

ELECTROCARDIOGRAFIA DE ALTA RESOLUÇÃO NO ENFARTE AGUDO DO MIOCÁRDIO

J. LOPO TUNA

UTIC-Arsénio Cordeiro. Hospital Santa Maria. Lisboa

RESUMO

O autor começa por salientar que a estratificação de risco nos doentes que sobreviveram a um enfarte do miocárdio assume grande importância. É neste contexto que introduz a electrocardiografia de alta resolução (ECG - AR) como um dos exames complementares de diagnóstico que, ao proporcionar importantes informações acerca do modo como é feita a condução intraventricular do impulso eléctrico, contribui para a caracterização do substrato arritmogénico que está na base da taquicardia e da fibrilhação ventriculares. Com a ECG - AR torna-se possível, através de técnicas de "averaging" do sinal electrocardiográfico, detectar a presença de potenciais tardios ventriculares quando a análise desse sinal é feita no domínio do tempo. Se a análise é feita no domínio da frequência - análise espectral - é possível obter informações adicionais que enriquecem a informação sobre toda a activação ventricular. A importância da detecção de anomalias nos registos de ECG - AR reside no facto de essas anomalias se relacionarem com a ocorrência de taquicardia ventricular (TV) e de fibrilhação ventricular (FV), que podem estar na base da morte arritmica dos doentes que as apresentam. Depois de referir os critérios de positividade de um ECG - AR e a sua reprodutibilidade, o autor entra na parte mais importante do artigo: as aplicações clínicas da ECG - AR. Depois de abordar o interesse da técnica em situações não coronárias, refere-se à importância da ECG - AR no enfarte do miocárdio. Fala então da prevalência de alterações do ECG - AR neste contexto, para depois pormenorizar aspectos do interesse do método na estratificação de risco após enfarte agudo do miocárdio. A propósito da prevalência e do prognóstico apresenta resultados obtidos pelo seu Grupo. Termina referindo-se à aplicação da ECG - AR no contexto da cardiopatia isquémica para além do enfarte agudo do miocárdio.

SUMMARY

High Resolution Electrocardiography in Myocardial Infarction

The author starts by highlighting the importance of risk stratification in patients who have survived a myocardial infarction. High resolution electrocardiography, also called signal-averaged electrocardiography (SAECG), appears in this setting as a diagnostic tool that, by providing important information about the way the intraventricular conduction of the electrical impulse is made, contributes to the characterization of the arrhythmogenic substrate, which is the basis of ventricular tachycardia and fibrillation. By resorting to the averaging of the electrocardiographic signal, SAECG enables us to detect ventricular late potentials whenever the analysis of that signal is made in time-domain. Further details, which will enrich the information on ventricular activation, can be obtained if the analysis is made in the frequency-domain (spectral analysis). The importance of detecting abnormalities in the SAECG recordings lies in the fact that those abnormalities are related to the occurrence of ventricular tachycardia and fibrillation, which are responsible for arrhythmic death. After referring to the criteria of positivity of SAECG and its reproducibility, the author approaches the most important part of the paper: the clinical applications of SAECG. After focusing on the interest of the method in noncoronary conditions, its use-

fulness in patients with acute myocardial infarction is pointed out. The author then mentions the prevalence of abnormalities in SAECG in patients with acute myocardial infarction and emphasizes the interest of the method in risk stratification. The author then presents the results of his Group in what concerns prevalence and prognosis. Finally, the author refers to the application of SAECG in other forms of coronary artery disease besides myocardial infarction.

INTRODUÇÃO

A morte de causa cardíaca dos doentes que sobreviveram a um enfarte agudo do miocárdio (EAM) é atribuível, fundamentalmente, a reenfarte, a insuficiência cardíaca progressiva e a taquidistritmias ventriculares.

A taquicardia ventricular (TV) que evolui para fibrilhação ventricular (FV) constitui a principal causa de morte súbita nestes doentes¹⁻³. As bradiarritmias desempenham neste tipo de morte um papel muito menos importante.

Embora a mortalidade dos doentes que sofreram EAM tenha diminuído significativamente nos últimos anos, é compreensível que a mortalidade permaneça elevada em doentes que não sejam submetidos a terapêutica trombolítica, que tenham mais de 70 anos de idade, que tenham enfartes múltiplos e lesões coronárias graves, que apresentem disfunção ventricular esquerda grave ou sofram de distritmias ventriculares complexas.

A estratificação de risco nos sobreviventes de EAM assume, por isso, grande relevo, procurando-se através dela identificar doentes de baixo risco, que não requerem uma terapêutica muito elaborada, e doentes de alto risco, que poderão ser candidatos a tratamentos de intervenção mais ou menos sofisticados.

Para além dos dados de ordem clínica, tem sido utilizado um vasto leque de exames complementares na estratificação de risco pós-EAM. Exemplos desses exames são a prova de esforço, a electrocardiografia de Holter (ECGH), a angiografia de radionuclídeos, a cintigrafia miocárdica com ²⁰¹Tl, a angiografia coronária e a estimulação eléctrica programada. Nos últimos anos, a técnica de *averaging* do sinal electrocardiográfico, em associação com a amplificação de alto ganho, tem sido utilizada para a detecção de potenciais tardios ventriculares, que correspondem a sinais de alta frequência e baixa amplitude que ocorrem na porção terminal do QRS e no início do segmento ST. A essa nova técnica chama-se electrocardiografia de alta resolução (ECG - AR).

O importante é que foi postulado que esses potenciais tardios seriam marcadores não-invasivos da presença de um substrato arritmogénico caracterizado por uma propagação lenta e não homogénia da onda de activação

ventricular⁴.

Desde a sua primeira apresentação em 1973, a ECG - AR tem sido proposta para um número crescente de aplicações clínicas. Como método de "screening" para risco aumentado de arritmias eventualmente letais, a ECG - AR tem-se revelado especialmente valiosa na estratificação de risco após EAM e na avaliação de doentes com síncope de causa desconhecida⁵. A metodologia normalizada para a obtenção de registos de ECG - AR de alta qualidade foi definida por G. Breithardt et al no âmbito dos trabalhos da *Task Force Committee between the European Society of Cardiology, the American Heart Association and the American College of Cardiology*⁶.

MÉTODOS DE ANÁLISE UTILIZADOS EM ECG - AR

Os potenciais tardios ventriculares foram inicialmente identificados mediante registos epicárdicos directos em animais de experiência, provando-se que a actividade eléctrica local nas áreas isquémicas persistia para além do fim do complexo QRS.

Berbari et al⁷ utilizaram, pela primeira vez, a ECG - AR para registo desses potenciais de baixa amplitude na superfície corporal. Esses potenciais, que se estendiam pelo segmento ST e correspondiam a potenciais epicárdicos atrasados, que se detectaram sobre zonas isquémicas do modelo animal, revelaram-se importantes como marcadores para arritmias por reentrada.

M.B. Simson⁸ utilizou a ECG - AR associada à aplicação de filtros digitais, bidireccionais, de passabanda alta, para a detecção e, pela primeira vez, quantificação dos potenciais tardios, identificando através deles doentes que tiveram TV após EAM.

O ECG - AR é adquirido mediante recurso à técnica de *averaging* – como atrás referimos – do sinal electrocardiográfico, que pode ser descrita sumariamente como uma técnica digital de processamento do sinal, na qual as ondas repetitivas ou periódicas, que são contaminadas pelo ruído, podem ser melhor visualizadas do que no ECG. Isto significa melhoria da razão sinal / ruído do ECG.

Através da soma sucessiva das ondas com ruído, a

média dos componentes aleatórios (ruído) vai tender para zero, enquanto a média dos componentes determinantes (sinal desejado) se mantém inalterada e esses componentes melhor definidos.

Os elementos essenciais do *averaging* incluem: aquisição computadorizada dos dados, a detecção dos complexos QRS e seu correcto alinhamento, o *averaging* propriamente dito e a medição do ruído.

Há, fundamentalmente, dois tipos de análise em ECG - AR: a análise no domínio do tempo e a análise no domínio da frequência.

1. ANÁLISE DO ECG - AR NO DOMÍNIO DO TEMPO

Depois de terminado o procedimento de *averaging* do sinal electrocardiográfico, a maioria dos autores procede à análise do sinal de acordo com a metodologia inicialmente descrita por MB Simson⁸. Em primeiro lugar, as três derivações ortogonais bipolares X, Y e Z são combinadas na sua onda de magnitude de vector $\sqrt{(X^2 + Y^2 + Z^2)}$ na qual, seguidamente, se efectua a filtragem digital com filtro de passabanda, obtendo-se, assim, o também chamado QRS filtrado.

São os seguintes os parâmetros que se medem no QRS filtrado:

1 - *QRS duration (QRSD)*, que traduz a duração do complexo QRS filtrado;

4 - *Root Mean Square 40 (RMS40)*, que traduz a amplitude dos 40 mili-segundos terminais do QRS;

3 - *Low Amplitude Signals 40 (LAS 40)*, que traduz a duração dos sinais de baixa amplitude, isto é, inferior a 40 μ v.

Embora os critérios de positividade para potenciais tardios do ECG - AR diverjam entre autores, a já referida *Task Force* de autores americanos e europeus⁶ considera como critérios de anormalidade e, conseqüentemente, como significando a presença de potenciais tardios ventriculares, os seguintes valores para os parâmetros citados:

1) QRSD > 114 ms; 2) RMS 40 < 20 μ v; 3) LAS 40 > 38ms.

Na figura 1 apresenta-se, à esquerda, um exemplo de ECG - AR negativo para a detecção de potenciais tardios; à direita, apresenta-se, como exemplo, um estudo em que estiveram presentes os três critérios de positividade para potenciais tardios. Ambas as análises são feitas no domínio do tempo.

Não é atribuída igual carga prognóstica, quanto ao risco arritmico, à alteração de cada um dos parâmetros estudados com a ECG - AR. Assim, à RMS 40 é atribuí-

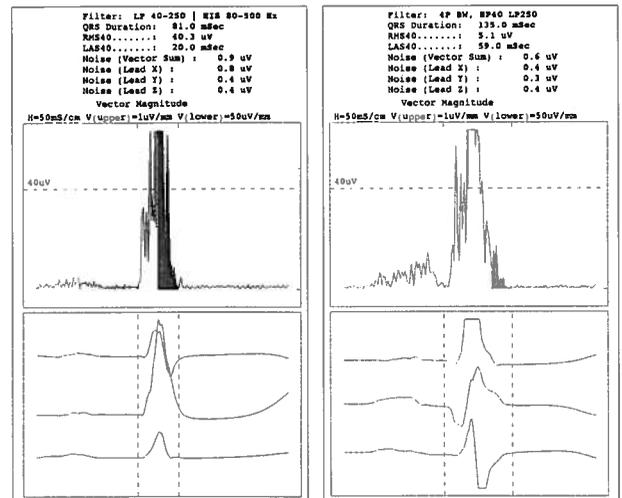


Fig. 1 - Análise do ECG - AR no domínio do tempo. À esquerda - exemplo de um estudo em que são normais os três critérios de positividade sendo, portanto, o resultado negativo. À direita - exemplo de um estudo em que são anormais os três critérios de positividade, sendo portanto o estudo positivo para potenciais tardios.

do o maior valor predizente negativo, enquanto que à associação de QRSD e RMS 40 alteradas é atribuído o maior valor predizente positivo, nomeadamente para eventos clínicos espontâneos ou indutibilidade de TV.

2. ANÁLISE DO ECG - AR NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA

A análise do ECG - AR no domínio da frequência, também designada por análise espectral, foi introduzida na clínica por CAIM et al⁹ em 1984, procurando tirar partido da noção de que os potenciais tardios teriam um carácter espectral diferente das ondas do QRS e do segmento ST. São vantagens da análise no domínio da frequência a ausência da necessidade de aplicação de filtros e da localização exacta do sinal própria da análise no domínio do tempo, permitindo assim detectar a presença de micropotenciais em todo o complexo QRS, isto é, ao longo de toda a activação ventricular e não só na sua porção terminal. Na análise espectral a potência do sinal é expressa em função da frequência das ondas que compõem esse sinal.

Sem entrarmos em pormenores técnicos da análise no domínio da frequência, descabidas num artigo que se pretende de índole eminentemente clínica, diremos no entanto que o processamento do espectro de frequência se faz mediante o recurso a um ou vários dos seguintes métodos de análise: análise de Fourier; métodos auto-regressivos; mapeamento espectro-temporal; análise da turbulência espectral.

A turbulência espectral foi introduzida na clínica por G. Kellen. Este tipo de análise permite o estudo da acti-

vação cardíaca ao longo de todo o QRS, como já referimos, permitindo assim estudar todo o fenómeno que está na base dos potenciais tardios, que é a dificuldade maior ou menor de progressão da onda de activação ao longo de todo o miocárdio e não só ao longo do miocárdio responsável pela activação expressa pelo final do QRS e pelo início do segmento ST. Esta análise informa-nos sobre o grau de fragmentação da onda de activação ventricular. Os potenciais tardios analisados no domínio do tempo não seriam mais do que a ponta do *iceberg*.

A potência da turbulência espectral exprime-se por uma pontuação que vai de zero até quatro, onde zero representa ausência de turbulência espectral e quatro o maior grau de turbulência possível. Será lógico pensar que a precisão preditiva para TV será muito maior para a turbulência espectral do que para os potenciais tardios estudados no domínio do tempo.

Na figura 2 apresenta-se um exemplo de análise do ECG - AR no domínio da frequência, mediante recurso ao cálculo da turbulência espectral.

REPRODUTIBILIDADE DO MÉTODO

Em dois ECG - ARs consecutivos registados a partir de 225 doentes sucessivos após EAM e em 85 voluntários, a análise no domínio do tempo mostrou-se o método mais reproduzível de todos, tendo correlações mais altas, registos diagnósticos estatisticamente menos vezes inconsistentes e diferenças estatisticamente menores em comparação com outras técnicas de análise¹⁰. O mapeamento espectro - temporal foi o menos reproduzível. Por sua vez, a turbulência espectral revelou-se menos reproduzível do que a análise no domínio do tempo, de forma significativa, mas foi também significativamente melhor do que o mapeamento espectro-temporal¹⁰.

A reprodutibilidade da ECG - AR melhora quando o número de complexos QRS sujeitos a *averaging* é aumentado. Os resultados do estudo de Copie et al¹¹ sugerem que a reprodutibilidade é óptima com a amplificação e *averaging* de 300 complexos QRS.

APLICAÇÕES CLÍNICAS DA ECG - AR

A fundamentação do recurso aos potenciais tardios como marcadores não invasivos de substrato arritmico reside nos factos seguintes: 1) Existe correlação entre potenciais tardios e actividade eléctrica fragmentada em zonas do endocárdio humano; 2) A remoção do substrato de TV pela ressecção endocárdica e/ou aneurismectomia pode abolir os potenciais tardios; 3) Existe boa correlação entre a indutibilidade de TV e os potenciais tardios em doentes coronários.

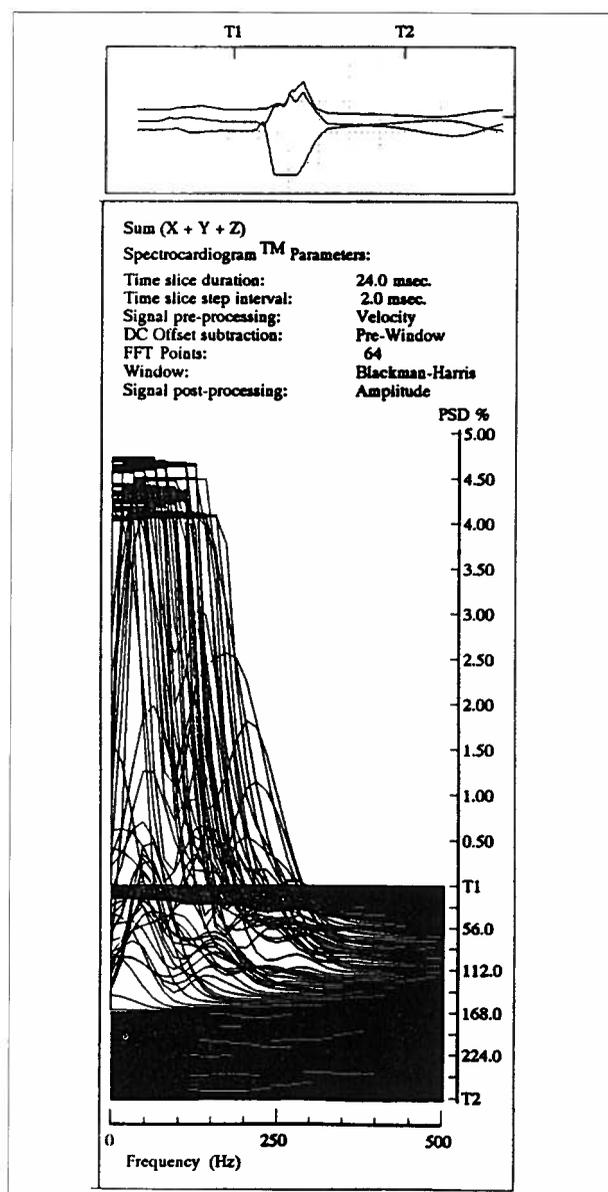


Fig. 2 - Análise do ECG - AR no domínio da frequência, com recurso ao cálculo da turbulência espectral. O exame é positivo, com uma pontuação de 4 em 4.

Antes de nos concentrarmos na utilização da ECG - AR no doente que teve EAM, focaremos alguns outros aspectos do interesse e também das limitações do método noutros campos da cardiologia.

Uma limitação ao uso da ECG - AR é a presença de bloqueios de ramo, por nestas circunstâncias a condução intraventricular se encontrar atrasada e por isso haver interferência com a valorização de micropotenciais detectados no final do QRS.

Brembilla - Perrot et al, por exemplo, concluem dos seus estudos que é incorrecto interpretar o ECG - AR em casos de bloqueio de ramo, especialmente se existe cardiopatia avançada, onde a especificidade dos critérios de

positividade no domínio do tempo se torna muito baixa (< 50%)¹². Foi por isso que surgiu a proposta de se utilizar a turbulência espectral como método de escolha em doentes com anomalias de condução. No entanto, Englund et al¹³, ao estudar com turbulência espectral doentes com bloqueio de ramo, encontraram uma exactidão predizente total baixa (47%), o que foi atribuído, principalmente, à falta de diferença de duração dos QRS. Daqui concluir-se que a utilidade diagnóstica da análise da turbulência espectral depende de um QRS de duração normal, pelo que o método só é aplicável a doentes sem bloqueio de ramo.

Tem-se procurado relacionar os resultados do ECG - AR com a idade. Aronow et al obtiveram um ECG - AR anormal em 7 de 51 doentes idosos (14%) (idade média: 83 anos) sem evidência clínica de doença cardíaca¹⁴. Os dados deste estudo prospectivo indicaram que, durante um seguimento médio de 43 meses, os doentes idosos com um ECG - AR anormal mas sem evidência clínica de doença cardíaca não tiveram uma incidência aumentada de morte súbita cardíaca, de morte cardíaca total, ou de morte total. Mercado et al também demonstraram que a prevalência de potenciais tardios anormais em doentes idosos sem doença cardíaca é semelhante (14%) aos níveis relatados em outras populações de controlo normais, mas os doentes idosos com cardiopatia tinham uma prevalência significativamente mais alta de ECG - ARs anormais do que os indivíduos normais¹⁵. Por outro lado, de um estudo efectuado por Reardon et al, concluíram os autores que com o aumento da idade há uma tendência para os parâmetros de turbulência espectral se tornarem anormais, o que reflectia, possivelmente, um aumento de anomalias de condução com a idade¹⁶.

Também se tem procurado relacionar os achados do ECG - AR com o sexo do doente. Timmermans et al, no âmbito de um estudo multicêntrico, obtiveram ECG - ARs em 185 indivíduos sem doença cardíaca (85 mulheres e 100 homens). Na sequência deste trabalho, propuseram os seguintes valores como normais consoante o sexo: para homens, QRSD < 122 ms; para mulheres, QRSD < 115 ms; e para ambos os sexos, duração do sinal de baixa amplitude (< 40µv) < 41 ms e RMS 40 > 20 µv.

Como já foi por nós referido a propósito da fundamentação do recurso aos potenciais tardios como marcador não invasivo de substrato arritmogénico, o significado prognóstico do ECG - AR na presença de doença coronária está hoje demonstrado; contudo, em doentes com miocardiopatia dilatada e com outras formas de miocardiopatia, a detecção de potenciais tardios não se tem revelado um instrumento diagnóstico de interesse clara-

mente definido. Referimos seguidamente alguns estudos que explicam o interesse da ECG - AR em portadores de miocardiopatias.

Num estudo de M. Galinier et al¹⁷, os resultados da ECG - AR melhoraram a estratificação de risco para TV mantida em 151 doentes com insuficiência cardíaca congestiva, mas falharam na identificação de doentes de alto risco de morte súbita. Os potenciais tardios estavam presentes em 25 de 73 doentes (34%) com miocardiopatia dilatada idiopática (MCD), em 20 de 57 doentes (35%) com miocardiopatia isquémica, e em 4 de 21 doentes (19%) com cardiopatia hipertensiva (NS). A incidência de TV mantida durante o seguimento foi de 2% (2 doentes) em doentes sem potenciais tardios e de 10% (5 doentes) nos que tinham potenciais tardios.

Schumaker et al também estudaram o impacto prognóstico de um ECG - AR anormal em 31 doentes com miocardiopatia não isquémica¹⁸. Um ECG - AR normal esteve associado com uma ocorrência reduzida de eventos taquiarrítmicos ventriculares. Para a análise no domínio do tempo a sensibilidade foi de 71%, a especificidade de 67%, o valor predizente positivo de 38% e o valor predizente negativo de 89%.

Um outro estudo revelou que o ECG - AR é frequentemente anormal em doentes com MCD e seus familiares com aumento do ventrículo esquerdo¹⁹.

A maior parte dos doentes com displasia arritmogénica do ventrículo direito tiveram ECG - ARs anormais no estudo de MEHTA et al²⁰.

A presença de potenciais tardios em doentes com miocardite aguda está associada com pior prognóstico e maior extensão de dano miocárdico²¹.

Também na doença de Chagas é pior o prognóstico quanto à ocorrência de TV sustida nos doentes com potenciais tardios²².

No que concerne ainda às doenças cardíacas não coronárias, refira-se que nos casos de prolapso da válvula mitral a ausência de potenciais tardios no ECG - AR parece ser um bom marcador adicional para os casos sem TV espontânea²³.

Finalmente, e antes de abordarmos o uso da ECG - AR nos doentes que tiveram EAM, principal objectivo deste trabalho, digamos algumas palavras sobre o recurso à ECG - AR em atletas.

Num estudo levado a efeito por Moroe et al²⁴ em 796 atletas (idade média de 19 anos) verificou-se existirem ECG - ARs anormais em 68 (8,5%). No entanto, a presença de ECG - ARs anormais não se relacionou com o desenvolvimento de arritmias em atletas jovens.

Biffi et al²⁵ estudaram atletas de alta competição com

recurso à ECG - AR. Sete de 25 atletas com batimentos ectópicos ventriculares frequentes e pares tinham potenciais tardios comparados com zero de 35 atletas sem arritmias. Os estudos electrofisiológicos desencadearam surtos de TV não sustida em cinco doentes com arritmias espontâneas, quatro dos quais tinham potenciais tardios.

1. ECG - AR NO ENFARTE AGUDO DO MIOCÁRDIO

1.1. PREVALÊNCIA DE ALTERAÇÕES DA ECG - AR APÓS ENFARTE AGUDO DO MIOCÁRDIO

A prevalência de potenciais tardios (PT) após EAM é determinada por vários factores, de que deveremos salientar os seguintes: *timing* do registo em relação à data do EAM; definição de critérios de positividade para PT; terapêutica fibrinolítica; localização do EAM.

A prevalência de PT é mais elevada quando o registo é efectuado entre o 7º e o 10º dias após EAM. Quanto à definição de positividade, a prevalência ronda os 42% quando se requer apenas a presença de alterações de um dos três parâmetros estudados na análise no domínio do tempo (QRSD, RMS 40 ou LAS 40) e desce para 27% quando se requer a presença de dois ou três parâmetros alterados²⁶.

Na fase crónica do EAM também o *timing* do registo influencia a prevalência de PT. Kuchar et al²⁷ estudaram a prevalência de PT desde a alta hospitalar até 5 anos após o EAM, mostrando uma progressiva redução ao longo do período de seguimento.

É de salientar que se por volta dos 7º - 10º dias após EAM não se registam PT, é muito pouco provável que venham a ser registados no futuro, a menos que ocorra novo EAM.

Por outro lado, vários estudos revelam que é pouco provável o desaparecimento dos PT nos doentes com TV mantida pós-enfarte, a menos que sejam submetidos a ressecção cirúrgica do substrato arritmogénico.

Alguns trabalhos relatam diferenças nos índices do ECG - AR, no domínio do tempo, consoante a idade do doente, sugerindo que os limites da normalidade devem ser diferentes para os doentes com mais ou com menos de 60 anos de idade.

Parece também verificar-se que um ECG - AR anormal após EAM estaria mais fortemente associado a complicações disrítmicas subsequentes nos doentes mais jovens.

A terapêutica fibrinolítica é um factor determinante da prevalência de PT após EAM. Vários estudos²⁸ indicam

que a reperfusão, quer ocorrendo espontaneamente quer após trombólise, modula a presença de PT e, conseqüentemente, o substrato arritmogénico, com uma prevalência de PT da ordem dos 14% nos indivíduos com artéria relacionada com o enfarte permeável, contra 38% nos indivíduos com essa artéria ocluída.

Efectivamente, a prevalência de PT em doentes submetidos a trombólise mostrou ser significativamente inferior quando comparada com a prevalência de PT em doentes não submetidos à acção dos fibrinolíticos (10% *versus* 22%, segundo uma meta-análise de cinco estudos)²⁸.

A localização do EAM é também um factor determinante da prevalência de PT após enfarte. Quando se procede ao registo do ECG - AR com análise no domínio do tempo, em que se estuda apenas a parte terminal do QRS e a parte inicial do segmento ST, a prevalência de PT encontrada é geralmente superior nos doentes com enfartes inferiores e postero - inferiores, quando comparados com doentes com enfartes anteriores ou antero-septais (56% *versus* 27%), o que se explica pelas diferentes influências que as diversas zonas de enfarte têm sobre a parte terminal da activação ventricular. Esta relação como que se inverte se se proceder à análise no domínio da frequência, passando o ECG - AR anormal a ser mais prevalente nos enfartes anteriores do que nos inferiores. Foi o que tivemos ocasião de verificar num trabalho do nosso Grupo²⁹. O objectivo desse trabalho foi estudar a prevalência de PT e de turbulência espectral (TE) em ECG - AR de doentes com EAM e estabelecer relação entre essa presença e a localização do enfarte. Foram estudados 106 doentes (88 homens e 18 mulheres, com idade média de 57,5 ± 10,6 anos), a quem foi feito ECG - AR na 2ª semana de evolução do EAM. Foi considerado que existiam PT quando estavam presentes dois ou mais critérios da análise no domínio do tempo e considerou-se que o registo era positivo para TE quando a análise espectral mostrou uma pontuação anormal de 3 ou 4 em 4. Excluíram-se do estudo doentes com bloqueio de ramo. Na análise no domínio do tempo, os doentes com enfarte inferior e não transmural apresentavam uma maior prevalência de PT do que os doentes com enfarte anterior. Por outro lado, na análise espectral, os doentes com enfartes anteriores e não transmuraís tinham critérios de positividade para TE mais frequentemente do que os casos de enfarte inferior (Quadro I).

Estes achados podem explicar-se pela maior sensibilidade da análise da TE para detectar fenómenos de condução lenta na totalidade do QRS e não apenas na porção

Quadro 1 - Prevalência de Potenciais Tardios e de Turbulência Espectral em diferentes localizações do EAM²⁹

Localização do EAM	Nº de doentes	Positivos para	
		PT (%)	TE (%)
Anterior	39	4 (10)	20 (51)
Inferior	46	14 (30)	17 (37)
Combinado	3	0 (0)	1 (33)
Não-Transmural	18	5 (23,8)	9 (60)
TOTAL	106	23 (22)	47 (44)

EAM = enfarte agudo do miocárdio; PT = potenciais tardios; TE = turbulência espectral

terminal do QRS e na porção inicial do segmento ST, como sucede na análise no domínio do tempo.

1.2. A ECG - AR NA ESTRATIFICAÇÃO DE RISCO APÓS ENFARTE AGUDO DO MIOCÁRDIO

A presença de um substrato arritmogénico pode ser detectada pelo registo de actividade eléctrica de baixa amplitude e fraccionada ou pela introdução artificial de extra-sístoles ventriculares usando estimulação ventricular programada. Muitos estudos demonstraram que a ECG - AR representa um instrumento independente de avaliação de risco. Em alguns estudos a ECG - AR e a estimulação ventricular programada provaram ser mais sensíveis para predizer TV do que morte súbita. Nos doentes com ECG - AR anormal, ou com um resultado anormal na estimulação ventricular programada, o risco de um evento arritmico está aumentado, embora a maioria desses doentes não venha a apresentar uma arritmia fatal ou ameaçadora de morte. A exactidão predizente da análise no domínio do tempo do ECG - AR após EAM está limitada pela alta incidência de falsos positivos nos enfartes inferiores.

Considerou-se que a análise no domínio da frequência com avaliação da TE deveria ser o método de escolha para aumentar a exactidão na estratificação de risco após EAM. No entanto, esse método parece sofrer também de uma alta incidência de falsos-positivos, especialmente no enfarte anterior. Este alto número de resultados falsos-positivos limita a aplicabilidade prática da ECG - AR⁵.

A verdade é que estudos prospectivos viriam confirmar que doentes com alterações no ECG - AR na fase de recuperação do EAM tinham maior probabilidade de ocorrência de TV mantida espontânea ou induzida no laboratório de electrofisiologia³⁰.

Análises multivariadas mostraram também que a estratificação de risco baseada no ECG - AR era inde-

pendente de outros factores de risco bem estabelecidos, tais como a fracção de ejeção ventricular esquerda ou a presença de extra-sístoles ventriculares complexas no ECGH.

G. Breithardt e M. Borggrefe, já em 1987, faziam referência a vários estudos que demonstraram que 14% a 29% dos doentes em fase de recuperação de um EAM que apresentam ECG - ARs anormais vêm a apresentar TV mantida no primeiro ano de evolução, comparados com apenas 0,8% a 4,5% dos doentes com ECG - AR normal. Além disso, 3,6% a 40% dos doentes com PT vão sofrer morte súbita, comparados com 0% a 4,3% dos doentes sem PT³¹.

A precisão predizente do ECG - AR após EAM poderá ser melhorada se combinarmos os seus resultados, por exemplo, com os valores da fracção de ejeção ventricular esquerda³².

Considerando apenas os dados da ECG - AR, o valor predizente dos resultados pode ainda ser melhorado se combinarmos os dados obtidos no domínio do tempo com os dados da análise no domínio da frequência. Makijärvi et al, combinando os PT com a TE, alcançaram, em 778 doentes pós-EAM, uma sensibilidade de 76%, uma especificidade de 63%, um valor predizente positivo de 8%, um valor predizente negativo de 98% e uma exactidão preditiva total de 61%. O risco relativo para eventos arritmicos resultante da combinação de PT e TE foi da ordem de 5,0³³. Por sua vez, Reinhardt et al, associando a análise no domínio do tempo à análise no domínio da frequência, aumentaram a exactidão predizente total de 52% para 72% nos enfartes inferiores e de 64% para 76% nos enfartes anteriores³⁴.

Podemos, pois, dizer que a combinação da análise dos PT com a análise no domínio da frequência aumenta o valor prognóstico para eventos arritmicos graves após EAM.

A exactidão predizente positiva da análise da TE revelou-se mais alta do que a da análise no domínio do tempo na predição de morte cardíaca em 603 doentes convalescentes de EAM para a maioria dos níveis de sensibilidade (por exemplo, 26% vs 20% a uma sensibilidade de 40%, $P < 0,05$)³⁵. No entanto, as exactidões predizentes positivas das duas técnicas não se revelaram significativamente diferentes na predição de TV. Por outro lado, Malik et al mostraram que a análise da TE era inferior à análise no domínio do tempo na predição de TV/FV durante o primeiro ano após EAM, mas era mais forte na predição de mortalidade ao fim de um ano³⁶.

Num estudo de Hermosillo et al, em 222 doentes com EAM, 41% dos quais foram submetidos a terapêutica

fibrinolítica, a ECG - AR, quando comparada com outros marcadores de prognóstico, revelou a mais alta sensibilidade de 94% e uma especificidade de 72% para a predição de eventos arrítmicos³⁷. Uma artéria relacionada com o enfarte ocluída apresentou uma sensibilidade de 78% e uma especificidade de 58%, uma fracção de ejeção ventricular esquerda < 40% tinha uma sensibilidade de 71% e uma especificidade de 80% e o ECGH revelou uma sensibilidade de 38% e uma especificidade de 92%.

O estudo de Touboul et al confirmou o poder predizente positivo da ECG - AR na estratificação de risco pós-enfarte na era trombolítica³⁸. Quarenta e cinco por cento de 471 doentes com EAM foram submetidos a terapêutica trombolítica. As taxas de mortalidade ao fim de um ano e a longo prazo (seguimento médio de 31 meses) foram 5,5% e 8,4%, respectivamente. Foi avaliada a predição de mortalidade e a análise multivariada mostrou que a diminuição da variabilidade de frequência cardíaca (VFC), a presença de PT e uma baixa fracção de ejeção (< 30%) constituíram factores independentes de sobrevivência. Nesta população, nem a actividade ectópica ventricular nem a indutibilidade de TV monomórfica sustida no estudo electrofisiológico mostraram qualquer significado prognóstico.

O nosso Grupo também se tem preocupado com o valor prognóstico dos PT e da TE em doentes com EAM. O objectivo de um nosso estudo foi justamente a avaliação do valor prognóstico dos PT e da TE numa população de 224 doentes com EAM, 192 homens e 32 mulheres, com idade média de $58,2 \pm 1,1$ anos (28-79) que foram submetidos a ECG - AR na segunda semana (média = $10,2 \pm 1,9$ dias) de EAM. Os critérios de positividade para PT e TE foram os já indicados a propósito de um outro trabalho do nosso Grupo citado neste artigo²⁹. Também neste trabalho foram excluídos doentes com bloqueio de ramo, pelas razões também já atrás referidas. O período de seguimento foi de $2,39 \pm 1,08$ anos, sendo avaliada a mortalidade. No fim do estudo tinham morrido 24 doentes (10,7%). Nos Quadros II e III resumimos os resultados verificados.

Dos seis doentes que morreram e não tinham TE, apenas um mostrou PT. Assim, concluímos que não houve uma diferença estatisticamente significativa da presença de PT nos doentes que morreram e nos que não morreram durante o período de seguimento. Por outro lado, a TE foi significativamente mais frequente nos doentes que morreram. A TE mostrou ter mais altas sensibilidade valores predizentes positivo e negativo do que os PT na predição de morte, num seguimento de longo prazo, de

Quadro II - Mortalidade consoante a presença ou ausência de potenciais tardios

	Mortos (n)	Sobreviventes (n)	TOTAL (n)	$X^2 = 0,38$ p = 0,774
Com PT	3	35	38	
Sem PT	21	165	186	

PT = Potenciais Tardios

Sensibilidade = 12,5%; Especificidade = 82,5%; valor predizente positivo = 6,2%; valor predizente negativo = 88,7%.

Quadro III - Mortalidade consoante a presença ou ausência de turbulência espectral

	Mortos (n)	Sobreviventes (n)	TOTAL (n)	$X^2 = 12,78$ p = 0,00035
Com TE	18	74	92	
Sem TE	6	126	132	

TE = Turbulência espectral

Sensibilidade = 75%; Especificidade = 63%; valor predizente positivo = 19,6%; valor predizente negativo = 95,5%.

doentes que tiveram alta do hospital após um EAM. Estes achados podem explicar-se por uma maior sensibilidade da TE para detectar os fenómenos de condução lenta ao longo de todo o QRS, o que escapa à análise dos PT feita no domínio do tempo.

Falemos, a terminar este capítulo, da problemática do prognóstico da morte arrítmica vs morte não arrítmica. J. E. Hartikainen et al³⁹ estudaram esta problemática em 575 sobreviventes de EAM com recurso à VFC, à ECG - AR, às arritmias ventriculares do ECGH e à fracção de ejeção. Detectando doentes com marcadores eléctricos alterados - VFC, ECG - AR, ECGH - e excluindo doentes com a mais baixa fracção de ejeção, identificaram um subgrupo de doentes de alto risco em que 75% das mortes foram arrítmicas.

2. A ECG - AR NA ISQUEMIA

Uma vez que o objectivo principal deste artigo é a aplicação da ECG - AR nos doentes que sofreram enfarte do miocárdio, pensamos ser pertinente fazer referência à utilização do método em outros contextos da cardiopatia isquémica.

Assim, Lander et al demonstraram a presença de alterações de baixa amplitude e alta frequência dos ECG - AR durante a isquemia transitória induzida pela angioplastia coronária transluminal percutânea (ACTP)⁴⁰.

Tamura et al estudaram prospectivamente 37 doentes com angina instável que apresentavam anomalias da motilidade parietal após o desaparecimento da dor torácica e das alterações electrocardiográficas⁴¹. Executaram-se ECG - ARs e ecocardiogramas durante a fase aguda e antes da alta hospitalar. Observaram-se PT em doentes que tinham anomalias da motilidade parietal

reversíveis mas prolongadas; estes PT desapareciam com a regressão das alterações da motilidade. Estes resultados, na opinião dos autores, sugerem que a isquemia miocárdica com alterações da motilidade parietal é um mecanismo possível de ocorrência de PT.

A ECG - AR também foi aplicada ao estudo de 148 doentes submetidos a revascularização miocárdica com cirurgia de "bypass" aorto-coronário (64 casos) ou ACTP (84 casos)⁴². Após cirurgia verificou-se que dois parâmetros de ECG - AR se encontravam significativamente modificados: QRSD ($p < 0,05$) e RMS 40 ($p < 0,01$). Após a cirurgia de "bypass" 71% dos doentes com um ECG - AR anormal no pré-operatório mostraram ECG - AR normal em comparação com 25% após ACTP (NS). Estas observações suportam a hipótese de uma modificação favorável do substrato arritmogénico após revascularização miocárdica, especialmente após cirurgia. Em alguns doentes com EAM, a reperfusão mecânica tardia do vaso relacionado com o enfarte reduziu a incidência de anomalias no ECG - AR⁴³.

Finalmente, Chamiec et al levaram a efeito provas de esforço em 53 doentes precocemente após EAM e em 20 controlos saudáveis⁴⁴. Em doentes com prova de esforço positiva os parâmetros do ECG - AR deterioram-se após o exercício. Os autores consideraram que estes resultados sugerem que a isquemia induzida pelo esforço poderá despoletar o desenvolvimento de PT.

BIBLIOGRAFIA

- PRATT CM, FRANCIS MJ, TUCK JC et al: Analysis of ambulatory electrocardiograms in 15 patients during spontaneous ventricular fibrillation with special reference to preceding arrhythmic events. *J Am Coll Cardiol* 1983; 2: 789-97.
- KEMPF FC, JOSEPHSON ME: Cardiac arrest recorded on ambulatory electrocardiograms. *Am J Cardiol* 1984; 53: 1577-82.
- LECLERCQ JF, MAISONBLANCHE P, CAUCHEMEZ B et al: Respective role of sympathetic tone and of cardiac pauses in the genesis of 62 cases of ventricular fibrillation recorded during Holter monitoring. *Eur Heart J* 1988; 9: 1276-83.
- SIMSON MB, UNTEREKER WJ, SPELMAN SR et al: Relation between late potentials on the body surface and directly recorded fragmented electrocardiograms in patients with ventricular tachycardia. *Am J Cardiol* 1983; 57: 105-12.
- MÄKIJÄRVI M, BREITHARDT G, REINHARDT L et al: Signal-averaged electrocardiogram: Update 1997. *A. N. E.* 1997; 2 (4): 384-93.
- BREITHARDT G, CAIN M, EL-SHERIT N et al: Standards for analysis of ventricular late potentials using high-resolution electrocardiography: a statement of a task force committee between the European Society of Cardiology, the American Heart Association and the American College of Cardiology. *Circulation* 1991; 83: 1481-8.
- BERBARI EJ, SCHERLAG BJ, HOPE RR et al: Recordings from the body surface of arrhythmogenic ventricular activity during the ST segment. *Am J Cardiol* 1978; 41: 697-702.
- SIMSON MB: Use of signals in the terminal QRS complex to identify patients with ventricular tachycardia after myocardial infarction. *Circulation* 1981; 64: 235-42.
- CAIM ME, AMBOS HD, WITROWSI FX et al: Fourier transform analysis of signal-averaged electrocardiograms for identification of patients prone to sustained ventricular tachycardia. *Circulation* 1984; 69: 711.
- VASQUEZ R, CAREF E B, TORRES F et al: Short-term reproducibility of time-domain, spectral temporal mapping, and spectral turbulence analysis of the signal-averaged electrocardiogram in normal subjects and patients with acute myocardial infarction. *Am Heart J* 1995; 130 (5): 1011-19.
- COPIE X, BLANKHOFF I, HNATKOVA L et al: Influence of the duration of recording in the reproducibility of the signal-averaged electrocardiogram. *Arch Mal Coeur Vaiss* 1996; 89(6): 723-7.
- BREMBILLA-PERROT, BEURRIER D, TERRIER DE-LA-CHAISE A et al: Peut-on interpreter un electrocardiogramme haute amplification en cas de bloc de branche complet? *Arch Mal Coeur Vaiss* 1996; 89 (3): 299-304.
- ENGIUND A, ANDERSON M, BERGFELDT L: Spectral turbulence analysis of the signal averaged electrocardiogram for predicting inducible sustained monomorphic ventricular tachycardia in patients with and without bundle branch block. *Eur Heart J* 1995; 16 (12): 1936-42.
- ARONOW WS, MERCANDO AD, EPSTEIN S: Usefulness of an abnormal signal-averaged electrocardiogram for predicting cardiac death in elderly persons without heart disease. *Am J Cardiol* 1995; 75(17): 1273-4.
- MERCANDO AD, ARONOW WS, EPSTEIN S et al: Signal-averaged electrocardiography in elderly subjects with and without heart disease. *Pace* 1994; 17(2): 166-71.
- REARDON M, HNATKOVA K, MALIK M: Aging and time-domain and spectral turbulence parameters of signal averaged electrocardiograms. *Pace* 1996; 19 (11): 1588-94.
- GALINIER M, ALBENQUE JP, AFCHAR N et al: Prognostic value of late potentials in patients with congestive heart failure. *Eur Heart J* 1996; 17 (2): 264-71.
- SCHUMACHER B, TEBBEN JOHANNIS J, PFEIFFER D et al: Prognostischer Stellenwert des signalmittelungs - EKG bei dilatativer Kardiomyopathie mit spontanen und induzierbaren ventrikulären tachyarrhythmien. *Z Kardiol* 1995; 84(6): 468-75.
- YI G, KEELING PJ, HNATKOVA K et al: Usefulness of signal-averaged electrocardiography in evaluation of idiopathic dilated cardiomyopathy in families. *Am J Cardiol* 1997; 79 (9): 1203-7.
- METHA D, GOLDMAN M, DAVID O et al: Value of quantitative measurement of signal averaged electrocardiographic variables in arrhythmogenic right ventricular dysplasia: Correlation with echocardiographic right ventricular cavity dimensions. *J Am Coll Cardiol* 1996; 28 (3): 713-9.
- MESTRE J L, MADRID AH, MORO C: Signal averaged electrocardiography in patients with acute myocarditis. *Int J Cardiol* 1996; 53 (1): 87-9.
- DE MORAIS AP, MOFFA PJ, SOSA EA et al: Signal - averaged electrocardiogram in chronic Chagas heart disease. *Rev Paul Med* 1995; 113 (2): 851-7.
- BABUTY D, COSNAY P, BRENILLAC JC et al: Ventricular arrhythmic factors in mitral valve prolapse. *PACE* 1994; 17 (6): 1090-9.
- MOROE K, KIMOTO K, INOUE E et al: Evaluation of abnormal signal - averaged electrocardiogram in young athletes. *Jpn Circ J* 1995; 59 (5): 247-56.
- BIFFI A, ANSALONE G, VERDILE L et al: Ventricular arrhythmias and athlete's heart. Role of signal-averaged electrocardiography. *Eur Heart J* 1996; 17 (4): 557-63.
- MC GUIRE M, KUCHAR D, GANES J et al: Natural history of late potentials in the first ten days after acute myocardial infarction and relation to early ventricular arrhythmias. *Am J Cardiol* 1988; 61: 1187-90.
- KUCHAR DL, SAMMEL L, THORBURN C: Natural history and prognostic significance of late potentials up to 5 years after myocardial infarction. *J. Am Coll Cardiol* 1990; 15: 724.
- GANG ES, LEW AS, HONG M et al: Decreased incidence of late

- potentials after successful thrombolytic therapy of myocardial infarction. *N Engl J Med* 1989; 321:712-6.
29. FERREIRA D, LONGO A, CORREIA MJ et al: Incidence of late ventricular potentials and spectral turbulence in different acute myocardial infarction locations. *J Ambul Monitoring* 1994; 7(2): 113.
30. DENNISS AR, RICHARDS DA, CODY DV et al: Prognostic significance of ventricular tachycardia and fibrillation induced at programmed stimulation and delayed potentials detected on the signal-averaged electrocardiograms of survivors of acute myocardial infarction. *Circulation* 1986; 74: 731-45.
31. BREITHARDT G, BORGGREFE M: Recent advances in the identification of patients at risk of ventricular tachyarrhythmias: role of ventricular late potentials. *Circulation* 1987; 75: 1091-6.
32. MC CLEMENTS BM, ADGEY AAJ: Value of signal-averaged electrocardiography, radionuclide ventriculography, Holter monitoring and clinical variables for prediction of arrhythmic events in survivors of acute myocardial infarction in the thrombolytic era. *J Am Coll Cardiol* 1993; 21: 1419-27.
33. MÄKIJÄRVI M, FETSCH T, REINHARDT L et al: Comparison and combination of late potentials and spectral turbulence analysis to predict arrhythmic events after myocardial infarction in the Post-Infarction Late Potential (PILP) Study. *Eur Heart J* 1995; 16(5): 651-9.
34. REINHARDT L, MÄKIJÄRVI M, FETSCH T et al: Predictive value of wavelet correlation functions of signal averaged electrocardiogram in patients after anterior "versus" inferior myocardial infarction. *J Am Coll. Cardiol* 1996; 27 (1): 53-9.
35. COPIE X, HNATKOVA K, STANTON A et al: Spectral turbulence "versus" time-domain analysis of signal-averaged ECG used for the prediction of different arrhythmic events in survivors of acute myocardial infarction. *J Cardivarc Electrophysiol* 1996; 7 (7): 583-93.
36. MALIK M, KULAKOWSKI P, HNATKOVA K et al: Spectral turbulence analysis "versus" time-domain analysis of the signal-averaged ECG in survivors of acute myocardial infarction. *J. Electrocardiol* 1994; 27 (Suppl): 227-32.
37. HERMOSILLO AG, ARAYA V, CASANOVA JM: Risk stratification for malignant arrhythmic events in patients with an acute myocardial infarction: Role of an open infarct-related artery and the signal averaged ECG. *Cor Art Dis* 1995; 6 (12): 973-83.
38. TOUBOUL P, ANDREFOUET X, LEIZOROVICZ A et al: Risk stratification after myocardial infarction: A reappraisal in the era of thrombolysis. *Eur Heart J* 1997; 18 (1): 99-107.
39. HARTIKAINEN JE, MALIK M, STANTON A et al: Distinction between arrhythmic and nonarrhythmic death after acute myocardial infarction based on heart rate variability, signal-averaged electrocardiogram, ventricular arrhythmias and left ventricular ejection fraction. *J Am Coll Cardiol* 1996; 28: 296-304.
40. LANDER P, GOMIS P, HARTMAN G et al: Analysis of high-resolution ECG changes during percutaneous coronary angiography. *J. Electrocardiol* 1995; 28: 39-40.
41. TAMURA K, TSUJI H, MASUI A et al: Prevalence, resolution and determinants of late potentials in patients with unstable angina and left ventricular wall motion abnormalities. *Am Heart J* 1996; 131 (4): 731-35.
42. RICHARD A, RAMI S, DESCHAMPS D et al: Evolution de l'electrocardiogramme haute amplification après revascularisation myocardique. Comparaison entre pontage aorto-coronarien et angioplastie coronaire. *Arch Mal Coeur Vaiss* 1995; 88 (11): 1609-14.
43. HERMOSILLO AG, HORNA ME, DIAZ F et al: Effects of delayed recanalization of an occluded acute myocardial infarction - related artery using coronary angioplasty on late potentials. *Cor Art Dis* 1995; 6 (2): 169-77.
44. CHAMIEC T, KULAKOWSKI P, CEREMUZYNSKI L: Exercise producing alterations in the signal-averaged electrocardiogram in patients after myocardial infarction. *Eur Heart J* 1995; 16 (3): 354-9.