

Função Ventricular após Cirurgia de Revascularização: Gated SPECT Comparado à Ressonância Cardíaca

Ventricular Function Following Coronary Artery Bypass Grafting: Comparison between Gated SPECT and Cardiac Magnetic Resonance Imaging

Cláudio Tinoco Mesquita^{1,6}; Maria Carolina Pinheiro Pessoa²; Paulo Pontes Vasconcelos^{2,3}; Amarino Carvalho Oliveira Júnior⁴; Hans Fernando Rocha Dohmann^{4,5,6}; Adair Gomes dos Reis⁷; Lea Mirian Barbosa da Fonseca^{2,8}

Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Pró-Cardíaco¹, Pro-Echo Hospital Samaritano², Centro de Diagnóstico por Imagens (CDPI)³; Serviço de Radiologia do Hospital Pró-Cardíaco⁴, Centro de Estudos do Pró-Cardíaco (Procep)⁵; Instituto Nacional de Cardiologia⁶, Nuclear Diagnósticos⁷, Hospital Universitário Clementino Fraga Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)⁸, Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Resumo

Fundamento: A avaliação da função ventricular esquerda pode ser limitada pela movimentação anômala do septo interventricular, freqüentemente encontrada após cirurgia de revascularização miocárdica (CRM). A validação do Gated SPECT como ferramenta para avaliação da função ventricular nesse grupo de pacientes é escassa.

Objetivo: Investigamos a concordância e a correlação entre a fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE), o volume diastólico final (VDF) e o volume sistólico final (VSF), obtidos pela cintilografia de perfusão miocárdica tomográfica sincronizada pelo eletrocardiograma (Gated SPECT), com os mesmos parâmetros medidos pela ressonância magnética cardíaca em 20 pacientes submetidos à revascularização miocárdica.

Métodos: A correlação foi medida pelo coeficiente de correlação de Spearman (ρ), enquanto a concordância foi avaliada por meio da análise de Bland e Altman.

Resultados: Houve uma correlação boa entre o Gated SPECT e a ressonância magnética cardíaca nos pacientes após CRM em relação à fração de ejeção do ventrículo esquerdo ($\rho = 0,85$; $p = 0,0001$), uma correlação moderada para o volume sistólico final ($\rho = 0,51$; $p = 0,02$) e uma correlação insignificante para o volume diastólico final ($\rho = 0,13$; $p = 0,5$). Os limites de concordância para FEVE, VSF e VDF foram: de -20% a 12%; de -38 a 54ml e de -96 a 100ml, respectivamente.

Conclusão: A fração de ejeção do ventrículo esquerdo obtida pelo Gated SPECT correlaciona-se de modo confiável com a da ressonância magnética em pacientes submetidos à CRM. Os volumes ventriculares, entretanto, não apresentam uma correlação adequada. (Arq Bras Cardiol 2009;92(5):357-363)

Palavras-chave: Cintilografia, imagem por ressonância magnética, revascularização miocárdica, função ventricular esquerda, reperfusão miocárdica.

Summary

Background: The assessment of left ventricular function may be impaired by the abnormal interventricular septal motion frequently found after coronary artery bypass grafting (CABG). Studies on the validation of gated SPECT as a tool for the assessment of left ventricular function in this patient group are scarce.

Objective: We investigated the agreement and correlation between left ventricular ejection fraction (LVEF), end-diastolic volume (EDV), and end-systolic volume (ESV) as obtained using electrocardiogram-gated myocardial perfusion scintigraphy (gated SPECT) and cardiac magnetic resonance imaging in 20 patients undergoing coronary artery bypass grafting.

Methods: Correlation was measured using Spearman's correlation coefficient (ρ). Agreement was assessed using Bland-Altman analysis.

Results: A good correlation was found between gated SPECT and cardiac magnetic resonance imaging in patients after CABG with regard to left ventricular ejection fraction ($\rho = 0.85$; $p = 0.0001$), moderate correlation for end-diastolic volume ($\rho = 0.51$; $p = 0.02$), and non-significant correlation for end-systolic volume ($\rho = 0.13$; $p = 0.5$). Agreement ranges for LVEF, ESV and EDV were: -20% to 12%; -38 to 54 ml and; -96 to 100 ml, respectively.

Conclusion: A reliable correlation was found for left ventricular ejection fraction as obtained by gated SPECT and magnetic resonance imaging in patients undergoing CABG. For ventricular volumes, however, the correlation is not adequate. (Arq Bras Cardiol 2009;92(5):327-333)

Key words: Radionuclide imaging; magnetic resonance imaging; myocardial revascularization; ventricular function, left; myocardial reperfusion.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Cláudio Tinoco Mesquita •

Hospital Pró-Cardíaco, Serviço de Medicina Nuclear e Imagem Molecular, Rua General Polidoro 192, Botafogo, 22.280-000, Rio de Janeiro, RJ - Brasil
E-mail: claudiotinoco@globo.com

Artigo recebido em 06/02/08; revisado recebido em 23/05/08; aceito em 19/06/08.

Introdução

A cintilografia de perfusão miocárdica com imagens tomográficas sincronizadas pelo eletrocardiograma (*Gated SPECT*) tem sido empregada na avaliação simultânea da perfusão miocárdica e da função global e segmentar do ventrículo esquerdo. Essa técnica encontra-se bem validada e faz parte do armamentário para o diagnóstico cardiológico há mais de uma década¹⁻³. A ressonância magnética cardíaca (RMC) é considerada a técnica padrão-ouro na avaliação da função ventricular, em virtude da sua excelente resolução espacial e temporal⁴. Uma meta-análise concluiu que as medidas dos volumes ventriculares e da fração de ejeção ventricular esquerda, obtidas pelo *Gated SPECT*, correlacionam-se muito bem com aquelas obtidas pela RMC⁵. Não há evidências definitivas se a acurácia comparativa do *Gated SPECT* com a RMC difere entre os vários subgrupos de pacientes. Embora o desenvolvimento da movimentação anormal do septo interventricular seja reconhecido no pós-operatório de cirurgias cardíacas⁶, o impacto dessa alteração contrátil na acurácia do *Gated SPECT* não está completamente avaliado^{7,8}. É importante que essa técnica seja avaliada nesta situação, pois é reconhecido que a movimentação anormal do septo interventricular após cirurgia cardíaca pode dificultar a avaliação da função ventricular esquerda pelas técnicas convencionais, tais como ecocardiografia, ventriculografia radionuclídica de equilíbrio e ventriculografia contrastada⁹. A avaliação da função ventricular esquerda após a cirurgia de revascularização miocárdica é essencial na quantificação da recuperação contrátil (miocárdio viável) em indivíduos com disfunção ventricular esquerda e na identificação de perda funcional durante o procedimento (infarto perioperatório).

Nosso objetivo neste estudo foi avaliar a acurácia dos parâmetros de função global do ventrículo esquerdo: volumes ventriculares e fração de ejeção por meio do *Gated SPECT*, comparando esses resultados com aqueles obtidos pela RMC em pacientes com movimentação septal anômala após cirurgia de revascularização miocárdica.

Métodos

Para o estudo, foram alocados 20 pacientes que tinham sido submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica nos últimos 12 meses e que apresentavam movimentação anômala do septo interventricular ao ecocardiograma. Foram excluídos os pacientes que apresentavam:

- 1) fibrilação atrial;
- 2) bloqueio de ramo esquerdo de terceiro grau;
- 3) ritmo cardíaco não sinusal;
- 4) marcapasso cardíaco artificial;
- 5) presença de seis ou mais extra-sístoles por minuto; e
- 6) gravidez ou amamentação.

O protocolo do estudo foi aprovado na Comissão de Ética do Hospital. Todos os indivíduos foram informados quanto ao estudo e assinaram o termo de consentimento. Os pacientes foram selecionados no Serviço de Cirurgia Cardíaca do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho. Para todos os pacientes, havia decorrido um período mínimo de três meses após a cirurgia de revascularização (média de oito meses).

Os indivíduos foram prospectivamente submetidos à cintilografia de perfusão miocárdica *Gated SPECT* em repouso e à ressonância magnética cardíaca, com intervalo máximo de duas semanas entre os exames.

A cintilografia de perfusão do miocárdio com sestamibi marcado com tecnécio (Tc 99m) foi feita da seguinte maneira: após a administração intravenosa de 740 MBq do radiotraçador em repouso, seguiu-se a obtenção de imagens tomográficas em 180° (oblíqua anterior direita 45° até oblíqua posterior esquerda 45°) em 32 paradas sincronizadas pelo eletrocardiograma do paciente, sendo o intervalo RR dividido em oito quadros, totalizando 256 quadros por exame. Foi empregada uma janela de aceitação de batimentos de 50%, com fotopico de 140 keV e janela energética de 15%. Foi empregado colimador de baixa energia e alta resolução, matrizes de 64x64 e 35 segundos por parada. As oito projeções sincronizadas pelo ECG foram filtradas, empregando-se um filtro Butterworth 2-D (ordem, 2,5; frequência de 0,3 ciclos por pixel), e foram automaticamente reconstruídas em imagens transaxiais, usando-se retroprojeção filtrada com filtro Rampa. Não se utilizou correção da atenuação ou do espalhamento. As imagens *Gated SPECT* foram reconstruídas automaticamente pelo algoritmo de Germano e cols.³.

A ressonância magnética cardíaca foi realizada em aparelho de 1,5 Tesla (Horizon, General Electric Medical Systems, Milwaukee, Wisconsin), gradiente de 23 mT/m, bobinas de corpo e torso, *phased array*⁸. Empregou-se o software *Fastcard* em apnéia (*spoiled gradient-echo, gradient-echo*) nos eixos longos horizontal (quatro câmaras) e vertical (duas cavidades) do VE e no eixo curto do VE. Foram obtidas nove imagens de fases cardíacas entre o intervalo RR em cada plano de corte. Calcularam-se os volumes ventriculares pela regra de Simpson por meio de tracejamento manual da borda endocárdica em cada imagem do eixo curto⁹. Foi calculada a Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo (FEVE) a partir dos dados do Volume Diastólico Final (VDF) e do Volume Sistólico Final (VSF)⁹.

Análises estatísticas

As medidas sempre foram realizadas duas vezes pelo mesmo observador, sendo empregado o valor médio das medidas para análise. A reprodutibilidade das técnicas foi considerada satisfatória. A análise de regressão foi empregada para determinar a correlação entre a FEVE, o VDF e o VSF medidos pelo *ECG-gated SPECT* e os valores obtidos pela RMC. O coeficiente de correlação de Spearman (ρ) foi derivado com o intuito de avaliar a correlação entre as duas técnicas. Um gráfico de Bland-Altman foi utilizado para demonstrar as tendências sistemáticas nas diferenças entre as duas técnicas. Com esse gráfico, o valor médio obtido a partir das medidas das duas técnicas é demonstrado nas ordenadas, e as diferenças entre as duas medidas são assinaladas no eixo das abscissas. As diferenças entre os grupos foram avaliadas por meio do teste do qui-quadrado ou do teste exato de Fischer, quando adequado. Os valores são designados em médias mais ou menos de um desvio padrão. O valor p de 0,05 ou menor foi considerado como significativo.

Resultados

Todos os 20 pacientes realizaram o *ECG-gated SPECT* e a RMC sem qualquer complicação. Um dos pacientes foi excluído da análise por apresentar falha de captura do sinal eletrocardiográfico durante o estudo cintilográfico, porém as análises comparativas incluíram esses 19 pacientes.

Fração de ejeção ventricular esquerda

Os valores das estimativas da fração de ejeção encontram-se na tabela 1. Não houve diferença significativa da Fração de Ejeção Ventricular Esquerda média do grupo de pacientes determinada pelo *ECG-gated SPECT* ($54\% \pm 8\%$) em comparação com o valor médio estimado pela RMC ($58\% \pm 12\%$, $p = \text{NS}$). Houve uma boa correlação entre as medidas da FEVE obtidas pelo *ECG-gated SPECT* e as medidas da RMC ($\rho = 0,78$, $p = 0,0001$). Os resultados da análise de regressão

linear na amostra de pacientes são demonstrados na figura 1. Os resultados da análise de Bland-Altman estão demonstrados na figura 2, na qual se pode observar que o *ECG-gated SPECT* tende a subestimar, de modo discreto, a fração de ejeção do ventrículo esquerdo em comparação com a RMC.

Volume diastólico final

Os valores dos Volumes Diastólicos Finais medidos encontram-se na tabela 1. Não houve diferença significativa entre o VDF médio do grupo de pacientes determinado pelo *ECG-gated SPECT* (105 ± 38 ml) em comparação com o valor médio estimado pela RMC (107 ± 39 ml, $p = \text{NS}$). Não houve correlação entre as medidas do VDF obtidas pelo *ECG-gated SPECT* e as medidas da RMC ($\rho = 0,013$, $p = 0,5$). Os resultados da análise de regressão linear na amostra de pacientes são demonstrados na figura 3. Os resultados

Tabela 1 - Valores da Fração de Ejeção Ventricular Esquerda (FEVE), Volumes Diastólicos Finais (VDF), Volumes Sistólicos Finais (VSF), com médias e desvios-padrão da amostra. FE-RMC = fração de ejeção pela ressonância magnética cardíaca

Pacientes	FEVE – Gated SPECT	FE-RMC	VSF – Gated SPECT	VSF RMC	VDF – Gated SPECT	VDF RMC
	(%)	(%)	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)
1	68	67	16	35	51	107
2	69	59	18	42	59	105
3	45	55	55	80	100	181
4	46	47	82	47	151	90
5	38	41	102	129	164	221
6	64	67	26	39	73	122
7	52	47	64	58	133	110
8	61	70	23	31	61	107
9	55	61	32	39	71	101
10	48	55	42	38	99	87
11	53	61	66	35	134	91
12	-	46	-	93	-	172
13	54	56	44	33	96	76
14	52	67	61	33	128	100
15	48	42	79	40	152	70
16	46	38	100	45	186	87
17	48	52	46	29	90	62
18	64	84	26	12	73	80
19	64	73	30	24	82	88
20	58	75	43	20	102	82
Média	54	58	50	42	105	107
Desvio-padrão	8	12	25	24	38	39
Valor de p da comparação Gated SPECT vs. RMC	0,1		0,2		0,4	

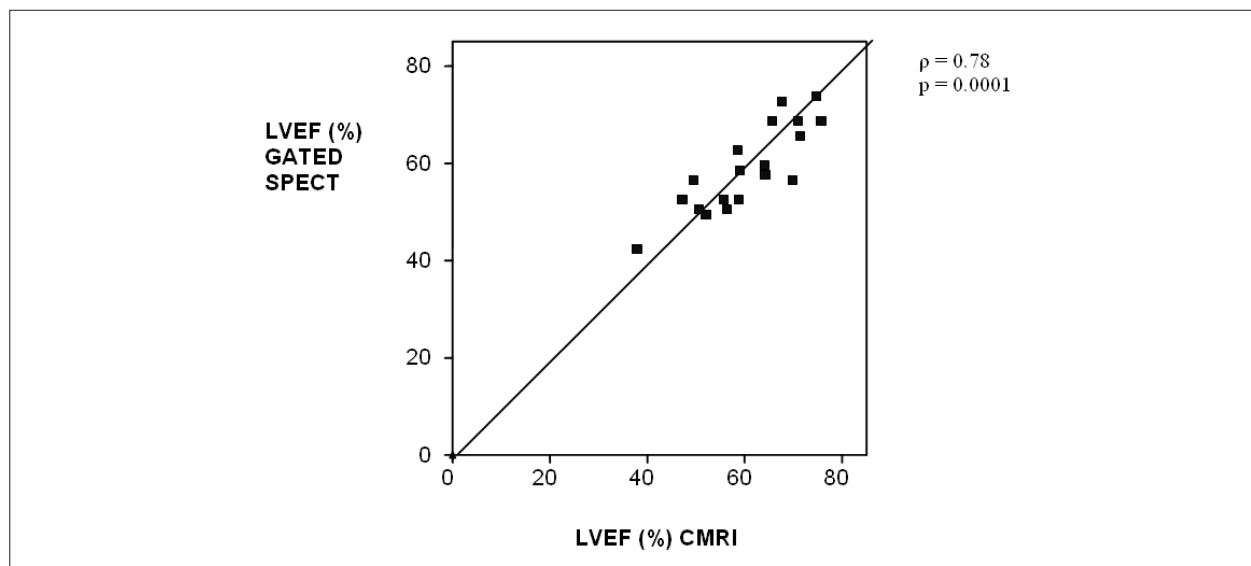


Fig. 1 - Diagrama de dispersão e coeficiente de correlação de Spearman que demonstram a correlação entre a FEVE obtida pelo Gated SPECT e a obtida pela RMC.

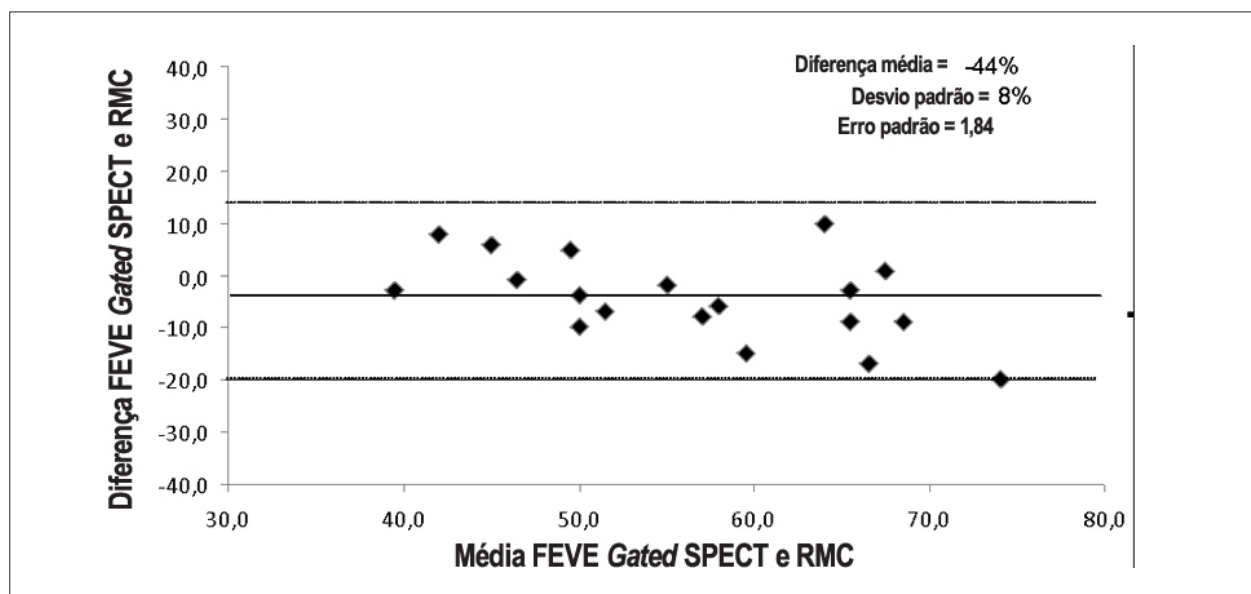


Fig. 2 - Diagrama de concordância entre a fração de ejeção pelo Gated SPECT e a fração de ejeção obtida pela ressonância magnética; RMC - ressonância magnética cardíaca.

da análise de Bland-Altman estão demonstrados na figura 4, na qual se pode observar que o *ECG-gated SPECT* tende a superestimar, de modo discreto, o VDF do ventrículo esquerdo em comparação com a RMC. Entretanto o desvio padrão de 49 ml indica maior variabilidade desta medida.

Volume sistólico final

Os valores dos Volumes Sistólicos Finais medidos encontram-se na tabela 1. Não houve diferença significativa entre o VSF médio do grupo de pacientes determinado pelo *ECG-gated SPECT* (50 ± 25 ml) em comparação com o valor médio estimado pela RMC (42 ± 24 ml, $p = \text{NS}$). Houve uma boa correlação entre as medidas do VSF obtidas pelo

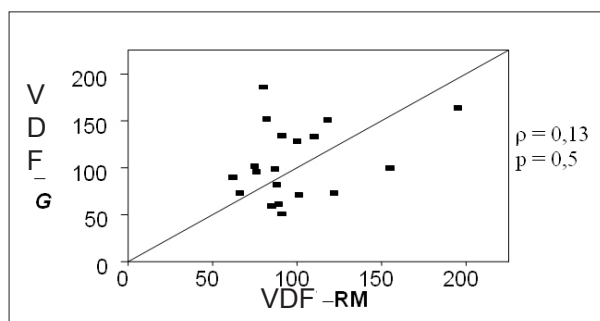


Fig. 3 - Diagrama de dispersão e coeficiente de correlação de Spearman que demonstra a correlação entre o volume diastólico final (VDF) obtido pelo Gated SPECT e o obtido pela RMC.

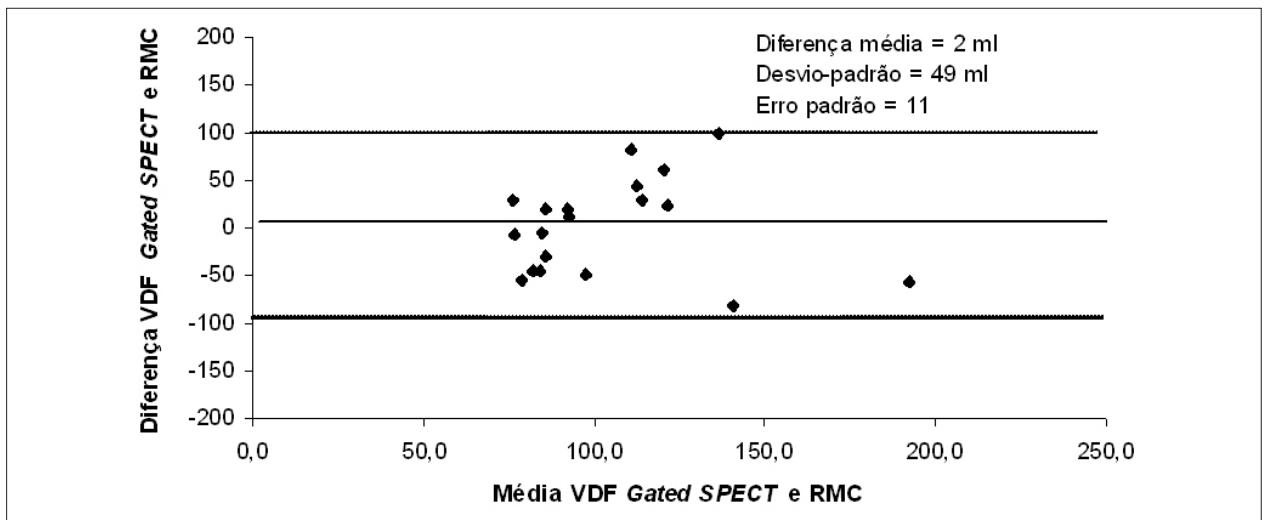


Fig. 4 - Diagrama de concordância entre o VDF obtido pelo Gated SPECT e o VDF obtido pela ressonância magnética; RMC - ressonância magnética cardíaca.

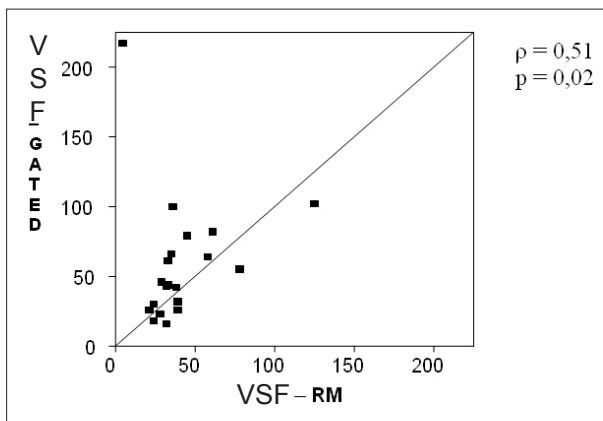


Fig. 5 - Diagrama de dispersão e coeficiente de Spearman que demonstra a correlação entre o volume sistólico final (VSF) obtido pelo Gated SPECT e o obtido pela RMC.

ECG-gated SPECT e as medidas da RMC ($p = 0,51$, $p = 0,02$). Os resultados da análise de regressão linear na amostra de pacientes são demonstrados na figura 5. Os resultados da análise de Bland-Altman estão demonstrados na figura 6, na qual se pode observar que o ECG-gated SPECT tem uma concordância melhor para o VSF com a RMC do que para o VDF (figura 4).

Discussão

O presente estudo avaliou a correlação e a concordância entre as medidas da função sistólica ventricular esquerda (volumes ventriculares e fração de ejeção) pela técnica do Gated SPECT em comparação com a ressonância magnética obtida em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. De modo geral, foi encontrada uma correlação satisfatória entre as técnicas, entretanto a avaliação do

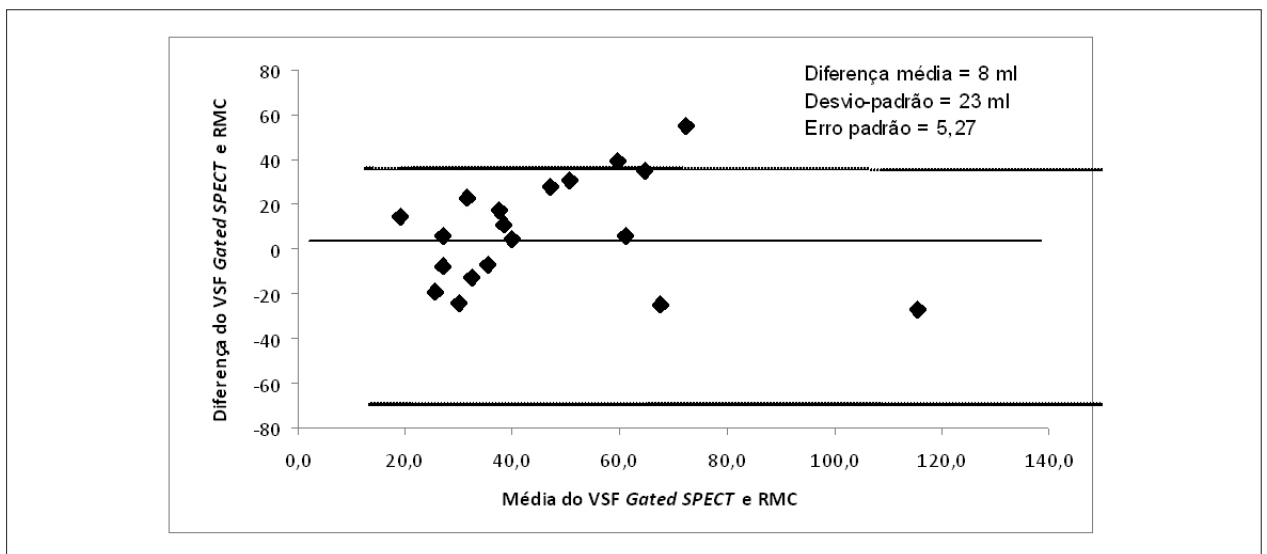


Fig. 6 - Diagrama de concordância entre o VSF pelo Gated SPECT e o VSF obtido pela ressonância magnética; RMC - ressonância magnética cardíaca.

volume diastólico final do ventrículo esquerdo apresentou uma correlação inferior à clinicamente desejável. De forma similar, os gráficos de Bland-Altman demonstraram limites de concordância amplos entre os métodos, o que pode acarretar implicações de ordem prática.

Vários estudos¹⁰⁻¹² demonstraram que a função sistólica do ventrículo esquerdo é um importante fator prognóstico a longo prazo na cardiopatia isquêmica, principalmente a fração de ejeção do ventrículo esquerdo. Após o infarto do miocárdio, volumes ventriculares aumentados estão associados a maior mortalidade, maior taxa de eventos cardiovasculares adversos e pior prognóstico¹⁰. A avaliação acurada dos volumes ventriculares e da fração de ejeção adiciona valor incremental na estratificação de risco do paciente e ajuda a guiar a terapia. O *Gated SPECT* é uma poderosa ferramenta clínica que permite a avaliação da função ventricular e da perfusão em uma única aquisição sem exposição adicional à radiação além da necessária para realização da cintilografia de perfusão, com custos mínimos e sem desconforto para o paciente³. Dados provenientes de diversos estudos demonstraram que os parâmetros da função ventricular obtidos pelo *Gated SPECT* são variáveis prognósticas independentes¹⁰⁻¹². Quando o paciente necessitar de uma avaliação da perfusão miocárdica por meio da cintilografia, todas as informações adicionais pertinentes à função ventricular são obtidas sem acréscimo na dose de radiação, o que é um considerável incremento na relação de benefício do exame.

O *Gated SPECT* foi validado em experimentos com fantasmas, estudos em animais e em séries de pacientes¹³. A ressonância magnética cardíaca tem provado ser uma técnica extremamente acurada na determinação dos volumes ventriculares e da fração de ejeção e é considerada o padrão-ouro na avaliação da função ventricular^{4,6}. Os valores obtidos pelo *Gated SPECT* têm-se correlacionado de modo satisfatório aos obtidos pela ressonância magnética, entretanto existem limitações que devem ser conhecidas¹³. O programa mais empregado na prática clínica, o *Quantitative Gated SPECT* (QGS), usa um esquema de detecção de bordas para avaliar os volumes ventriculares e a FEVE. Demonstrou-se que esses parâmetros são influenciados pelo sexo, com volumes ventriculares menores e FEVE maior para mulheres¹⁴. Programas quantitativos que utilizam informações sobre densidade de contagem para a determinação da função sistólica são menos influenciados pela magnitude do volume esquerdo e pela resolução da imagem do que os algoritmos baseados em detecção das bordas e geram volumes ventriculares sistematicamente maiores do que os calculados pelo programa QGS¹⁵.

Na meta-análise sobre estudos comparativos entre o *Gated SPECT* e outros métodos de avaliação da função ventricular, foi demonstrada uma excelente concordância e correlação entre a ressonância magnética e o *Gated SPECT* na avaliação dos índices de função sistólica⁵. Entretanto, na mesma meta-análise, os autores terminam por concluir que pesquisas adicionais são necessárias em alguns subgrupos de pacientes que não estavam adequadamente representados nos trabalhos até então disponíveis⁵. Um dos subgrupos que podemos mencionar é o de pacientes com movimentação septal anômala.

As anormalidades na movimentação do septo interventricular após cirurgias cardíacas estão relacionadas à translação sistólica anteromedial exagerada do coração dentro do tórax pela perda da fixação ligamentar e da integridade do pericárdio⁶. Esse movimento anormal torna difícil a avaliação da função ventricular pelas técnicas de imagem convencionais após cirurgia cardíaca¹³. Existe um padrão de contração característico observado nos pacientes após cirurgia cardíaca. Em um estudo sobre o *Gated SPECT* que abordou especificamente pacientes em pós-operatório, foi observada uma hipocinesia septal com preservação do espessamento associada a uma aparente movimentação aumentada do endocárdio da parede lateral do ventrículo esquerdo, além de um abaulamento epicárdico anterior, diferente do padrão de contração observado em indivíduos normais¹⁶. Tadamura e cols.⁷ foram os primeiros a validar o *Gated SPECT* na estimativa dos volumes ventriculares e da fração de ejeção em 16 pacientes após cirurgia de revascularização miocárdica⁷. A conclusão do estudo foi de que o *Gated SPECT* provê informações funcionais satisfatórias em pacientes após cirurgia cardíaca, incluindo volumes ventriculares absolutos. Entretanto a resolução temporal diferente entre as técnicas ocasionou uma pequena subestimação da fração de ejeção com o *Gated SPECT*⁷. Os próprios autores sugerem que novos estudos sobre o tema devem ser realizados para avaliar, adequadamente, se o *Gated SPECT* pode ser aplicado de modo acurado nessa população, especialmente em pacientes com defeitos de perfusão e aneurismas⁷.

A principal diferença entre nosso estudo e o citado no parágrafo anterior é que 14 de nossos 20 pacientes apresentavam defeitos de perfusão significantes, em comparação com apenas cinco do trabalho de Tadamura e cols.⁷. Quando se utiliza um algoritmo que requer a detecção de bordas endocárdicas para avaliar os volumes ventriculares e a FEVE, é esperado que a presença de defeitos de perfusão, secundários às áreas de infarto do miocárdio, limitem a acurácia da técnica. Essa diferença entre as populações estudadas pode explicar as disparidades observadas entre o estudo presente e o prévio. Vários estudos têm encontrado divergências similares dos dados obtidos pelo *Gated SPECT* em segmentos com grave redução da concentração do radiotraçador em comparação à ressonância magnética¹⁷⁻¹⁹. A presença de infarto prévio acarreta uma redução na contagem de fótons, particularmente no final da diástole, que subestima a motilidade e as funções regional e global¹².

Conclusão

Nossos dados ainda são restritos a um grupo limitado de pacientes, mas acreditamos que devam ser validados em outras séries com outros algoritmos de análise da função ventricular e outros radiotraçadores²⁰⁻²², para uma compreensão melhor das limitações do *Gated SPECT* nos pacientes com movimentação septal anômala. O uso mais eficiente e apropriado de métodos de imagem em cardiologia é o desejo de todos profissionais que utilizam o exame, sejam especialistas ou não²³. Desse modo, acreditamos que nossos achados podem servir.

Em conclusão, a fração de ejeção do ventrículo esquerdo obtida pelo *Gated SPECT* correlacionou-se, de modo confiável,

à da Ressonância Magnética em pacientes submetidos à CRM. Os volumes ventriculares, entretanto, não apresentam uma correlação adequada.

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de tese de Doutorado de Cláudio Tinoco Mesquita pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Referências

- 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: 1857-65.
- DePuey E, Nichols K, Dobrinsky C. Left ventricular ejection fraction assessed from gated technetium-99m-sestamibi SPECT. *J Nucl Med.* 1993; 34: 1871-6.
- Germano G, Kiat H, Kavanagh PB, Moriel M, Mazzanti M, Su HT, et al. Automatic quantification of ejection fraction from gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Med.* 1995; 36: 2138-47.
- Cranney GB, Lotan CS, Dean L, Baxley W, Bouchard A, Pohost GM. Left ventricular volume measurement using cardiac axis nuclear magnetic resonance imaging: validation by calibrated ventricular angiography. *Circulation.* 1990; 82: 154-63.
- Ioannidis J, Trikalinos T, Danias P. 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.
- Vignola P, Boucher C, Curfman G, Walker H, Shea W, Dinsmore R, et al. Abnormal interventricular septal motion following cardiac surgery: clinical, surgical, echocardiographic and radionuclide correlates. *Am Heart J.* 1979; 97: 27-34.
- Tadamura E, Kudoh T, Motooka M, Inubushi M, Okada T, Kubo S, et al. Use of technetium-99m sestamibi ECG-gated single-photon emission tomography for the evaluation of left ventricular function following coronary artery bypass graft: comparison with three-dimensional magnetic resonance imaging. *Eur J Nucl Med.* 1999; 26: 705-12.
- Taki J, Higuchi T, Nakajima K, Matsunari I, Hwang EH, Bunko H, et al. Electrocardiographic gated 99mTc-MIBI SPECT for functional assessment of patients after coronary artery bypass surgery: comparison of wall thickening and wall motion analysis. *J Nucl Med.* 2002; 43: 589-95.
- Foo TK, Bernstein MA, Aisen AM, Hernandez RJ, Collick BD, Bernstein T. Improved ejection fraction and flow velocity estimates with use of view sharing and uniform repetition time excitation with fast cardiac techniques. *Radiology.* 1995; 195: 471-8.
- White HD, Norris RM, Brown MA, Brandt PW, Whitlock RM, Wild CJ. Left ventricular end-systolic volume as the major determinant of survival after recovery from myocardial infarction. *Circulation.* 1987; 76: 44-51.
- Matsuo S, Matsumoto T, Nakae I, Koh T, Masuda D, Takada M, et al. Prognostic value of ECG-gated thallium-201 single-photon emission tomography in patients with coronary artery disease. *Ann Nucl Med.* 2004; 18: 617-22.
- Kroll D, Farah W, McKendall G, Reinert S, Johnson L. Prognostic value of stress-gated Tc-99m sestamibi SPECT after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 2001; 87: 381-6.
- Faber TL, Vansant JP, Pettigrew R, Galt JR, Blais M, Chatzimavroudis G, et al. Evaluation of left endocardial volumes and ejection fractions computed from gated perfusion SPECT with magnetic resonance imaging: comparison of two methods. *J Nucl Cardiol.* 2001; 8: 645-51.
- De Bondt P, Van de Wiele C, De Sutter J, De Winter F, De Backer G, Dierckx RA. Age- and gender specific-differences in left ventricular cardiac function and volumes determined by gated SPECT. *Eur J Nucl Med.* 2001; 28: 620-4.
- Yamada AT, Campos Neto GC, Soares J Jr, Giorgi MC, Araujo F, Meneghetti JC, et al. Diferenças relacionadas ao sexo nos volumes ventriculares e na fração de ejeção do ventrículo esquerdo estimados por cintilografia de perfusão miocárdica: comparação entre os programas Quantitative Gated SPECT (QGS) e Segami. *Arq Bras Cardiol.* 2007; 88: 285-90.
- Yun J, Block M, Botvinik E. Unique contraction pattern in patients after coronary bypass graft surgery by gated SPECT myocardial perfusion imaging. *Clin Nucl Med.* 2003; 28: 18-24.
- Manrique A, Faraggi M, Véra P, Vilain D, Lebtahi R, Cribier A, et al. 201TI and 99mTc-MIBI gated SPECT in patients with large perfusion defects and left ventricular dysfunction: comparison with equilibrium radionuclide angiography. *J Nucl Med.* 1999; 40: 805-9.
- Righetti A, Crawford M, O'Rourke R, Schelberg H, Daily P, Ross J Jr. Interventricular septal motion and left ventricular function after coronary bypass surgery: evaluation with echocardiography and radionuclide angiography. *Am J Cardiol.* 1977; 39: 372-7.
- Stollfuss JC, Haas F, Matsunari I, Neverve J, Nekolla S, Eike JS, 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. *J Nucl Med.* 1998; 25: 522-30.
- Anagnostopoulos C, Gunning MG, Pennell DJ, Laney R, Proukakis H, Underwood SR. Regional myocardial motion and thickening assessed at rest by ECG-gated 99mTc-MIBI emission tomography and by magnetic resonance imaging. *Eur J Nucl Med.* 1996; 23: 909-16.
- Nakajima K, Higuchi T, Taki J, Kawano M, Tonami N. Accuracy of ventricular volume and ejection fraction measured by gated myocardial SPECT: comparison of 4 software programs. *J Nucl Med.* 2001; 42: 1571-8.
- Hyun I, Kwan J, Park KS, Lee WH. Reproducibility of TI-201 and Tc-99m sestamibi gated myocardial perfusion SPECT measurement of myocardial function. *J Nucl Cardiol.* 2001; 8: 182-7.
- Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretrizes sobre ressonância magnética cardiovascular e tomografia computadorizada da Sociedade Brasileira de Cardiologia. *Arq Bras Cardiol.* 2006; 87(3): e60-100.