

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE MEDICINA INTERNA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO LATU SENSO EM CARDIOLOGIA

FLÁVIO DUARTE DE FREITAS

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA FUNÇÃO VENTRICULAR SISTÓLICA  
ESQUERDA ENTRE A ECOCARDIOGRAFIA BIDIMENSIONAL E O GATED-  
SPECT.

**CURITIBA – PR**

**2017**

FLÁVIO DUARTE DE FREITAS

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA FUNÇÃO VENTRICULAR SISTÓLICA  
ESQUERDA ENTRE A ECOCARDIOGRAFIA BIDIMENSIONAL E O GATED-  
SPECT.

Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Cardiologia  
apresentado ao Departamento de Medicina Interna.

Orientador: Dr. João Vicente Vítola

**CURITIBA – PR**

**2017**

## TERMO DE APROVAÇÃO

FLÁVIO DUARTE DE FREITAS

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA FUNÇÃO VENTRICULAR SISTÓLICA ESQUERDA ENTRE A ECOCARDIOGRAFIA BIDIMENSIONAL E O GATED-SPECT.

Monografia apresentada ao Departamento de Medicina Interna como parte integrante do Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Cardiologia.

---

Orientador: Dr. João Vicente Vítola

---

Prof. Dr. Paulo Roberto Cruz Marquetti  
Chefe do Setor de Cardiologia

Curitiba, 05 de abril de 2017.

*A minha mãe Neide, minha noiva Ingrid, meus irmãos, Ronaldo, Marly, Marcos e Nelson, que foram grandes incentivadores e que sempre acreditaram nos meus sonhos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Dr. João Vicente Vítola, pelo aprendizado, orientação e amizade.

Ao Curso de Especialização em Cardiologia, do Departamento de Clínica Médica do Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná, na pessoa de seu coordenador atual do Prof. Dr. Paulo Roberto Cruz Marquetti e previamente pelo Prof. Dr. Claudio Leinig Pereira da Cunha, pelo apoio recebido.

Aos Professores Dr. Miguel Ibrain Aboud Hanna Sobrinho, Dr. Luiz Antonio Fruet Bettini, Dr. José Antonio da Silva, Dr. Arnaldo Laffitte Stier Junior, Dr. Emilton Lima Júnior, Dr. Niraj Mehta, Dr. Ricardo João Westphal e Dr. Ênio Eduardo Guerios, pelas contribuições acadêmicas e pessoais.

Aos colegas da especialização e da residência médica que, estavam presentes em todas as fases de formação dos nossos conhecimentos, nos bons e maus momentos.

"É impossível viver com prazer sem viver com prudência, honra e justiça;  
ou viver com prudência, honra e justiça sem viver com prazer."

*Epicuro*

## **RESUMO**

O presente trabalho de conclusão visa comparar objetivamente dois métodos de imagem, a ecocardiografia bidimensional e o gated-SPECT, que realizam a avaliação da função ventricular esquerda com acuracidade e reprodutibilidade, frente aos quadros clínicos encontrados.

Palavras-Chave: Ecocardiografia bidimensional, Gated-SPECT e fração de ejeção do ventrículo esquerdo.

## **ABSTRACT**

This final project aims to compare objectively two imaging methods, two-dimensional echocardiography and gated-SPECT, conducting the assessment of left ventricular function with accuracy and reproducibility, compared to clinical pictures found.

Keyword: Two-dimensional echocardiography, Gated-SPECT and left ventricular ejection fraction.



## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	Página 1
2.	<b>OBJETIVOS</b> .....	Página 2
3.	<b>METODOLOGIA</b> .....	Página 3
4.	<b>GATED SPECT</b> .....	Página 4
5.	<b>ECOCARDIOGRAFIA</b> .....	Página 7
6.	<b>CONSIDERAÇÕES</b> .....	Página 11
7.	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	Página 12

## **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1 – Descrição do processo de cintilação .....	04
FIGURA 2 – Imagens padrão do Gated SPECT .....	06
FIGURA 3 – Janelas acústicas da ecocardiografia bidimensional .....	08

## LISTA DE ABREVIATURAS

- AVC – Acidente vascular cerebral
- BRE – Bloqueio do ramo esquerdo
- CINE – Cinecoronariografia
- CEP – Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos
- CPM – Cintilografia de perfusão miocárdica
- CPM – SPECT – Cintilografia de perfusão miocárdica com tomografia computadorizada por emissão de fóton único
- DAC – Doença arterial coronariana
- DSL – Dislipidemia
- DM – Diabetes melito
- ECG – Eletrocardiograma
- ECO 2D – Ecocardiograma bidimensional
- FC – Frequência cardíaca
- FEVE – Fração de ejeção do ventrículo esquerdo
- Gated-SPECT - tomografia computadorizada por emissão de fóton único sincronizada com eletrocardiograma
- HAS – Hipertensão arterial sistêmica
- HVE – Hipertrofia ventricular esquerda
- IAM – Infarto agudo do miocárdio
- IMC – Índice de massa corporal
- METs – Equivalente metabólico
- PA – Pressão arterial
- SPECT - *Single photon emission tomography*
- TE – Teste ergométrico
- TEARED – Teste ergométrico de alto risco pelo escore de Duke
- VDF – Volume diastólico final
- VPN – Valor preditivo negativo
- VSF – Volume sistólico final
- $^{99m}\text{Tc}$  –  $^{99\text{m}}$ Tecnécio
- $^{201}\text{Tl}$  –  $^{201}$ Tálio

## INTRODUÇÃO

A avaliação da função ventricular esquerda é um dos fatores mais importantes para o diagnóstico e prognóstico das cardiopatias, sejam elas adquiridas ou congênitas.

Atualmente, existem várias modalidades que realizam esta avaliação, incluindo a ecocardiografia, a tomografia computadorizada por emissão de fóton único (SPECT), a tomografia computadorizada por emissão de pósitron (PET), a ressonância magnética cardíaca e a ventriculografia radioisotópica.

Os estudos comparativos dos métodos de avaliação da função ventricular esquerda existentes, possuem um número limitado de pacientes comparando a fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) avaliada pela ecocardiografia bidimensional (ECO 2D) e pela tomografia computadorizada por emissão de fóton único sincronizada com eletrocardiograma (Gated-SPECT). O Gated SPECT é uma ferramenta clínica confiável para avaliação da FEVE, com boa correlação comparada ao ECO 2D. Ela pode ser usada rotineiramente como uma alternativa para pacientes com visualização de acústica pobre e deve ser realizada rotineiramente em aquisições de perfusão miocárdica.

Os métodos não invasivos para avaliar a doença arterial coronariana e a função ventricular esquerda são fundamentais, uma vez que a evidência clínica de doença pode não refletir sua gravidade real. A isquemia silenciosa é muito comum e o médico que espera pela angina para diagnosticar se o paciente tem doença coronariana grave pode não detectar muitos desses pacientes.

**OBJETIVOS**

Realizar uma análise comparativa entre dois métodos de imagem, na tentativa de identificar o melhor custo/benefício para a avaliação da função ventricular.

## **METODOLOGIA**

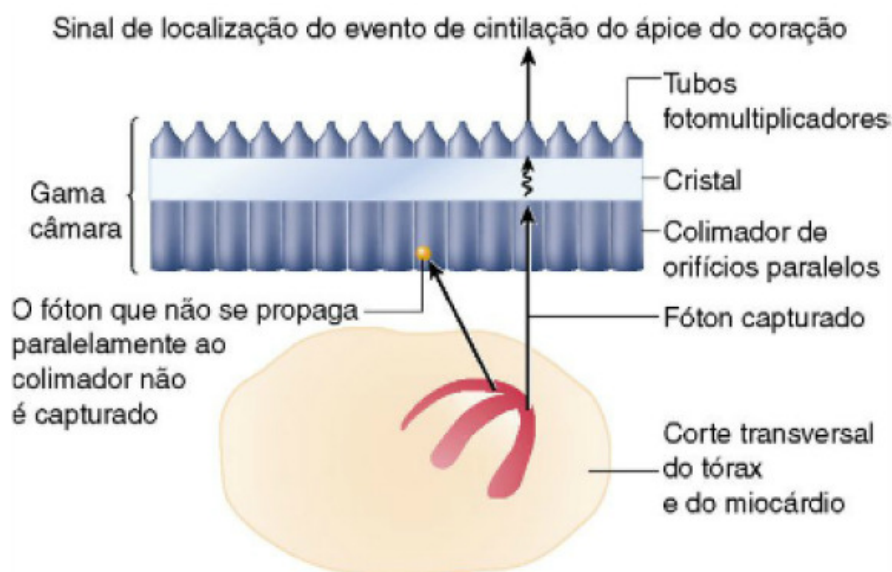
Foram realizadas pesquisas nos bancos de dados da *MEDLINE*, dos *PERIÓDICOS.CAPES* e no *PUBMED*, buscando artigos que correlacionassem às palavras echocardiography and gated-SPECT, sem data de início até 31 de dezembro de 2015.

## GATED SPECT

A medicina nuclear realiza estudos essencialmente fisiológicos, refletindo o estado funcional e metabólico da função cardíaca. O estresse físico ou farmacológico detecta regiões com menor reserva miocárdica disponível, comparando as imagens com as de repouso. A avaliação funcional pela cintilografia pode demonstrar se determinada estenose coronária promove desequilíbrio entre oferta e demanda de oxigênio em condições fisiológicas variadas.

Tendo como objetivo primordial a avaliação da perfusão miocárdica, o Gated SPECT também permite realizar a avaliação do fluxo sanguíneo miocárdico regional através de radiotraçadores, tais como Tálcio,  $^{99m}\text{Tc}$ -Sestamibi ou  $^{99m}\text{Tc}$ -Tetrofosmin, os quais apresentam distribuição diretamente proporcional à perfusão miocárdica, tanto em repouso quanto durante estresse cardiovascular. Sendo assim, o Gated SPECT é capaz de avaliar a circulação coronária e o comprometimento da reserva de fluxo.

Após a injeção do radiotraçador escolhido, o isótopo é extraído do sangue pelos miócitos viáveis sendo retido por certo tempo dentro do miócito. Entende-se por viabilidade miocárdica casos em que o estado do miocárdio é potencialmente reversível, com preservação da integridade da membrana celular e da atividade metabólica que mantém a função celular, mesmo na ausência de contratilidade dos miócitos secundária às isquemias de repetição.



**Fig. 1** Captação pela gama câmara dos fótons emitidos. As emissões são captadas por um colimador com furos paralelos, permitindo que os fótons interajam com um detector de cristal e sejam registrados como eventos de cintilação. O evento é localizado com base no local em que o fóton interage com o cristal. (Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine. 10th edition. Elsevier, 2015).

O controle do fluxo arterial tem sido estudado de forma intensa, mas, apesar dos esforços, os fatores reguladores críticos ainda não são totalmente conhecidos. Sabemos que a perfusão miocárdica depende do controle da resistência dos vasos coronários em indivíduos normais e dos portadores de doença obstrutiva desses vasos. Os pacientes com lesão obstrutiva crítica, e, portanto, predominante na produção de resistência, apresenta a regulação no local do segmento estenótico em razão do estresse transversal produzido pelo aumento da velocidade do fluxo sanguíneo laminar e da parede do vaso,

que libera metabólitos como o ácido nítrico, um potente vasodilatador. Quando a resistência não é crítica, o fluxo é regulado pelas arteríolas, que são os vasos de reserva primária da circulação coronária. O fluxo sanguíneo coronário é influenciado por forças mecânicas em razão da ação direta sobre o calibre da obstrução e indireta sobre o tono vasomotor. Como os vasos cursam dentro do músculo cardíaco, a dinâmica do fluxo é afetada pelas forças mecânicas da contração e relaxação do ciclo cardíaco. Essa ação produz o padrão característico dos fluxos arterial e venoso na perfusão do miocárdio.

Os fótons são emitidos a partir do miocárdio em proporção à magnitude da captação do radioisótopo, relacionado a perfusão. Ao serem capturados em uma câmara gama, os fótons de raios gama, a informação captada é convertida em dados digitais, representando a magnitude da captação e a localização da emissão. Os fótons gama emitidos colidem ao longo do trajeto com um detector de cristal, onde são absorvidos e convertidos em eventos luminosos visíveis (cintilação).

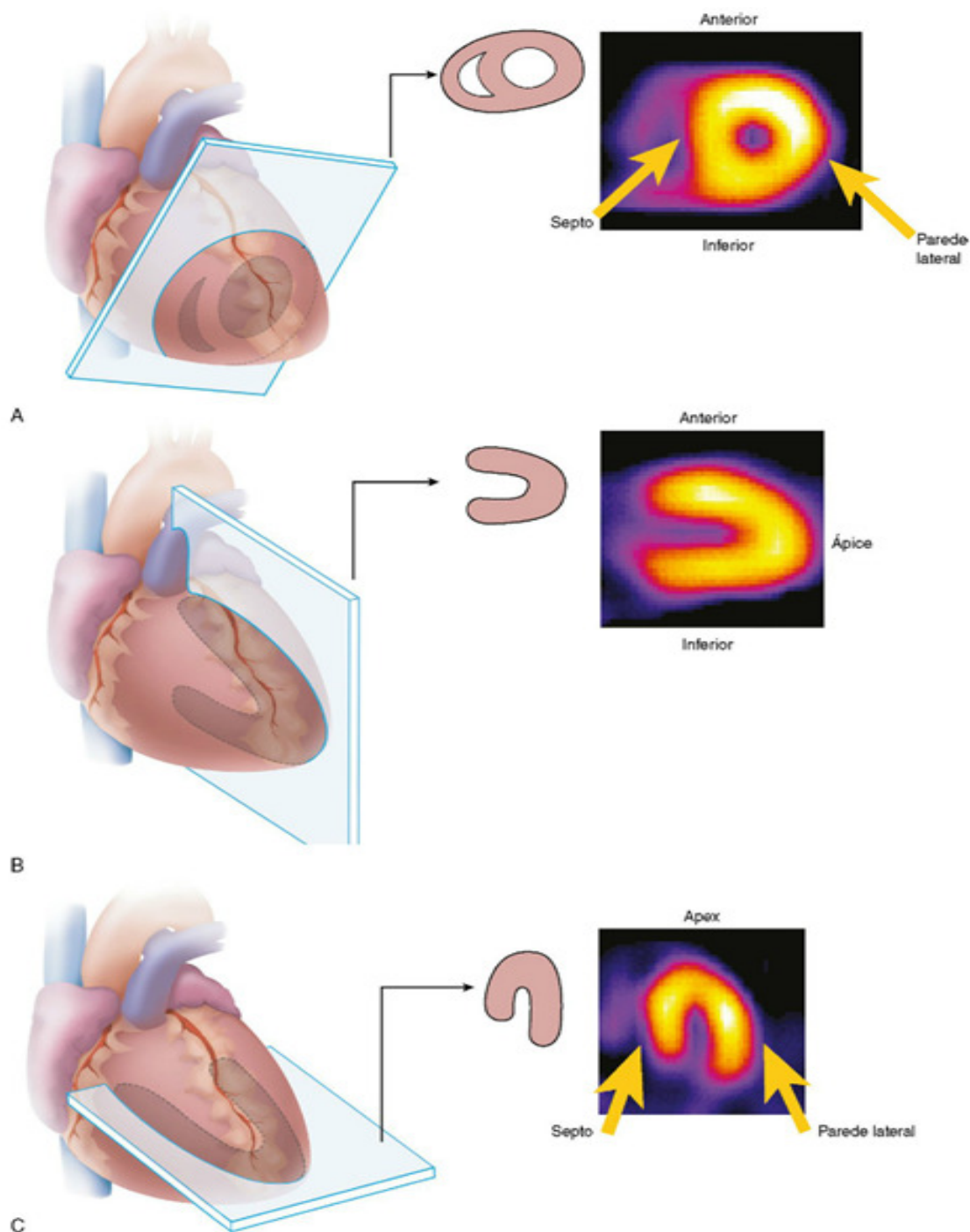
Um radiofármaco específico para refletir a perfusão miocárdica seria distribuído e captado pelos miócitos de forma homogênea e proporcional ao fluxo sanguíneo regional.

Sabemos que a compreensão desses mecanismos em seres humanos passa necessariamente pelos estudos não invasivos, como a metodologia radioisotópica. Assim, de uma forma simplificada, vemos que a regulação da resistência se dá entre as arteríolas com < 150 micras de diâmetro. Quando submetidas a algum tipo de estresse, essas arteríolas se dilatam, sua resistência diminui e o fluxo sanguíneo aumenta proporcionalmente, demonstrando a reserva regional.

Na cintilografia de perfusão miocárdica, os radionuclídeos infundidos via intravenosa são captados pelos tecidos cardíacos proporcionalmente em relação à perfusão; assim, áreas de menor captação representam as regiões de isquemia absoluta ou relativa. Por essa razão, usa-se a cintilografia de perfusão miocárdica com teste de estresse para avaliar pacientes com dor torácica de origem indeterminada, para definir a significância funcional de estenose coronariana ou vasos colaterais visualizados na angiografia e avaliar o sucesso das intervenções de reperfusão (p. ex., RM, intervenção percutânea e trombólise). Após IM agudo, a cintilografia de perfusão miocárdica pode auxiliar na estimativa do prognóstico, pois pode revelar a extensão da alteração da perfusão decorrente do IM agudo, extensão da cicatriz decorrente de infartos anteriores e área residual em torno do infarto ou outras áreas de isquemia reversível.

O  $Tl^{201}$  radioativo, que age como análogo do potássio foi o traçador original usado no teste de esforço. É injetado no pico do esforço e captado em imagem por SPECT, seguido, 4 h depois, de nova injeção de metade da dose original durante o repouso e repetição do SPECT. O objetivo desse protocolo é avaliar os defeitos reversíveis de perfusão que podem exigir intervenção. Após o teste de esforço, o desequilíbrio de perfusão entre áreas irrigadas por artérias coronárias normais e artérias distais à estenose aparece como diminuição relativa da captação de  $Tl^{201}$  nas áreas irrigadas pelas artérias estenosadas. A sensibilidade do teste de esforço com  $Tl^{201}$  para DAC é semelhante quando se usa o método de imagem após esforço ou estresse farmacológico.





**Fig. 2** Imagens padrão do SPECT. **A**, Cada uma das imagens no eixo curto representa uma porção das paredes anterior, lateral, inferior e septal. **B**, Imagens no eixo longo vertical representam a parede anterior, o ápice e a parede inferior. **C**, Imagens no eixo longo horizontal representando o septo, o ápice e a parede lateral. (Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine. 10th edition. Elsevier, 2015)

Uma vez que as características da imagem com  $Tl^{201}$  não são ideais para câmera gama, foram desenvolvidos diversos marcadores de perfusão miocárdica com  $Tc^{99m}$ : sestamibi (geralmente utilizado), tetrofosmina e teboroxima. Os protocolos incluem 2 dias de estresse-reposo, 1 dia de reposo-estresse e 1 dia de estresse-reposo. Alguns protocolos usam dois isótopos ( $Tl^{201}$  e  $Tc^{99m}$ ), embora essa abordagem seja dispendiosa.

Com qualquer um desses marcadores, a sensibilidade é de cerca de 90%, e a especificidade de aproximadamente 71%.

Outros radionuclídeos incluem ácidos graxos marcados com  $I^{123}$ , que produzem *cold spots* (defeitos de perfusão) no local do miocárdio isquêmico; citrato de  $Ga^{67}$ , que se acumula nos locais de inflamação ativa (p. ex., cardiomiopatia inflamatória aguda); e metaiodobenzilguanidina marcada com  $I^{123}$ , um análogo de neurotransmissor captado e armazenado em neurônios do sistema nervoso simpático e utilizado em pesquisa para avaliar insuficiência cardíaca, diabetes, determinadas arritmias e displasia arritmogênica do VD.

A atenuação da atividade miocárdica por tecidos moles sobrejacentes pode provocar resultados falso-positivos, porém com o avanço tecnológico a correção de atenuação e de pequenos artefatos vem impedindo a repetição de exames, principalmente em idosos ou portadores de doenças que limitam o posicionamento prolongado dos pacientes.. Os artefatos de movimento do paciente, quando pequenos, podem ser corrigidos nas posições vertical e horizontal. A correção de atenuação, pela mama ou diafragma, é realizada por programas especiais ou com fontes de emissão que variam a depender das fábricas.

Apesar das diferenças entre os marcadores de perfusão miocárdica, inúmeros estudos clínicos em diversas populações não conseguiram demonstrar diferenças significativas entre os diversos agentes. Do ponto de vista clínico, imagens obtidas após exercício ou teste medicamentoso mostram resultados semelhantes e todos os agentes são apropriados para a análise da perfusão miocárdica e da insuficiência coronária.

## **ECOCARDIOGRAFIA**

A ecocardiografia é o método padrão ouro para avaliação da função cardíaca em pacientes com doença cardíaca conhecida ou suspeitada.

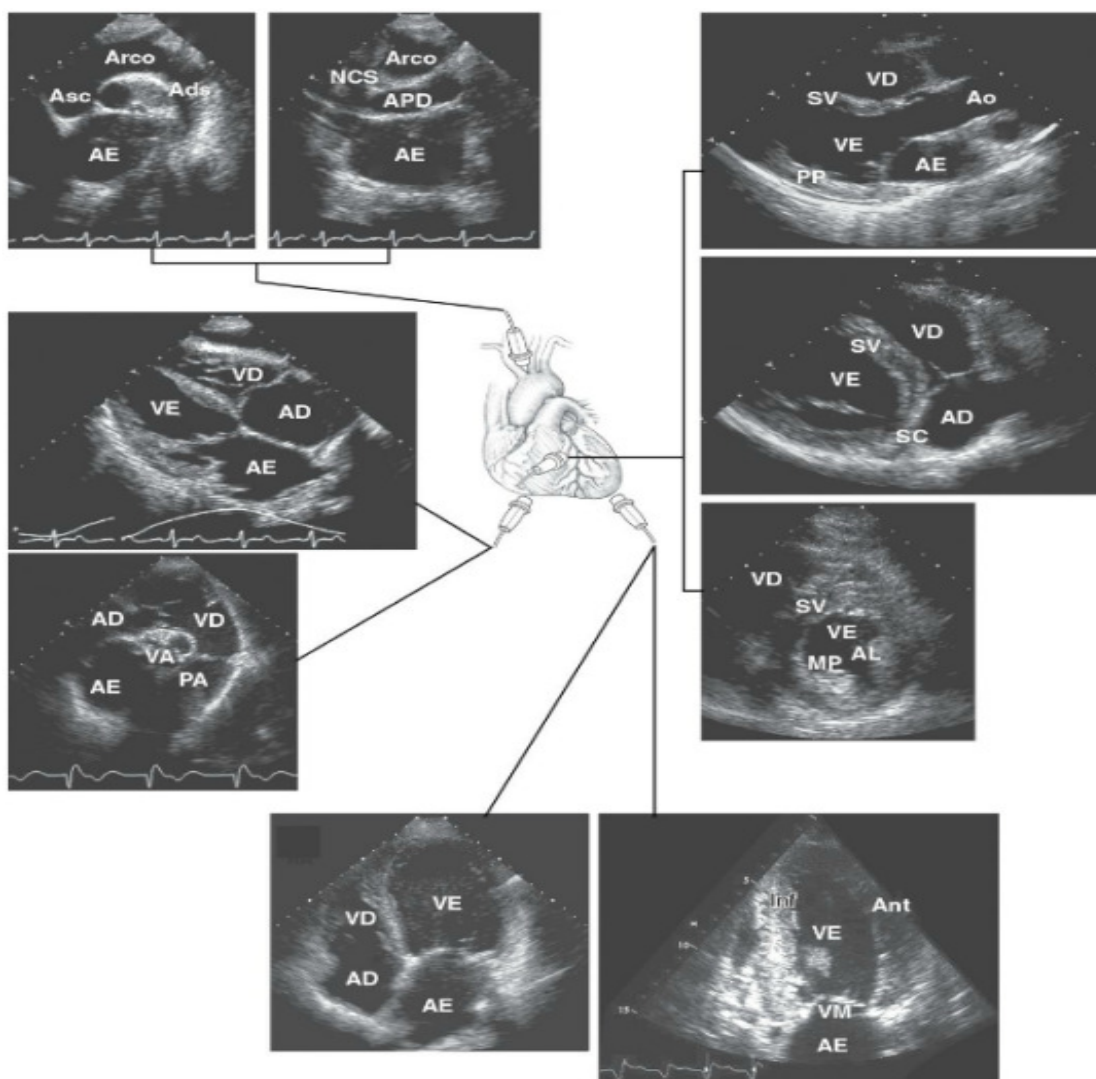
Apesar do desenvolvimento de outros métodos diagnósticos não invasivos, o ecocardiograma com Doppler, ou simplesmente ecocardiograma (eco) continua ocupando uma situação de destaque na avaliação cardiológica não invasiva pela sua versatilidade diagnóstica, disponibilidade, custo-efetividade e abrangência de informações morfofuncionais do coração. Além de apoio diagnóstico, o exame fornece elementos para orientação terapêutica e avaliação prognóstica. Vantagens adicionais do método incluem inocuidade (ausência de radiações ionizantes) e portabilidade (uso à beira do leito em UTI, berçário, centro cirúrgico e unidade pós-operatória).

O ecotranstorácico convencional completo (ETT) inclui as imagens bidimensionais e modo-M, bem como as diversas modalidades de Doppler espectral e mapeamento de fluxo em cores, acrescidos do Doppler tecidual. O ecotransesofágico (ETE) expandiu o alcance diagnóstico do método, compensando limitações do acesso transtorácico, facilitando a utilização intra-operatória (cirurgias cardíacas ou extracardíacas) e a monitorização de procedimentos intervencionistas na sala de hemodinâmica. O ecocardiografia de estresse, isolado ou associado ao uso de contraste, aumentou as possibilidades de investigação da doença coronariana. O progresso

tecnológico dos últimos anos tornou factível o eco tridimensional, embora ainda pouco disponível, com potencial adição diagnóstica ao exame convencional.

As diversas técnicas utilizadas no exame ecocardiográfico se baseiam na aplicação do ultrassom. Feixes de ondas acústicas de alta frequência, em uma faixa inaudível (2 a 10 MHz), são emitidos por transdutores e penetram tecidos de densidade variável nas chamadas janelas acústicas. Ao incidir em interfaces de estruturas com diferentes densidades acústicas, as ondas parcialmente refletidas são captadas pelo mesmo transdutor e transformadas em sinal elétrico. O processamento eletrônico do sinal é realizado por computação, que analisa variações na intensidade e tempo de transmissão das ondas, gerando imagens planares bidimensionais dinâmicas em tempo real das estruturas cardíacas.

As imagens bidimensionais podem ser obtidas utilizando o ultrassom refletido com frequência fundamental (igual à emitida) ou realçadas com a análise de frequências harmônicas. A análise da variação entre as frequências do ultrassom emitido e refletido (efeito Doppler) possibilita a determinação das velocidades do fluxo sanguíneo, dando origem às diversas modalidades de estudo com Doppler e podendo avaliar planos tomográficos setoriais pelas janelas paraesternal esquerda (cortes longitudinais e transversais), apical (2, 4 e 5 câmaras), supraesternal e subcostal.



**Fig. 3** Imagens de ecocardiografia bidimensional de várias outras visualizações tomográficas: visualização do eixo longo paraesternal (à direita em cima), via de entrada ventricular direita ao plano paraesternal (à direita no meio), visualização do eixo curto paraesternal (à direita abaixo), visualização das quatro câmaras apicais (abaixo à esquerda), visualização apical das duas câmaras (abaixo à direita), subcostal quatro câmaras e eixo curto (no meio à esquerda e abaixo) e visualizações supraesternais dos eixos longo e curto (acima à esquerda). Essas imagens são similares à aparência do diagrama em B. AL = anterolateral; Ao = aorta; Asc = aorta ascendente; VA = valva aórtica; SC = seio coronariano; Ads = aorta descendente; AE = átrio esquerdo; VM = valva mitral; AP = artéria pulmonar; MP = músculo papilar; PP = parede posterior; AO = átrio direito; APD = artéria pulmonar direita; VD = ventrículo direito; VCS = veia cava superior; SV = septo ventricular. (Braunwald's heart disease: a textbook of cardiovascular medicine. 10th edition. Elsevier, 2015)

A técnica unidimensional ou *modo-M* (M de movimento) consiste na representação gráfica da profundidade x tempo, indicando a movimentação de estruturas ao longo de uma linha única, selecionada a partir da imagem bidimensional. É utilizada para medir diâmetros das câmaras e avaliar espessura ou mobilidade de estruturas cardíacas.

O Doppler tecidual (DT) constitui outra aplicação clínica do estudo com Doppler para medir as velocidades de deslocamento do miocárdio. As velocidades sistólicas, algumas vezes, são úteis para avaliação da contratilidade segmentar e do sincronismo do ventrículo esquerdo (VE). Por outro lado, as velocidades diastólicas, na porção basal do VE ao nível do anel mitral são utilizadas no estudo da função diastólica e estimativa da pressão venocapilar esquerda.

A ecocardiografia, além de ser uma excelente técnica tomográfica para análise da anatomia cardíaca, possibilita também a obtenção de dados funcionais e hemodinâmicos de maneira não invasiva, muitas vezes dispensando o uso do cateterismo cardíaco para esse propósito. Assim, podem ser obtidas facilmente informações a respeito das dimensões cavitárias, da espessura parietal, caracterizando dilatações ou hipertrofias miocárdicas; podem ser analisadas textura, mobilidade e competência das valvas, além da avaliação do pericárdio.

A fração de ejeção (FE) envolve o cálculo de volumes ventriculares ( $VDF - VSF / VDF \times 100$ ) que podem ser obtidos de duas formas. Em presença de ventrículos com geometria normal, a partir dos diâmetros diastólico (DD) e sistólico (DS) do VE, podem ser obtidos os volumes diastólico e sistólico através de fórmulas matemáticas. A *fórmula cúbica* considera que o ventrículo apresenta forma de elipsoide de revolução, com os diâmetros transversais correspondendo à metade do diâmetro longitudinal da cavidade, produzindo uma simplificação em que o volume ventricular corresponde ao seu diâmetro anteroposterior elevado ao cubo ( $DDVE^3 - DSVE^3 / DDVE^3$ ). A fórmula de *Teichholz* leva em consideração o fato de que ventrículos dilatados ficam mais arredondados (exemplo: cardiomiopatia dilatada), tornando inadequada a aplicação da fórmula cúbica. Nesses casos, os volumes (V) derivados dos diâmetros ventriculares (D) devem ser corrigidos pela fórmula:  $V = [7/(2,4 + D)] \times D^3$ . A função sistólica assim obtida avalia a dinâmica contrátil em uma única região (basal), que é extrapolada para o resto da cavidade ventricular, com resultados consistentes apenas em ventrículos com contratilidade uniforme sem segmentos contráteis anormais. Devemos ressaltar que os valores normais da FE% são maiores pela fórmula cúbica (> 65%) do que pela fórmula de *Teichholz* (> 55%). No entanto, se a cavidade ventricular esquerda for deformada pela presença de um aneurisma ou se houver movimento paradoxal do septo interventricular, ou ainda alteração contrátil da parede posterior, a avaliação isolada das

medidas da porção basal é incorreta para representar a função global do VE. Nesses casos, os volumes para o cálculo da FE devem ser obtidos a partir da planimetria da cavidade ventricular nos cortes bidimensionais apicais de duas e/ou quatro câmaras, utilizando o *método de área-comprimento* ou, ainda melhor, o *método de Simpson*, ambos disponíveis nos equipamentos ecocardiográficos atuais (valores normais > 0,55). Os volumes também podem ser obtidos a partir de reconstrução tridimensional *off line*, utilizando a associação de cortes apicais (longitudinal, 2 e 4 câmaras), ou ainda a partir do eco 3D em tempo real. A avaliação tridimensional parece mais precisa do que a bidimensional ou modo-M, especialmente em ventrículos deformados ou com comprometimento segmentar.

Para o ecocardiografista bem treinado, a avaliação subjetiva da função global pode apresentar boa correlação com a FE%, classificada como normal (FE > 55%) ou déficit leve (FE entre 45% e 55%), moderado (FE entre 30% e 44%) ou importante (FE < 30%). Esse método é especialmente útil em presença de imagens de má qualidade que dificultam a planimetria para cálculo dos volumes. Outros índices menos utilizados na prática, restritos a protocolos de estudo, são a velocidade média de encurtamento circunferencial (Vcf), o volume sistólico corrigido pela superfície corporal e a tensão parietal (estresse) sistólica. A relação pressão-dimensão (ou pressão-volume) do ventrículo esquerdo também pode ser estudada com o uso de drogas vasoativas, como a fenilefrina. Recentemente, tem sido avaliada a reserva contrátil do VE, mediante o cálculo das variações dos índices ejetivos convencionais (frações de ejeção e de encurtamento) sob ação de baixas doses de dobutamina, que parece ter valor na orientação terapêutica e no estabelecimento do prognóstico.

O uso associado do Doppler permite o cálculo de outras variáveis de desempenho sistólico global, como o débito cardíaco ou o índice da fase de contração isovolumétrica constituído pela taxa de elevação da pressão ventricular em função do tempo (dP/dt).

A análise da contração regional é fundamental na pesquisa da doença arterial coronariana e suas consequências, que se caracterizam por comprometimento miocárdico segmentar. Disfunções segmentares não são específicas de isquemia miocárdica, já que também podem ocorrer em outras situações (doença de Chagas, miocardites agudas, cardiomiopatia dilatada, bloqueio de ramo esquerdo, pós-operatório de cirurgia cardíaca). Alterações contráteis regionais podem ser de intensidade variável (hipocinesia, acinesia ou discinesia) acometendo um ou mais segmentos das paredes miocárdicas, de forma reversível (isquemia miocárdica espontânea ou induzida por estresse físico/farmacológico) ou definitiva (infarto do miocárdio ou fibrose). Para localizar as disfunções regionais, utiliza-se um esquema de divisão do ventrículo esquerdo em 16 ou 17 segmentos miocárdicos de diferentes topografias (apical, média e basal), que compõem as diversas paredes (septal anterior, lateral, posterior e inferior), relacionados à irrigação coronariana.

## CONSIDERAÇÕES

A cintilografia miocárdica apresenta extensa validação na literatura para avaliação diagnóstica e prognóstica da doença coronariana. O risco de eventos coronarianos aumenta progressivamente com a intensidade e a extensão da anormalidade na perfusão miocárdica. Diversos estudos mostram o alto valor preditivo negativo de um exame normal, com baixo risco de eventos coronarianos em seguimento que variou de 2 a 5 anos. A quantificação da área de miocárdio em risco e a caracterização subsequente de gravidade integrando a análise qualitativa das imagens, semiquantificação e quantificação são decisórias para a conduta a ser adotada, desde que o julgamento clínico predomine. Apesar de ser um exame com boa sensibilidade e especificidade, o custo e a necessidade de estar próximo de centros produtores dos traçadores, por causa da meia-vida curta, tornam o exame menos acessível.

Os dados da perfusão devem estar integrados aos da avaliação da função ventricular, considerando que pacientes com fração de ejeção menor que 45%, associada a defeitos variados na captação do radiofármaco, apresentam elevada taxa de mortalidade. É importante lembrar que na cintilografia o valor da normalidade da função ventricular é maior que 50%, diferentemente da ecocardiografia, que é maior que 55%.

Alguém pode argumentar que a estimativa da FEVE pelo ECO2D é imprecisa, e que medições diretas utilizando técnicas publicadas como o método área-comprimento ou o método do biplano de discos (regra de Simpson modificada) são mais confiáveis. No entanto, a competência de estimativa do globo ocular e sua validade, especialmente quando executada por ecocardiografistas experientes, são bem estabelecidos. Além disso, a estimativa visual evita uma potencial fonte de erro relacionada com vários cálculos de medição semiquantitativa, cada qual tem sua própria gama de erros. Erros relacionados a variabilidade interobservador estão relacionados com a experiência do intérprete.

Embora este trabalho não seja baseado em pacientes, e sim em estudos, pode-se concluir que tanto a ecocardiografia bidimensional quanto o Gated SPECT são ferramentas clínicas confiáveis para avaliação da FEVE, com boa acurácia quando comparado a outros métodos mais recentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.F. Parisi, P.F. Moynihan, C.L. Feldman, E.D. Folland. Approaches to Determination of Left Ventricular Volume and Ejection Fraction by Real-Time Two-Dimensional Echocardiography. *Clin. Cardiol.* 2,257-263 (1979).

Edward D. Folland, Alfred F. Parisi, Paul F. Moynihan, Ray Jones, Charles L. Feldman, and Donald E. Tow. Assessment of Left Ventricular Ejection Fraction and Volumes by Real-time, Two-dimensional Echocardiography. A Comparison of Cineangiographic and Radionuclide Techniques. *Circulation* 60, No. 4, 1979.

Dennis W. Wahr, Yin Shi Wang, Nelson B. Schiller. Left Ventricular Volumes Determined by Two-Dimensional Echocardiography in a Normal Adult Population. *J Am Coll Cardiol*, 1983.1(3) 863-8J.

E. Otterstad, G. Froeland, M. St. John Sutton and I. Holme. Accuracy and reproducibility of biplane two-dimensional echocardiographic measurements of left ventricular dimensions and function. *European Heart Journal* (1997) 18, 507-5.

Castell-Conesa JI, Aguadé-Bruix S, García-Burillo A, González JM, Canela T, Oller G, Díez MJ, Roca I, Candell-Riera J. Reproducibility of Measurements of Left Ventricular Function With Gated Myocardial Perfusion SPECT and Comparison With Blood Pool Radionuclide Ventriculography. *Rev Esp Cardiol* 2004;57(10):931-8.

Seyed Hashem Danesh-Sani, Seyed Rasoul Zakavi, Leyla Oskoueian, Vahid-Reza Dabbagh Kakhki. Comparison between <sup>99m</sup>Tc-sestamibi gated myocardial perfusion SPECT and echocardiography in assessment of left ventricular volumes and ejection fraction — effect of perfusion defect and small heart. *Nuclear Med Rev* 2014; 17, 2: 70–74

Anders Hovland, Uwe H. Staub, Hanne Bjørnstad, Jan Prytz, Joe Sexton, Asbjørn Støylen, and Harald Vik-Mo. Gated SPECT Offers Improved Interobserver Agreement Compared With Echocardiography. *Clin Nucl Med* 2010;35: 927–930

Asit K. Paul, and Hani A. Nabi. Gated Myocardial Perfusion SPECT: Basic Principles, Technical Aspects, and Clinical Applications. *J Nucl Med Technol* 2004; 32:179–187.

Kenneth Nichols, David Lefkowitz, Tracy Faber, Russell Folks, David Cooke, Ernest V. Garcia, Siu-Sun Yao, E. Gordon DePuey, and Alan Rozanski. Echocardiographic Validation of Gated SPECT Ventricular Function Measurements. *J Nucl Med* 2000; 41:1308-1314.

I Diretriz da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Cardiologia Nuclear. *Arq Bras Cardiol* volume 78, (suplemento III), 2002.

Atualização da Diretriz da Sociedade Brasileira de Cardiologia Sobre Cardiologia Nuclear. *Arq Bras Cardiol*; 86(supl.1): 10-12, abr. 2006.

Dustin Kliner, Li Wang, Daniel Winger, William P. Follansbee, and Prem Soman. A prospective evaluation of the repeatability of left ventricular ejection fraction measurement by gated SPECT. *J Nucl Cardiol* 2015;22:1237–43.

Louise D. Metz, Mary Beattie, Robert Hom, Rita F. Redberg, Deborah Grady, Kirsten E. Fleischmann. The Prognostic Value of Normal Exercise Myocardial Perfusion Imaging and Exercise Echocardiography. A Meta-Analysis. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:227–37.

Maureen M. Henneman, Jeroen J. Bax, Joanne D. Schuijf, J. Wouter Jukema, Eduard R. Holman, Marcel P. M. Stokkel, Hildo J. Lamb, Albert de Roos, Ernst E. van der Wall. Global and regional left ventricular function: a comparison between gated SPECT, 2D echocardiography and multi-slice computed tomography. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* (2006) 33:1452–1460.

Márcia Maria S. dos Santos, Mauricio da Rocha P., Eduardo C.. Valor Prognóstico da Cintilografia Miocárdica de Perfusão com Tetrofosmin Marcado com Tecnécio-99m Sincronizada com o Ciclo Cardíaco (“Gated SPECT”) na Avaliação de Pacientes com Diabete Melito e Suspeita Clínica de Doença Arterial Coronariana. *Arq Bras Cardiol* 2008;90(1):2-10.

Vanessa Go, Mehul R. Bhatt, and Robert C. Hendel. The Diagnostic and Prognostic Value of ECG-Gated SPECT Myocardial Perfusion Imaging. *J Nucl Med* 2004; 45:912–921.

Douglas L. Mann, Douglas P. Zipes, Peter Libby, Robert O. Bonow, Eugene Braunwald. Braunwald’s heart disease: a textbook of cardiovascular medicine. 10th edition. Elsevier, 2015.

Carlos V. Serrano Jr., Ari Timerman, Edson Stefanini. Tratado de Cardiologia SOCESP. 2. ed. – Barueri, SP: Manole, 2009.

John P. A. Ioannidis, Thomas A. Trikalinos, Peter G. Danias. Electrocardiogram-Gated Single-Photon Emission Computed Tomography Versus Cardiac Magnetic Resonance Imaging for the Assessment of Left Ventricular Volumes and Ejection Fraction. A Meta-Analysis. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:2059–68.