



FACULDADE DE MEDICINA
UNIVERSIDADE DO PORTO

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA

2012/2013

Luís Diogo Martins Magalhães
Avaliação da função ventricular pós
enfarte do miocárdio

março, 2013

FMUP



FACULDADE DE MEDICINA
UNIVERSIDADE DO PORTO

Luís Diogo Martins Magalhães
Avaliação da função ventricular pós
enfarte do miocárdio

Mestrado Integrado em Medicina

Área: Cardiologia

**Trabalho efetuado sob a Orientação de:
Professor Doutor Manuel Joaquim Lopes Vaz da Silva**

**Trabalho organizado de acordo com as normas da revista:
Revista Portuguesa de Cardiologia**

março, 2013

FMUP

Eu, Luis Diogo Martins Magalhães, abaixo assinado, nº mecanográfico 070801171, estudante do 6º ano do Mestrado Integrado em Medicina, na Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste projeto de opção.

Neste sentido, confirmo que **NÃO** incorri em plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria de um determinado trabalho intelectual, ou partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores, foram referenciadas, ou redigidas com novas palavras, tendo colocado, neste caso, a citação da fonte bibliográfica.

Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, 02/04/2013

Assinatura: Luis Diogo Martins Magalhães

Nome: Luis Diogo Martins Magalhães

Email: mag_luis@hotmail.com

Título da ~~Dissertação~~/Monografia (cortar o que não interessa):

Avaliação da função ventricular pós enfarte do miocárdio

Orientador:

Professor Doutor Manuel Joaquim Lopes Vaz da Silva

Coorientador (se aplicável):

Ano de conclusão: 2013

Designação da área do projeto:

Cardiologia

É autorizada a reprodução integral desta Dissertação/Monografia (cortar o que não interessar) para efeitos de investigação e de divulgação pedagógica, em programas e projetos coordenados pela FMUP.

Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, 02/09/2013

Assinatura: Luis Diogo Martins Magalhães

DEDICATÓRIA

03/04/2013

Título: Avaliação da Função Ventricular no pós enfarte do miocárdio

Title: Assessment of Ventricular Function after Myocardial Infarction

Luís Diogo Martins Magalhães¹

¹Faculdade de Medicina da Universidade do Porto / Centro Hospitalar de São João, Porto, Portugal

Correspondência para:

Estrada Exterior da Circunvalação nº. 8144 2ºD

4200-163 PORTO

Email: mag_luis@hotmail.com

Contato: 914172532

ÍNDICE

LISTA DE ABREVIATURAS/ACRÓNIMOS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

ABSTRACT

KEYWORDS

RESUMO

PALAVRAS-CHAVE

INTRODUÇÃO

MATERIAL E MÉTODOS

ECOCARDIOGRAFIA TRANSTORÁCICA

TOMOMOGRAFIA COMPUTORIZADA

RESSONÂNCIA MAGNÉTICA CARDÍACA

CINTIGRAFIA CARDÍACA

TOMOGRÁFIA DE EMISSÃO DE POSITRÕES

CONCLUSÃO

AGRADECIMENTOS

BIBLIOGRAFIA

LISTA DE ABREVIATURAS/ACRÓNIMOS

AngioTC – Tomografia computadorizada angiográfica coronária

DCI – Doença Cardíaca Isquêmica

DSVE – Disfunção Sistólica do Ventrículo Esquerdo

EM – Enfarte do Miocárdio

EAM – Enfarte Agudo do Miocárdio

EAMCSST - Enfarte agudo do miocárdio com supradesnivelamento do segmento ST

EAMSSST - Enfarte agudo do miocárdio sem supradesnivelamento do segmento ST

EET – Ecocardiografia transtorácica

FEVE – Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo

FSVE – Função Sistólica do Ventrículo Esquerdo

FV – Função Ventricular

IC – Insuficiência Cardíaca

ICP – Intervenção Coronária Percutânea

IRA – *Infart related artery*

PET – Tomografia por emissão de positrões

MCDTs – Meios Complementares de Diagnóstico e Terapêutica

RMC – Ressonância magnética cardíaca

SCA – Síndrome coronário agudo

SPECT – Tomografia computadorizada por emissão de foton único (cintigrafia)

TC - Tomografia Computorizada

TRV – Terapêutica de Ressincronização Ventricular

VD – Ventrículo Direito

VE – Ventrículo Esquerdo

VTD – Volume Telediastólico

VTS – Volume Telessistólico

WMSI – *Wall Motion Score Index*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Metodologias para avaliar a função sistólica do ventrículo esquerdo e ou reserva funcional e isquemia miocárdica.

Figura 2: Cascata isquêmica.

Figura 3: Doppler tecidual e tipos de *strain* (deformidade).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Doses efetivas de diversos estudos cardíacos.

Tabela 2: Comparação de exames diagnósticos através da dose efetiva e número equivalente de radiografias do tórax.

Tabela 3: Parâmetros de avaliação da assincronia ventricular determinados por Doppler tecidual, com os valores cutoff para responder à TRV.

Tabela 4: Principais indicações da Tomografia Computorizada

Tabela 5: Principais vantagens e desvantagens das técnicas de imagem cardíacas não invasivas e o seu uso na investigação clínica

Tabela 6: Técnica de escolha para quantificar a FEVE em estudos realizados em diferentes contextos clínicos

ABSTRACT

Acute myocardial infarction is one of the most frequent diagnoses in hospitalized patients and cardiac complications are frequent. Systolic dysfunction is one of the most common of them, with patients presenting it having a worst prognosis. Assessment of the ventricular function, usually by calculating the ejection fraction of the left ventricle, is an important exam to define the management and prognosis of post myocardial infarction patients.

Objective: To provide a review of non-invasive methods of assessment of the ventricular function after acute myocardial infarction.

Methods: Bibliographic research using PubMed database.

Echocardiogram is the most appropriate exam for assessment of left ventricular function in the acute phase of myocardial infarction and during the follow up of these patients, mostly because it is widely available, has a low cost, is highly validated and has no radiation exposure. Magnetic Resonance Imaging is the gold standard to evaluate left ventricular systolic function. It can be used as an alternative to echocardiogram when it is not available or the results are inconclusive. Despite recent breakthroughs, the use of Computerized Tomography in the follow up of these patients is not appropriate, mostly because the cumulative radiation exposure. Myocardium viability, which correlates well with contractile recovery, can be assessed by dobutamine stress echocardiogram or, in alternative, using nuclear cardiology.

The assessment of left ventricular function is an important component in the management and prognosis of myocardial infarction patients and can be accurately assessed with echocardiogram, among other non-invasive methods.

KEYWORDS

Ventricular Function - Myocardial Infarction - Echocardiography - Magnetic Resonance Imaging - Tomography, X-Ray Computed - Tomography, Emission-Computed, Single-Photon - Positron-Emission Tomography.

RESUMO

Em Portugal, a doença cardíaca isquémica é responsável por 35 mortes/ano por 100000 habitantes, sendo uma grande parte delas por síndrome coronário agudo. A disfunção sistólica do ventrículo esquerdo é uma complicação frequente do enfarte agudo do miocárdio, estando associada a pior prognóstico. A avaliação da função ventricular, usualmente através da fração de ejeção, representa um exame importante na definição da estratégia terapêutica e na definição do prognóstico dos doentes após enfarte do miocárdio.

Objetivo: Revisão dos métodos de imagem não invasivos na avaliação da função ventricular no contexto de enfarte agudo do miocárdio e no período pós enfarte.

Métodos: Pesquisa bibliográfica utilizando a base de dados da PubMed.

A ecocardiografia é o método de eleição para a avaliação da função ventricular esquerda tanto na fase aguda como no *follow up* dos doentes com enfarte agudo do miocárdio, essencialmente devido à sua disponibilidade, baixo custo, validação e inocuidade. A ressonância magnética cardíaca é o gold standard na avaliação da função sistólica do ventrículo esquerdo e uma alternativa quando a ecocardiografia não se encontra disponível ou é inconclusiva. A tomografia computadorizada, apesar dos recentes avanços, não deve ser utilizada no *follow up* destes doentes. A viabilidade do miocárdio, que se relaciona com a recuperação funcional, pode ser avaliada por ecocardiografia em esforço ou, em alternativa, pela cardiologia nuclear.

A função ventricular desempenha um papel essencial na decisão terapêutica e no prognóstico do enfarte agudo do miocárdio. A ecocardiografia é a escolha de eleição para a sua avaliação.

PALAVRAS-CHAVE

Função Ventricular, Enfarte do Miocárdio, Ecocardiografia, Ressonância Magnética, Tomografia Computorizada, Cintigrafia, Tomografia de Emissão de Positrões.

INTRODUÇÃO

Nos países industrializados, o enfarte agudo do miocárdio (EAM) é um dos diagnósticos mais comuns em pacientes hospitalizados. Nos EUA, em 2009, aproximadamente 715,000 doentes (com 35 ou mais anos de idade) foram diagnosticados com enfarte do miocárdio (EM) de novo ou recorrente, e destes morreram 125 464 doentes ¹. A taxa de mortalidade estimada, apesar de estar a decrescer, ainda é alta e o risco de complicações cardíacas tais como reenfartes, morte súbita ou insuficiência cardíaca (IC) para aqueles que sobrevivem é substancial ². Os enfartes agudos do miocárdio com supradesnivelamento do segmento ST (EAMCSST) estão a decair na última década, enquanto os enfartes agudos do miocárdio sem supradesnivelamento do segmento ST (EAMSSST) estão a aumentar. Os EAMCSST representam 25 a 40% das apresentações de EM³. Na Europa, a doença cardíaca isquémica representa uma importante causa de mortalidade, verificando-se um gradiente Nordeste – Sudoeste na distribuição da mortalidade, sendo a Europa de Leste e Central as regiões que apresentam maior mortalidade ^{4,5}. Portugal pertence ao grupo de países da Europa com menor taxa de mortalidade por doença cardíaca isquémica (DCI) ⁵. Apresenta uma taxa de mortalidade por DCI de 35 mortes/ano por 100000 habitantes, sendo esta uma das mais baixas taxas da Europa ⁶. Mesmo assim, as doenças cardiovasculares estão no topo das causas de morte em Portugal, 23% delas causadas por DCI, grande parte delas por síndrome coronário agudo (SCA) ⁷. 22482 doentes foram incluídos no registo nacional de SCA ⁷ desde 1 de janeiro de 2002 até 31 de dezembro de 2008, ajudando a perceber que também em Portugal se verifica um grande número de SCA sem supradesnivelamento do segmento ST (45,4% EAMCSST; 41,4% EAMSSST; Angina Instável 13,1%). Ao longo dos 7 anos de avaliação, houve uma diminuição do número de casos de EAMCSST, enquanto o número de casos de EAMSSST se manteve estável, tornando-se, a partir de 2007, o diagnóstico mais prevalente. Esta tendência está de acordo com o observado noutros países da Europa e nos EUA. A média

de idade dos doentes foi de 66 anos, com predomínio do sexo masculino (69,74%). Os doentes que sofreram de EAMSSST apresentavam uma média de idades de 68 anos, com 66,6% dos doentes do sexo masculino, enquanto doentes com EAMCSST tinham uma média de idades de 65 anos, sendo 76,2% do sexo masculino.

A nível mundial, a mortalidade intra-hospitalar é maior no EAMCSST, mas ao fim de 6 meses já se encontra semelhante aos doentes com EAMSSST. Esta tendência acentua-se a longo prazo, sendo que ao fim de 4 anos a mortalidade do EAMSSST é o dobro do EAMCSST ⁴. Em Portugal, a mortalidade intra-hospitalar média foi de 5,2%, sendo mais elevada na população com EAMCSST (7,7%) do que na população com EAMSSST (3,9%). No entanto, e verificando o mesmo padrão observado noutros países, a mortalidade aos 6 meses foi ligeiramente maior nos doentes com EAMSSST, 7,3% vs 6,6% nos doentes com EAMCSST ⁷.

Uma complicação frequente e grave do EAM é a disfunção sistólica do ventrículo esquerdo (DSVE). Dependendo da definição utilizada, estima-se que esta alteração afete entre 25 a 60% de todos os casos de EAM ⁸⁻¹⁰. Os indivíduos que desenvolvem esta disfunção sistólica têm um risco de progredir para IC sintomática 3 a 8 vezes superior; no estudo SOLVD, 15,8% de indivíduos com disfunção do VE assintomática morreram no espaço de 37 meses (90% de causas cardiovasculares); 56% das mortes ocorrem sem IC sintomática ¹¹. A mortalidade da IC sistólica sintomática é particularmente elevada, chegando aos 50% aos 2 anos. O tempo médio de sobrevida desde o diagnóstico de IC é de 7 anos e 7 meses ¹². A presença de DSVE após EAM está associada, assim, a um pior prognóstico, com aumento significativo da morbilidade a curto e longo prazo e da mortalidade ^{8,9} podendo, no entanto, este risco ser diminuído com o tratamento atualmente disponível ¹³.

O modo mais eficaz de prevenir ou minimizar a remodelagem cardíaca pós-EAM, que conduz a DSVE e IC, é limitar a extensão do dano inicial. Isto pode ser parcialmente atingido pela reperfusão miocárdica precoce (abertura da artéria “culprit” ou “infarction related artery” (IRA)) que se torna o principal mecanismo envolvido na melhoria do *outcome* nos doentes com

EAM. Durante os últimos anos, a intervenção coronária percutânea (ICP) primária tornou-se o método preferido e o mais vantajoso para atingir esta reperfusão da IRA em doentes com EAMCSST. A ICP efetuada durante as primeiras horas após o início da dor torácica desempenha um papel importante na prevenção da DSVE, IC e morte após EAM.

Contudo, mesmo que se consiga restaurar a patência da IRA, o EAM tem uma evolução que se pode enquadrar em fases temporais: fase aguda (primeiras 7 horas até 7 dias), período de cicatrização (7 a 28 dias), já cicatrizado (≥ 29 dias). Durante a avaliação dos resultados dos meios complementares de diagnóstico e terapêutica (MCDTs) é fundamental considerar em que fase temporal se encontra o processo de enfarte. Este resulta, normalmente, de uma obstrução/oclusão da artéria coronária que irriga os segmentos respetivos do miocárdio, na sequência da rutura de uma placa de ateroma instável. Este pode cursar com diversos sintomas, sendo o mais característico a dor torácica retro-esternal ou precordial. No entanto, o enfarte do miocárdio é silencioso em 25% dos casos, a maioria destes em doentes diabéticos ou doentes idosos, sendo esta última, uma população em que ocorrem cerca de 50% dos EM. Estes doentes mantêm-se assintomáticos pois, apesar da disfunção ventricular documentada por MCDTs, existe um grande número de mecanismos compensatórios que permitem modular a função ventricular (FV) por meses ou anos. Nesses doentes o diagnóstico é estabelecido retrospectivamente por critérios de imagem cardíaca.

Após a obstrução/oclusão de uma artéria coronária, uma cascata de eventos potenciados pela isquemia causam lesão no miocárdio que, em último grau, termina na morte celular e substituição do tecido cardíaco por fibroblastos e colagénio. No entanto, existem diversas fases intermédias que se acredita resultarem de um mesmo processo e que podem ser revertidas. Um deles tem a designação de “*stunning*” e está descrito como uma disfunção contráctil que ocorre após a isquemia aguda e posterior reperfusão, podendo levar várias semanas a meses a normalizar espontaneamente. Já o miocárdio hibernante aparece em casos

de baixo aporte sanguíneo, onde a isquemia crónica leva, entre outros mecanismos, a uma *down-regulation* de proteínas relacionadas com a contractilidade do miocárdio.

Uma mistura destes 3 estados (miocárdio *stunned*, hibernante e necrótico) com o miocárdio normal, leva a uma série de modificações estruturais no ventrículo esquerdo (VE) que deformam as fibras da parede da zona enfartada ou não-enfartada, condiciona alterações geométricas e funcionais denominadas de remodelação ventricular, normalmente associadas a disfunção sistólica do VE. Assim, após o EAM, o VE dilata e as paredes ficam menos espessas, inicialmente na zona do enfarte e depois em todo o VE. Esta dilatação está relacionada com a extensão e localização do enfarte, sendo que o enfarte do ápice e da parede anterior acarretam uma maior dilatação e, conseqüentemente, uma disfunção hemodinâmica mais grave. Existem diversas formas de avaliar a função ventricular. No entanto, a mais utilizada na rotina clínica, muito devido à sua fácil percepção, é a fração de ejeção (FE). Uma FE > a 50% normalmente indica uma função sistólica preservada, enquanto uma FE <40 a 45% indica que podemos estar perante alterações na contractilidade¹⁴. No entanto, é preciso ter em atenção que no período imediatamente pós-enfarte, a fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE), por exemplo avaliada por ecocardiografia transtorácica (ETT), pode subestimar o verdadeiro potencial contráctil do ventrículo por desacoplar a avaliação da função da avaliação da viabilidade, sobrestimando a extensão do enfarte por considerar o miocárdio "*stunned*" como enfartado¹⁵. Este método de avaliação não é perfeito, tendo como principal desvantagem o facto de ser influenciado por alterações na pré- e/ou pós-carga. Outras medidas podem entrar em consideração dependendo do método de avaliação, tais como o volume telediastólico (VTD) do VE, o volume ventricular, a *strain* (deformidade) ventricular global, o *Wall Motion Score Index* (WMSI) ou o volume telessistólico (VTS). Todos estes valores estão de alguma forma ligados ao plano terapêutico do doente no período pós-enfarte e ao seu prognóstico¹⁵⁻²². Os bloqueadores beta-adrenérgicos estão contraindicados em doentes com disfunção severa do VE, fase aguda e sintomática (deverão ser prescritos numa fase já compensada da

IC). Já os IECAS têm efeito benéfico máximo nos pacientes de alto risco, entre os quais aqueles com disfunção VE, e devem ser mantidos caso os exames de imagem pré-alta mostrem diminuição global da função sistólica do ventrículo esquerdo (FSVE).

A função ventricular pode ser avaliada por diversos meios de imagem, nomeadamente ecocardiograma, ressonância magnética cardíaca (RMC), tomografia computadorizada (TC) cardíaca e angiográfica das coronárias (AngioTC), cintigrafia miocárdica e tomografia de emissão de positrões e cateterismo cardíaco.

A ecocardiografia bidimensional permite visualizar diretamente o coração utilizando a ultrassonografia. Permite a visualização rápida e à cabeceira do doente não só do miocárdio como também das câmaras cardíacas, válvulas, pericárdio e grandes vasos. É um procedimento com custos reduzidos e amplamente disponível, tendo grande importância na aquisição de imagens em emergências agudas. Pode ser complementada com Doppler, permitindo uma avaliação hemodinâmica pela medição da velocidade dos eritrócitos ou da viabilidade dos tecidos por Ecodoppler tecidual. Pode ser realizada em repouso ou esforço para evidenciar zonas de isquemia ocultas durante o repouso. As principais limitações advêm de uma má janela acústica devido por exemplo à interposição de pulmão com propriedades alteradas por infeção. A correta visualização da parede posterior e do ápice do VE e todo o ventrículo direito (VD) não é muitas vezes fácil. Os resultados são dependentes do operador e de assunções geométricas, que muitas vezes podem ser incorretas em ventrículos deformados após EM. Esta limitação pode ser ultrapassada pela utilização da ecocardiografia 3D, que capta todo o volume ventricular²³⁻²⁵.

A RMC e a TC são capazes de delinear a estrutura e a função cardíaca com alta resolução. A TC pode ser usada em doentes com contra-indicação para RMC (pacemakers, cardiodesfibriladores ou com outros implantes metálicos) ou com má janela acústica pois tem uma eficácia e sensibilidade moderada a boa para avaliar a função global e regional do VE²⁶. No entanto, exige a exposição a radiação ionizante que a RMC não utiliza. Podem ser feitos

estudos contrastados que possibilitam uma melhor visualização da perfusão e de estruturas alteradas, tais como as cicatrizes resultantes do EAM.

Tanto a TC como a RMC recorrem a tecnologias caras, principalmente tendo em conta o equipamento necessário. À medida que estas tecnologias se tornam cada vez mais disponíveis, é necessário saber como as incorporar corretamente na prática clínica, tendo em conta o potencial aumento de tratamentos (por exemplo de revascularização) que podem ser desnecessários ou até prejudiciais para o doente ²⁷.

A AngioTC pode substituir métodos invasivos na visualização direta das coronárias. No entanto as doses de radiação ionizante a que os doentes são submetidos durante o exame podem limitar o seu uso^{28,29} (ver tabelas 1 e 2).

A cardiologia nuclear utiliza marcadores radioativos para visualizar o miocárdio, avaliando a perfusão e a função ventricular. As duas tecnologias mais comumente utilizadas são a tomografia computadorizada por emissão de foton único (SPECT; cintigrafia) e tomografia por emissão de positrões (PET). Pode ser realizado em repouso ou sob *stress* físico ou farmacológico para avaliar a isquemia induzida. No entanto, a resolução espacial não é tão elevada como a da RMC ou da TC e o doente também fica exposto a radiação ionizante.

O cateterismo cardíaco é uma alternativa invasiva aos métodos de imagem acima descritos. É descrita como o *standard* para a avaliação da anatomia coronária e de parâmetros hemodinâmicos, pois permite a quantificação das pressões intracardíacas, da saturação de O₂ e com isso a identificação de possíveis shunts intracardíacos, e do débito cardíaco. Para avaliar a função ventricular esquerda é comum juntar a estes dados os recolhidos da ventriculografia. Pode ainda ser estabelecida uma relação com a angiografia coronária para identificar áreas potencialmente viáveis que podem beneficiar de revascularização.

Os achados na telerradiografia do tórax são normalmente inespecíficos e apenas revelam informações sobre comorbilidades associadas ao EM.

Tabela 1: Doses efetivas de diversos estudos cardíacos

Técnica	Dose efetiva (mSv)
Radiografia Tórax incidência postero-anterior e lateral	0,1
Angiografia coronária diagnóstica invasiva	7
Angiotomografia Computorizada 64 cortes	
Sem modulação da corrente do tubo	15
Com modulação da corrente do tubo	9
Angiotomografia Computorizada prospectiva	3
Intervenção coronária percutânea ou ablação por radiofrequência	15
Estudo de perfusão do miocárdio	
Sestamibi (1 dia) <i>stress</i> /repouso	12
Tetrofosmina (1 dia) <i>stress</i> /repouso	10
Tálio <i>stress</i> /redistribuição	29
Rubídio-82 descanço/ <i>stress</i>	10
Estudo da viabilidade do miocárdio	
PET F-18 FDG	14
Tálio <i>stress</i> /reinjeção	41

Retirado e adaptado de Mark DB, Berman DS, Budoff MJ, Carr JJ, Gerber TC, Hecht HS, et al. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SAIP/SCAI/SCCT 2010 expert consensus document on coronary computed tomographic angiography: a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents. J Am Coll Cardiol. 2010;55(23):2663-99.

Tabela 2: Comparação de exames diagnósticos através da dose efetiva e número equivalente de radiografias do tórax.

Técnica	Dose efetiva (mSv)	Nº. RXT
CONVENCIONAL		
Radiografia Tórax incidência postero-anterior	0,02	1
INTERVENCIONAL		
Angiografia coronária diagnóstica	7 (2-16)	350 (100-800)
Intervenção coronária percutânea	15 (7-57)	750 (350-2800)
Ablação por radiofrequência	15 (7-57)	750 (350-2800)
TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA		
Angiotomografia Computorizada 64 cortes retrospectiva	9 (8-18)	450 (400-900)
Angiotomografia Computorizada 64 cortes prospetiva	3 (2-4)	150 (100-200)
Tomografia Computorizada para avaliação do cálcio coronário	3 (1-12)	150 (50-600)
CARDIOLOGIA NUCLEAR		
PET F-18 FDG (viabilidade)	14	700
Tálio <i>stress</i> /reinjecção	41	2050
Sestamibi (1dia) <i>stress</i> /repouso	9	450
Rubídio-82	5	250

Adaptado de Gerber TC, Carr JJ, Arai AE, Dixon RL, Ferrari VA, Gomes AS, et al. Ionizing radiation in cardiac imaging: a science advisory from the American Heart Association Committee on Cardiac Imaging of the Council on Clinical Cardiology and Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention of the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. *Circulation*. 2009;119(7):1056-65 e Mettler FA, Jr., Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog. *Radiology*. 2008;248(1):254-63.

Este trabalho tem como objetivo proceder a uma revisão sobre o uso dos métodos de imagem não invasivos mencionados, na avaliação da função sistólica do VE (FSVE) (e noutros parâmetros que se lhe associam, como a viabilidade miocárdica e a dimensão da cicatriz miocárdica) no contexto de enfarte agudo do miocárdio e no período pós enfarte.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente monografia foi feita com base numa pesquisa bibliográfica utilizando a base de dados PubMed. A pesquisa foi feita com base na pesquisa de termos MeSH (“Ventricular Function”; “Myocardial Infarction”; “Echocardiography”; “Magnetic Resonance Imaging”; “Tomography, X-Ray Computed”; “Tomography, Emission-Computed, Single-Photon”, “Positron-Emission Tomography”) com procura por nomes de autores e artigos, sem restrição por tipo de artigo ou ano de publicação.

Foram também utilizadas *guidelines*, disponíveis gratuitamente *online*, da European Society of Cardiology, da American Heart Association e do American College of Cardiology.

ECOCARDIOGRAFIA TRANSTORÁCICA

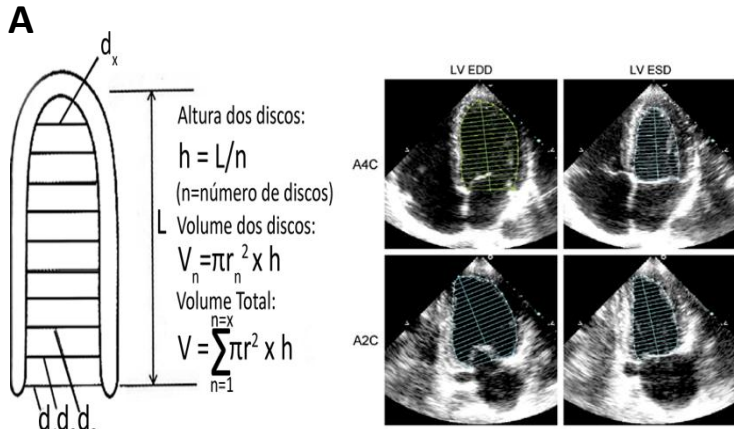
A ecocardiografia transtorácica representa o principal método para avaliação da função ventricular e do movimento regional e global do miocárdio. Se a imagem for boa e o ápice visível, a sensibilidade e especificidade de anomalias dos movimentos das paredes nos casos de EM ultrapassa os 90%, especialmente em doentes sem história de EM.

Na prática clínica habitual, uma das principais avaliações é a determinação ecocardiográfica da função sistólica do ventrículo esquerdo, predominantemente a FEVE por ecocardiograma 2D, para definir o risco e o prognóstico dos doentes após EAM. No entanto, nos últimos anos, várias outras técnicas/módulos ecocardiográficos têm emergido na avaliação da função miocárdica, como por exemplo: índice de contratilidade da parede miocárdica (WMSI); *strain* e *strain rate*, Doppler tecidual, *Speckle Tracking*. Estas novas abordagens

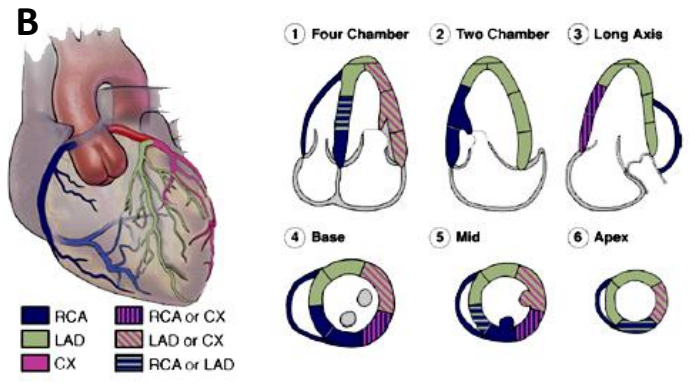
forneem uma alternativa em relação à FEVE para avaliação semiquantitativa da função sist3lica. Na ecocardiografia 2D cl3ssica, a FSVE 3 normalmente avaliada a partir da estimativa da FEVE em repouso, qualitativamente por inspeção visual da função global e regional ou quantitativamente, usando assunções geom3tricas quanto à forma do ventr3culo esquerdo (Figura 1). Para al3m da avaliação da FEVE, a ecocardiografia 2D permite tamb3m detetar outras anomalias associadas a um pior progn3stico como a disfunção diast3lica, o envolvimento concomitante do ventr3culo direito, o aumento dos volumes auricular e ventriculares esquerdos e a insufici3ncia mitral ¹⁶.

O c3lculo da fração de ejeção pela t3cnica bidimensional 3 o mais recomendado em ventr3culos com contractilidade heterog3nea decorrente de enfarte pr3vio, aneurisma, ou quando a avaliação a partir das medidas da porção basal n3o representa a função global do ventr3culo esquerdo. Com o m3todo de Simpson o volume do ventr3culo 3 calculado pelo somat3rio do volume de v3rios cortes transversais, sendo cada um dos cortes obtido por via apical. A partir da planimetria da cavidade ventricular em di3stole e em s3stole, um programa de computador, utilizando f3rmulas matem3ticas, estima os volumes e a fração de ejeção. Este m3todo tem 3timos resultados, independentemente do tamanho ou da deformidade da c3mara (Figura 1). V3rios autores t3m mostrado que a FEVE estimada pelo m3todo de Simpson correlaciona-se com o progn3stico.

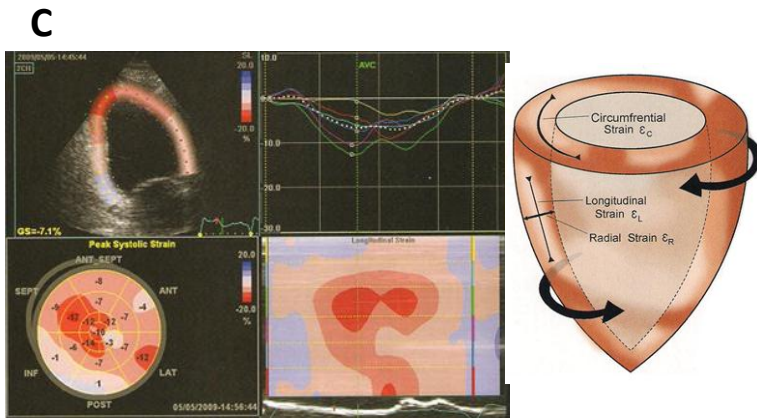
Curtis et al (2003) ³⁰ mostraram no estudo DIG trial, noutra contexto, que ao fim de 37 meses, havia uma diferença de 28,2% na mortalidade entre os doentes do grupo com a fração de ejeção menor vs os doentes do grupo com fração de ejeção maior (FEVE \leq 15%: 51,7%; FEVE $>$ 55%: 23,5%; $p<0,001$). Neste mesmo estudo, a relação entre FEVE e mortalidade percorreu todo o espectro: FEVE $<$ 15%: 51,7% ($p<0,001$); FEVE de 36% a 45%: 25,6% ($p<0,001$); FEVE de 46% a 55%: 23,3%; FEVE \geq 55%: 23,5%. Os doentes com uma FEVE \leq 15%, tiveram uma probabilidade 4 vezes maior de morrer por arritmia ou por IC agravada do que os doentes com FEVE $>$ 45%.



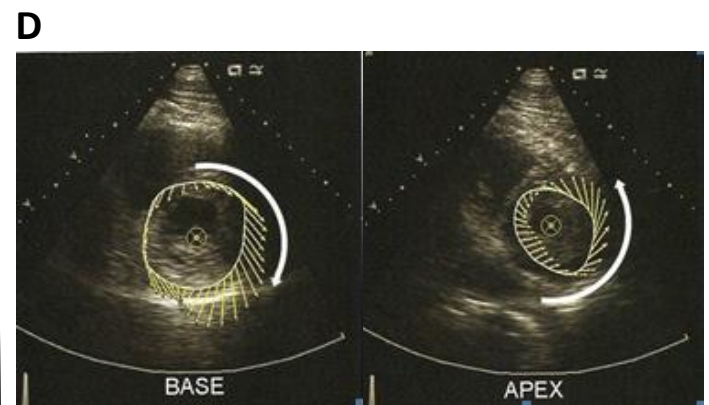
$\text{Volume} = \pi/4(h) \Sigma(D1)(D2)$
 $\text{FE} = (\text{VTD-VTS})/\text{VTD}$



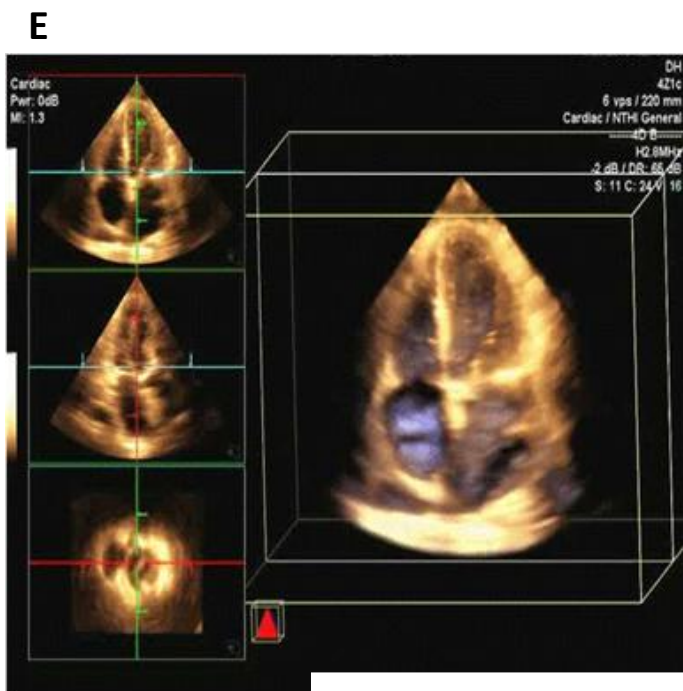
“WMSI” = soma dos scores da motilidade parietal/número de segmentos visualizados
 Scores: 1-normal (> 40% de espessamento na sístole); 2 – hipocinésia (10-30% de espessamento); 3 – hipocinésia severa (<10% de espessamento); 4 – discinésia; 5 – aneurisma.



Strain (deformidade)



Sepckle Tracking



Ecografia 3D

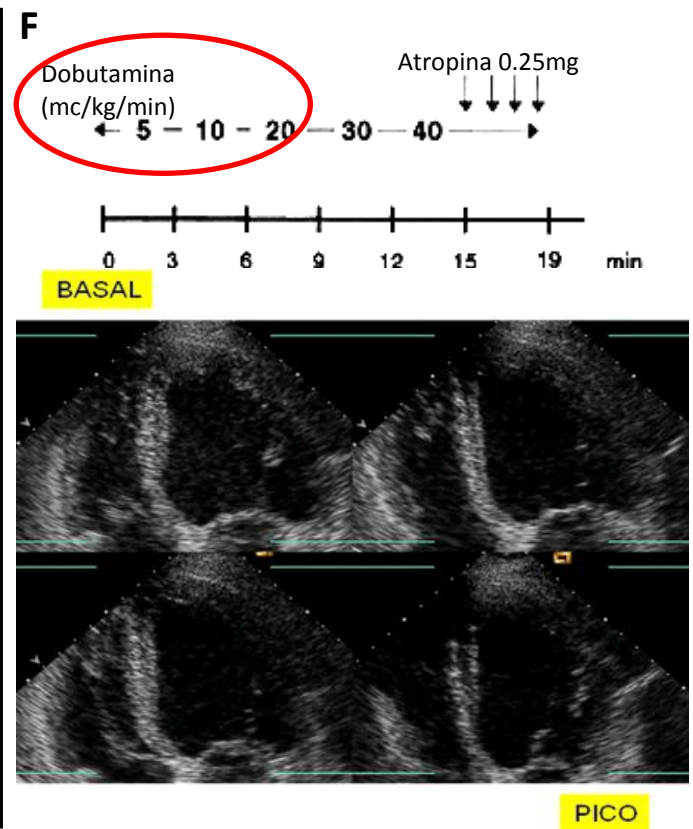


Figura 1. Metodologias para avaliar a função sistólica do ventrículo esquerdo e ou reserva funcional e isquemia miocárdica. **A:** Método de Simpson: estimativas dos volumes telediastólico (VTD) e telessistólico (VTS); **B:** “Wall Motion Score Index”. **C:** *Strain*; **D:** *Speckle tracking*; **E:** Ecografia 3D; **F:** Ecocardiograma de stress com dobutamina. Retirado e adaptado de Lang et al, (2006). (Lang RM, Bierig M, Devereux RB et al. Recommendations for chamber quantification. Eur J Echocardiogr 2006; 7:79-108); Feigenbaum’s Echocardiography, 7 th edition

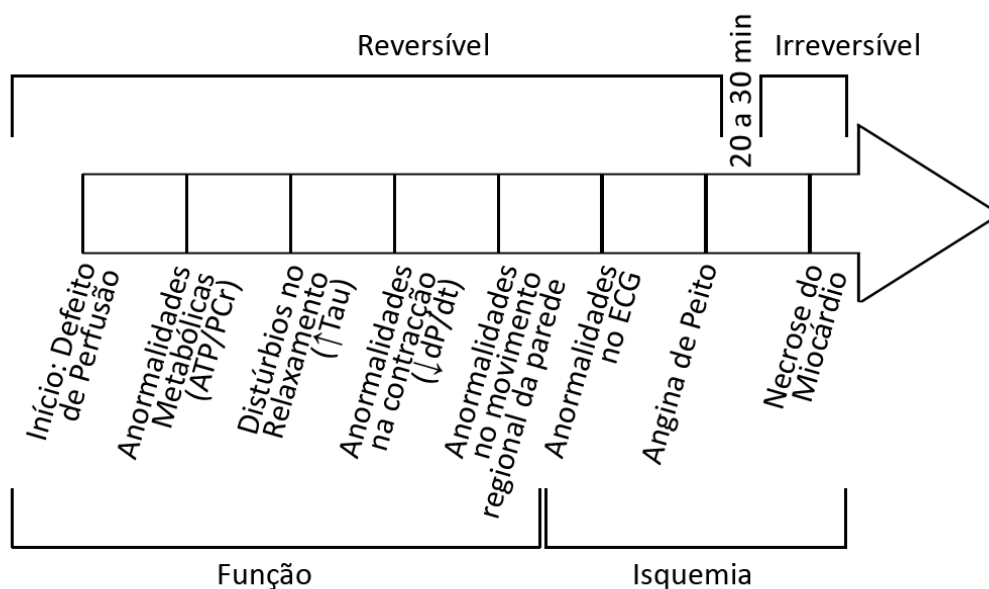


Figura 2: Cascata isquêmica

O exame ecocardiográfico pode ser realizado também recorrendo a doses baixas e graduais de dobutamina (5, 10 e 20 µg/Kg/min), permitindo avaliar a reserva contráctil. Como se pode ver na fig 2 relativa à designada cascata isquémica, a diminuição da contração sistólica (e também disfunção diastólica) de uma área isquémica do miocárdio ocorre antes do aparecimento de sintomas e das alterações eletrocardiográficas. Alterações na mobilidade regional da parede, redução da FE e aumento do volume sistólico final induzidos pelo *stress* farmacológico são indicadores da presença de isquemia. Este exame demonstrou considerável utilidade em prever a recuperação funcional regional e global na fase inicial do pós-EAM através da identificação de zonas viáveis de miocárdio (hibernantes) tanto em doentes com diminuição da FE leve a moderada ³¹ como em doentes com diminuição severa da FE ³². Nagueh et al ³¹ mostraram também que todos os indivíduos com melhoria na FEVE (FEVE aumentou de 38±14% para 45±13% no *follow-up*; p = 0,003) tinham 4 ou mais segmentos viáveis na avaliação com ecocardiografia realizada sob *stress* com dobutamina. Essa melhoria estava linearmente relacionada com o número de segmentos viáveis, não dependendo diretamente do número de segmentos ocupados por cicatriz. Estes valores tiveram influência direta no prognóstico dos doentes, estando a melhoria da FEVE relacionada com um prognóstico mais favorável, sendo assim uma teste importante no *follow-up* e decisão terapêutica ³². No mesmo estudo, a ecografia de contraste do miocárdio, a cintigrafia com tálcio-201 e a avaliação da reserva contráctil por ecografia de *stress* com dobutamina tiveram uma sensibilidade semelhante (89% a 91%), mas com uma especificidade mais baixa (43% a 66%) para a recuperação da função ³¹. A viabilidade pode ser avaliada pela espessura da parede no final da diástole, sendo que por métodos ecográficos uma espessura <6mm prevê baixa probabilidade de viabilidade do miocárdio³³.

O ecocardiograma com Doppler tecidual (avaliação da sístole e da diástole, por exemplo no septo interventricular basal e na base da parede lateral) também permite quantificar a deformação regional e demonstrar disfunção ventricular devido a isquemia (ver

fig. 2). Esta metodologia permite uma quantificação da função sistólica e diastólica mais objetiva e rápida que o ecocardiograma 2D simples, uma vez que este último depende da marcação manual ou semiautomática das margens endocárdicas ³⁴. Usando o Doppler tecidual Derumeaux et al, ³⁵ mostraram que é possível encontrar anomalias no encurtamento longitudinal regional durante a fase de isquemia/reperfusão miocárdica que pode assim, ser uma medida de avaliação da FV do VE como mostraram e defendem Reisner et al ³⁶.

Na fase pós enfarte do miocárdio, e de forma variável de doente para doente pode vir a desenvolver-se uma IC sistólica com contornos muito heterogêneos e com abordagens terapêuticas muito diferentes. Numa fase mais avançada da IC por cardiomiopatia isquémica, o coração pode ter também problemas de contratilidade das câmaras cardíacas por alteração da condução elétrica, com diminuição inerente e significativa do débito cardíaco, ou por perda da sincronização aurículo-ventricular (BAV do 2º ou 3º grau) ou por perda de sincronização ventricular (por exemplo, por bloqueio completo do ramo esquerdo), tornando-o assim incapaz de bombear corretamente o sangue face às necessidades orgânicas e diminuído dessa forma a qualidade e a quantidade de “vida”. Para fazer face a este problema houve a necessidade de desenvolver dispositivos capazes de detetar e colmatar estas alterações, surgindo assim o *pacemaker*, o CDI e o *pacemaker* biventricular ou uma combinação desses módulos eletrónicos. O Ecocardiograma/Doppler tecidual pode ter um papel muito importante na identificação e caracterização da dessincronia ventricular e na definição do “*timing*” correto para a implantação da terapêutica de ressincronização ventricular (TRV) com *pacemaker* biventricular. A dessincronia ventricular pode ser avaliada por numerosas técnicas ecocardiográficas, entre as quais o modo M, ecocardiografia 2D, Doppler Tecidual, *speckle tracking*, e ecocardiografia 3D *real-time*. Na tabela 3 apresentam-se os critérios de assincronia ventricular determinados por Doppler tecidual ³⁷.

A incapacidade funcional induzida pelo enfarte e isquemia é também espelhada por uma redução na velocidade sistólica máxima no miocárdio envolvido, particularmente nas

partes correspondentes do anel mitral, sendo que segmentos remotos também podem ser afetados ³⁷. Esta avaliação pode também ser feita recorrendo à ecocardiografia com *strain* Doppler.

Strain descreve a deformidade miocárdica, ou seja, uma modificação fraccional do tamanho de um segmento miocárdico (ver fig. 3). Este parâmetro não tem unidades e é expresso como uma percentagem, podendo ter valores positivos ou negativos, que refletem aumento ou diminuição do tamanho de um segmento miocárdico, respetivamente. É portanto, uma medida simples, da variação unidimensional. Por exemplo, se um segmento que tem 10 cm distende para 12 cm, tem um *strain* positivo de 20%. O *strain rate*, outra forma de apresentar os resultados, traduz a taxa da variação do *strain* e é usualmente expressa como 1/segundo.

Tabela 3: Parâmetros de avaliação da assincronia ventricular determinados por Doppler tecidual, com os valores *cutoff* para responder à TRV

Parâmetro	Cutoff para prever resposta a TRV
Tempo para a velocidade sistólica máxima em 4 segmentos basais	Dispersão > 65 msec
Tempo para a velocidade sistólica máxima em 6 segmentos basais	Dispersão > 110 msec
Tempo para a velocidade sistólica máxima em 6 segmentos basais e em 6 segmentos médios	Desvio-Padrão > 33 msec
Início do movimento basal em 3 segmentos (septal, lateral, posterior)	Dispersão > 60 msec

TRV: Terapêutica ressinchronização ventricular. Retirado e adaptado de Victor Mor Avi et al. Current and Evolving Echocardiographic Techniques for the quantitative Evaluation of Cardiac Mechanics: ASE/EAE Consensus Statement on Methodology and Indications. Endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 2011;24:277-313

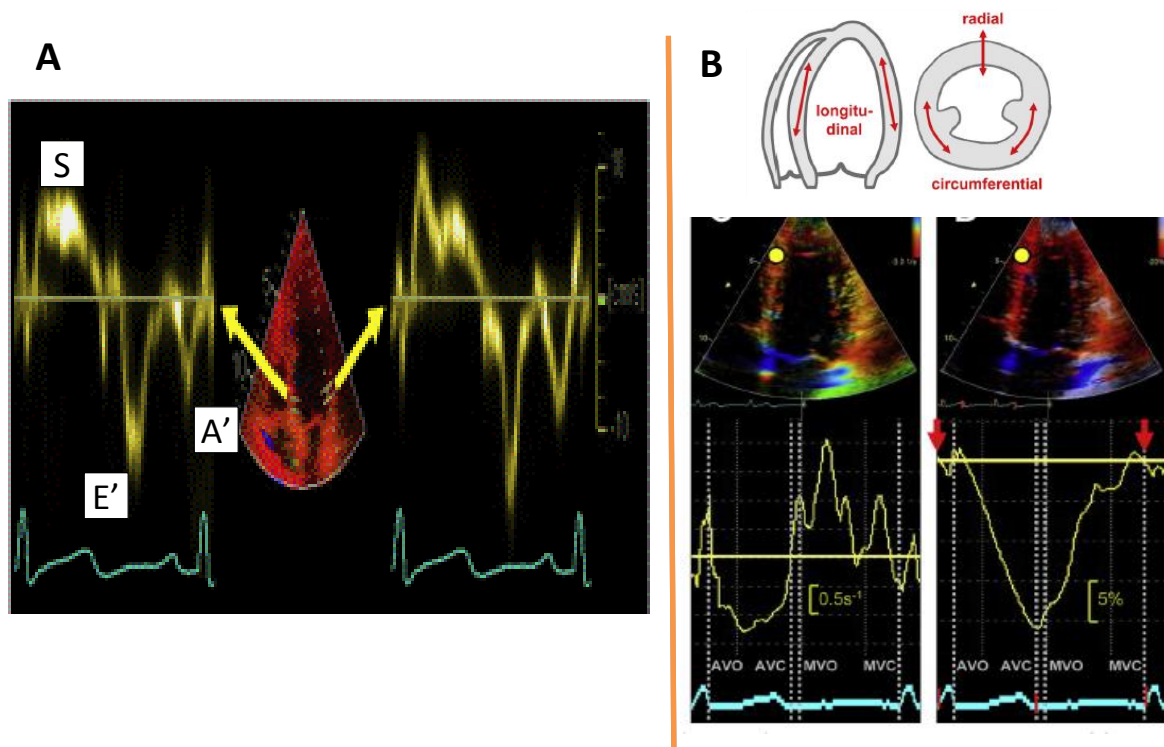


Figura 3. A: Doppler tecidual (Doppler pulsado colocado na porção basal do septo interventricular, junto ao anel mitral e na base da parede lateral); B: *Strain* (os 3 tipos: longitudinal, radial e circumferencial) e registo de *strain* longitudinal no septo interventricular (AVO: abertura da válvula aórtica; MVC: fecho da válvula mitral; MVO: abertura da válvula mitral). Retirado e adaptado de Victor Mor Avi et al. Current and Evolving Echocardiographic Techniques for the quantitative Evaluation of Cardiac Mechanics: ASE/EAE Consensus Statement on Methodology and Indications. Endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr 2011;24:277-313

Como já mencionado, a designada *strain* (deformidade) representa a alteração de posição de um dado ponto (ver Fig. 3). Assim, esta tecnologia avalia melhor as alterações que o ecocardiograma com Doppler tecidual³⁸, permitindo também avaliar o tamanho da cicatriz de enfarte com maior correlação com a RMC do que a ecocardiografia tradicional³⁹.

Gjesdal et al (2008)⁴⁰ estudaram 40 doentes após um primeiro EAMCSST (8,5±5,4 meses) e compararam a massa do enfarte avaliada por Ecocardiografia/*strain* longitudinal e circunferencial com RMC com contraste. A ecocardiografia/*strain* separou corretamente os enfartes de dimensões médias dos enfartes de pequenas ou grande dimensões (P<0,05).

Apesar destas vantagens, o ecocardiograma com *strain* Doppler ainda não foi totalmente incluído na prática clínica, sendo necessária uma maior validação desta técnica⁴¹.

A ecocardiografia com contraste do miocárdio permite avaliar a perfusão do miocárdio usando microbolhas de, por exemplo, OPTISON®, evidenciando o tamanho do enfarte, a sua extensão ao longo da parede e a viabilidade do miocárdio^{42,43}. Pode ser usada sem esforço físico ou stress farmacológico e, tal como os restantes meios ecocardiográficos, pode ser realizada à cabeceira do doente. Hillis GS et al,⁴⁴ mostraram que uma ecogenecidade normal previu em 37 doentes a recuperação funcional com um valor preditivo positivo de 63% e um valor preditivo negativo de 76%. A contractilidade residual avaliada com ecocardiografia de *stress* com dobutamina teve um valor preditivo positivo e negativo de 82% e 72%, respetivamente. No entanto, quando havia concordância entre os dois parâmetros, o valor preditivo positivo e negativo eram respetivamente 81% e 85%, com uma precisão de 83%, a mais alta dos testes efetuados. No mesmo sentido aponta o estudo de Senior R et al⁴⁵, em que avaliaram a recuperação funcional de 96 doentes entre o EAM e 3 meses após esse evento. A sensibilidade da ecocardiografia de contraste do miocárdio, da ecocardiografia com *stress* com dobutamina e da combinação de ambas foi 58%, 59% e 79%, respetivamente (p <0.001, comparado com a combinação de ambas as técnicas), e a especificidade foi 76%, 84% e 69%,

respetivamente ($p < 0.05$ comparado com a ecocardiografia com stress com dobutamina) para a previsão de recuperação de função. Os valores preditivos positivos e negativos foram, pela mesma ordem, 47% e 88%, 57% e 89% e 49% e 95%, respetivamente. Ao contrário da cintigrafia, a ecocardiografia com contraste não utiliza radiação ionizante e comparado com a RMC não existem diferenças significativas na avaliação da recuperação da função do VE após EAM⁴³. Janardhanan et al⁴³ (2005) mostraram que a ecocardiografia com contraste realizada a 42 doentes, no período de 7 a 10 dias pós tratamento trombolítico do EAM, comparativamente com a RMC teve uma capacidade de “predizer” a reserva contrátil de forma similar (ROC de 0,84 e 0,80, respetivamente). Uma ecogenecidade normal na ecocardiografia tinha um valor preditivo de 89% para a presença de reserva contrátil, que pode ser comparado aos 91% obtidos por RMC através da identificação de zonas com <25% de transmuralidade da zona de enfarte. A ausência de intensificação por contraste tem um valor preditivo de 90% para ausência de reserva contrátil, semelhante aos 86% obtidos pela identificação de zonas com um enfarte que ocupa mais de 75% da espessura da parede por RMC. Esta relação é evidenciada por outros estudos^{42,46}. Mainetti et al⁴⁶, demonstraram uma correlação entre a perfusão e o WMSI no *follow-up* ($r = 0,57$, $p < 0,0001$). Em doentes com anomalias de perfusão (*perfusion score index* >1,75) o WMSI médio cerca de 69 dias depois também se revelava anormal (média 1,8 vs 1,3 daqueles que apresentavam um *perfusion score index* entre 1 e 1,25). Estatisticamente, a correlação entre o WMSI na fase aguda e no *follow up* é fraca. A extensão da viabilidade miocárdica residual medida por ecocardiografia de contraste é um bom preditor de eventos cardíacos futuros em doentes no pós-enfarte do miocárdio. Dwivedi et al (2007)¹⁵ mostraram que durante o *follow-up* (46±16 meses) de 95 doentes, submetidos a terapêutica trombolítica na fase aguda do EM, registaram-se 15 eventos (16%), 8 dos quais morte de causa cardíaca e 7 EAM não fatais. A extensão da viabilidade miocárdica residual documentada por ecocardiografia de contraste, foi um preditor independente de morte cardíaca ($p=0,01$) e de morte cardíaca ou de reenfarte ($p = 0,002$). Um

contrast defect index (obtido por adição dos scores (1 = homogéneo; 2 = reduzido; 3 = mínimo/ausente opacificação) em todos os 16 segmentos do VE dividido por 16) $\leq 1,86$ e $\leq 1,67$ teve uma capacidade preditora de sobrevida ou de sobrevida e ausência de recorrência de EAM em 99% e 95% dos doentes, respetivamente.

A ecocardiografia 3D surgiu para colmatar falhas da ecocardiografia tradicional 2D: alterações da carga, alterações na forma do VE que não são consideradas devido às assunções geométricas utilizadas e a influência do plano de imagem utilizado nas diversas medições^{25,47-50}. Assim, a ecocardiografia 3D tem uma maior precisão e exatidão nas medições do VE para *follow-up* de disfunção do VE, sendo essas alterações validadas por medições feitas por RMC e com diferenças significativas para a ecocardiografia 2D²⁴. As principais limitações da ecocardiografia 3D são: impossibilidade de captar o volume completo do VE num coração de grandes dimensões; a qualidade de imagem está limitada pela “*line density*” e pelo “*frame rate*”. Estas limitações podem ser superadas através de avanços técnicos. Mesmo assim, e tendo em conta as limitações da RMC e o seu elevado custo, a ecocardiografia 3D em tempo real pode ser um bom instrumento de *follow up* quando os volumes do VE são importantes na decisão terapêutica²⁴.

Dorotsz et al⁵¹ (2012) promoveram um estudo de metanálise em que comparam os resultados do VTD, VTD e da FEVE, obtidos por ecocardiografia 3-D e RMC. Da análise de 23 estudos, que englobam 1638 ecocardiogramas, a ecocardiografia 3DE demonstrou um enviesamento \pm DP de $-19,1 \pm 34,2$ ml, $-10,1 \pm 29,7$ ml e de $9,1 \pm 34,2$ ml para VTD, VTS e FE, respetivamente. Nove estudos também incluíram ecocardiografias 2DE, cujo enviesamento \pm DP foi $-48,2 \pm 55,9$ ml, $-27,7 \pm 45,7$ ml e de $0,1 \pm 55,9$ ml para VTD, VTS e FE, respetivamente, sendo a diferença no enviesamento destas duas técnicas significativa ($p = 0,01$ para o VTD e VTS). Assim, a ecocardiografia 3D subestima os volumes, mas comparada com os métodos 2D clássicos aproxima-se mais das medidas efetuadas por RMC em todas as medições.

Às medições ecocardiográficas 2D e 3D pode ser adicionada a tecnologia de *speckle tracking*. Esta técnica utiliza a identificação de padrões e o seu seguimento ao longo de várias captações de imagens. Esta tecnologia permite a análise do espessamento ao longo das diversas camadas da parede do miocárdio e oferece mais informação que a medição da espessura uma vez que avalia anomalias contrácteis que podem ocorrer na isquemia aguda ou crónica. Durante o evento isquémico a arquitetura do coração fica profundamente afetada. A mecânica intrínseca fica reduzida principalmente nas lesões isquémicas. No enfarte subendocárdico as *strains* (deformidades) longitudinal e radial podem estar atenuadas, mas podem não ser evidentes alterações na deformação circunferencial, angulo do “*twist*” sistólico e na velocidade de “*untwisting*” diastólico, que se correlaciona com uma FE reduzida^{37,52-54}. O miocárdio isquémico é caracterizado por um encurtamento sistólico longitudinal e circunferencial regional reduzido ou ausente e um decréscimo no espessamento radial, bem como alterações no relaxamento regional, sendo o alongamento da fase diastólica inicial (relaxamento isovolumétrico) substituído por encurtamento e espessamento pós sistólico^{37,55}. A combinação destas alterações sistólicas e diastólicas parece ser o critério mais sensível e preciso para identificar segmentos isquémicos (sensibilidade de 86% a 95% e especificidade de 83% a 89%, com n=74)⁵⁵. Esta técnica foi validada experimentalmente, mostrando boa reprodutibilidade na medição da *strain* longitudinal e circunferencial e demonstrou uma avaliação exata e precisa da função sistólica regional quando comparada com a RMC ($r = 0,87$, $p < 0,001$), com boa reprodutibilidade intra e inter observadores (variabilidade intra observador $4,4 \pm 1,6\%$; variabilidade inter observador $7,3 \pm 2,5\%$)^{56,57}.

Reant et al⁵⁸ (2012) estudaram 100 doentes (internados ou da consulta externa do Cardiologic Hospital CHU Bordeaux) e compararam a avaliação da função ventricular por ecocardiograma 2-D e ecocardiograma 3-D com *speckle tracking*. Aqueles autores obtiveram uma correlação positiva elevada entre as duas metodologias usadas para quantificar a função ventricular ($r = 0,91$, $y = 1,04x - 0,71$) e erro médio de -1,3% (IC 95% -5,7 a 3,2).

Por tudo o que foi dito, a ecocardiografia é e continuará a ser o método de imagem de eleição para a avaliação da função ventricular na fase aguda do enfarte do miocárdio e na fase de follow-up. É o método de imagem de eleição, pela sua fácil acessibilidade e difusão do seu uso, o seu baixo custo (comparativo), a inocuidade e ausência de exposição a radiação ionizante, ter validação por múltiplos autores em tempos diferentes e fornece informação relevante sobre a melhor estratégia terapêutica a implementar e sobre o prognóstico que se associa a determinadas alterações ecocardiográficas.

RESSONÂNCIA MAGNÉTICA CARDÍACA

A RMC é considerada o *gold standard* na avaliação de volumes, massas e função sistólica tanto em ventrículos normais como anormais. Esta classificação deve-se à sua grande resolução espacial, excelente rácio sinal/ruído e na possibilidade de visualizar o coração em 3D⁵⁹. Os seus resultados na avaliação da FV do VE, medidos através da marcação dos contornos do endocárdio e do epicárdio na final da diástole e da sístole, têm implicações diretas no prognóstico dos doentes⁶⁰. A função regional também pode ser avaliada, utilizando normalmente um esquema que divide o VE em 17 segmentos (ver fig 1B) de acordo com a American Heart Association⁶¹. A função ventricular e o movimento da parede podem ser avaliados em repouso ou durante a infusão de inotrópicos (dobutamina 10µg/kg/min). Devido aos movimentos rápidos do coração, a imagem é obtida utilizando um *trigger* eletrocardiográfico, com suspensão da respiração por 10 a 15 segundos. Podem ser obtidas imagens cinéticas sequenciais utilizando o cineRMC com excelente discriminação entre o sangue e o endocárdio que permite quantificar de forma precisa a FEVE, VTS, VTD e a massa cardíaca, todos com alta precisão e reprodutibilidade, sem necessidade de radiação ionizante^{62,63}. A precisão e reprodutibilidade da RMC foram comparadas com a ventriculografia⁶⁴, cintigrafia⁶⁵ e ecocardiografia, sendo a RMC especialmente útil em enfartes da parede

posterior, onde a ecocardiografia pode encontrar algumas dificuldades na obtenção de imagens do movimento da parede ⁶⁶.

Na ponderação T2 pode-se verificar a presença de sinal de intensidade aumentada nas regiões de enfarte. No entanto este sinal é muito pouco específico, apesar de sensível. Assim o achado mais específico de EM é a diminuição de espessura, apesar de uma sensibilidade mais baixa ⁶⁷. Uma espessura da parede do VE no final da diástole <5.5mm na RMC prevê baixa probabilidade de viabilidade do miocárdio ^{68,69}. Um espessamento sistólico da parede identificado por RMC menor que 30% indica um segmento enfartado com influência na FV do VE ⁶⁶. As imagens “*spin echo*” podem mostrar uma área de intensidade de sinal reduzida que corresponde à cicatriz pós enfarte.

É possível criar um padrão sobre o miocárdio que permite a sua marcação e processamento da movimentação segmentar em imagens consecutivas, ajudando a distinguir miocárdio alterado do miocárdio que se move anormalmente devido à proximidade a uma área lesada (“*tethering effect*”). Esta técnica permite avaliar a contração do miocárdio de uma forma reprodutível e quantitativa, sendo importante pois a medição da *strain* (deformidade) possui um maior valor preditivo que a medição da espessura da parede ⁷⁰. Áreas que não apresentem distorção do padrão indicam miocárdio não funcionante ⁷¹.

A RMC com dobutamina (mesmo protocolo usado na ecocardiografia de *stress*) exhibe uma baixa variabilidade inter observador para avaliar alterações na motilidade do VE induzidas pelo *stress* ⁷². Quando é utilizado o *stress* farmacológico deve ser adotada uma modalidade de aquisição de imagem mais rápida - “*fast cineRMC*”. Este tipo de estudo tem maior valor prognóstico que em repouso quando executado em indivíduos com reduções moderadas da FEVE do que naqueles com FE muito reduzida (<40%) ⁷³. Num estudo de meta-análise recente, a RMC com dobutamina (comparativamente com a angiografia invasiva), teve na detecção de isquemia miocárdica, uma sensibilidade de 83% e uma especificidade de 86%, e um resultado normal associa-se a um baixo risco de eventos cardíacos.

A técnica de RMC pode ser ampliada para fornecer maior quantidade de informação através da aquisição de imagens com a utilização de contraste à base de gadolínio. As imagens podem ser captadas no momento da injeção do contraste e 10 a 20 minutos após, numa técnica denominada RMC com realce tardio. A FE, o VTS e o VTD podem ser estimados com RMC com contraste (gadolínio) 5 dias depois do evento, sendo as imagens de realce tardio melhores para esta avaliação que as imagens de primeira passagem. Existe uma correlação negativa significativa entre as zonas de hiperintensidade e a FV do VE. O RMC com intenção de avaliar a recuperação funcional não deve ser realizado imediatamente após o EAM pois sobrestima o tamanho do enfarte, devido à presença de miocárdio atordado peri-enfarte que não contrai na sua máxima capacidade ⁷⁴.

O tamanho da zona de enfarte é um fator determinante na remodelação do VE. O tamanho da cicatriz é uma variável independente do volume diastólico final, provavelmente mais forte que a transmuralidade e localização do enfarte ⁷⁵. A RMC contrastada com gadolínio é uma técnica validada, precisa e reprodutível para avaliar o tamanho em enfartes agudos, em resolução ou estabilizados. Na RMC com contraste com gadolínio é possível observar zonas de hiperintensidade nas imagens tardias que correspondem a uma área de necrose ou a uma cicatriz miocárdica (o gadolínio entra no espaço extracelular e é concentrado na área enfartada, onde esse mesmo espaço extracelular está expandido devido à necrose (enfarte agudo do miocárdio) ou substituído por tecido fibrótico (enfarte crónico). A RMC permite tanto a visualização de enfartes transmuralis como de subendocárdios através deste método ⁷⁶. Esta hiperintensidade, como já mencionado, deve-se ao facto do gadolínio não ultrapassar as membranas dos miócitos densamente compactados do miocárdio enquanto que na região de cicatriz de colagénio há maior espaço intersticial que favorece a acumulação de contraste. Os miócitos anormais também apresentam uma expansão intracelular que acumula maior quantidade de contraste. A transmuralidade do enfarte também parece estar relacionada com a recuperação da função ventricular. Esta está inversamente relacionada com

a extensão transmural da hiperintensidade ^{77,78}. No estudo de Choi et al (2011)⁷⁹, a função sistólica global do VE de doentes que foram submetidos a tratamento de reperfusão no seu primeiro EAM e que apresentavam menos de 25% da parede necrosada na RMC efetuada nos primeiros 7 dias sofreu um aumento em 67% dos doentes, 8-12 semanas após o evento inicial. Se a extensão transmural de miocárdio irreversivelmente lesado estivesse limitada a menos de 50%, a função regional do VE melhorava (em 56% dos pacientes). Com um enfarte que ocupa mais de 75% da espessura da parede, a recuperação funcional foi rara. Da mesma maneira, em doentes com doença coronária estável e FSVE diminuída, a recuperação da FV após bypass das coronárias é rara quando a extensão da cicatriz ultrapassa os 75% da espessura da parede ⁸⁰.

A relação da extensão da zona peri-enfarte com a zona de enfarte avaliadas por RMC pode ser usado como preditor da mortalidade pós-EM. Yan et al ⁸¹ estudaram 144 doentes com doença coronária durante uma média de 2,4 anos. Doentes com um ratio zona peri-enfarte/zona de enfarte total (zona de enfarte central mais zona peri-enfarte) acima da média tinham um risco de morte superior àqueles abaixo da média (28% vs 13%, respetivamente). Acredita-se que a zona peri-enfarte representa uma mistura de miocárdio viável e cicatrizado, uma combinação heterogénea que pode originar arritmias ventriculares. Assim, o tamanho da zona peri-enfarte pode prever o risco de arritmias futuras ⁸².

Outro uso importante da RMC com repercussão na recuperação funcional é a avaliação da reserva contráctil do miocárdio que pode ser recuperada após revascularização. A determinação do miocárdio viável que se encontra disfuncional após o EAM permite identificar os doentes que provavelmente mais irão beneficiar com a revascularização (se > 50% de miocárdio enfartado, a probabilidade de não recuperação pós revascularização é de aproximadamente 90% - valor preditivo negativo), resultando numa taxa de mortalidade peri-operatória e pós-operatória inferior ^{83,84}.

A RMC também permite avaliar a perfusão dos tecidos cardíacos. Os defeitos de perfusão são normalmente observados como imagens hipointensas subendocárdicas ou

transmurais durante a primeira passagem do contraste no território de irrigação da respetiva coronária. A avaliação da perfusão por RMC com contraste durante o *stress* farmacológico (por exemplo com dobutamina, tem uma precisão semelhante ou superior quando comparada com a cintigrafia de perfusão miocárdica^{85,86}.

As vantagens da RMC realizada durante o *stress* farmacológico em relação à ecocardiografia de *stress* com dobutamina, na avaliação da FSVE, são que a RMC tem uma qualidade superior da imagem e melhor reprodutibilidade intra e inter observador^{72,87}, demonstrando ser superior no diagnóstico de doença coronária aguda⁸⁸.

São contraindicações absolutas para RMC a presença de *pacemakers*, cardiodesfibriladores implantados e cliques em aneurismas cerebrais. Na presença de materiais metálicos como próteses valvulares, próteses ortopédicas ou implantes cocleares, deve ser avaliado o risco/benefício da intervenção e se possível optar por outros métodos de imagem. Uma pequena percentagem de doentes claustrofóbicos não suporta a câmara magnética. É complicado manter a monitorização hemodinâmica durante o exame, o que dificulta a sua realização em pacientes instáveis e naqueles com indicação para realizar exame sob *stress*. A qualidade de imagem é prejudicada em doentes com arritmias cardíacas significativas. Quando é usado contraste de gadolínio é importante ter em consideração os doentes renais, uma vez que estes correm o risco de desenvolver fibrose nefrogénica sistémica (risco dependente do grau de disfunção renal e que é de 2,5 - 5% em doentes a fazer diálise crónica; o quadro clínico, que é grave, compreende o aparecimento de fibrose na pele, nos músculos esqueléticos e fascias, nos pulmões e no coração; a doentes com clearance de creatinina < 30 ml/min não deve ser administrado gadolínio).

Em resumo, a RMC é um excelente método para avaliar a função ventricular e na prática clínica deve ser usada quando a qualidade da ecocardiografia é reduzida por fatores relacionados com o doente ou quando há discrepâncias entre os resultados da ecocardiografia e os dados clínicos⁸⁹. Para além da avaliação da FV a RMC pode ser muito importante na

caracterização e quantificação da área de enfarte e da viabilidade miocárdica, parâmetros que se correlacionam fortemente com o prognóstico dos doentes que sofreram um enfarte do miocárdio.

TOMOGRAFIA COMPUTORIZADA

A TC teve as suas primeiras utilizações na avaliação do miocárdio enfartado no final dos anos 70, início dos anos 80. No entanto, com o aparecimento de novas técnicas utilizando a RMC e a cardiologia nuclear, verificou-se algum desuso nesta tecnologia devido à incapacidade de obter imagens do eixo curto do coração e à baixa resolução espacial que conferia com doses relevantes de radiação ionizante. Com o aparecimento de novos aparelhos com *multislice* (multicortes), as imagens obtidas por TC passaram a oferecer uma grande resolução espacial num reduzido espaço de tempo, produzindo imagens através de diversos canais (até 320), e também com grande resolução temporal utilizando retrospectivamente o traçado do ECG para integrar diversas imagens obtidas da sístole à diástole, o que permite que as imagens sejam reconstruídas em múltiplas fases do ciclo cardíaco. Com o *software* atualmente disponível, as margens endocárdicas e epicárdicas são marcadas manualmente ou automaticamente, permitindo a avaliação da massa miocárdica, volume telessistólico, volume telediastólico, débito cardíaco e fração de ejeção do VE e VD. Vários estudos mostram uma boa correlação destas medições com as obtidas com a RMC que é considerada a metodologia *gold-standard* para avaliar os mesmos parâmetros⁹⁰⁻⁹⁴. Desta forma, a TC mostra-se assim como uma boa alternativa ao RMC, principalmente em doentes com contraindicações para a realização de RMC, como sejam os portadores de *pacemakers* ou outros dispositivos metálicos. Além disso, a TC também pode ser usada para avaliar a FV do VD⁹⁵.

Podem ser usados contrastes iodados intravenosos que atuam de forma semelhante ao contraste de gadolínio na RMC, permitindo a avaliação da viabilidade do miocárdio e consequentemente obter uma estimativa sobre a probabilidade de recuperação da função

ventricular. As imagens podem ser captadas logo após a injeção do contraste, enquanto o contraste ainda se encontra no espaço endovascular, ou após 5 a 10 minutos, tempo necessário para o contraste se instalar no espaço extracelular.

Na primeira passagem do contraste é possível avaliar as áreas hipoperfundidas, que aparecem como zonas hipodensas. Cerca de 90% dos enfartes detetados por cineventriculografia foram visualizados como zonas hipodensas na TC, havendo uma correlação negativa entre o tamanho do enfarte e a FE ⁹⁶. No entanto, a deteção de pequenos enfartes subendocárdicos pode ser difícil utilizando a TC devido ao menor contraste entre o miocárdio normal e enfartado do que aquele que se verifica na RMC. Estes defeitos iniciais derivam de um fenómeno designado obstrução microvascular, em que o contraste iodado tem maior dificuldade em chegar ao miocárdio suprido por vasculatura obstruída mesmo após a terapêutica. A avaliação desta obstrução da microvasculatura tem importância na previsão da recuperação funcional, estando um elevado grau de oclusão associado a uma pior recuperação da função ventricular. Noutro estudo de Wada et al (2004) utilizando a TC em 17 doentes com enfarte agudo do miocárdio da parede anterior, mostraram que a avaliação da motilidade regional da parede e a FE não estavam relacionadas com a transmuralidade da hipodensidade na fase aguda. No entanto, após 6 meses, no grupo com hipodensidade transmural só se observaram melhorias discretas na função ventricular, enquanto no grupo com hipodensidade unicamente endocárdica se registaram melhorias na motilidade da parede e na FE ⁹⁷. Uma grande limitação deste tipo de imagem é que as zonas hipodensas não representam unicamente a zona de enfarte, mas também em zonas de perfusão reduzida e com miocárdio viável (embora com contractilidade diminuída). Assim, a incapacidade de distinguir entre miocárdio viável e não viável limita a utilização deste tipo de imagem na clínica. Ainda assim, o tamanho do enfarte está significativamente subestimado na fase arterial da TC ⁹⁸. O uso de *stress* farmacológico com adenosina na obtenção das imagens poderia ser uma alternativa

para avaliar a viabilidade ⁹⁹. No entanto, a sobre-exposição a radiação ionizante e contraste coloca este tipo de estudo fora da prática clínica habitual.

A cinética dos contrastes iodados é semelhante à do gadolínio. Assim sendo, após cerca de 10 minutos o contraste acumula-se principalmente no miocárdio lesado e no tecido fibrótico da cicatriz miocárdica. Por esta razão, imagens tardias por TC também podem ser úteis na avaliação da viabilidade do miocárdio. O estudo tardio parece ter maior precisão na deteção do tamanho e localização do enfarte comparado com o estudo logo após a injeção de contraste, tendo como referência a RMC. Contudo a TC tardia sobrestima ligeiramente o tamanho do enfarte ^{98,100}. De 15 exames em que foram detetadas zonas de hiperintensidade por RMC de realce tardio, a TC tardia detetou 11 desses como zonas de hiperdensidade, mostrando uma boa correlação entre a TC e o RMC de fases tardias, tendo a TC um pior ratio *contrast-to-noise* ¹⁰¹.

Um estudo de Koyama et al ¹⁰², que envolveu 58 doentes com enfarte agudo do miocárdio submetidos a angioplastia com sucesso, mostrou que as duas fases da TC podem ser utilizadas para avaliar a recuperação da FV do VE. Estes foram divididos em 3 grupos: Grupo 1 sem defeitos na primeira passagem e com visualização de defeitos na passagem tardia sem defeitos de perfusão residual; Grupo 2 com defeitos de primeira passagem e na passagem tardia sem defeitos de perfusão residual; e Grupo 3 em que existem defeitos de perfusão na primeira passagem e nas imagens tardias, com defeitos de perfusão residual. Os defeitos de perfusão na primeira passagem são vistos como áreas hipodensas 45 segundos após a injeção de contraste, os defeitos de passagem tardia como áreas hiperdensas 7 minutos após a injeção de contraste e os defeitos de perfusão residual como áreas hipodensas rodeadas por uma área ligeiramente hiperdensa 7 minutos após a injeção de contraste. Na fase aguda não foram encontradas diferenças significativas no volume telediastólico, volume telessistólico e na FEVE. No entanto, numa fase intermédia (28 +/- 4 dias após a revascularização) o volume telediastólico do grupo 3 era o maior dos três grupos, bem como o volume telessistólico. A

FEVE do grupo 1 era maior que do grupo 2, sendo estas maiores que o grupo 3. Assim sendo, o padrão que prevê uma melhor evolução da função ventricular não exibe alterações na primeira passagem do contraste, que permite inferir uma reperfusão completa quer a nível epicárdico como a nível da microvasculatura, e pode exibir zonas hiperdensas nas imagens tardias que refletem as características do interstício que contem maior volume devido à lesão e apoptose de células miocárdicas. O pior prognóstico estende-se aos casos que possuem zonas hipodensas nas imagens tardias, que corresponde a zonas necróticas causadas por obstrução microvascular, ou seja, o fenómeno de “*no-reflow*”¹⁰³. Esta condição está associada a pior prognóstico e já foi atribuída a diversas causas, tais como embolização distal, lesões designadas de isquemia/perfusão com a consequente turgescência dos miócitos, infiltração e ativação de neutrófilos e plaquetas e depósitos de fibrina¹⁰⁴⁻¹⁰⁶. Doentes com “*no-reflow*” exibem uma maior prevalência de complicações pós-EAM imediatas, remodelação ventricular anormal, IC e mortalidade¹⁰⁵. Assim, a TC de duas fases contrastadas é útil na previsão da recuperação funcional do VE em doentes que sofreram tratamento de reperfusão após EAM e pode constituir uma metodologia para predizer o prognóstico pós EAM¹⁰².

Lessik et al¹⁰⁷ mostraram que em segmentos miocárdicos com anomalias, a não recuperação da função ventricular estava relacionada com a presença e tamanho da área com defeitos de perfusão iniciais ou tardios (áreas hipodensas na primeira passagem e hiperdensas nas imagens tardias. As zonas hipodensas nas imagens tardias, apesar de relacionadas com pior prognóstico, estavam associadas à presença simultânea de defeitos iniciais e tardios). Em 21 casos, a presença de zonas hiperdensas tardias tinha uma sensibilidade e especificidade de 73% e 85% respetivamente para prever disfunção segmentar *no follow-up*, comparada com 57% e 90% para os defeitos iniciais. A presença e o tamanho do defeito nos segmentos anormais estava significativamente relacionada com a não recuperação da função tanto para os defeitos iniciais (*odds ratio*: 1.95 [IC 95%: 0.9, 4.1] por cm²) como para hiperdensidade tardia (*odds ratio*: 1.85 [IC 95%: 1.2, 2.9] por cm²). Os segmentos que no estudo referido

recuperaram a função tinham significativamente menor prevalência de ambos os tipos de defeitos, e, se presentes, tinham menos tamanho do que nos segmentos em que persistiu a disfunção. A ausência de qualquer tipo de defeito num segmento anormal na ecocardiografia tinha apenas 55% de probabilidade de recuperar a função, que é bastante menos que a probabilidade prevista pela RMC. Esta diferença pode estar relacionada com o menor contraste e resolução temporal da TC comparada com a RMC, o que pode levar à não deteção de pequenas zonas de hiperdensidade. Ao contrário dos estudos por RMC que relacionavam a recuperação funcional com a espessura da parede, este estudo mostrou uma melhor relação entre a recuperação funcional e a área dos defeitos.

Noutro estudo também promovido por Lessick et al ¹⁰⁸, aqueles autores demonstraram uma complexa relação entre os diferentes tipos de defeitos, a geometria do VE e os parâmetros que avaliam a remodelação ventricular. Comparando com dados obtidos por SPECT (cintigrafia), a hiperdensidade tardia não mostrou ser um fator independente na previsão da remodelação global quando os defeitos de perfusão iniciais e tardios eram incluídos no modelo de observação. Os defeitos de perfusão tardia relacionaram-se melhor com a previsão do volume telessistólico do VE calculados no *follow up*, enquanto a área de hipodensidade inicial é um melhor indicador no follow-up da FEVE. A nível regional, apenas foram significativos os resultados obtidos através da análise dos defeitos de perfusão tardios e das zonas hiperdensas tardias. A gravidade do defeito, obtido pelo ratio de densidade, não mostrou valor preditivo adicional ao tamanho do defeito. Só no follow-up da FEVE é que o grau de hiperdensidade tardia mostrou relacionar-se significativamente, apesar de um poder preditivo reduzido.

Apesar de outras modalidades poderem ser usadas para a avaliação de defeitos de perfusão, apenas a TC permite a visualização direta das artérias coronárias, permitindo uma avaliação mais extensa, demonstrando as lesões *culprit* e a relação anatómica com os defeitos observados ¹⁰⁸. Além desta avaliação anatómica, a angioTC também possui valor prognóstico.

Em doentes sintomáticos com suspeita de doença arterial coronária (DAC), uma angioTC sem alterações iguala o risco de eventos cardíacos destes doentes ao risco da população saudável com baixo-risco^{109,110}. Quando os resultados do exame são anormais, o risco de EM e a taxa de mortalidade aumentam com o aumento da gravidade da DAC. Para doentes com doença não-obstrutiva, a taxa de eventos coronários é superior à da população sem doença arterial coronária detetável por angioTC. Quando a DAC é obstrutiva (pelo menos uma lesão com >50% de estenose) verifica-se um aumento marcado dos eventos cardíacos, incluindo a morte. No entanto, o *likelihood ratio* positivo e especificidade dos achados na angioTC para eventos cardíacos são baixos, não devendo por isso ser utilizados na prática clínica¹¹⁰. No contexto de doentes que já sofreram um EAM, e que tenham efetuado coronariografia clássica, o angioTC coronário não vem acrescentar informação relevante sobre o território das artérias coronárias, pelo que no âmbito da caracterização da função ventricular esquerda e/ou direita e sua correlação com o número de vasos com doença aterosclerótica, nada muda relativamente à abordagem habitual (a ecocardiografia transtorácica continua a ser a metodologia diagnóstica de eleição).

A TC é ainda inferior na determinação de parâmetros dinâmicos, tais como a velocidade máxima de enchimento, velocidade máxima de ejeção, intervalo até ao máximo de velocidade de ejeção e intervalo da telessístole até à velocidade máxima de enchimento devido à resolução temporal inferior. Novas tecnologias como o *Dual-CT* podem ser alternativas quando o seu uso se generalizar, uma vez que possuem uma maior resolução temporal, permitindo já a avaliação de algumas medidas dinâmicas¹¹¹. Outras limitações são o uso de contraste iodado e a potencial sobrecarga de radiação ionizante (ver tabela 1 e 2).

A TC por ser ainda pouco acessível, ter custos elevados, e obrigar a uma exposição a radiação ionizante não desprezível, é um meio complementar de diagnóstico de segunda escolha: a ecocardiografia transtorácica é inequivocamente o método de avaliação da função ventricular que tem primazia na atualidade, não só na fase aguda do enfarte do miocárdio mas

também nos anos subsequentes; a RMN cardíaca é considerada o *gold standard* para avaliar a função ventricular, mas a sua baixa acessibilidade e o seu elevado custo atual, tornam-na um método de diagnóstico importante quando a ecocardiografia não permite uma avaliação com a qualidade exigida. As principais recomendações da TC segundo a American Heart Association estão descritas na tabela 4. A avaliação sequencial da FVE pós-EAM por TC é impraticável devido à exposição cumulativa a radiação ionizante.

Tabela 4: Principais indicações da Tomografia Computorizada

Antes de reintervenção cirúrgica ao coração

Localização do local para *bypass* e avaliação da anatomia retrosternal

Avaliação da anatomia da veia pulmonar antes da ablação da FA

Avaliação da anatomia das coronárias antes da terapêutica de ressincronização cardíaca

Avaliação da anatomia do pericárdio

Imagens inadequadas obtidas através de outros métodos de imagem não invasivos

Caracterização das válvulas cardíacas nativas

Avaliação da função ventricular sistólica esquerda

Avaliação de massas cardíacas

FA: Fibrilação Auricular. Adaptado de Taylor AJ, Cerqueira M, Hodgson JM, Mark D, Min J, O'Gara P, et al. ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/NASCI/SCAI/SCMR 2010 appropriate use criteria for cardiac computed tomography. A report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, the Society of Cardiovascular Computed Tomography, the American College of Radiology, the American Heart Association, the American Society of Echocardiography, the American Society of Nuclear Cardiology, the North American Society for Cardiovascular Imaging, the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. J Am Coll Cardiol. 2010;56(22):1864-94.

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA POR EMISSÃO DE FOTON ÚNICO (CINTIGRAFIA)

A cintigrafia cardíaca está disponível desde os anos 70 e permite avaliar tanto a função ventricular (Angiografia de radionuclídeos de equilíbrio ou SPECT-RNA) como a perfusão miocárdica (cintigrafia de perfusão do miocárdio ou SPECT-MPI). Se no início esta avaliação era feita independentemente, nos dias de hoje são parte integrante do mesmo exame.

A cintigrafia pode ser realizada recorrendo ao tálio-201 (^{201}Tl). O seu *uptake* depende da perfusão sanguínea e da integridade da membrana, uma vez que passa para o interior dos cardiomiócitos por transporte ativo, dando assim informação sobre a perfusão e a viabilidade do miocárdio. Imagens imediatamente posteriores à injeção permitem a visualização da perfusão, enquanto imagens com atrasos de 4 a 24 horas refletem a integridade da membrana, dado que o Tl-201 sofre um processo de redistribuição. Numa metanálise de 13 estudos que envolveram 378 doentes, a cintigrafia com tálio-201 apresentava um valor preditivo positivo de 69% e um valor preditivo negativo de 90% para a melhoria de função ventricular após revascularização ¹¹². A recuperação da função contrátil do VE pós revascularização relacionava-se com a presença de miocárdio hibernante e foram propostos diversos critérios como seus marcadores. As anomalias de perfusão detetadas durante *stress* farmacológico por si só não representam um valor preditivo de recuperação funcional, sendo o critério mais comumente utilizado a quantidade de *uptake* de tálio-201. Esta quantidade não deve ser considerada um binómio (normalmente >50% de radiação em segmentos acinéticos) mas sim uma proporção linear, sendo o *uptake* uma variável contínua ¹¹³.

No entanto o uso de tálio-201 tem algumas limitações, tais como uma emissão de raios-X baixa e uma semivida longa, levando a uma exposição à radiação ionizante superior por parte dos doentes (41 millisieverts com ^{201}Tl vs 3 a 9 millisieverts com a TC; ver tabela 1 e 2). O Tecnécio-99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$) pode ser usado em substituição, pois possui uma semivida mais curta com menor exposição para o doente (9 millisieverts), uma emissão gama com maior energia,

que reduz a atenuação pelos tecidos moles, e tem o potencial de ser utilizado com aquisição ECG-gated, que permite a sincronização das imagens com o traçado do ECG.

O agente de contraste mais utilizado é o Tc-99m-sestamibi (metoxi-isobutil-isonitrilo). As suas capacidades de identificar a viabilidade do miocárdio parecem ser semelhantes às do Tálcio-201 em repouso após a injeção de contraste em doentes com doença das coronárias severa e disfunção ventricular esquerda ¹¹⁴. No entanto outros estudos mostraram que a avaliação da viabilidade pode estar diminuída pelo uso de Tc-99m-sestamibi. Dilsizian V et al ¹¹⁵ mostraram que o teste com sestamibi, quer em repouso quer após prova de *stress* realizada no mesmo dia identificou incorretamente 36% das regiões de miocárdio como estando irreversivelmente lesadas, usando como referência o tálcio-201 e a PET. Outros compostos com ^{99m}Tc podem ser usados, tais como o ^{99m}Tc-tetrofosmina. O miocárdio hibernante pode também ser detetado usando nitratos sublinguais ou IV, que aumentam a perfusão do miocárdio em repouso ¹¹⁶.

Stollfuss et al (1998) ¹¹⁷ em 21 doentes com fração de ejeção do VE diminuída (média de 37%±5%) previamente determinada por angiografia, reavaliaram com ^{99m}Tc-tetrofosmina (ECG-gating) e com RMC a função ventricular global e regional. Neste estudo, por RMC foi estimada uma FEVE de 33%±12% (média±DP) e por SPECT com ^{99m}Tc-tetrofosmina uma FEVE de 35%±11% (média±DP); (r = 0,86, P<0,001), o que permitiu concluir que a SPECT permite estimar com precisão a função global e regional do VE em doentes com função sistólica comprometida avaliada por angiografia.

A grande desvantagem do ^{99m}T em relação ao ²⁰¹Tl é o facto de o seu *uptake* depender tanto da perfusão como da viabilidade, enquanto o ²⁰¹Tl acaba por se redistribuir, dependendo apenas da viabilidade. Isto leva a que a viabilidade possa ser subestimada em áreas hipoperfundidas quando as imagens são captadas em repouso.

Num estudo a comparar os dados obtidos por cintigrafia referentes à FEVE com aqueles obtidos por ventriculografia contrastada que envolveu 90 doentes, 55 dos quais com

história de EM, a correlação média das medições de 3 observadores e do modo automático foi de aproximadamente 0,85, com uma boa reprodutibilidade entre todas as medições (coeficiente de correlação 0,97) ¹¹⁸. Um estudo que englobou 109 doentes (média de idade de 63 ± 14 anos) que foram submetidos a ecocardiografia e cintigrafia para avaliação dos volumes do VE, FEVE e movimento segmentar da parede, demonstrou que a correlação entre a cintigrafia *ECG-gated* com o VTD,VTS e FEVE foi boa a excelente ($p < 0,001$, $r \geq 0,68$) independentemente da aquisição das imagens em *stress* ou repouso, ou do marcador usado (²⁰¹Tl ou ^{99m}Tc). A correlação entre as duas técnicas em relação ao movimento segmentar da parede também foi bom. A melhor concordância entre os volumes e FEVE medidos por cintigrafia com a ecocardiografia foi obtida utilizando doses elevadas de tecnécio-99m. Esta técnica foi automatizada e altamente reprodutível (correlação de todas as medidas com $r = 0,99$, $P < 0,001$) ^{119,120}. Quando comparada com a RMC, a cintigrafia revelou uma boa concordância na medição do VTS, VTD e FEVE em 70 doentes com doença das coronárias suspeita ou conhecida. Dependendo do *software* utilizado, a correlação entre as medições pode ser elevada com $r = 0,92$ para o VTD, $r = 0,96$ para o VTS e $r = 0,89$ para a FEVE. No entanto, e dependendo do algoritmo utilizado, pode haver uma ligeira subestimação destes valores em relação à RMC. Assim sendo, para o *follow-up* correto do doente, deve-se procurar utilizar sempre o mesmo algoritmo de medição destas medidas ¹²¹.

A função ventricular avaliada por cintigrafia correlaciona-se com a previsão de eventos cardiovasculares. Lee KL et al ¹²² demonstraram que a FEVE obtida após exercício por SPECT (angiografia da radionuclídeos – RNA) era a medida que melhor previa a mortalidade em 571 doentes estáveis com doença das coronárias sintomática com terapêutica médica ($\chi^2 = 81$; $p < 0,00001$). Quando comparados com os dados recolhidos na história clínica, as variáveis obtidas pela SPECT-RNA mostravam um maior valor preditivo de mortalidade superior. Estes resultados superaram mesmo aqueles obtidos pelas variáveis obtidas através do cateterismo cardíaco. Resultados semelhantes foram obtidos por Borges-Neto S et al ¹²³ em 182 doentes

que foram submetidos a cirurgia de *bypass* da artéria coronária. A FEVE após exercício medida em 3 ou menos anos depois da revascularização foi o melhor indicador de risco de mortalidade ($p=0,0002$), sendo superior aos dados da história clínica e do cateterismo cardíaco. A FEVE após exercício medida antes ou pouco tempo (menos de 3 meses) após a cirurgia de *bypass* coronário também foi um bom indicador de risco.

A análise visual da SPECT-MPI pode ser feita através de uma escala semiquantitativa em que o VE é dividido em 20 segmentos (variável). A cada segmento é classificado de acordo com uma escala de 5 níveis de acordo com o *uptake* de radioisótopo (0 = normal; 1 = equivocável; 2 = moderado; 3 = diminuição severa do *uptake*; 4 = ausência de *uptake* pelo segmento). Três índices globais de perfusão podem ser definidos: *summed stress score* (SSS), obtido pelo somatório dos *scores* obtidos em imagens adquiridas no *stress* SPECT; *summed rest score* (SRS) obtido pelo somatório dos *scores* obtidos em SPECT adquirido em repouso; *summed difference score* (SDS) ou *score* de reversibilidade, que mede a reserva funcional contráctil.

Existem diversos estudos a comprovar o valor prognóstico da SPECT MPI. Borges-Neto et al ¹²⁴ estudaram 3275 doentes com doença das coronárias suspeita ou conhecida durante uma média de 3,1 anos. A variação de 1 unidade no SSS está associada a um risco acrescido de 4%, 7% e 5% para morte, morte por evento cardiovascular e morte ou EM não fatal, respetivamente ($p<0,0001$). Ajustando para as variáveis colhidas na história clínica e por angiografia, o SSS apresenta mais informação além daquela fornecida pela história clínica e pela angiografia ($p<0,0001$).

Todos estes resultados podem ser potenciados com a comparação entre as imagens de perfusão e de viabilidade. Desta análise, estudos recentes parecem consensuais que na previsão dos possíveis *outcomes* do EAM, é importante dividi-los em dois grupos: um correspondente a eventos cardíacos graves (morte ou EM) e outro a eventos cardíacos não tão graves (ex: IC, angina instável, angina *pectoris*, necessidade de revascularização coronária),

uma vez que os dois tipos de imagem parecem estar mais correlacionados com um dos tipos de *outcome*. Liao et al ¹²⁵ obtiveram informação relativa a 997 doentes que foram submetidos a teste de esforço, cintigrafia de perfusão do miocárdio e avaliação da função ventricular por angiografia de radionuclídeos. A avaliação da função ventricular revelou ser o melhor fator para prever a morte por causas cardiovasculares, em comparação com o teste de esforço e SPECT. No entanto, a cintigrafia de perfusão sob stress revelou-se a melhor variável para prever EM não fatais através do SSS comparativamente com o teste de esforço e a angiografia de radionuclídeos. Outros estudos desenvolveram este tema, demonstrando que o número de territórios afetados pela isquemia, e não o SSS, adicionava valor prognóstico à FEVE na previsão de morte por eventos cardíacos e EM não fatais ¹²⁶, ou que a função ventricular regional adicionava informação como elemento preditor de eventos graves no território isquémico mas não na predição de eventos menos graves ¹²⁷. Na avaliação de um estudo realizado no Japão com um total de 4031 doentes, Nakajima K et al ¹²⁸ demonstraram que na análise multivariada, a FEVE e o *summed difference score* (SDS) foram os preditores mais importantes de todos os eventos (morte, EM ou eventos ligeiros ou não graves), mas os eventos graves apenas eram previstos de forma independente pela FEVE. No entanto é de notar que a prevalência de eventos “graves” na população japonesa é inferior à europeia e americana. Gimelli A et al ¹²⁹ compararam os dados obtidos pela cintigrafia de perfusão de 676 doentes com suspeita de doença das coronárias ou mesmo doença isquémica com os dados obtidos da história clínica e exames laboratoriais e mostraram numa análise multivariada que apenas o SDS e o SSS, bem como a creatinina sérica e o colesterol HDL e LDL, apareceram como marcadores independentes de previsão de eventos cardíacos, sendo que o SDS e o SSS acrescentavam informação ao prognóstico ditado por todas as restantes variáveis diagnósticas.

A cintigrafia pode ser usada com doses baixas de dobutamina (até 10-20 µg/Kg/min) em conjunto com o ECG-*gating*, o que permite a avaliação da viabilidade miocárdica e da reserva contráctil. A sensibilidade e a especificidade deste tipo de exame, utilizando também

nitratos, a identificar segmentos disfuncionais com capacidade de recuperação funcional em 25 doentes foi de 77% e 88%, respetivamente ¹³⁰.

O metabolismo dos ácidos gordos também pode ser utilizado para marcar isquemia. Este método é muito sensível, normalmente até mais que o fluxo sanguíneo regional, para o miocárdio isquémico, sendo que o *uptake* de ácidos gordos se mantém reduzido até 30h após a resolução da isquemia, num processo designado “memória isquémica”. De entre os marcadores estudados para a cintigrafia, o ácido ¹²³I-15-(p-iodofenil)-3-(R,S)-metil-pentadecanato (¹²³I-BMIPP) tem sido o mais usado em estudos de doença coronária ¹³¹. As suas propriedades são semelhantes aos ácidos gordos, sendo capturado pelos miócitos, mas um grupo metil limita a sua oxidação, sendo assim direcionado para a formação de triglicéridos. Esta característica permite a sua acumulação em miocárdio normal, não se acumulando naquele que não é perfundido ou no que ainda não recuperou a função de oxidação de ácidos gordos. Resumindo, as áreas com defeito de absorção de ¹²³I-BMIPP incluem a área de enfarte mas não exclusivamente. A comparação destas imagens com um exame de perfusão permite identificar as áreas viáveis, estando estas representadas por áreas de não concordância entre os dois exames (por exemplo densidade ¹²³I-BMIPP < ^{99m}Tc-Tetrofosmina). A sua utilidade na avaliação da função ventricular foi demonstrada por Biswas SK et al ¹³² em 34 doentes com EAM submetidos a PCI em comparação com a ecocardiografia com Doppler tecidual. As imagens foram obtidas 20 minutos e 4 horas após a injeção de ¹²³I-BMIPP (imagem inicial e tardia) e posteriormente uma imagem utilizando SPECT com ^{99m}Tc-tetrofosmina, permitindo a quantificação dos ratio coração/mediastino iniciais e tardios, a taxa de *washout* do ¹²³I-BMIPP e o *mismatch defect scoring*, que quantifica as diferenças entre as imagens obtidas por BMIPP e pelo ^{99m}Tc-Tetrofosmina e, conseqüentemente, as diferenças entre metabolismo e perfusão. A FEVE medida por ecocardiografia mostrou uma correlação negativa significativa com este *score* (que traduz ausência de correspondência entre perfusão e viabilidade e possível miocárdio atordoado que apesar de vivo, não contrai com a sua

resposta máxima), na admissão ($r=-0,37$, $p<0,03$), após 1 mês ($r=-0,64$, $p<0,00001$) e após 3 meses ($r=-0,44$, $p<0,007$). Neste estudo existe também uma correlação com o *Wall Motion Score Index* (WMSI, um índice de contratilidade miocárdica) na admissão ($r=0,36$, $p<0,03$), após 1 mês ($r=0,61$, $p<0,00001$) e após 3 meses ($r=0,61$, $p<0,00001$), mostrando que as áreas que demonstram defeitos de concordância entre as imagens contêm provavelmente miocárdio atordoado (“*stunned*”). Este método é também útil no prognóstico da recuperação da função ventricular. Seki et al demonstraram, usando SPECT com ^{123}I -BMIPP e $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Tetrofosmina, uma sensibilidade de 61%, uma especificidade de 83%, e uma precisão para prever melhoria da função contráctil de 70%.

Uma das limitações da avaliação de perfusão por cintigrafia é o facto de esta utilizar medidas relativas do fluxo sanguíneo e não absolutas. Assim sendo, em doentes com doença de múltiplos vasos coronários, o grau de isquemia pode se subestimado devido à hipoperfusão global do VE ¹³³. Por outro lado, a cintigrafia após *stress* sobrestima o *stunning* do miocárdio quer a nível regional quer a nível global. Na presença de defeitos de perfusão reversíveis de gravidade moderada ou severa, a cintigrafia após *stress* para avaliar anormalidades do movimento da parede tem uma especificidade de 41% e um valor preditivo positivo de 8%. Assim, a cintigrafia após *stress* deve ser utilizada com precaução na avaliação da função ventricular regional e global quando há a presença de isquemia reversível ¹³⁴.

TOMOGRAFIA POR EMISSÃO DE POSITRÕES

A grande vantagem da PET é a possibilidade de incorporar radionuclídeos emissores de positrões em moléculas com importância biológica. Este facto permite monitorizar a sua distribuição, *uptake* e utilização por parte das células, mais especificamente o miocárdio. Assim, é possível inferir a perfusão do miocárdio, a utilização de glicose, o *uptake* e utilização de ácidos gordos, consumo de oxigénio, função contráctil e a atividade pré e pós sináptica ¹³⁵.

A ^{18}F -fluoro-2-desoxi-D-glicose (^{18}FDG) é um análogo da glicose que é captada pelos cardiomiócitos viáveis mas o seu metabolismo está truncado (não segue os mesmos passos metabólicos da glicose), resultando na sua acumulação no miocárdio, funcionando como um marcador de viabilidade. Por outro lado, o isótopo ^{13}N -Amónia é, numa primeira fase, um marcador de perfusão, uma vez que é difundido livremente. Numa fase posterior, este é incorporado em glutamina, numa reação dependente de ATP, permitindo avaliar a viabilidade do miocárdio através dos níveis intracelulares de ^{13}N -Amónia ¹³⁶. O uso de ambos os marcadores em simultâneo permite a distinção entre os diferentes tipos de miocárdio presentes após EM. O miocárdio *stunned* tem um *uptake* normal tanto de ^{18}FDG como de ^{13}N -Amónia, o miocárdio hibernante apresenta uma redução na captação de ^{13}N -Amónia com captação normal de ^{18}FDG ou aumentada e o miocárdio enfartado tem uma diminuição da captação de ambos os marcadores, estando relacionada com a extensão do enfarte ^{137,138}. As imagens com ^{18}FDG são obtidas após a administração de uma carga de glicose oral para que o metabolismo glicídico seja utilizado ao invés do lipídico. Infusões de insulina ou glicose também podem ser usadas ¹³⁹.

Outro marcador habitualmente usado é o ^{82}Rb (Rubídio-82). Este comporta-se de maneira semelhante ao tálio. Assim, a análise da sua cinética permite a avaliação precisa da viabilidade do miocárdio e o seu prognóstico em pacientes após EM em comparação com a PET utilizando ^{18}FDG ¹⁴⁰.

Há diversos estudos a comprovar o valor prognóstico da PET. Yoshinaga K. et al ¹⁴¹ demonstraram que a estratificação de 367 doentes que se submeteram a PET com Rubídio-82 em 3 grupos (captação normal, ligeiramente diminuída e moderada a severamente diminuída) consoante o resultado do SSS (*summed stress score*) permitiu encontrar diferenças significativas para eventos cardíacos graves (morte ou EM) ou o total de eventos cardíacos (eventos cardíacos graves mais necessidade de revascularização ou hospitalização). As taxas de ocorrência de um evento cardíaco grave para os três grupos foram 0,4%, 2,3% e 7%,

respetivamente ($p < 0,001$). Dorbala S. et al ¹⁴² demonstram que a gravidade da isquemia e a dimensão da cicatriz do enfarte medidas por PET com ⁸²Rb em repouso e após *stress* em 7061 doentes com doença coronária suspeita ou conhecida adiciona informação quanto à previsão de morte por causa cardíaca e de morte por qualquer causa aos fatores de risco coronário tradicionais (idade, sexo feminino, índice de massa corporal, história de hipertensão arterial, diabetes, dislipidemia, hábitos tabágicos, angina, uso de beto-bloqueadores, necessidade de revascularização anterior e frequência cardíaca em repouso).

A PET tem também utilidade na previsão da recuperação da função após a revascularização. Tillisch J. et al ¹³⁸ estudaram 26 doentes com doença coronária crónica que foram submetidos a revascularização utilizando a PET com ¹³N-Amónia e ¹⁸FDG antes e após a revascularização. O fluxo sanguíneo médio era significativamente maior nas regiões que melhoraram a função ventricular que aquelas que não demonstraram alterações após a revascularização ($0,63 \pm 0,27$ vs $0,52 \pm 0,25$ ml/min/g; $p < 0,04$). Do mesmo modo, o *uptake* de ¹³N-Amónia e de ¹⁸FDG é significativamente superior em regiões que melhoraram a contração ($90 \pm 20\%$ e $94 \pm 25\%$, respetivamente) comparado com regiões que não melhoraram após a revascularização ($67 \pm 24\%$ e $71 \pm 25\%$; $p < 0,001$ respetivamente). No entanto, o *uptake* de ¹³N-Amónia demonstrou ser um melhor indicador de recuperação funcional após revascularização que o fluxo sanguíneo (área sob a curva ROC = 0,79 vs área sob a curva ROC = 0,63, respetivamente). O valor preditivo negativo da PET com ¹⁸FDG e ¹³N-Amónia situou-se em 86%, enquanto o valor preditivo positivo variou entre 48% e 86%, dependendo da gravidade das alterações iniciais dos movimentos da parede, num estudo que envolveu 37 doentes com doença coronária e disfunção ventricular ¹⁴³. A PET com ¹⁸FDG assume especial importância em doentes com disfunção ventricular grave (FEVE $\leq 25\%$) onde a SPECT com tálio tende a subestimar a viabilidade do miocárdio ^{144,145}, sendo estes os doentes que apresentam um maior benefício com a avaliação da viabilidade. Beanlands et al ¹⁴⁶ avaliaram 82 doentes com FEVE $\leq 35\%$ com PET com ¹⁸FDG e com ¹³N-Amónia ou ⁸²Rb (SPECT com ^{99m}Tc quando a PET não

estava disponível) antes da revascularização e angiografia de radionuclídeos com ^{99m}Tc antes e 3 meses após a revascularização para avaliação da FEVE. Este estudo demonstrou que nos doentes com disfunção severa do VE, o tamanho da cicatriz é um fator independente na previsão das alterações na FEVE ($p < 0,0001$), sendo que quanto maior a dimensão da cicatriz, menor a probabilidade de recuperação da FEVE. Também se verificou um aumento da FEVE relacionada com uma maior presença de miocárdio hibernante avaliado com a PET ($p = 0,02$).

ESCOLHA DO MÉTODO DE IMAGEM NÃO INVASIVO

Na fase aguda, quando o diagnóstico é incerto, a ecocardiografia de urgência pode ser útil. Caso seja inconclusiva ou não esteja disponível e a dúvida persista, deve ser considerada a angiografia de urgência (Classe da recomendação: I; Nível de evidência: C)¹⁴.

Após o tratamento de reperfusão é importante identificar os doentes com alto risco de reenfarte ou morte, de modo a prevenir esses eventos. Assim, todos os doentes devem realizar uma ecocardiografia para determinação do tamanho do enfarte e a função ventricular do VE em repouso (Classe da recomendação: I; Nível de evidência: B) ou, caso a ecocardiografia não seja viável, a RMC pode ser usada como alternativa (Classe da recomendação: IIb; Nível de evidência: C)¹⁴. A ecocardiografia, além de avaliar a função ventricular regional e global, pode ajudar a caracterizar alterações mecânicas de possíveis complicações do EAM. O *timing* para a realização da ecocardiografia é dinâmico, dependendo da disfunção sistólica no momento da hospitalização. Doentes com disfunção sistólica grave devem ser reavaliados 40 ou mais dias depois do EAM, avaliando a necessidade de implantação de um cardiodesfibrilhador (Classe da Recomendação: I; Nível de Evidência: B)¹⁴⁷, caso não estivesse indicada a sua colocação durante o internamento.

Os testes não-invasivos para isquemia devem ser realizados antes da alta para avaliar a presença e extensão de isquemia induzida em pacientes com EAMCSST que não fizeram uma angiografia coronária e não tenham alto risco de complicação, para os quais a angiografia está

indicada (Classe da recomendação: I; Nível de evidência: B)¹⁴⁷. Para esclarecer dúvidas sobre isquemia induzível, pode ser realizado um teste de imagem em esforço físico ou *stress* farmacológico (com dobutamina por exemplo), usando a cintigrafia, ecocardiografia ou RMC, 4 a 6 semanas após o EAM. Os testes mais validados são a cintigrafia de perfusão e a ecocardiografia de *stress*. Antes ou após a alta, doentes com doença coronária de vários vasos, ou em que se considera a revascularização de outros vasos, os métodos de imagem para avaliar a isquemia e viabilidade (ex: cintigrafia de perfusão do miocárdio sob *stress* farmacológico, ecocardiografia de esforço ou *stress* farmacológico, PET ou RMC) estão indicados (Classe da recomendação: I; Nível de evidência: A)¹⁴. A AngioTC, apesar de ser sensível na deteção de lesões coronárias, não é utilizada na avaliação destes doentes, uma vez que é um estudo unicamente anatómico e não caracteriza a isquemia (Classe da recomendação: III; Nível de evidência: C)¹⁴. Os testes da isquemia também podem ser úteis para avaliar o significado funcional de uma estenose detetada por angiografia numa coronária que não a *culprit*, ou para aconselhar o doente sobre o exercício após a alta (Classe da recomendação: IIb; Nível de evidência: C, para ambas as indicações)¹⁴⁷. Doentes sem complicações que não foram submetidos a angiografia coronária invasiva e que são potenciais candidatos a revascularização devem ser submetidos a exames de esforço ou de *stress* farmacológico no caso de não se conseguirem exercitar antes da alta hospitalar. Em doentes com lesões em coronárias que não a *culprit* e sem complicações durante o internamento, o teste de esforço pode ser realizado 3-6 semanas após a alta¹⁴⁷.

A avaliação do miocárdio desempenha um papel determinante na evolução dos doentes com DCA e na determinação da terapêutica a aplicar em cada doente. Allman et al⁸⁴ desenvolveram um estudo de metanálise que englobou 24 estudos de viabilidade do miocárdio usando cintigrafia, PET ou ecocardiografia com *stress* com dobutamina. O estudo incluiu um total de 3088 doentes (2228 do sexo masculino), com uma FEVE $32 \pm 8\%$, seguidos durante 25 ± 10 meses. A revascularização está associada a uma redução de 79,6% na

mortalidade anual em doentes com viabilidade do miocárdio, comparada com o tratamento médico (mortalidade com tratamento médico: 16% vs. mortalidade com revascularização: 3,2%, $p < 0,0001$). Doentes sem viabilidade do miocárdio detetada pelos métodos de imagem tiveram uma mortalidade intermédia, tendendo para melhores resultados com o tratamento médico que a revascularização (mortalidade com revascularização: 7,7% vs. mortalidade com tratamento médico: 6,2%, $p =$ não significativo). Nos doentes com viabilidade, existe uma relação direta entre a gravidade da disfunção do VE e o benefício do tratamento com revascularização ($p < 0.001$).

Em geral, a cintigrafia e a PET possuem uma alta sensibilidade para detetar a viabilidade do miocárdio, enquanto as técnicas que avaliam a reserva contráctil têm uma sensibilidade ligeiramente menor mas uma especificidade superior. A RMC possui uma maior precisão para avaliar a extensão transmural da cicatriz do miocárdio, mas no que toca a detetar a viabilidade e a prever a recuperação da função ventricular não é superior às outras técnicas ¹⁴. La Canna G. et al ¹⁴⁸ estudaram prospectivamente 28 doentes para avaliar a sensibilidade, especificidade e valores preditivos da ecocardiografia em repouso através da espessura diastólica da parede, ecocardiografia sob *stress* farmacológico com dobutamina e cintigrafia com tálio-201. O espessamento da parede na diástole ≥ 5 mm tem a maior sensibilidade na deteção do miocárdio hibernante (98%, 99% e 100%, imediatamente, 3 e 12 meses após a cirurgia de revascularização, respetivamente), mas uma especificidade muito baixa (24%, 24% e 28%, pela mesma ordem). A ecocardiografia com dobutamina e a cintigrafia apresentam uma sensibilidade semelhante (82%, 79% e 74% para a ecocardiografia com dobutamina e 83%, 81%, e 74% para a cintigrafia) com especificidades ligeiramente diferentes (82%, 72% e 74% para a ecografia com dobutamina; 51%, 46% e 43% para a cintigrafia). A adição individual destes dois métodos à espessura diastólica da parede fornece um bom valor preditivo positivo para recuperação de função após a revascularização (84%, 72% e 76% com a adição da ecografia com dobutamina e 68%, 68% e 69% com a adição da cintigrafia).

Nas tabelas 5 e 6 pode ver-se, em resumo, as principais vantagens e desvantagens das diferentes técnicas de imagem (procedimentos não invasivos) que podem ser usadas para determinar a função ventricular, quer na fase aguda do enfarte do miocárdio, quer na fase de follow-up em que se torna também importante a sua avaliação no sentido de melhor orientar a terapêutica médica e/ou cirúrgica e de estabelecer um prognóstico adaptado a cada momento.

Neste trabalho não foi abordada outra metodologia passível de ser usada para a avaliação da função ventricular, a angiografia/ventriculografia com contraste iodado durante o cateterismo cardíaco, por ser um método invasivo, ter custo elevado, ter baixa acessibilidade e alguns riscos não desprezíveis para além de comportar radiação ionizante considerável (7 milisievers por exame) e ser pouco exequível a repetição da sua realização para apurar a evolução da disfunção ventricular, tantas vezes inevitável no pós enfarte.

CONCLUSÃO

O enfarte agudo do miocárdio, apesar de estar a decrescer, representa uma importante causa de mortalidade e de hospitalização em Portugal e no mundo. Assim sendo, é determinante avaliar de forma precisa o prognóstico e o risco de complicações dos doentes internados com esta patologia. A função ventricular apresenta-se como um dos fatores mais importantes nesta avaliação, uma vez que a sua avaliação prevê com precisão os possíveis *outcomes* do enfarte agudo do miocárdio, ajudando na delineação da estratégia terapêutica de uma forma rápida e possivelmente não invasiva.

A ecocardiografia é o método de eleição para a avaliação da função ventricular esquerda dada a sua acessibilidade e disponibilidade, o seu baixo custo comparativamente às restantes técnicas, a portabilidade, inocuidade e ausência de radiação ionizante, estando validada quer para a fase aguda da doença, quer para o seu *follow up*. Além de informação

diagnóstica importante, o seu uso permite discriminar os doentes que beneficiariam da colocação de um cardiodesfibrilhador implantado.

A ressonância magnética cardíaca é uma alternativa quando a ecocardiografia não é conclusiva. É considerada o *gold standard* para a aquisição de volumes, massas e função sistólica do VE. Apesar das mais recentes inovações e de resultados em grande parte sobreponíveis à RMC, a tomografia computadorizada não possui ainda um papel estabelecido na avaliação da função ventricular, principalmente devido à exposição cumulativa a radiação ionizante que os doentes são submetidos durante os exames.

A viabilidade do miocárdio está significativamente relacionada com a estratégia terapêutica e com a recuperação de função. Também neste aspeto a ecocardiografia em esforço ou sob *stress* farmacológico é primeira escolha na sua avaliação. Os exames de cardiologia nuclear, nomeadamente a cintigrafia e a PET, podem ser utilizados para aumentar a precisão da ecocardiografia ou caso esta não esteja disponível.

Tabela 5: Principais vantagens e desvantagens das técnicas de imagem cardíacas não invasivas e o seu uso na investigação clínica

Técnica	Vantagem	Desvantagem
Ecocardiografia	Largamente disponível, portátil e barata Ausência de radiação Excelente tolerância Extensamente validade	Cálculo da FEVE altamente dependente de um técnico especialista Precisão, exatidão e reprodutibilidade moderadas no cálculo da FEVE e dos volumes ventriculares Maior variabilidade intra e inter observadores
Ressonância Magnética Cardíaca	Ausência de radiação Cálculos altamente precisos, exatos e reprodutíveis Grande resolução espacial Avaliação exata da viabilidade Avaliação do tamanho de enfarte muito exata Baixa variabilidade intra e inter observadores Baixa nefrotoxicidade do meio de contraste	Menos disponível e não portátil Custo elevado das medições da FEVE e dos volumes ventriculares. Menos validade em ensaios clínicos Contra indicada em doentes com PM e CDI
Tomografia Computorizada Multislice (multicortes)	Cálculos da FEVE e volumes ventriculares altamente precisos, exatos e reprodutíveis Avaliação da presença de calcificação e da anatomia das coronárias Baixa variabilidade intra e inter observadores	Presença de radiação Meio de contraste iodado (nefrotóxico) Baixa disponibilidade e não portátil Custo elevado Necessidade de ritmo sinusal e baixa frequência cardíaca Resolução temporal limitada Menos validada em ensaios clínicos
Cintigrafia (SPECT) com ventriculografia e de perfusão	Cálculos da FEVE e volumes ventriculares altamente precisos, exatos e reprodutíveis Amplamente validada Avaliação precisa da viabilidade Moderada disponibilidade Baixa variabilidade intra e inter observadores	Presença de irradiação Medição dos volumes ventriculares via ventriculografia muitas vezes indisponível e complexa

CDI: Cardioversor-Desfibrilhador Implantável; FEVE: Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo; PM: *Pacemaker*. Retirado e adaptado de San Roman JA, Candell-Riera J, Arnold R, Sanchez PL, Aguade-Bruix S, Bermejo J, et al. Quantitative analysis of left ventricular function as a tool in clinical research. Theoretical basis and methodology. *Rev Esp Cardiol.* 2009;62(5):535-51.

Tabela 6: Técnica de escolha para quantificar a FEVE em estudos realizados em diferentes contextos clínicos

	RMC	Cintigrafia	Ecocardiografia ¹	TC	Ventriculografia
Após revascularização	++	++	+	+	+
Terapia Celular	++	++	+	+	+
Ressincronização	–	+	++	–	+

++ Técnica de escolha; + Opcional; – Não indicado. ¹Se a janela não for indicada, o uso de contraste aumenta a precisão e a exatidão e reduz a variabilidade. FEVE: Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo; RMC: Ressonância Magnética Cardíaca; TC: Tomografia Computorizada. Retirado e adaptado de San Roman JA, Candell-Riera J, Arnold R, Sanchez PL, Aguade-Bruix S, Bermejo J, et al. Quantitative analysis of left ventricular function as a tool in clinical research. Theoretical basis and methodology. Rev Esp Cardiol. 2009;62(5):535-51.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer profundamente ao Professor Doutor Vaz da Silva pela motivação, dedicação e empenho na elaboração deste trabalho.

BIBLIOGRAFIA

1. Go AS, Mozaffarian D, Roger VL, Benjamin EJ, Berry JD, Borden WB, et al. Heart Disease and Stroke Statistics--2013 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2012;127(1):e6-e245.
2. Goldberg RJ, Spencer FA, Yarzebski J, Lessard D, Gore JM, Alpert JS, et al. A 25-year perspective into the changing landscape of patients hospitalized with acute myocardial infarction (the Worcester Heart Attack Study). *Am J Cardiol*. 2004;94(11):1373-8.
3. Yeh RW, Sidney S, Chandra M, Sorel M, Selby JV, Go AS. Population trends in the incidence and outcomes of acute myocardial infarction. *N Engl J Med*. 2010;362(23):2155-65.
4. Kim AS, Johnston SC. Global variation in the relative burden of stroke and ischemic heart disease. *Circulation*. 2011;124(3):314-23.
5. Muller-Nordhorn J, Binting S, Roll S, Willich SN. An update on regional variation in cardiovascular mortality within Europe. *Eur Heart J*. 2008;29(10):1316-26.
6. European mortality data base (MDB). World Health Organization Regional Office for Europe. <http://data.euro.who.int/hfamdb/>, access 20 March 2013.
7. Santos JF, Aguiar C, Gavina C, Azevedo P, Morais J. Portuguese Registry of Acute Coronary Syndromes: seven years of activity. *Rev Port Cardiol*. 2009;28(12):1465-500.
8. Cleland JG, Torabi A, Khan NK. Epidemiology and management of heart failure and left ventricular systolic dysfunction in the aftermath of a myocardial infarction. *Heart*. 2005;91 Suppl 2:ii7-13; discussion ii31, ii43-8.
9. Weir RA, McMurray JJ. Epidemiology of heart failure and left ventricular dysfunction after acute myocardial infarction. *Curr Heart Fail Rep*. 2006;3(4):175-80.
10. Weir RA, McMurray JJ, Velazquez EJ. Epidemiology of heart failure and left ventricular systolic dysfunction after acute myocardial infarction: prevalence, clinical characteristics, and prognostic importance. *Am J Cardiol*. 2006;97(10A):13F-25F.
11. Atherton JJ. Screening for left ventricular systolic dysfunction: is imaging a solution? *JACC Cardiovasc Imaging*. 2010;3(4):421-8.
12. Mant J, Doust J, Roalfe A, Barton P, Cowie MR, Glasziou P, et al. Systematic review and individual patient data meta-analysis of diagnosis of heart failure, with modelling of implications of different diagnostic strategies in primary care. *Health Technol Assess*. 2009;13(32):1-207, iii.
13. Velazquez EJ, Francis GS, Armstrong PW, Aylward PE, Diaz R, O'Connor CM, et al. An international perspective on heart failure and left ventricular systolic dysfunction complicating myocardial infarction: the VALIANT registry. *Eur Heart J*. 2004;25(21):1911-9.
14. Steg PG, James SK, Atar D, Badano LP, Blomstrom-Lundqvist C, Borger MA, et al. ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation. *Eur Heart J*. 2012;33(20):2569-619.
15. Dwivedi G, Janardhanan R, Hayat SA, Swinburn JM, Senior R. Prognostic value of myocardial viability detected by myocardial contrast echocardiography early after acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2007;50(4):327-34.
16. Moller JE, Hillis GS, Oh JK, Reeder GS, Gersh BJ, Pellikka PA. Wall motion score index and ejection fraction for risk stratification after acute myocardial infarction. *Am Heart J*. 2006;151(2):419-25.
17. Kalinauskiene E, Naudziunas A, Navickas R, Vaicekavicius E, Pilvinis V, Jankauskiene L, et al. Prediction of improvement in left ventricular function during a 1-year follow-up after acute myocardial infarction by the degree of acute resolution of electrocardiographic changes. *J Electrocardiol*. 2007;40(5):416-21.

18. Shanks M, Ng AC, van de Veire NR, Antoni ML, Bertini M, Delgado V, et al. Incremental prognostic value of novel left ventricular diastolic indexes for prediction of clinical outcome in patients with ST-elevation myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 2010;105(5):592-7.
19. Bodi V, Sanchis J, Nunez J, Mainar L, Lopez-Lereu MP, Monmeneu JV, et al. Prognostic value of a comprehensive cardiac magnetic resonance assessment soon after a first ST-segment elevation myocardial infarction. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2009;2(7):835-42.
20. Antoni ML, Mollema SA, Delgado V, Atary JZ, Borleffs CJ, Boersma E, et al. Prognostic importance of strain and strain rate after acute myocardial infarction. *Eur Heart J.* 2010;31(13):1640-7.
21. Norris RM, White HD, Cross DB, Wild CJ, Whitlock RM. Prognosis after recovery from myocardial infarction: the relative importance of cardiac dilatation and coronary stenoses. *Eur Heart J.* 1992;13(12):1611-8.
22. Bosch X, Theroux P. Left ventricular ejection fraction to predict early mortality in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndromes. *Am Heart J.* 2005;150(2):215-20.
23. Chuang ML, Hibberd MG, Salton CJ, Beaudin RA, Riley MF, Parker RA, et al. Importance of imaging method over imaging modality in noninvasive determination of left ventricular volumes and ejection fraction: assessment by two- and three-dimensional echocardiography and magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol.* 2000;35(2):477-84.
24. Jenkins C, Bricknell K, Chan J, Hanekom L, Marwick TH. Comparison of two- and three-dimensional echocardiography with sequential magnetic resonance imaging for evaluating left ventricular volume and ejection fraction over time in patients with healed myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 2007;99(3):300-6.
25. Jenkins C, Bricknell K, Hanekom L, Marwick TH. Reproducibility and accuracy of echocardiographic measurements of left ventricular parameters using real-time three-dimensional echocardiography. *J Am Coll Cardiol.* 2004;44(4):878-86.
26. Greupner J, Zimmermann E, Grohmann A, Dubel HP, Althoff TF, Borges AC, et al. Head-to-head comparison of left ventricular function assessment with 64-row computed tomography, biplane left cineventriculography, and both 2- and 3-dimensional transthoracic echocardiography: comparison with magnetic resonance imaging as the reference standard. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59(21):1897-907.
27. Hendel RC, Patel MR, Kramer CM, Poon M, Carr JC, Gerstad NA, et al. ACCF/ACR/SCCT/SCMR/ASNC/NASCI/SCAI/SIR 2006 appropriateness criteria for cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging: a report of the American College of Cardiology Foundation Quality Strategic Directions Committee Appropriateness Criteria Working Group, American College of Radiology, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, American Society of Nuclear Cardiology, North American Society for Cardiac Imaging, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Interventional Radiology. *J Am Coll Cardiol.* 2006;48(7):1475-97.
28. Gerber TC, Carr JJ, Arai AE, Dixon RL, Ferrari VA, Gomes AS, et al. Ionizing radiation in cardiac imaging: a science advisory from the American Heart Association Committee on Cardiac Imaging of the Council on Clinical Cardiology and Committee on Cardiovascular Imaging and Intervention of the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention. *Circulation.* 2009;119(7):1056-65.
29. Mettler FA, Jr., Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog. *Radiology.* 2008;248(1):254-63.
30. Curtis JP, Sokol SI, Wang Y, Rathore SS, Ko DT, Jadbabaie F, et al. The association of left ventricular ejection fraction, mortality, and cause of death in stable outpatients with heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 2003;42(4):736-42.
31. Nagueh SF, Vaduganathan P, Ali N, Blaustein A, Verani MS, Winters WL, Jr., et al. Identification of hibernating myocardium: comparative accuracy of myocardial contrast

- echocardiography, rest-redistribution thallium-201 tomography and dobutamine echocardiography. *J Am Coll Cardiol.* 1997;29(5):985-93.
32. Bax JJ, Poldermans D, Elhendy A, Cornel JH, Boersma E, Rambaldi R, et al. Improvement of left ventricular ejection fraction, heart failure symptoms and prognosis after revascularization in patients with chronic coronary artery disease and viable myocardium detected by dobutamine stress echocardiography. *J Am Coll Cardiol.* 1999;34(1):163-9.
 33. Cwajg J, Cwajg E, Nagueh S, He Z, Qureshi U, Olmos L, et al. End-diastolic wall thickness as a predictor of recovery of function in myocardial hibernation: relation to rest-redistribution Tl-201 tomography and dobutamine stress echocardiography. *J Am Coll Cardiol.* 2000;35(5):1152-61.
 34. Gorcsan J, 3rd, Strum DP, Mandarino WA, Gulati VK, Pinsky MR. Quantitative assessment of alterations in regional left ventricular contractility with color-coded tissue Doppler echocardiography. Comparison with sonomicrometry and pressure-volume relations. *Circulation.* 1997;95(10):2423-33.
 35. Derumeaux G, Ovize M, Loufoua J, Andre-Fouet X, Minaire Y, Cribier A, et al. Doppler tissue imaging quantitates regional wall motion during myocardial ischemia and reperfusion. *Circulation.* 1998;97(19):1970-7.
 36. Reisner SA, Lysyansky P, Agmon Y, Mutlak D, Lessick J, Friedman Z. Global longitudinal strain: a novel index of left ventricular systolic function. *J Am Soc Echocardiogr.* 2004;17(6):630-3.
 37. Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, Belohlavek M, Cardim NM, Derumeaux G, et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2011;12(3):167-205.
 38. Edvardsen T, Skulstad H, Aakhus S, Urheim S, Ihlen H. Regional myocardial systolic function during acute myocardial ischemia assessed by strain Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37(3):726-30.
 39. Vartdal T, Brunvand H, Pettersen E, Smith HJ, Lyseggen E, Helle-Valle T, et al. Early prediction of infarct size by strain Doppler echocardiography after coronary reperfusion. *J Am Coll Cardiol.* 2007;49(16):1715-21.
 40. Gjesdal O, Helle-Valle T, Hopp E, Lunde K, Vartdal T, Aakhus S, et al. Noninvasive separation of large, medium, and small myocardial infarcts in survivors of reperfused ST-elevation myocardial infarction: a comprehensive tissue Doppler and speckle-tracking echocardiography study. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2008;1(3):189-96, 2 p following 96.
 41. Thibault H, Derumeaux G. Assessment of myocardial ischemia and viability using tissue Doppler and deformation imaging: the lessons from the experimental studies. *Arch Cardiovasc Dis.* 2008;101(1):61-8.
 42. Janardhanan R, Swinburn JMA, Greaves K, Senior R. Usefulness of myocardial contrast echocardiography using low-power continuous imaging early after acute myocardial infarction to predict late functional left ventricular recovery. *Am J Cardiol.* 2003;92(5):493-7.
 43. Janardhanan R, Moon JC, Pennell DJ, Senior R. Myocardial contrast echocardiography accurately reflects transmural myocardial necrosis and predicts contractile reserve after acute myocardial infarction. *Am Heart J.* 2005;149(2):355-62.
 44. Hillis GS, Mulvagh SL, Pellikka PA, Hagen ME, Gunda M, Wright RS, et al. Comparison of intravenous myocardial contrast echocardiography and low-dose dobutamine echocardiography for predicting left ventricular functional recovery following acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 2003;92(5):504-8.
 45. Senior R, Swinburn J. Incremental value of myocardial contrast echocardiography for the prediction of recovery of function in dobutamine non-responsive myocardium early after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 2003;91(4):397-402.

46. Main ML, Magalski A, Kusnetzky LL, Morris BA, Jones PG. Usefulness of myocardial contrast echocardiography in predicting global left ventricular functional recovery after anterior wall acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 2004;94(3):340-2.
47. Gopal AS, Shen Z, Sapin PM, Keller AM, Schnellbaecher MJ, Leibowitz DW, et al. Assessment of cardiac function by three-dimensional echocardiography compared with conventional noninvasive methods. *Circulation.* 1995;92(4):842-53.
48. Gottdiener J, Livengood S, Meyer P, Chase G. Should echocardiography be performed to assess effects of antihypertensive therapy? Test-retest reliability of echocardiography for measurement of left ventricular mass and function. *J Am Coll Cardiol.* 1995;25(2):424-30.
49. Kleijn SA, Aly MF, Terwee CB, van Rossum AC, Kamp O. Reliability of left ventricular volumes and function measurements using three-dimensional speckle tracking echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2012;13(2):159-68.
50. Kleijn SA, Aly MF, Terwee CB, van Rossum AC, Kamp O. Three-dimensional speckle tracking echocardiography for automatic assessment of global and regional left ventricular function based on area strain. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24(3):314-21.
51. Dorosz JL, Lezotte DC, Weitzenkamp DA, Allen LA, Salcedo EE. Performance of 3-dimensional echocardiography in measuring left ventricular volumes and ejection fraction: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59(20):1799-808.
52. Bansal M, Leano RL, Marwick TH. Clinical assessment of left ventricular systolic torsion: effects of myocardial infarction and ischemia. *J Am Soc Echocardiogr.* 2008;21(8):887-94.
53. Geyer H, Caracciolo G, Abe H, Wilansky S, Carerj S, Gentile F, et al. Assessment of myocardial mechanics using speckle tracking echocardiography: fundamentals and clinical applications. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23(4).
54. Takeuchi M, Nishikage T, Nakai H, Kokumai M, Otani S, Lang RM. The assessment of left ventricular twist in anterior wall myocardial infarction using two-dimensional speckle tracking imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2007;20(1):36-44.
55. Kukulski T, Jamal F, Herbots L, D'hooge J, Bijnens B, Hatle L, et al. Identification of acutely ischemic myocardium using ultrasonic strain measurements. *J Am Coll Cardiol.* 2003;41(5):810-9.
56. Amundsen BH, Helle-Valle T, Edvardsen T, Torp H, Crosby J, Lyseggen E, et al. Noninvasive myocardial strain measurement by speckle tracking echocardiography: validation against sonomicrometry and tagged magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol.* 2006;47(4):789-93.
57. Becker M, Bilke E, Kuhl H, Katoh M, Kramann R, Franke A, et al. Analysis of myocardial deformation based on pixel tracking in two dimensional echocardiographic images enables quantitative assessment of regional left ventricular function. *Heart.* 2006;92(8):1102-8.
58. Reant P, Barbot L, Touche C, Dijos M, Arsac F, Pillois X, et al. Evaluation of global left ventricular systolic function using three-dimensional echocardiography speckle-tracking strain parameters. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25(1):68-79.
59. Grover S, Srinivasan G, Selvanayagam JB. Evaluation of myocardial viability with cardiac magnetic resonance imaging. *Prog Cardiovasc Dis.* 2011;54(3):204-14.
60. Hundley WG. Magnetic Resonance Imaging Determination of Cardiac Prognosis. *Circulation.* 2002;106(18):2328-33.
61. Cerqueira MD. Standardized Myocardial Segmentation and Nomenclature for Tomographic Imaging of the Heart: A Statement for Healthcare Professionals From the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation.* 2002;105(4):539-42.
62. Thiele H, Nagel E, Paetsch I, Schnackenburg B, Bornstedt A, Kouwenhoven M, et al. Functional cardiac MR imaging with steady-state free precession (SSFP) significantly improves endocardial border delineation without contrast agents. *J Magn Reson Im.* 2001;14(4):362-7.
63. Ganame J, Messalli G, Masci PG, Dymarkowski S, Abbasi K, Van de Werf F, et al. Time course of infarct healing and left ventricular remodelling in patients with reperfused ST

- segment elevation myocardial infarction using comprehensive magnetic resonance imaging. *Eur Radiol.* 2011;21(4):693-701.
64. Ichikawa Y, Sakuma H, Kitagawa K, Ishida N, Takeda K, Uemura S, et al. Evaluation of left ventricular volumes and ejection fraction using fast steady-state cine MR imaging: Comparison with left ventricular angiography. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2003;5(2):333-42.
65. Persson E, Carlsson M, Palmer J, Pahlm O, Arheden H. Evaluation of left ventricular volumes and ejection fraction by automated gated myocardial SPECT versus cardiovascular magnetic resonance. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2005;25(3):135-41.
66. Nowosielski M, Schocke M, Mayr A, Pedarnig K, Klug G, Kohler A, et al. Comparison of wall thickening and ejection fraction by cardiovascular magnetic resonance and echocardiography in acute myocardial infarction. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2009;11:22.
67. Filipchuk NG, Peshock RM, Malloy CR, Corbett JR, Rehr RB, Buja LM, et al. Detection and localization of recent myocardial infarction by magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol.* 1986;58(3):214-9.
68. Baer FM, Theissen P, Schneider CA, Voth E, Sechtem U, Schicha H, et al. Dobutamine magnetic resonance imaging predicts contractile recovery of chronically dysfunctional myocardium after successful revascularization. *J Am Coll Cardiol.* 1998;31(5):1040-8.
69. Krittayaphong R, Laksanabunsong P, Maneesai A, Saiviroonporn P, Udompunturak S, Chaithiraphan V. Comparison of cardiovascular magnetic resonance of late gadolinium enhancement and diastolic wall thickness to predict recovery of left ventricular function after coronary artery bypass surgery. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2008;10:41.
70. Gotte MJ, van Rossum AC, Twisk JWR, Kuijjer JPA, Marcus JT, Visser CA. Quantification of regional contractile function after infarction: strain analysis superior to wall thickening analysis in discriminating infarct from remote myocardium. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37(3):808-17.
71. Bogaert J, Rademakers FE. Regional nonuniformity of normal adult human left ventricle. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2001;280(2):H610-20.
72. Paetsch I, Jahnke C, Ferrari VA, Rademakers FE, Pellikka PA, Hundley WG, et al. Determination of interobserver variability for identifying inducible left ventricular wall motion abnormalities during dobutamine stress magnetic resonance imaging. *Eur Heart J.* 2006;27(12):1459-64.
73. Dall'Armellina E, Morgan TM, Mandapaka S, Ntim W, Carr JJ, Hamilton CA, et al. Prediction of cardiac events in patients with reduced left ventricular ejection fraction with dobutamine cardiovascular magnetic resonance assessment of wall motion score index. *J Am Coll Cardiol.* 2008;52(4):279-86.
74. Baks T, van Geuns RJ, Biagini E, Wielopolski P, Mollet NR, Cademartiri F, et al. Recovery of left ventricular function after primary angioplasty for acute myocardial infarction. *Eur Heart J.* 2005;26(11):1070-7.
75. Orn S, Manhenke C, Anand IS, Squire I, Nagel E, Edvardsen T, et al. Effect of left ventricular scar size, location, and transmural extent on left ventricular remodeling with healed myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 2007;99(8):1109-14.
76. Wu E, Judd RM, Vargas JD, Klocke FJ, Bonow RO, Kim RJ. Visualisation of presence, location, and transmural extent of healed Q-wave and non-Q-wave myocardial infarction. *The Lancet.* 2001;357(9249):21-8.
77. Gerber BL. Accuracy of Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging in Predicting Improvement of Regional Myocardial Function in Patients After Acute Myocardial Infarction. *Circulation.* 2002;106(9):1083-9.
78. Engblom H, Hedstrom E, Heiberg E, Wagner GS, Pahlm O, Arheden H. Rapid initial reduction of hyperenhanced myocardium after reperfused first myocardial infarction suggests recovery of the peri-infarction zone: one-year follow-up by MRI. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2009;2(1):47-55.

79. Choi KM, Kim RJ, Gubernikoff G, Vargas JD, Parker M, Judd RM. Transmural Extent of Acute Myocardial Infarction Predicts Long-Term Improvement in Contractile Function. *Circulation*. 2001;104(10):1101-7.
80. Kim RJ, Wu E, Rafael A, Chen EL, Parker MA, Simonetti O, et al. The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. *N Engl J Med*. 2000;343(20):1445-53.
81. Yan AT, Shayne AJ, Brown KA, Gupta SN, Chan CW, Luu TM, et al. Characterization of the peri-infarct zone by contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging is a powerful predictor of post-myocardial infarction mortality. *Circulation*. 2006;114(1):32-9.
82. Fuisz AR, Pohost GM, Manning WJ, Yeon SB. Clinical utility of cardiovascular magnetic resonance imaging. In: UpToDate Basow DS, editor. Waltham, MA: UpToDate; 2013.
83. Shan K, Constantine G, Sivananthan M, Flamm SD. Role of cardiac magnetic resonance imaging in the assessment of myocardial viability. *Circulation*. 2004;109(11):1328-34.
84. Allman KC, Shaw LJ, Hachamovitch R, Udelson JE. Myocardial viability testing and impact of revascularization on prognosis in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39(7):1151-8.
85. Lee DC, Simonetti OP, Harris KR, Holly TA, Judd RM, Wu E, et al. Magnetic resonance versus radionuclide pharmacological stress perfusion imaging for flow-limiting stenoses of varying severity. *Circulation*. 2004;110(1):58-65.
86. Schwitter J, Wacker CM, van Rossum AC, Lombardi M, Al-Saadi N, Ahlstrom H, et al. MR-IMPACT: comparison of perfusion-cardiac magnetic resonance with single-photon emission computed tomography for the detection of coronary artery disease in a multicentre, multivendor, randomized trial. *Eur Heart J*. 2008;29(4):480-9.
87. Florian A, Jurcut R, Ghingina C, Bogaert J. Cardiac magnetic resonance imaging in ischemic heart disease: a clinical review. *J Med Life*. 2011;4(4):330-45.
88. Nagel E, Lehmkühl H, Bocksch W, Klein C, Vogel U, Frantz E, et al. Noninvasive diagnosis of ischemia-induced wall motion abnormalities with the use of high-dose dobutamine stress MRI: comparison with dobutamine stress echocardiography. *Circulation*. 1999;99(6):763-70.
89. Pennel DJ, Sechtem UP, Prasad S, Rademakers FE. Cardiovascular Magnetic Resonance. In: The ESC Textbook of Cardiovascular Medicine Camm AJ, Luscher TF, Serruys PW, editors. 2009. p. 147-85.
90. Mahnken AH, Muhlenbruch G, Koos R, Stanzel S, Busch PS, Niethammer M, et al. Automated vs. manual assessment of left ventricular function in cardiac multidetector row computed tomography: comparison with magnetic resonance imaging. *Eur Radiol*. 2006;16(7):1416-23.
91. Mahnken AH, Koos R, Katoh M, Spuentrup E, Busch P, Wildberger JE, et al. Sixteen-slice spiral CT versus MR imaging for the assessment of left ventricular function in acute myocardial infarction. *Eur Radiol*. 2005;15(4):714-20.
92. Dewey M, Muller M, Teige F, Hamm B. Evaluation of a semiautomatic software tool for left ventricular function analysis with 16-slice computed tomography. *Eur Radiol*. 2006;16(1):25-31.
93. Belge B, Coche E, Pasquet A, Vanoverschelde J, Gerber B. Accurate estimation of global and regional cardiac function by retrospectively gated multidetector row computed tomography: comparison with cine magnetic resonance imaging. *Eur Radiol*. 2006;16(7):1424-33.
94. Schlosser T, Mohrs OK, Magedanz A, Voigtlander T, Schmermund A, Barkhausen J. Assessment of left ventricular function and mass in patients undergoing computed tomography (CT) coronary angiography using 64-Detector-Row CT: Comparison to magnetic resonance imaging. *Acta Radiol*. 2007;48(1):30-5.

95. Kim TH, Ryu YH, Hur J, Kim SJ, Kim HS, Choi BW, et al. Evaluation of right ventricular volume and mass using retrospective ECG-gated cardiac multidetector computed tomography: comparison with first-pass radionuclide angiography. *Eur Radiol.* 2005;15(9):1987-93.
96. Nikolaou K, Knez A, Sagmeister S, Wintersperger BJ, Boekstegers P, Steinbeck G, et al. Assessment of myocardial infarctions using multidetector-row computed tomography. *J Comput Assist Tomo.* 2004;28(2):286-92.
97. Wada H, Kobayashi Y, Yasu T, Tsukamoto Y, Kobayashi N, Ishida T, et al. Multi-detector computed tomography for imaging of subendocardial infarction: prediction of wall motion recovery after reperfused anterior myocardial infarction. *Circ J.* 2004;68(5):512-4.
98. Mahnken AH, Koos R, Katoh M, Wildberger JE, Spuentrup E, Buecker A, et al. Assessment of myocardial viability in reperfused acute myocardial infarction using 16-slice computed tomography in comparison to magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol.* 2005;45(12):2042-7.
99. Kurata A, Mochizuki T, Koyama Y, Haraikawa T, Suzuki J, Shigematsu Y, et al. Myocardial perfusion imaging using adenosine triphosphate stress multi-slice spiral computed tomography - Alternative to stress myocardial perfusion scintigraphy. *Circulation Journal.* 2005;69(5):550-7.
100. Mahnken AH, Muhlenbruch G, Gunther RW, Wildberger JE. CT imaging of myocardial viability: experimental and clinical evidence. *Cardiovasc J Afr.* 2007;18(3):169-74.
101. Nieman K, Shapiro MD, Ferencik M, Nomura CH, Abbara S, Hoffmann U, et al. Reperfused myocardial infarction: contrast-enhanced 64-Section CT in comparison to MR imaging. *Radiology.* 2008;247(1):49-56.
102. Koyama Y, Matsuoka H, Mochizuki T, Higashino H, Kawakami H, Nakata S, et al. Assessment of reperfused acute myocardial infarction with two-phase contrast-enhanced helical CT: prediction of left ventricular function and wall thickness. *Radiology.* 2005;235(3):804-11.
103. Kloner RA, Ganote CE, Jennings RB. The "no-reflow" phenomenon after temporary coronary occlusion in the dog. *J Clin Invest.* 1974;54(6):1496-508.
104. Engler RL, Schmid-Schonbein GW, Pavelec RS. Leukocyte capillary plugging in myocardial ischemia and reperfusion in the dog. *Am J Pathol.* 1983;111(1):98-111.
105. Niccoli G, Burzotta F, Galiuto L, Crea F. Myocardial no-reflow in humans. *J Am Coll Cardiol.* 2009;54(4):281-92.
106. Bekkers SC, Yazdani SK, Virmani R, Waltenberger J. Microvascular obstruction: underlying pathophysiology and clinical diagnosis. *J Am Coll Cardiol.* 2010;55(16):1649-60.
107. Lessick J, Dragu R, Mutlak D, Rispler S, Beyar R, Litmanovich D, et al. Is functional improvement after myocardial infarction predicted with myocardial enhancement patterns at multidetector CT? *Radiology.* 2007;244(3):736-44.
108. Lessick J, Abadi S, Agmon Y, Keidar Z, Carasso S, Aronson D, et al. Multidetector computed tomography predictors of late ventricular remodeling and function after acute myocardial infarction. *Eur J Radiol.* 2012;81(10):2648-57.
109. Wilson PWF, D'Agostino RB, Levy D, Belanger AM, Silbershatz H, Kannel WB. Prediction of coronary heart disease using risk factor categories. *Circulation.* 1998;97(18):1837-47.
110. Hulten EA, Carbonaro S, Petrillo SP, Mitchell JD, Villines TC. Prognostic value of cardiac computed tomography angiography: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2011;57(10):1237-47.
111. Brodoefel H, Kramer U, Reimann A, Burgstahler C, Schroeder S, Kopp A, et al. Dual-source CT with improved temporal resolution in assessment of left ventricular function: a pilot study. *AJR Am J Roentgenol.* 2007;189(5):1064-70.
112. Bonow RO. Identification of viable myocardium. *Circulation.* 1996;94(11):2674-80.
113. Perrone-Filardi P, Pace L, Prastaro M, Squame F, Betocchi S, Soricelli A, et al. Assessment of myocardial viability in patients with chronic coronary artery disease. *Rest-4-*

- hour-24-hour 201Tl tomography versus dobutamine echocardiography. *Circulation*. 1996;94(11):2712-9.
114. Kauffman GJ, Boyne TS, Watson DD, Smith WH, Beller GA. Comparison of rest thallium-201 imaging and rest technetium-99m sestamibi imaging for assessment of myocardial viability in patients with coronary artery disease and severe left ventricular dysfunction. *J Am Coll Cardiol*. 1996;27(7):1592-7.
115. Dilsizian V, Arrighi JA, Diodati JG, Quyyumi AA, Alavi K, Bacharach SL, et al. Myocardial viability in patients with chronic coronary artery disease. Comparison of 99mTc-sestamibi with thallium reinjection and [18F]fluorodeoxyglucose. *Circulation*. 1994;89(2):578-87.
116. Sciagra R, Bisi G, Santoro GM, Agnolucci M, Zoccarato O, Fazzini PF. Influence of the assessment of defect severity and intravenous nitrate administration during tracer injection on the detection of viable hibernating myocardium with data-based quantitative technetium 99m-labeled sestamibi single-photon emission computed tomography. *J Nucl Cardiol*. 1996;3(3):221-30.
117. Stollfuss JC, Haas F, Matsunari I, Neverve J, Nekolla S, Schneider-Eicke J, et al. Regional myocardial wall thickening and global ejection fraction in patients with low angiographic left ventricular ejection fraction assessed by visual and quantitative resting ECG-gated 99mTc-tetrofosmin single-photon emission tomography and magnetic resonance imaging. *Eur J Nucl Med*. 1998;25(5):522-30.
118. Ficaro EP, Quaife RA, Kritzman JN, Corbett JR. Accuracy and reproducibility of 3D-MSPECT for estimating left ventricular ejection fraction in patients with severe perfusion abnormalities. *Circulation*. 1999;100(18):26-.
119. Cwajg E, Cwajg J, Keng F, He ZX, Nagueh S, Verani MS. Comparison of global and regional left ventricular function assessed by gated-SPECT and 2-D echocardiography. *Rev Port Cardiol*. 2000;19 Suppl 1:139-46.
120. Cwajg E, Cwajg J, He ZX, Hwang WS, Keng F, Nagueh SF, et al. Gated myocardial perfusion tomography for the assessment of left ventricular function and volumes: comparison with echocardiography. *J Nucl Med*. 1999;40(11):1857-65.
121. Schaefer WM, Lipke CS, Standke D, Kuhl HP, Nowak B, Kaiser HJ, et al. Quantification of left ventricular volumes and ejection fraction from gated 99mTc-MIBI SPECT: MRI validation and comparison of the Emory Cardiac Tool Box with QGS and 4D-MSPECT. *J Nucl Med*. 2005;46(8):1256-63.
122. Lee KL, Pryor DB, Pieper KS, Harrell FE, Jr., Califf RM, Mark DB, et al. Prognostic value of radionuclide angiography in medically treated patients with coronary artery disease. A comparison with clinical and catheterization variables. *Circulation*. 1990;82(5):1705-17.
123. Borges-Neto S, Shaw LJ, Kesler K, Sell T, Peterson ED, Coleman RE, et al. Usefulness of serial radionuclide angiography in predicting cardiac death after coronary artery bypass grafting and comparison with clinical and cardiac catheterization data. *Am J Cardiol*. 1997;79(7):851-5.
124. Borges-Neto S, Shaw LK, Tuttle RH, Alexander JH, Smith WTt, Chambless M, et al. Incremental prognostic power of single-photon emission computed tomographic myocardial perfusion imaging in patients with known or suspected coronary artery disease. *Am J Cardiol*. 2005;95(2):182-8.
125. Liao L, Smith WTt, Tuttle RH, Shaw LK, Coleman RE, Borges-Neto S. Prediction of death and nonfatal myocardial infarction in high-risk patients: a comparison between the Duke treadmill score, peak exercise radionuclide angiography, and SPECT perfusion imaging. *J Nucl Med*. 2005;46(1):5-11.
126. Travin MI, Heller GV, Johnson LL, Katten D, Ahlberg AW, Isasi CR, et al. The prognostic value of ECG-gated SPECT imaging in patients undergoing stress Tc-99m sestamibi myocardial perfusion imaging. *J Nucl Cardiol*. 2004;11(3):253-62.
127. Petix NR, Sestini S, Coppola A, Marcucci G, Nassi F, Taiti A, et al. Prognostic value of combined perfusion and function by stress technetium-99m sestamibi gated SPECT myocardial

- perfusion imaging in patients with suspected or known coronary artery disease. *Am J Cardiol.* 2005;95(11):1351-7.
128. Nakajima K, Kusuoka H, Nishimura S, Yamashina A, Nishimura T. Prognostic value of myocardial perfusion and ventricular function in a Japanese multicenter cohort study (J-ACCESS): the first-year total events and hard events. *Ann Nucl Med.* 2009;23(4):373-81.
129. Gimelli A, Rossi G, Landi P, Marzullo P, Iervasi G, L'Abbate A, et al. Stress/Rest Myocardial Perfusion Abnormalities by Gated SPECT: Still the Best Predictor of Cardiac Events in Stable Ischemic Heart Disease. *J Nucl Med.* 2009;50(4):546-53.
130. Leoncini M, Sciagra R, Bellandi F, Maioli M, Sestini S, Marcucci G, et al. Low-dose dobutamine nitrate-enhanced technetium 99m sestamibi gated SPECT versus low-dose dobutamine echocardiography for detecting reversible dysfunction in ischemic cardiomyopathy. *J Nucl Cardiol.* 2002;9(4):402-6.
131. Taki J, Matsunari I. Metabolic imaging using SPECT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2007;34 Suppl 1:S34-48.
132. Biswas SK, Sarai M, Yamada A, Motoyama S, Harigaya H, Hara T, et al. Fatty acid metabolism and myocardial perfusion imaging for the evaluation of global left ventricular dysfunction following acute myocardial infarction: comparisons with echocardiography. *Int J Cardiol.* 2010;138(3):290-9.
133. Yamagishi H, Shirai N, Yoshiyama M, Teragaki M, Akioka K, Takeuchi K, et al. Incremental value of left ventricular ejection fraction for detection of multivessel coronary artery disease in exercise (201)Tl gated myocardial perfusion imaging. *J Nucl Med.* 2002;43(2):131-9.
134. Ward RP, Gundeck EL, Lang RM, Spencer KT, Williams KA. Overestimation of postischemic myocardial stunning on gated SPECT imaging: correlation with echocardiography. *J Nucl Cardiol.* 2006;13(4):514-20.
135. Underwood SR, Bax JJ, vom Dahl J, Henein MY, Knuuti J, van Rossum AC, et al. Imaging techniques for the assessment of myocardial hibernation. Report of a Study Group of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J.* 2004;25(10):815-36.
136. Kitsiou AN, Bacharach SL, Bartlett ML, Srinivasan G, Summers RM, Quyyumi AA, et al. ¹³N-ammonia myocardial blood flow and uptake: relation to functional outcome of asynergic regions after revascularization. *J Am Coll Cardiol.* 1999;33(3):678-86.
137. Marshall RC, Tillisch JH, Phelps ME, Huang SC, Carson R, Henze E, et al. Identification and differentiation of resting myocardial ischemia and infarction in man with positron computed tomography, ¹⁸F-labeled fluorodeoxyglucose and N-¹³ ammonia. *Circulation.* 1983;67(4):766-78.
138. Tillisch J, Brunken R, Marshall R, Schwaiger M, Mandelkern M, Phelps M, et al. Reversibility of cardiac wall-motion abnormalities predicted by positron tomography. *N Engl J Med.* 1986;314(14):884-8.
139. Dilsizian V, Bacharach SL, Beanlands SR, Bergmann SR, Delbeke D, Fischman AJ, et al. ASNC imaging guidelines for nuclear cardiology procedures: PET myocardial perfusion and metabolism clinical imaging. *J Nucl Cardiol.* 2009;16(4).
140. Gould KL, Yoshida K, Hess MJ, Haynie M, Mullani N, Smalling RW. Myocardial metabolism of fluorodeoxyglucose compared to cell membrane integrity for the potassium analogue rubidium-82 for assessing infarct size in man by PET. *J Nucl Med.* 1991;32(1):1-9.
141. Yoshinaga K, Chow BJ, Williams K, Chen L, deKemp RA, Garrard L, et al. What is the prognostic value of myocardial perfusion imaging using rubidium-82 positron emission tomography? *J Am Coll Cardiol.* 2006;48(5):1029-39.
142. Dorbala S, Di Carli MF, Beanlands RS, Merhige ME, Williams BA, Veledar E, et al. Prognostic value of stress myocardial perfusion positron emission tomography: results from a multicenter observational registry. *J Am Coll Cardiol.* 2013;61(2):176-84.

143. vom Dahl J, Eitzman DT, al-Aouar ZR, Kanter HL, Hicks RJ, Deeb GM, et al. Relation of regional function, perfusion, and metabolism in patients with advanced coronary artery disease undergoing surgical revascularization. *Circulation*. 1994;90(5):2356-66.
144. Srinivasan G, Kitsiou AN, Bacharach SL, Bartlett ML, Miller-Davis C, Dilsizian V. [18F]fluorodeoxyglucose single photon emission computed tomography: can it replace PET and thallium SPECT for the assessment of myocardial viability? *Circulation*. 1998;97(9):843-50.
145. Marin-Neto JA, Dilsizian V, Arrighi JA, Perrone-Filardi P, Bacharach SL, Bonow RO. Thallium scintigraphy compared with 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography for assessing myocardial viability in patients with moderate versus severe left ventricular dysfunction. *Am J Cardiol*. 1998;82(9):1001-7.
146. Beanlands RS, Ruddy TD, deKemp RA, Iwanochko RM, Coates G, Freeman M, et al. Positron emission tomography and recovery following revascularization (PARR-1): the importance of scar and the development of a prediction rule for the degree of recovery of left ventricular function. *J Am Coll Cardiol*. 2002;40(10):1735-43.
147. O'Gara PT, Kushner FG, Ascheim DD, Casey DE, Jr., Chung MK, de Lemos JA, et al. 2013 ACCF/AHA Guideline for the Management of ST-Elevation Myocardial Infarction: A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2013;61(4):e78-e140.
148. La Canna G, Rahimtoola SH, Visioli O, Giubbini R, Alfieri O, Zognio M, et al. Sensitivity, specificity, and predictive accuracies of non-invasive tests, singly and in combination, for diagnosis of hibernating myocardium. *Eur Heart J*. 2000;21(16):1358-67.

ANEXO(S)

Normas de publicação da Revista Portuguesa de Cardiologia

A Revista Portuguesa de Cardiologia, órgão oficial da Sociedade Portuguesa de Cardiologia, é uma publicação científica internacional destinada ao estudo das doenças cardiovasculares.

Publica artigos em português na sua edição em papel e em português e inglês na sua edição online, sobre todas as áreas da Medicina Cardiovascular. Se os artigos são publicados apenas em inglês, esta versão surgirá simultaneamente em papel e online. Inclui regularmente artigos originais sobre investigação clínica ou básica, revisões temáticas, casos clínicos, imagens em cardiologia, comentários editoriais e cartas ao editor. Para consultar as edições online deverá aceder através do link www.revportcardiol.org.

Todos os artigos são avaliados antes de serem aceites para publicação por peritos designados pelos Editores (peer review). A submissão de um artigo à Revista Portuguesa de Cardiologia implica que este nunca tenha sido publicado e que não esteja a ser avaliado para publicação noutra revista.

Os trabalhos submetidos para publicação são propriedade da Revista Portuguesa de Cardiologia e a sua reprodução total ou parcial deverá ser convenientemente autorizada. Todos os autores deverão enviar a Declaração de Originalidade, conferindo esses direitos à RPC, na altura em que os artigos são aceites para publicação.

Envio de manuscritos

Os manuscritos para a Revista Portuguesa de Cardiologia são enviados através do link <http://www.ees.elsevier.com/repc>. Para enviar um manuscrito, é apenas necessário aceder ao referido link e seguir todas as instruções que surgem.

Responsabilidades Éticas

Os autores dos artigos aceitam a responsabilidade definida pelo Comité Internacional dos Editores das Revistas Médicas (consultar www.icmje.org).

Os trabalhos submetidos para publicação na Revista Portuguesa de Cardiologia devem respeitar as recomendações internacionais sobre investigação clínica (Declaração de Helsinquia da Associação Médica Mundial, revista recentemente) e com animais de laboratório (Sociedade Americana de Fisiologia). Os estudos aleatorizados deverão seguir as normas CONSORT.

Informação sobre autorizações

A publicação de fotografias ou de dados dos doentes não devem identificar os mesmos. Em todos os casos, os autores devem apresentar o consentimento escrito por parte do doente que autorize a sua publicação, reprodução e divulgação em papel e na Revista Portuguesa de Cardiologia. Do mesmo modo os autores são responsáveis por obter as respectivas autorizações para reproduzir na Revista Portuguesa de Cardiologia todo o material (texto, tabelas ou figuras) previamente publicado. Estas autorizações devem ser solicitadas ao autor e à editora que publicou o referido material.

Conflito de interesses

Cada um dos autores deverá indicar no seu artigo se existe ou não qualquer tipo de Conflito de Interesses.

Declaração de originalidade

O autor deverá enviar uma declaração de originalidade. Ver anexo I

Protecção de dados

Os dados de carácter pessoal que se solicitam vão ser tratados num ficheiro automatizado da Sociedade Portuguesa de Cardiologia (SPC) com a finalidade de gerir a publicação do seu artigo na Revista Portuguesa de Cardiologia (RPC). Salvo indique o contrário ao enviar o artigo, fica expressamente autorizado que os dados referentes ao seu nome, apelidos, local de trabalho e correio electrónico sejam publicados na RPC, bem como no portal da SPC (www.spc.pt) e no portal online www.revportcardiol.org, com o intuito de dar a conhecer a autoria do artigo e de possibilitar que os leitores possam comunicar com os autores.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

Todos os manuscritos deverão ser apresentados de acordo com as normas de publicação. Pressupõe-se que o primeiro autor é o responsável pelo cumprimento das normas e que os restantes autores conhecem, participam e estão de acordo com o conteúdo do manuscrito.

NOTA IMPORTANTE! Para que se possa iniciar o processo de avaliação, o documento com o corpo do artigo deverá incluir todos os elementos que fazem parte do artigo: Títulos em português e em inglês; autores; proveniência; palavras-chave e keywords; Resumos em português e em inglês; Corpo do artigo, incluindo as tabelas; bibliografia; legendas das figuras e das tabelas.

1. Artigos Originais

Apresentação do documento:

- Com espaço duplo, margens de 2,5 cm e páginas numeradas.
- Não deverão exceder 5.000 palavras, contadas desde a primeira à última página, excluindo as tabelas.
- Consta de dois documentos: primeira página e manuscrito
- O manuscrito deve seguir sempre a mesma ordem: a) resumo estruturado em português e palavras-chave; b) resumo estruturado em inglês e palavras-chave; c) quadro de abreviaturas em português e em inglês; d) texto; e) bibliografia; f) legendas das figuras; g) tabelas (opcional) e h) figuras (opcional)-

Primeira página

Título completo (menos de 150 caracteres) em português e em inglês.

Nome e apelido dos autores pela ordem seguinte: nome próprio, seguido do apelido (pode conter dois nomes)

Proveniência (Serviço, Instituição, cidade, país) e financiamento caso haja.

Endereço completo do autor a quem deve ser dirigida a correspondência, fax e endereço electrónico.

Faz-se referência ao número total de palavras do manuscrito (excluindo as tabelas).

Resumo estruturado

O resumo, com um máximo de 250 palavras, está dividido em quatro partes: a) Introdução e objectivos; b) Métodos; c) Resultados e d) Conclusões.

Deverá ser elucidativo e não inclui referências bibliográficas nem abreviaturas (excepto as referentes a unidades de medida).

Inclui no final três a dez palavras-chave em português e em inglês. Deverão ser preferencialmente seleccionadas a partir da lista publicada na Revista Portuguesa de Cardiologia, oriundas do Medical Subject Headings (MeSH) da National Library of Medicine, disponível em: www.nlm.nih.gov/mesh/meshhome.html.

O resumo e as palavras-chave em inglês devem ser apresentados da mesma forma.

Texto

Deverá conter as seguintes partes devidamente assinaladas: a) Introdução; b) Métodos; c) Resultados; d) Discussão e e) Conclusões. Poderá utilizar subdivisões adequadamente para organizar cada uma das secções.

As abreviaturas das unidades de medida são as recomendadas pela RPC (ver Anexo II).

Os agradecimentos situam-se no final do texto.

Bibliografia

As referências bibliográficas deverão ser citadas por ordem numérica no formato 'superscript', de acordo com a ordem de entrada no texto.

As referências bibliográficas não incluem comunicações pessoais, manuscritos ou qualquer dado não publicado. Todavia podem estar incluídos, entre parêntesis, ao longo do texto.

São citados abstracts com menos de dois anos de publicação, identificando-os com [abstract] colocado depois do título.

As revistas médicas são referenciadas com as abreviaturas utilizadas pelo Index Medicus: List of Journals Indexed, tal como se publicam no número de Janeiro de cada ano. Disponível em: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/citmatch_help.html#journalLists.

O estilo e a pontuação das referências deverão seguir o modelo Vancouver 3.

Revista médica: Lista de todos os autores. Se o número de autores for superior a três, incluem-se os três primeiros, seguidos da abreviatura latina et al. Exemplo:

17. Sousa PJ, Gonçalves PA, Marques H et al. Radiação na AngioTC cardíaca; preditores de maior dose utilizada e sua redução ao longo do tempo. *Rev Port cardiol*, 2010; 29:1655-65

Capítulo em livro: Autores, título do capítulo, editores, título do livro, cidade, editora e páginas. Exemplo:

23. Nabel EG, Nabel GJ. Gene therapy for cardiovascular disease. En: Haber E, editor. *Molecular cardiovascular medicine*. New York: Scientific American 1995. P79-96.

Livro: Cite as páginas específicas. Exemplo:

30. Cohn PF. Silent myocardial ischemia and infarction. 3rd ed. New York: Mansel Dekker; 1993. P. 33.

Material electrónico: Artigo de revista em formato electrónico. Exemplo:

Aboud S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts it an advisory role. *Am J Nurs*. [serie na internet.] 2002 Jun citado 12 Ago 2002; 102(6): [aprox. 3] p. Disponível em: <http://www.nursingworld.org/AJN/2002/june/Wwawatch.htm>

A Bibliografia será enviada como texto regular; nunca como nota de rodapé. Não se aceitam códigos específicos dos programas de gestão bibliográfica.

I. Figuras

As figuras correspondentes a gráficos e desenhos são enviadas no formato TIFF ou JPEG de preferência, com uma resolução nunca inferior a 300 dpi e utilizando o negro para linhas e texto. São alvo de numeração árabe de acordo com a ordem de entrada no texto.

• A grafia, símbolos, letras, etc, deverão ser enviados num tamanho que,

ao ser reduzido, os mantenha claramente legíveis. Os detalhes especiais deverão ser assinalados com setas contrastantes com a figura.

• As legendas das figuras devem ser incluídas numa folha aparte. No final devem ser identificadas as abreviaturas empregues por ordem alfabética.

• As figuras não podem incluir dados que dêem a conhecer a proveniência do trabalho ou a identidade do paciente. As fotografias das pessoas devem ser feitas de maneira que estas não sejam identificadas ou incluir-se-á o consentimento por parte da pessoa fotografada.

Tabelas

São identificadas com numeração árabe de acordo com a ordem de entrada no texto.

Cada tabela será escrita a espaço duplo numa folha aparte.

• Incluem um título na parte superior e na parte inferior são referidas as abreviaturas por ordem alfabética.

• O seu conteúdo é auto-explicativo e os dados que incluem não figuram no texto nem nas figuras.

2. Artigos de Revisão

Nº máximo de palavras do artigo sem contar com o resumo e quadros- 5.000

Nº máximo de palavras do Resumo - 250

Nº máximo de Figuras - 10

Nº máximo de quadros - 10

Nº máximo de ref. bibliográficas - 100

3. Cartas ao Editor

Devem ser enviadas sob esta rubrica e referem-se a artigos publicados na Revista. Serão somente consideradas as cartas recebidas no prazo de oito semanas após a publicação do artigo em questão.

• Com espaço duplo, com margens de 2,5 cm.

• O título (em português e em inglês), os autores (máximo quatro), proveniência, endereço e figuras devem ser especificados de acordo com as normas anteriormente referidas para os artigos originais.

• Não podem exceder as 800 palavras.

• Podem incluir um número máximo de duas figuras. As tabelas estão excluídas.

4. Casos Clínicos

Devem ser enviados sob esta rubrica.

• A espaço duplo com margens de 2,5 cm.

• O título (em português e em inglês) não deve exceder 10 palavras

Os autores (máximo oito) proveniência, endereço e figuras serão especificados de acordo com as normas anteriormente referidas para os artigos originais.

O texto explicativo não pode exceder 3.000 palavras e contem informação de maior relevância. Todos os símbolos que possam constar nas imagens serão adequadamente explicados no texto.

Contêm um número máximo de 4 figuras e pode ser enviado material suplementar, como por exemplo vídeos clips.

5. Imagens em Cardiologia

• A espaço duplo com margens de 2,5 cm.

• O título (em português e em inglês) não deve exceder oito palavras

• Os autores (máximo seis), proveniência, endereço e figuras serão especificados de acordo com as normas anteriormente referidas para os artigos originais.

• O texto explicativo não pode exceder as 250 palavras e contem informação de maior relevância, sem referências bibliográficas. Todos os símbolos que possam constar nas imagens serão adequadamente explicados no texto.

• Contêm um número máximo de quatro figuras.

6. Material adicional na WEB

A Revista Portuguesa de Cardiologia aceita o envio de material electrónico adicional para apoiar e melhorar a apresentação da sua investigação científica. Contudo, unicamente se considerará para publicação o material electrónico adicional directamente relacionado com o conteúdo do artigo e a sua aceitação final dependerá do critério do Editor. O material adicional aceite não será traduzido e publicar-se-á electronicamente no formato da sua recepção.

Para assegurar que o material tenha o formato apropriado recomendamos o seguinte:

	Formato	Extensão	Detalhes
Texto	Word	.doc ou docx	Tamanho máximo 300 Kb
Imagem	TIFF	.tif	Tamanho máximo 10MB
Audio	MP3	.mp3	Tamanho máximo 10MB
Video	WMV	.wmv	Tamanho máximo 30MB

ANEXO I

DECLARAÇÃO

Declaro que autorizo a publicação do manuscrito:

Ref.^a

Título

.....

.....

do qual sou autor ou c/autor:

Declaro ainda que presente manuscrito é original, não foi objecto de qualquer outro tipo de publicação e cedo a inteira propriedade à Revista Portuguesa de Cardiologia, ficando a sua reprodução, no todo ou em parte, dependente de prévia autorização dos editores.

Nome dos autores:

.....

.....

Assinaturas:

Os autores deverão submeter o material no formato electrónico através do EES como arquivo multimédia juntamente com o artigo e conceber um título conciso e descritivo para cada arquivo.

Do mesmo modo, este tipo de material deverá cumprir também todos os requisitos e responsabilidades éticas gerais descritas nessas normas.

O Corpo Redactorial reserva-se o direito de recusar o material electrónico que não julgue apropriado.

ANEXO II

Símbolos, abreviaturas de medidas ou estatística

Designação	Português	Inglês
Ampere	A	A
Ano	ano	yr
Centímetro quadrado	cm ²	cm ²
Contagens por minuto	cpm	cpm
Contagens por segundo	cps	cps
Curie	Ci	Ci
Electrocardiograma	ECG	ECG
Equivalente	Eq	Eq
Grau Celsius	°C	°C
Gramma	g	g
Hemoglobina	Hb	Hb
Hertz	Hz	Hz
Hora	h	h
Joule	J	J
Litro	L ou l	l ou L
Metro	m	m
Minuto	min	min
Molar	M	M
Mole	mol	mol
Normal (concentração)	N	N
Ohm	Ω	Ω
Osmol	osmol	osmol
Peso	peso	WT
Pressão parcial de CO ₂	pCO ₂	pCO ₂
Pressão parcial de O ₂	pO ₂	pO ₂
Quilograma	kg	kg
Segundo	s	sec
Semana	Sem	Wk
Sistema nervoso central	SNC	CNS
Unidade Internacional	UI	IU
Volt	V	V
Milivolt	mV	mV
Volume	Vol	Vol
Watts	W	W
Estatística:		
Coefficiente de correlação	r	r
Desvio padrão (standard)	DP	SD
Erro padrão (standard) da média	EPM	SEM
Graus de liberdade	gl	df
Média	X	X
Não significativa	NS	NS
Número de observações	n	n
Probabilidade	p	p
Teste «t» de Student	teste t	t test