de 100%, enquanto que a especificidade foi baixa (50%); os comprometimentos da parede anterior mostraram sensibilidade de 75% e especificidade de 80%. O significado prognóstico baseado na fração de ejeção abaixo de 0,30 foi: sensibilidade, 69% e especificidade, 73%. Quando foram separados os casos pelo local do IAM, obteve-se os seguintes números: anterior - sensibilidade, 87% e especificidade, 38%; diafragmáticos - sensibilidade, 50% e especificidade, 71%. O eletrocardiograma ambulatorial mostrou-se útil, somente quando surgiram extra-sístoles ventriculares ocorrendo aos triplos; nesta situação, a sensibilidade foi de 46% e a especificidade, 85%. Os autores concluíram que a técnica é de extrema utilidade para estratificar o risco dos pacientes pós-IAM; a duração do complexo QRS filtrado é a variável mais importante para prever um evento arritmico, superando a fração de ejeção e a eletrocardiografia ambulatorial, independentemente da localização do infarto; a sensibilidade do método aumenta quando se usam cortes de frequência entre 40 e 250Hz.

Na miocardiopatia dilatada, sem considerar sua etiologia, o conhecimento prévio de graves complicações, principalmente nos casos com comprometimento da função contrátil cardíaca, associados à presença de arritmias ventriculares complexas, como a taquicardia não sustentada, orientará para uma terapêutica mais vigorosa, na tentativa de preveni-los (Figura 7). O eletrocardiograma promediado, ao detectar sinais anormais, no final do complexo QRS, fornece subsídios para que seja possível antecipar estes fatos. A prevalência dos potenciais tardios, nestas condições, oscila entre 23 e 45%. BUXTON et al.⁷ encontraram potenciais fracionados em 33% dos pacientes com miocardiopatia dilatada, quando haviam arritmias ventriculares complexas associadas; neste mesmo estudo, constatou-se que a sua incidência era de 75%, na doença arterial coronária. A avaliação foi realizada através do estudo eletrofisiológico intracardiaco. POLL et al.³⁸ sugerem que os pacientes com miocardiopatia dilatada e antecedentes de taquiarritmia ventricular de longa duração frequentemente exibem eletrocardiogramas promediados anormais.

TURITTO et al.⁴⁴ publicaram um estudo realizado em 105 pacientes, utilizando diversas variáveis clínicas e laboratoriais, com ênfase na eletrocardiografia de alta resolução, em portadores de taquicardia ventricular não sustentada. A miocardiopatia dilatada, de origem não aterosclerótica, foi diagnosticada em 26 casos e a insuficiência coronária crônica, em 60.

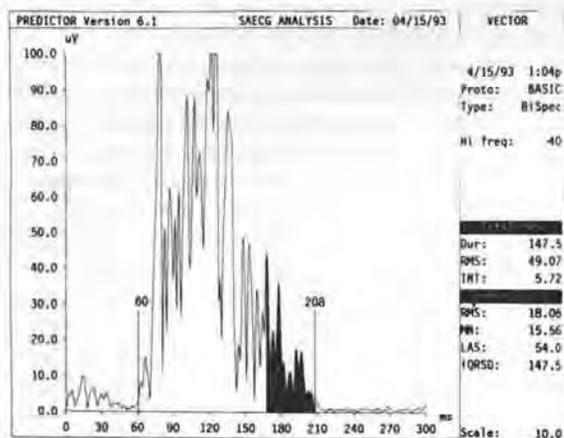


Figura 7 - Eletrocardiograma de alta resolução em paciente do sexo feminino, com 68 anos, portadora de miocardiopatia chagásica crônica, com função do ventrículo esquerdo severamente comprometida (fração de ejeção de 0,28 pelo ecocardiograma bidimensional) e arritmia ventricular complexa (taquicardia ventricular monomórfica não sustentada, com 9 batimentos, registrado no eletrocardiograma ambulatorial). Sem distúrbio na condução intraventricular do impulso, não utilizando qualquer medicamento. Presença de potenciais tardios, estando alterados todos os parâmetros de avaliação (duração do complexo QRS filtrado, raiz quadrada média da voltagem e duração dos potenciais de baixa amplitude).

Utilizando a técnica da estimulação elétrica programada, conseguiram induzir taquicardia ventricular monomórfica sustentada em 22 enfermos; fibrilação ventricular, em 14; nos restantes, não foi possível provocar nenhum tipo de taquiarritmia de longa duração. Potenciais tardios foram detectados em 23 pacientes (22%): 14, naqueles com taquicardia induzida; 3, no grupo que desenvolveu fibrilação ventricular; nos demais, estavam presentes em 6. A frequência dos sinais anormais foi similar nos portadores de coronariopatia (25%) e nos casos com enfermidade miocárdica primária (23%). A sensibilidade da técnica foi de 64%; a especificidade, 87%; a exatidão preditiva, 82%. Este último parâmetro foi exatamente comparável, quando as doenças foram discriminadas: na insuficiência coronária, 85% e 81%, na miocardiopatia dilatada. Os autores concluíram que, se o eletrocardiograma promediado for normal, não há necessidade de avaliação invasiva, devido à especificidade (89%) e exatidão preditiva negativa (90%).

A miocardiopatia hipertrófica obstrutiva é associada com risco aumentado de morte súbita. Um dos objetivos principais que se busca atingir é a identificação dos casos em que esta possibilidade encontra-se muito elevada. Nos adultos, a melhor previsão deste evento catastrófico é feita pela eletrocardiografia ambulatorial, ao se constatar episódios de taquicardia ventricular não sustentada³⁶; este achado é incomum em crianças e adolescentes: falta um indicador prognóstico confiável, nesta faixa etária. A eletrocardiografia de alta resolução, determinando a presença de sinais anormais, poderá antecipar a manifestação futura de arritmias ventriculares potencialmente letais.

CRIPPS et al.¹² publicaram uma avaliação de 68 pacientes com miocardiopatia hipertrófica obstrutiva, sendo 20 deles com idade inferior a 25 anos, consecutivamente observados em seu Serviço. Quando o registro eletrocardiográfico promediado foi tomado, 36% dos casos encontravam-se sem medicação; 30%, sob uso de betabloqueadores; os demais recebiam baixas doses de cloridrato de amiodarona (100 a 300mg ao dia). Realizou-se, em todos, o ecocardiograma bidimensional, teste ciclo-ergométrico e eletrocardiografia ambulatorial. Potenciais tardios foram detectados em 13 enfermos (20%). Observou-se episódios não sustentados de taquicardia ventricular em 17; taquiarritmia sustentada, em 2. Quando todos os pacientes com evidência de instabilidade elétrica foram agregados, conseguiu-se os seguintes dados para a eletrocardiografia de alta resolução: sensibilidade - 50%; especificidade - 93%; exatidão preditiva positiva - 77%. No grupo de jovens, houve 3 casos de morte súbita, ocorrida em ambiente hospitalar, recuperados com sucesso; neles, existiam em dois, sinais elétricos anormais. Devido ao pequeno número de complicações, não foi possível realizar tratamento estatístico. O uso de amiodarona não prejudicou a análise dos

potenciais tardios, devido à baixa dosagem utilizada; todos aqueles com resultados anormais apresentaram taquicardia ventricular; nos restantes, o traçado eletrocardiográfico promediado foi absolutamente normal.

A displasia arritmogênica do ventrículo direito é uma miocardiopatia com características especiais: fibras musculares são substituídas, em áreas delimitadas, por tecido conjuntivo; com a progressão do processo, formam-se regiões relativamente amplas não sustentadas por tecido miocárdico, o que ocasiona o desenvolvimento de aneurismas, devido à pressão sistólica intraventricular. As fibras sadias são rodeadas por tecido inexcitável, tornando mais prolongado o trajeto seguido pelo impulso, ocasionando o fenômeno de micro-reentrada. A evolução clínica é entremeada por surtos de taquicardia ventricular sustentada, sempre com a configuração dos complexos QRS semelhante a do bloqueio de ramo esquerdo, no eletrocardiograma convencional. Dependendo da frequência da arritmia, poderá surgir distúrbio hemodinâmico concomitante, ocasionando episódios sincopais. A história natural desta enfermidade é dramática, surgindo a morte em idade bem precoce (quando adolescente ou adulto jovem). O eletrocardiograma promediado registra invariavelmente sinais anormais, confirmando o diagnóstico, nos casos duvidosos.

KINOSHITA et al.³⁰ avaliaram 11 pacientes com esta doença, através do ecocardiograma, teste cicloergométrico, ventriculografia direita e biópsia endomiocárdica. A duração do complexo QRS filtrado foi superior a 120ms, em 8; a raiz quadrada média da voltagem dos últimos 40ms foi inferior a 20 microvolts, em 10. O mapeamento espectro-temporal exibiu picos espectrais elevados, em todos os casos, localizados no final e além do complexo rápido ventricular. A avaliação através de estimulação elétrica programada conseguiu induzir taquicardia sustentada, nos 11 enfermos. A biópsia cardíaca demonstrou a existência de fibrose intramiocárdica e infiltrado lipídico, em 100% dos espécimes. Concluíram que a análise da frequência tridimensional é o mais seguro dos parâmetros para a comprovação dos potenciais tardios, superando aqueles fornecidos pelo domínio do tempo.

A morte súbita cardíaca é o mais frequente acontecimento terminal nos pacientes com enfermidade arterial coronária, mas costuma surgir em outros tipos de lesões do coração, incluindo miocardiopatias, alterações valvares e anormalidades congênitas. Indivíduos sem doença estrutural cardíaca demonstrável podem também sofrer esta complicação, sendo considerados como portadores de falha elétrica primária. Ela é considerada como responsável por 15 a 20% de todas as fatalidades naturais ocorridas nos países industrializados; em 75% destas ocorrências, existe lesão arterial coronária, como agente etiológico. Nos

atendimentos que se realizam por tal eventualidade, encontra-se fibrilação ventricular, em aproximadamente 75% dos pacientes. Apesar dos avanços obtidos, permanece ainda um dos maiores problemas não solucionados pela Medicina. Nos últimos vinte anos, esforços significativos têm sido feitos, procurando encontrar e prevenir os casos com risco aumentado e, ao mesmo tempo, buscando desenvolver novos métodos de tratamento, farmacológicos ou não, para que não se desencadeie o evento fatal. A eletrocardiografia de alta resolução é uma das técnicas que são utilizadas, tentando descobrir qual o fenômeno eletrofisiológico responsável, nos casos em que se conseguiu a recuperação da morte súbita, podendo-se desta forma, iniciar a terapêutica mais adequada.

SIMSON et al.⁴² estudaram 123 pacientes com antecedentes de infarto do miocárdio e episódios de taquicardia ventricular sustentada ou fibrilação ventricular. Em 41 deles (33%), a complicação ocorrida foi a fibrilação ventricular; nos restantes houve taquicardia sustentada. No primeiro grupo, foram detectados sinais anormais em 73%; no segundo, em 90%. A estimulação elétrica programada induziu taquiarritmia sustentada em 78% dos casos de fibrilação ventricular; nos outros, em 95%. Pelos achados obtidos, concluíram que os portadores de taquicardia paroxística apresentam um substrato arritmogênico mais uniforme do que os demais enfermos, nos quais o seu distúrbio pode ter origens diversas, como a isquemia miocárdica transitória severa.

BORBOLA et al.³ relatam a existência de potenciais tardios em 46% dos pacientes recuperados de fibrilação ventricular; quando a morte súbita foi provocada por taquicardia ventricular sustentada, acompanhada de grave distúrbio hemodinâmico, houve 75% de eletrocardiogramas promediados anormais. Neste grupo, a sensibilidade do método alcançou 92%, a especificidade, 93% e a exatidão preditiva positiva, 90%.

A taquicardia ventricular idiopática, de origem no ventrículo direito, sustentada ou não, pode ser definida como aquela que surge em indivíduos aparentemente normais, apresentando no eletrocardiograma, morfologia dos complexos QRS semelhante ao bloqueio de ramo esquerdo, no episódio arritmico. Estudos microscópicos do tecido miocárdico revelam a presença de infiltração lipídica ou fibrose intersticial, em 60 a 90% dos casos. A busca de sinais anormais, pelo eletrocardiograma promediado, é infrutífera, quando a avaliação restringe-se exclusivamente ao domínio do tempo.

KINOSHITA et al.³⁰ estudaram 12 pacientes com este distúrbio, utilizando a análise de frequência tridimensional, tentando correlacionar com sua indutibilidade, em laboratório de eletrofisiologia. Em 7 casos (58%), o mapeamento espectro-temporal constatou a presença de anormalidades, não detec-

tadas pelo domínio do tempo. A estimulação programada provocou taquiarritmia ventricular em 10 (83%). Concluíram, sugerindo a superioridade da análise de frequência para investigar estes indivíduos e a excelente identidade com os achados do estudo eletrofisiológico.

Síncope é um sintoma habitualmente dramático, porém não específico, pois pode resultar de uma grande variedade de condições, a maioria das vezes benignas mas, em certas situações, potencialmente letais. Causas cardíacas ou não podem ser responsáveis pelo episódio de perda da consciência. A investigação para se encontrar a sua etiologia é demorada, necessitando-se grande quantidade de exames complementares e consultas especializadas em outras áreas (por exemplo, neurologia) e, ao se completar o estudo, não descobrir qual foi realmente o agente causal, sendo impossível adotar medidas terapêuticas adequadas. Quando há suspeita de origem cardíaca, um dos primeiros passos é a realização da eletrocardiografia ambulatorial, efetuada uma ou mais vezes e, mesmo assim, com resultados frustrantes. Outra técnica utilizada é o estudo eletrofisiológico intracardíaco, infelizmente excessivamente caro e restrito a um número limitado de casos. O eletrocardiograma promediado poderá selecionar os enfermos em que a estimulação elétrica programada tenha maior chance de obter resultados positivos.

KUCHAR et al.³¹ relataram sua experiência em 150 pacientes não selecionados, com antecedentes sincopais; em 43, havia doença arterial coronária e, em 58, nenhuma alteração estrutural do coração. Detectou-se potenciais tardios em 29 casos, nos quais foi confirmada a presença da taquicardia ventricular sustentada em 16, resultado com um valor preditivo positivo de 54%. Em 22 portadores de taquiarritmia, foram captados potenciais anormais em 16, com a sensibilidade da técnica determinada em 73%.

GANG et al.²³ estudaram 24 pacientes com síncope não explicadas, sendo 18 deles portadores de enfermidade cardíaca. Oito dos nove casos com taquicardia ventricular sustentada induzível exibiam potenciais tardios, proporcionando uma sensibilidade de 89%.

WINTERS et al.⁴⁶ avaliaram 34 pacientes com episódios sincopais de origem desconhecida. Onze dos 12 casos com taquiarritmia ventricular provocada durante o estudo eletrofisiológico possuíam eletrocardiograma promediado anormal (91,6%). Apenas 7 em 22 sem qualquer distúrbio do ritmo apresentavam potenciais tardios (31,8%).

Agregando-se às publicações anteriormente citadas o trabalho de VATTEROTT⁴⁵, observa-se que a exatidão preditiva negativa é alta, oscilando entre 80

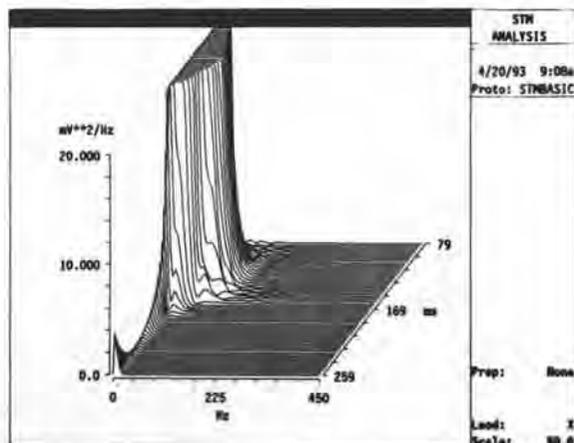


Figura 8 - Análise espectral em paciente do sexo masculino, com 55 anos, submetido a transplante cardíaco há 38 dias. Aspecto normal da imagem tridimensional, não existindo aumento do conteúdo da frequência, na faixa entre 70 e 110Hz. A biópsia endomiocárdica, deste mesmo dia, mostrou apenas infiltrado linfocitário discreto, sem qualquer sinal de rejeição.

e 98%, permitindo a exclusão dos pacientes com ausência de potenciais tardios de uma investigação por métodos invasivos.

O transplante cardíaco ortotópico humano é, atualmente, uma medida terapêutica relativamente comum, sendo realizado em muitos Serviços de cirurgia cardíaca, em todo o mundo. As duas maiores complicações, nos pacientes submetidos a este tratamento, é a rejeição e a infecção. Várias técnicas não invasivas têm sido utilizadas, procurando detectar precocemente o fenômeno da rejeição, com resultados não animadores. O único método realmente seguro é a biópsia endomiocárdica, não realizada diariamente e, às vezes, provocando efeitos adversos. A eletrocardiografia de alta resolução, através da análise espectral, procura solucionar estas questões, por meio de uma técnica não invasiva (Figura 8).

Em 1987, HABERL et al.²⁵ publicaram seus resultados com a eletrocardiografia promediada, utilizando o domínio da frequência, com filtro analógico de Butterworth, posicionado entre 0,5 e 300Hz, em 27 pacientes submetidos a transplante cardíaco, obtendo traçados do primeiro ao vigésimo oitavo dia de pós-operatório. Estes achados foram comparados com a monitorização citoimunológica e a biópsia endocavitária. Durante o estudo, houve vinte episódios agudos de rejeição, necessitando intervenção farmacológica. Em 19 deles, a análise de batimento isolado do complexo QRS, através da transformação rápida de FOURIER, revelou progressiva modificação da morfologia espectral, com aumento do conteúdo da frequência na faixa entre 70 e 110Hz, indicando o fenômeno anormal. Houve, portanto, detecção da complicação em 95%

das crises. Constatou-se apenas um único resultado falso-positivo, em paciente com mediastinite e importante derrame pericárdico.

A associação entre arritmia potencialmente maligna, comprometimento significativo da função contrátil do ventrículo esquerdo e bloqueio de ramo no eletrocardiograma em ritmo sinusal não é incomum. Estes pacientes não podem ser avaliados pela eletrocardiografia de alta resolução, quando apenas o domínio do tempo é utilizado. A imensa maioria dos trabalhos publicados exclui os casos em que há distúrbios na condução intraventricular do estímulo. A reunião consensual de especialistas norte-americanos e europeus⁶ sugere que não se procure detectar a vulnerabilidade para taquiarritmias ventriculares sustentadas, usando o eletrocardiograma promediado, analisado pelo domínio do tempo, com esta condição. Para melhorar a exatidão preditiva, tem-se usado a análise espectral: até o momento, não há metodologia padronizada ou critérios aceitáveis para indicar, com segurança, a anormalidade.

FONTAINE & EL-SHERIF²⁰ procuraram determinar os limites máximos da normalidade, quando os complexos QRS são alargados (acima de 0,12s), seja por atraso no ramo esquerdo ou no ramo direito. Estudaram 87 pacientes com antecedentes de taquicardia ventricular, sustentada ou não, por eletrocardiografia de alta resolução e estudo eletrofisiológico intracardíaco. Havia bloqueio de ramo esquerdo em 48 casos; em alguns, o distúrbio era transitório. Nos enfermos com complexos QRS estreitos, efetuaram dois estudos distintos, na tentativa de detectar potenciais tardios: um deles, em ritmo sinusal e o outro, durante estimulação da região apical do ventrículo direito, para simular artificialmente a dificuldade de condução através do ramo esquerdo. A avaliação eletrofisiológica provocou taquicardia ventricular monomórfica sustentada em 16 de um total de 48

pacientes (33%) com e em 23 de 39 (59%) daqueles sem distúrbio na condução. Utilizando análise estatística que relacionasse todas as variáveis do eletrocardiograma promediado para fornecer o valor preditivo total superior a 60%, conseguiram obter os seguintes resultados: a associação da raiz quadrada média da voltagem dos últimos 40 ms igual ou inferior a 17 microvolts e a duração dos potenciais abaixo dos 40 microvolts igual ou superior a 55ms proporcionou sensibilidade de 69%, especificidade de 81% e exatidão preditiva de 77%, independentemente do valor encontrado para o complexo QRS filtrado. O estudo realizado em 18 pacientes portadores de bloqueio do ramo direito e taquiarritmia foi decepcionante: somente a duração muito aumentada da despolarização ventricular, medida no eletrocardiograma de alta resolução, poderia auxiliar a distinção dos casos com arritmia induzível por estimulação programada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em apenas duas décadas, conseguiu-se um avanço extraordinário na técnica, equipamentos e avaliação diagnóstica e prognóstica dos traçados eletrocardiográficos ampliados e filtrados, permitindo uma atuação mais precoce e segura em portadores de arritmias ventriculares graves, sérios candidatos a uma morte prematura, geralmente súbita. O permanente aperfeiçoamento que existe no terreno da Informática, surgindo cada dia equipamentos mais sofisticados e a introdução de novos algoritmos, solucionando questões extremamente complexas, sugere que esta técnica tem ainda um grande caminho de progresso. Novos horizontes serão abertos, maior número de pacientes poderão se beneficiar com esta metodologia, outras doenças cardíacas serão por ela avaliadas, pois não existe limites para a mente humana, podendo chegar um tempo, talvez, em que sua previsibilidade será máxima.

GIZZI, J. C. - Signal-averaged electrocardiography: technique, indications, results and prognostic significance. *Rev. Brasileira Marcapasso e Arritmia*, 6(3): 123-136, 1993.

ABSTRACT: Reentry is responsible for the great majority of spontaneous ventricular arrhythmias clinically observed. During this century, several experimental and clinical studies confirmed this theory. A non-invasive approach, highly specific, became available during the seventies, with the introduction of the signal-averaged electrocardiography. Late potentials, graphic representation of reentries, indicate the presence of an anatomic substrate, responsible for such phenomenon. The method amplifies, filters and averages the electrocardiographic tracings, registered in the thoracic surface. To obtain the tracing, it is necessary a computerized device with great capacity of reduction of undesirable noises, originated in the equipment components, in the power source and in the patient. There are many variables, modified by the user, necessary to register the abnormal signals, dependent of each clinical situation. Frank's orthogonal leads (X, Y and Z), simultaneous registered, are used to obtain the averaging electrocardiogram. This method is used in patients with potentially malignant complex ventricular arrhythmias, present in several cardiac diseases, when the possible mechanism of origin is reentry. The best results are obtained in coronary artery disease, during or after acute myocardial infarction. Future life-threatening arrhythmic events such as ventricular tachycardia/fibrillation can be anticipated, by using high-resolution electrocardiography. Other indications to this technique are: in idiopathic repetitive ventricular tachycardia; in syncopes of unknown origin; in survivors of sudden cardiac death; and after cardiac orthotopic human transplantation, where early signals of rejection are investigated. Signal-averaged electrocardiography maintains a permanent development. New sophisticated equipments, new algorithms with solutions to complex challenges certainly will be available in the near future, helping a always crescent number of patients.

DESCRIPTORS: signal-averaging electrocardiography; cardiac arrhythmias; complex ventricular arrhythmias; sudden cardiac death.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BERBARI, E. J. - *A non-invasive technique for recording the depolarization of the heart's electrical conduction system*. Master's Thesis. University of Miami, Coral Gables, Fla., 1973.
- 2 BERBARI, E. J.; SCHERLAG, B. J.; HOPE, R. R.; LAZZARA, R. - Recordings from the body surface of arrhythmogenic ventricular activity during the ST segment. *Am. J. Cardiol.*, 41: 697-702, 1978.
- 3 BORBOLA, J. & DENES, P. - Late potentials in patients with ventricular tachycardia/ventricular fibrillation. In: EL-SHERIF, N. & TURITTO, G. (eds) - *High-Resolution Electrocardiography*. Mount Kisco, N.Y., 1992. p.495-520.
- 4 BREITHARDT, G.; BORGGREFE, M.; KARBEM, V.; ABENROTH, R. R.; YEH, H. L.; SEIPEL, L. - Prevalence of late potentials in patients with and without ventricular tachycardia: correlation with angiographic findings. *Am. J. Cardiol.*, 49: 1932-7, 1982.
- 5 BREITHARDT, G.; BORGGREFE, M.; MARTINEZ-RUBIO, A. - Late potentials in the post-infarction period: prognostic significance. In: EL-SHERIF, N. & TURITTO, G.(eds.) - *High-Resolution Electrocardiography*. Mount Kisco, N.Y., Futura Publishing Company. 1992.p.405-25.
- 6 BREITHARDT, G.; CAIN, M. E.; EL-SHERIF, N. et al. - Standards for analysis of ventricular late potentials using high-resolution or signal-averaged electrocardiography. *Circulation*, 83: 1481-8, 1991.
- 7 BUXTON, A. E.; WAXMAN, A. L.; MARCHLINSKI, F. E.; JOSEPHSON, M. E. - Electrophysiologic studies in nonsustained ventricular tachycardia: relation to underlying heart disease. *Am. J. Cardiol.*, 52: 985-91, 1983.
- 8 CAIN, M. E.; AMBOS, H. D.; MARKHAM, J.; FISCHER, A. E.; SOBEL, B. E. - Quantification of differences in frequency content of signal-averaged electrocardiograms between patients with and without sustained ventricular tachycardia. *Am. J. Cardiol.*, 55: 1500-5, 1985.
- 9 CAIN, M. E.; AMBOS, H. D.; WITKOWSKI, F. X.; SOBEL, B. E. - Fast Fourier transform analysis of signal-averaged electrocardiograms for identification of patients prone to sustained ventricular tachycardia. *Circulation*, 69: 711-20, 1984.
- 10 COTO, H.; MALDONADO, C.; PALAKURTHY, P.; FLOWERS, N. C. - Late potentials in normal subjects and in patients with ventricular tachycardia unrelated to myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.*, 55: 384-90, 1985.
- 11 CRANFIELD, P. F. - *The Conduction of the Cardiac Impulse: the Slow Response and Cardiac Arrhythmias*. Futura Publishing Company. Mount Kisco, NY, 1975.
- 12 CRIPPS, T. R.; COUNIHAN, P. J.; FRENNEAUX, M. P.; WARD, D. E.; CAMM, A. J.; MCKENNA, W. J. - Signal-averaged electrocardiography in hypertrophic cardiomyopathy. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 15: 956-61, 1990.

- 13 DURRER, D.; van DAM, R. T.; FREUD, G. E.; JANSE, M. J. - Re-entry and ventricular arrhythmias in local ischemia and infarction of the intact dog heart. *Proc K of Nedrl Akad van Wetensch*, 55 Amsterdam, Series C, 321-30, 1977.
- 14 EL-DAR, M.; LEOR, J.; ROTSTEIN, Z.; HOD, H.; TRUMAN, S.; ABOUD, S. - Signal averaging identifies increased mortality risk at early post-infarction period. *Circulation*, 78(Suppl) II - 302, 1988.
- 15 EL-SHERIF, N.; HOPE, R. R.; SCHERLAG, B. J.; LAZZARA, R. - Reentrant ventricular arrhythmias in the late myocardial infarction period. II. Pattern of initiation and termination of reentry. *Circulation*, 55: 702-19, 1977.
- 16 EL-SHERIF, N.; LAZZARA, R.; HOPE, R. R.; SCHERLAG, B. J. - Reentrant ventricular arrhythmias in the late myocardial infarction period. III. Manifest and concealed extrasystolic grouping. *Circulation*, 56: 225-34, 1977.
- 17 EL-SHERIF, N.; SCHERLAG, B. J.; LAZZARA, R.; HOPE, R. R. - Reentrant ventricular arrhythmias in the late myocardial infarction period. I. Conduction characteristics in the infarction zone. *Circulation*, 55: 686-702, 1977.
- 18 EL-SHERIF, N.; URSELL, S. N.; BEKHEIT, S. et al. - Prognostic significance of the signal-averaged ECG depends on the time of recording in the post-infarction period. *Am. Heart J.*, 118: 256-64, 1989.
- 19 FLOWERS, N. C. & WYLD, A. C. - Ventricular late potentials in normal subjects. *Herz*, 13: 160-8, 1988.
- 20 FONTAINE, J. M. & EL-SHERIF, N. - Bundle branch block and the signal-averaged electrocardiogram. In: EL-SHERIF, N.; TURITTO, G.(eds) - *High-Resolution Electrocardiography*. Mount Kisco, NY. Futura Publishing Company. 1992.p.533-67.
- 21 FONTAINE, G.; GUIRAUDON, G.; FRANK, R. et al. - Stimulation studies and epicardial mapping in ventricular tachycardia: study of mechanisms and selection for surgery. In: KULBERTUS, H. E.(ed.) - *Re-entrant Arrhythmias: Mechanism and Treatment*, Lancaster. MTP Pub, 1977. p.334-50.
- 22 FRANK, E. - An accurate, clinically practical system for spatial vectorcardiography. *Circulation*, 13: 737-49, 1956.
- 23 GANG, E. S.; PETER, T.; ROSENTHAL, M. E.; MANDEL, W. J.; LASS, Y. - Detection of late potentials on the surface electrocardiogram in unexplained syncope. *Am. J. Cardiol.*, 58: 1014-20, 1986.
- 24 GOMES, J. A.; WINTERS, S. L.; MARTINSON, M.; MACHAC, J.; STEWART, D.; TARGONSKI, A. - The prognostic significance of quantitative signal-averaged variables, site of myocardial infarction, ejection fraction and ventricular premature beats: a prospective study. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 13: 377-84, 1989.
- 25 HABERL, R.; WEBER, M.; REICHENSPURNER, H. et al. - Frequency analysis of the surface electrocardiogram for recognition of acute rejection after orthotopic cardiac transplantation in man. *Circulation*, 101-8, 1987.
- 26 HAN, J. - Mechanisms of ventricular arrhythmias associated with myocardial infarction. *Am. J. Cardiol.*, 24: 800-13, 1969.
- 27 HONG, M.; GANG, E. S.; WANG, F. Z. et al. - Ventricular late potentials are associated with ventricular tachyarrhythmias in the early phase of myocardial infarction. *Circulation*, 78(Suppl) II - 302, 1988.
- 28 JOSEPHSON, M. E.; HOROWITZ, L. N.; FARSHIDI, A.; KASTOR, J. A. - Recurrent sustained ventricular tachycardia. I. Mechanisms. *Circulation*, 57: 431-40, 1978.
- 29 JOSEPHSON, M. E. & SEIDES, S. F. - *Clinical Cardiac Electrophysiology: Techniques and Interpretations*. Philadelphia. Lea & Febiger, 1979, p. 247-80.
- 30 KINOSHITA, O.; KAMAKURA, S.; OHE, T. et al. - Frequency analysis of signal-averaged electrocardiogram in patients with right ventricular tachycardia. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 20: 1230-7, 1992.
- 31 KUCHAR, D. L.; THORBURN, C. W.; SAMMEL, N. L. - Signal-averaged electrocardiogram for evaluation of recurrent syncope. *Am. J. Cardiol.*, 58: 949-53, 1986.
- 32 KUCHAR, D. L.; THORBURN, C. W.; SAMMEL, N. L. - Late potentials detected after myocardial infarction: natural history and prognostic significance. *Circulation*, 1280-9, 1986.
- 33 LINDSAY, B. D.; AMBOS, H. D.; SCHECHTMAN, K. B.; CAIN, M. E. - Improved selection of patients for programmed ventricular stimulation by frequency analysis of signal-averaged electrocardiograms. *Circulation*, 73: 675-83, 1986.
- 34 LINDSAY, B. D.; MARKHAM, J.; SCHECHTMAN, K. B.; AMBOS, H. D.; CAIN, M. E. - Identification of patients with sustained ventricular tachycardia by frequency analysis of signal-averaged electrocardiograms despite the presence of bundle branch block. *Circulation*, 77: 122-30, 1988.
- 35 MARCUS, N. H.; FALCONE, R. A.; HARKEN, R. A.; JOSEPHSON, M. E.; SIMSON, M. B. - Body surface potentials: effects of endocardial resection in patients with ventricular tachycardia. *Circulation*, 70: 632-7, 1984.
- 36 MARON, B. J.; SAVAGE, D. D.; WOLFSON, J. K.; EPSTEIN, S. E. - Prognostic significance of 24 hours ambulatory monitoring in patients with hypertrophic cardiomyopathy: a prospective study. *Am. J. Cardiol.*, 48: 252-7, 1981.
- 37 McGUIRE, M.; KUCHAR, D.; GANIS, J. SAMMEL, N.; THORBURN, C. - Natural history of late potentials in the first ten days of acute myocardial infarction and relation to early ventricular arrhythmias. *Am. J. Cardiol.*, 61: 1187-90, 1988.
- 38 POLL, D. S.; MARCHLINSKI, P. E.; FALCONE, R. A.; JOSEPHSON, M. E.; SIMSON, M. B. - Abnormal signal-averaged electrocardiograms in patients with nonischemic congestive cardiomyopathy: relationship to sustained ventricular tachyarrhythmias. *Circulation*, 72: 1308-13, 1985.

- 39 SCHERF, D. & SCHOTT, A. - Extrasystoles and allied arrhythmias. *William Heinemann*, London, 1973.
- 40 SCHMITT, F. O. & ERLANGER, J. - Directional differences in the conduction of the impulse through the heart muscle and their possible relation to extrasystolic and fibrillary contractions. *Am. J. Physiol.*, 87: 326-47, 1928-1929.
- 41 SIMSON, M. B. - Use of signals in the terminal QRS complex to identify patients with ventricular tachycardia after myocardial infarction. *Circulation*, 64: 235-42, 1981.
- 42 SIMSON, M. B.; KANOVSKY, M. S.; DRESDEN, C. A.; FALCONE, R. A.; JOSEPHSON, M. E. - Signal averaging methods to select patients at risk for lethal arrhythmias. In: JOSEPHSON, M. E. (ed.) - *Sudden cardiac death*. Philadelphia. Davis Company, 1985. p.145-53.
- 43 STEINBERG, J. S.; FREEDMAN, R. A.; BIGGER, J. T. and the ESVEM Investigators - Antiarrhythmic drugs therapy and the signal-averaged electrocardiogram. In: EL-SHERIF, N. & TURITTO, G. (eds.) - *High-resolution electrocardiography*. Mount Kisco, N.Y.. Futura Publishing Company, 1992. p.569-90.
- 44 TURITTO, G.; FONTAINE, J. M.; URSELL, S. N.; CAREF, E. B.; HENKIN, R.; EL-SHERIF, N. - Value of the signal-averaged electrocardiogram as a predictor of the results of programmed stimulation in nonsustained ventricular tachycardia. *Am. J. Cardiol.*, 61: 1272-8, 1988.
- 45 VATTEROTT, P. J.; HAMMILL, S. C.; BERBARI, E. J.; BAILEY, K. R.; MATHESON, S. J.; WORLEY, S. J. - The effect of residual noise on the reproducibility of the signal-averaged electrocardiogram. *J. Electrocardiol.*, 20: 102-6, 1987.
- 46 WINTERS, S. L.; STEWART, D.; GOMES, J. A. - Signal-averaging of the surface QRS complex predicts inducibility of ventricular tachycardia in patients with syncope of unknown origin: a prospective study. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 10: 775-87, 1987.

Agradecimentos: Imensa é a nossa gratidão pela prestativa e inestimável colaboração da Dra. Amanda G. M. R. Sousa, ao revisar criteriosamente e à Sra. Maria Elisabeth de Andrade, ao processar o texto.