

# AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO CARDÍACA POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA COM SEQÜÊNCIAS EM EQUILÍBRIO ESTÁVEL: SEGMENTADAS × TEMPO REAL \*

Leonardo Bernardo Bezerra<sup>1</sup>, Edson Marchiori<sup>2</sup>, Paulo V. Pontes<sup>3</sup>

**Resumo** **OBJETIVO:** Comparar os índices de função sistólica ventricular obtidos entre as seqüências de cine-ressonância magnética em equilíbrio estável, em tempo real e acoplada ao eletrocardiograma, em pacientes com ritmo regular ou não. **MATERIAIS E MÉTODOS:** Foram comparados a fração de ejeção e os volumes diastólico e sistólico finais, em 31 pacientes, 11 com ritmo cardíaco irregular e 20 com ritmo cardíaco sinusal regular, utilizando-se seqüências segmentadas acopladas ao eletrocardiograma e em tempo real. O tratamento estatístico foi feito através da correlação de Pearson e a concordância de Bland-Altman, com  $p < 0,01$ . **RESULTADOS:** As aquisições em tempo real demonstraram borramento dos contornos endocárdicos, mas ambas as seqüências tiveram forte correlação positiva entre os valores obtidos: fração de ejeção,  $r = 0,94$ ; volume diastólico final,  $r = 0,93$ ; volume sistólico final,  $r = 0,98$ . A análise dos 11 pacientes com ritmo irregular não demonstrou diferença estatisticamente significativa, apesar da menor relação de contraste sangue-miocárdio. **CONCLUSÃO:** Seqüências em tempo real podem ser utilizadas para a análise da função cardíaca, independente do ritmo cardíaco dos pacientes.

*Unitermos:* Cine-RM; Função ventricular; Equilíbrio estável; Tempo real; Acoplamento de imagens.

**Abstract** *Assessment of cardiac function by magnetic resonance imaging: segmented x real-time steady-state free precession sequences.*

**OBJECTIVE:** To compare ventricular systolic parameters on segmented and real-time steady-state free precession cine-MRI sequences and ECG-gated MRI in patients presenting or not with cardiac arrhythmias. **MATERIALS AND METHODS:** Ejection fraction and end-diastolic/end-systolic volumes have been compared in 31 patients, 11 presenting with cardiac arrhythmias, and 20 with regular sinus rhythm, using ECG-gated segmented and real-time sequences. The statistical analysis was performed using Pearson's correlation and Bland-Altman agreement plot, with  $p < 0.01$ . **RESULTS:** Real-time acquisitions demonstrated endocardial borders blurring effects, but both sequences presented a clear, positive correlation: ejection fraction  $r = 0.94$ ; end-diastolic volume  $r = 0.93$  and end-systolic volume  $r = 0.98$ . The assessment of 11 patients with arrhythmias has not demonstrated a statistically significant difference, despite the lower blood pool-myocardial contrast ratio. **CONCLUSION:** Real-time sequences may be utilized for cardiac function assessment, regardless the patient's cardiac rhythm.

*Keywords:* Cine-RMI; Ventricular function; Steady-state free precession; Real-time; ECG-gated MRI.

## INTRODUÇÃO

A ressonância magnética (RM) é, atualmente, o padrão-ouro para o estudo da função ventricular<sup>(1,2)</sup>. Porém, a complexidade do movimento cardíaco durante seu ciclo tem sido um desafio para este método<sup>(3)</sup>,

bem como o longo tempo de duração do exame e a constante presença de artefatos de movimento respiratório, que têm restringido seu amplo uso na prática clínica<sup>(4-6)</sup>. O acoplamento da RM ao eletrocardiograma (ECG)<sup>(6)</sup> foi uma alternativa para conseguir imagens cardíacas sem artefatos conseqüentes ao seu movimento intrínseco, enquanto as técnicas de controle da respiração diminuíram os artefatos do movimento diafragmático<sup>(7)</sup>.

Seqüências em equilíbrio estável, True-FISP (*free steady-state precession*), segmentadas e acopladas ao ECG, em modo cine, são atualmente as de escolha para a avaliação da função cardíaca, devido ao alto contraste entre o sangue e o miocárdio<sup>(5,6,8)</sup>. Estas seqüências utilizam a regularidade do intervalo R-R do ECG para a

aquisição das imagens. Outro fator importante na implementação do método foi o surgimento de aquisições ultra-rápidas e multicanais, reduzindo o tempo de aplicação de algumas seqüências para apenas uma inspiração (*breath-hold*)<sup>(7)</sup>. Apesar dessa redução no tempo, há casos nos quais arritmias complexas, inerentes a algumas disfunções ventriculares, dificultam a avaliação por RM. Esta dificuldade só poderia ser suplantada quando as aquisições pudessem independender do ritmo cardíaco. Surgem, então, as seqüências em tempo real<sup>(7)</sup>, em que a aquisição das imagens não depende da ritmicidade do ciclo cardíaco, como nas seqüências segmentadas.

Este trabalho tem o objetivo de comparar os parâmetros da função sistólica ventricular em pacientes submetidos a estudos

\* Trabalho realizado na Clínica Multimagem – Ipanema, Rio de Janeiro, RJ.

1. Mestre em Radiologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Professor Assistente da Disciplina de Imagenologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

2. Professor Titular de Radiologia da Universidade Federal Fluminense, Coordenador Adjunto do Curso de Pós-graduação em Radiologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

3. Mestre em Cardiologia pela Universidade Federal Fluminense.

Endereço para correspondência: Dr. Leonardo Bernardo Bezerra. Rua dos Tororós, 420, Ed. Terra Mater, ap. 1203, Bloco B, Lagoa Nova, Natal, RN, 59054-550. E-mail: warrenhellwind@yahoo.com.br

Recebido para publicação em 11/1/2006. Aceito, após revisão, em 20/2/2006.

por RM cardíaca, com seqüências multicanal TrueFISP acopladas ao ECG (segmentadas) e seqüências em tempo real, e também observar se a presença de arritmias pode influenciar a análise dos parâmetros da função sistólica ventricular em seqüências TrueFISP segmentadas, e em tempo real.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Trinta e um pacientes foram estudados, retrospectivamente, ao serem submetidos a investigação cardiológica por RM, com as indicações de pesquisa de viabilidade miocárdica, miocardite e alterações morfológicas arritmogênicas, no período de agosto de 2003 a março de 2004. Independente da indicação e da presença ou não de disfunções cardiovasculares, todos os pacientes tiveram sua função ventricular estudada, através da realização de quantificações volumétricas do ventrículo esquerdo, por imagens de cine-RM.

As imagens de RM foram adquiridas com o uso de um scanner Magnetom Symphony 1,5 T, equipado com gradientes de alta performance (amplitude máxima – 40 mT/m; *slew rate* – 125 mT/m/s), usando seqüências em TrueFISP. Foram adquiridas imagens do curto eixo cardíaco para as seqüências cine-RM segmentadas e em tempo real, todas em apnéia expiratória. O TR foi reduzido ao mínimo para as duas seqüências, e a angulação da magnetização foi a máxima possível. Este protocolo era pré-determinado pela estação de trabalho, para máxima efetividade da seqüência.

As seqüências segmentadas em TrueFISP (TR/TE = 1.4/1.2; *flip angle* = 65°) obtiveram tantos segmentos por batimento cardíaco quanto possível, de acordo com o tamanho do espaço R-R de cada paciente. O software de programação das seqüências predeterminava 28 segmentos como base para cada batimento, sendo este número ampliado ou diminuído de acordo com a variação do R-R em milissegundos (ms) (Figura 1). Isto propiciava uma resolução temporal média de 39 ms. A matriz de aquisição utilizada foi de 192 × 82, com tempo de aquisição médio de 14 batimentos. O exame foi realizado com uma espessura de corte de 8 mm. Cada apnéia, momento em que ocorria a assimilação de dados, permitia a realização de um *slab* (conjunto de

cortes), com três cortes (técnica *multislice*). Este *slab* era repetido duas ou três vezes, até que todo o longo eixo do ventrículo esquerdo fosse percorrido, não existindo espaços entre os *slabs*. Dessa forma, para os dados da função ventricular eram necessárias duas ou três apnéias.

As seqüências em tempo real (TR/TE = 3.5/0.9; *flip angle* = 40°) possuíam matriz de aquisição de 128 × 72, e a seqüência usava, em média, 72 segmentos por corte (Figura 2), com TR efetivo total de 2.300 ms. A espessura do corte foi de 8 mm.

Aquisições *single-shot* foram utilizadas para as seqüências em tempo real, otimizando a resolução temporal, permitindo estudar todo o coração em uma única apnéia. O número de cortes era semelhante ao das seqüências segmentadas (seis a nove cortes para tempo real, e dois ou três *slabs* para segmentadas). O tempo total de aqui-

sição das seqüências em tempo real, estimado em batimentos cardíacos, variou de 12 a 18 batimentos.

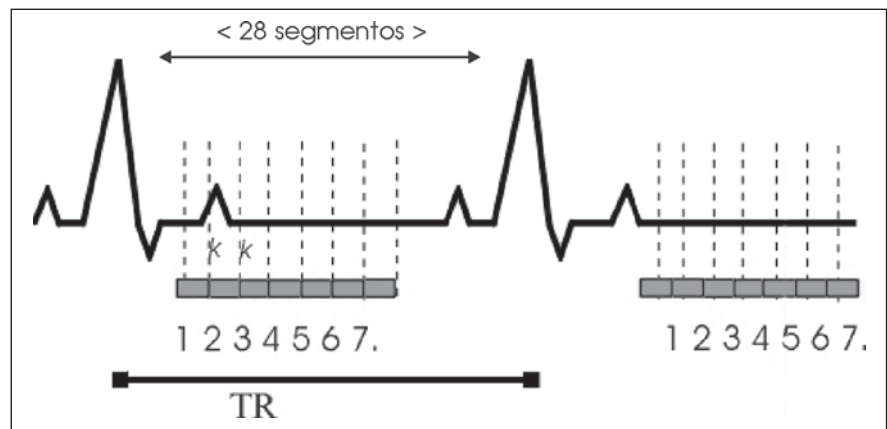
Foram utilizados protocolos de aquisição paralela (multicanal), com um iPAT fator 2 em ambas as seqüências.

O *field-of-view* utilizado inicialmente foi de 350 mm, mas sofreu variações entre os pacientes, para oferecer a melhor resolução espacial a cada aquisição, variando de 280 a 420 mm.

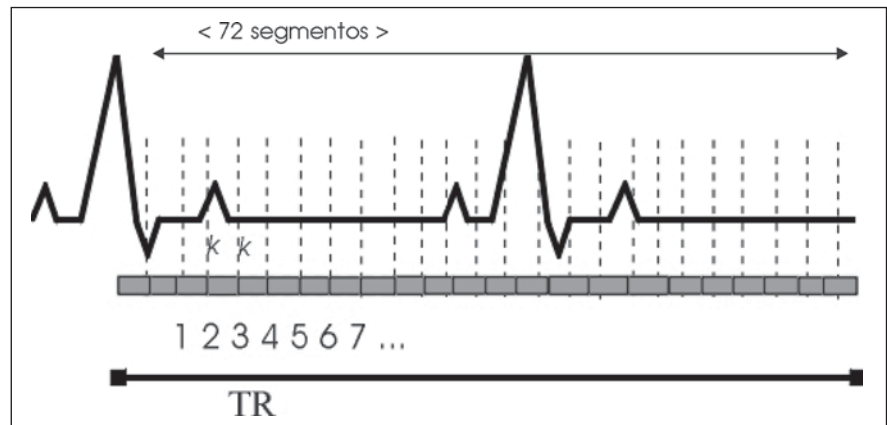
Para a aquisição das imagens fez-se uso de seis receptores: quatro anteriores e dois no dorso.

Para as aquisições em tempo real, o acoplamento ao ECG serviu para sincronizar o início dos cortes, enquanto nas imagens segmentadas, este era utilizado para o desencadeamento das seqüências de pulso.

O curto eixo cardíaco foi estudado da base ao ápice, com um *gap* de 2 mm.



**Figura 1.** Diagrama esquemático do acoplamento ao ECG e do TR das seqüências TrueFISP segmentadas, demonstrando os espaços *k* e o número médio de segmentos. Figura idealizada pelo autor.



**Figura 2.** Diagrama esquemático do acoplamento ao ECG e do TR das seqüências TrueFISP em tempo real, demonstrando os espaços *k* e o número médio de segmentos. Figura idealizada pelo autor.

Os parâmetros da função ventricular foram calculados com o uso do programa Argus (Siemens Medical Systems) através da renderização semi-automática da cavidade endocárdica sobre os vários cortes do curto eixo cardíaco, com auxílio de correção manual. Todos os pacientes tiveram seus parâmetros para análise da função sistólica ventricular esquerda mensurados: volumes finais sistólico (VSf) e diastólico (VDf), e a fração de ejeção.

Todas as análises foram feitas pelo mesmo examinador, em ambas as seqüências.

A análise estatística foi feita usando-se a correlação de Pearson e o teste *t*-Student, e a concordância entre as duas seqüências foi analisada através da análise gráfica de Bland-Altman. Foi utilizado  $p < 0,01$  como indicativo de diferença estatisticamente significativa. As análises foram realizadas com o auxílio dos programas Analyse-it for Excel™, versão 1.71, e Med-Calc®, versão 7.6.0.0.

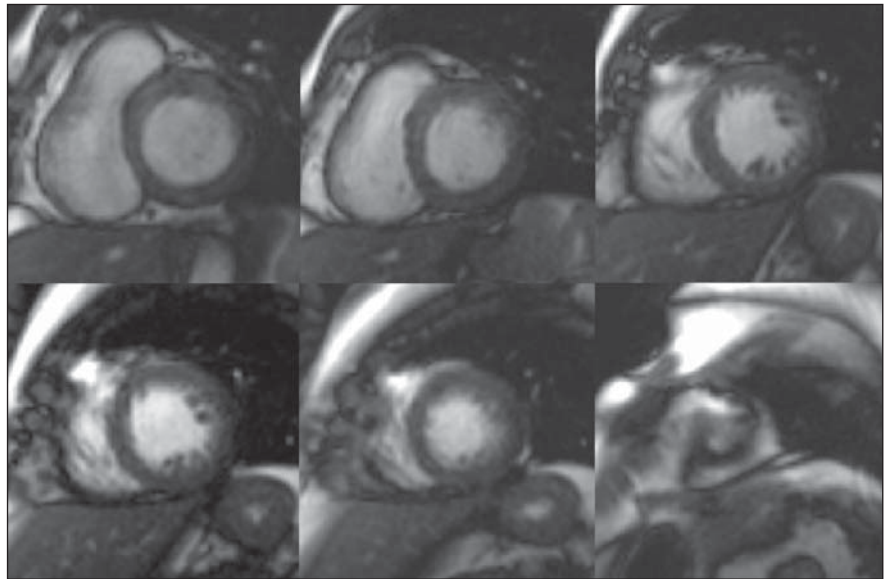
## RESULTADOS

A análise epidemiológica da população mostrou faixa etária média dos pacientes de 47 anos, variando entre 7 e 77, com desvio-padrão de  $\pm 19$  anos, com predominância feminina, sendo 18 mulheres e 13 homens.

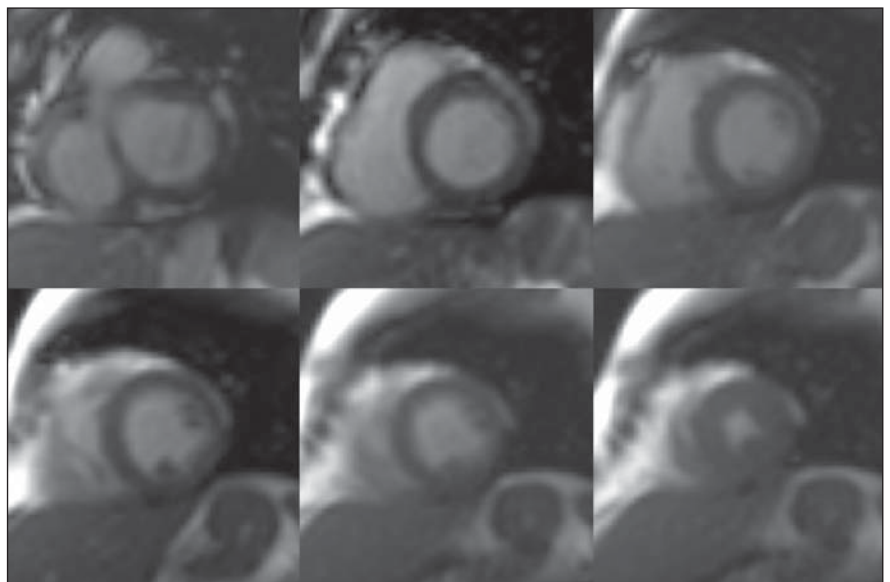
A análise do ritmo cardíaco durante o exame demonstrou que 11 dos 31 pacientes apresentavam ritmo cardíaco irregular, pela presença de extra-sístoles ventriculares freqüentes ou outras arritmias, entre elas, taquiarritmias, bigeminismo e fibrilação atrial. Os 20 pacientes restantes apresentavam ritmo sinusal regular.

Foram feitas aquisições por RM em seqüências *steady-state*, em tempo real e segmentada, para todos os pacientes, da base ao ápice do coração (Figuras 3 e 4), com resolução temporal, nas seqüências cine-RM de 39 ms e 126 ms para segmentadas e em tempo real, respectivamente.

As imagens em tempo real mostraram menor resolução espacial do que as imagens segmentadas, fato demonstrado pelo discreto borramento dos contornos das imagens adquiridas (Figura 5), o que dificultou o delineamento do rebordo miocárdico. No momento do delineamento das bordas endocárdicas, os músculos papilares foram adicionados a este contorno



**Figura 3.** Cortes do curto eixo cardíaco, adquiridos em seqüência TrueFISP segmentada, da base ao ápice.



**Figura 4.** Cortes do curto eixo cardíaco, adquiridos em seqüência TrueFISP em tempo real, da base ao ápice.

quando em contato com a parede ventricular; do contrário, foram adicionados ao volume da cavidade ventricular.

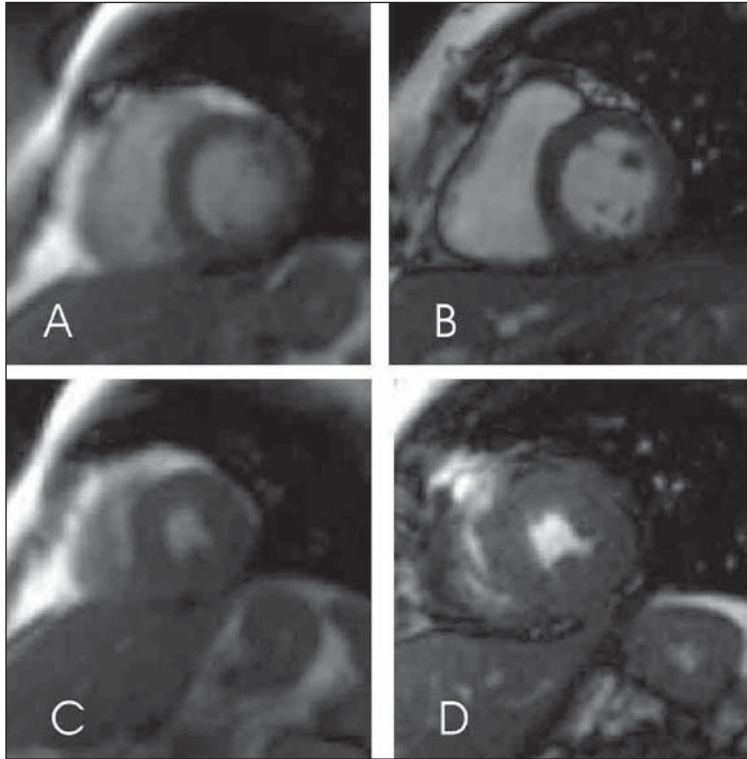
### Parâmetros volumétricos

A média dos valores obtidos nas duas seqüências não apresentou diferença significativa ( $p < 0,01$ ). Os valores das médias obtidas nas seqüências segmentadas e em tempo real foram, respectivamente, 55,7% e 53,8% para a fração de ejeção, 44 ml e 45 ml para o VSf, e 96,4 ml e 94,2 ml para

o VDf. Estes parâmetros da análise da função ventricular tiveram forte correlação positiva  $r$ , como evidenciado na Tabela 1.

A concordância entre os métodos foi avaliada pela análise proposta por Bland-Altman, atualizada pelo NCCLS, verificando-se médias das diferenças de -2,1%, -2,2 ml e 1,7 ml para a fração de ejeção, VDf e VSf, respectivamente. A análise gráfica proposta (guideline EP9-A<sup>(9)</sup>) plotou a diferença dos valores das seqüências contra os valores das seqüências segmentadas,





**Figura 5.** Imagens em TrueFISP do curto eixo cardíaco de um dos pacientes do estudo demonstrando o borramento no rebordo endocárdico. **A:** Base do coração adquirida em tempo real. **B:** Base do coração adquirida em seqüências segmentadas. **C:** Ápice do coração adquirida em tempo real. **D:** Ápice do coração em seqüência segmentada.

**Tabela 1** Resultado da comparação entre as médias das medidas para avaliação da função ventricular e seus respectivos índices de correlação (valor de *r*), obtidas em seqüências TrueFISP segmentadas e em tempo real.

| Parâmetro               | Segmentadas | Tempo real | Coefficiente de correlação |
|-------------------------|-------------|------------|----------------------------|
| Fração de ejeção        | 55,7%       | 53,8%      | 0,94                       |
| Volume diastólico final | 96,4 ml     | 94,2 ml    | 0,93                       |
| Volume sistólico final  | 44,0 ml     | 45,0 ml    | 0,98                       |

**Tabela 2** Valores calculados da correlação de Pearson, do teste *t*-Student e *p* demonstrando a não existência de diferença entre os parâmetros para os 11 pacientes com ritmo cardíaco irregular.

| Parâmetro               | Valor <i>t</i> calculado | <i>p</i> | Correlação de Pearson |
|-------------------------|--------------------------|----------|-----------------------|
| Fração de ejeção        | 1,56                     | 0,147    | 0,94                  |
| Volume diastólico final | 1,146                    | 0,278    | 0,82                  |
| Volume sistólico final  | 0,037                    | 0,971    | 0,94                  |

demonstrando apenas dois pacientes fora do intervalo de confiança para a concordância, na fração de ejeção e um paciente para o VDF e para o VSf (Gráfico 1).

#### Influência do ritmo cardíaco

Também foi realizada comparação em relação aos dados obtidos para as duas seqüências — tempo real e segmentada —

nos pacientes que apresentavam ritmo cardíaco irregular, pela presença de arritmias, observando-se forte correlação, e estabelecendo a ausência de diferença estatisticamente significativa entre os valores, através do teste *t*-Student (Tabela 2), e a concordância entre os valores obtidos nas duas seqüências, nos pacientes com ritmo cardíaco irregular (11 pacientes).

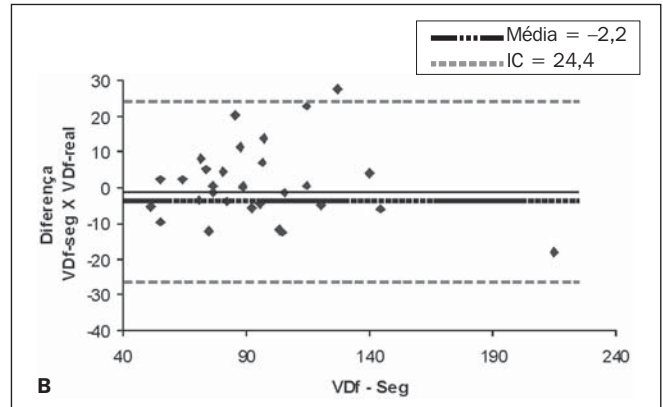
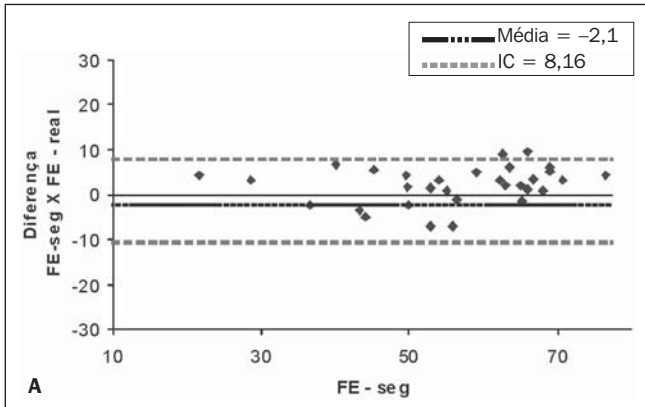
Os parâmetros volumétricos adquiridos nos pacientes com ritmo cardíaco irregular demonstraram média das diferenças de 2%, 5,2 ml e -0,1ml, respectivamente, para a fração de ejeção, o VDF e o VSf (Gráfico 2), e observando-se apenas um paciente fora do intervalo de confiança para o VDF, parâmetro que seguindo a população total do estudo apresentou grande intervalo de confiança.

#### DISCUSSÃO

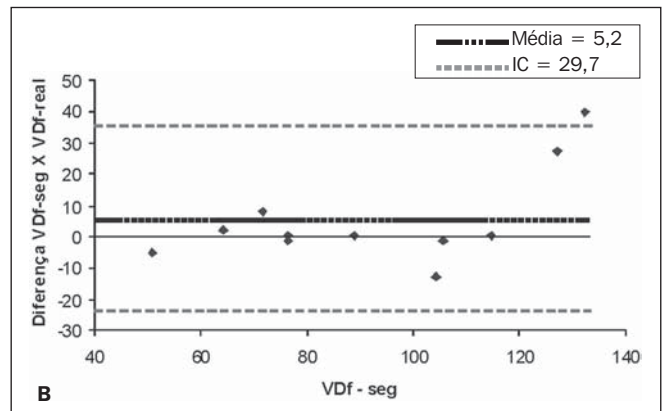
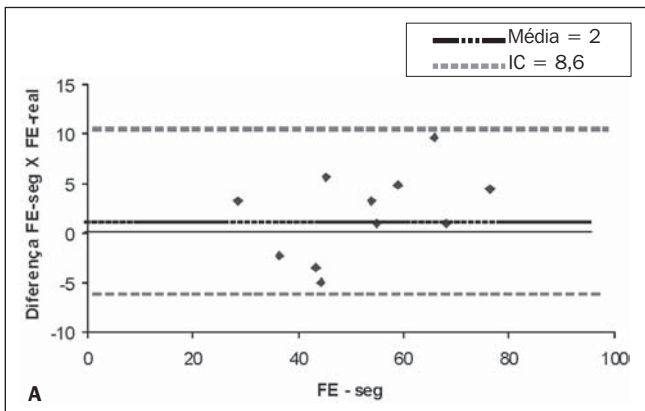
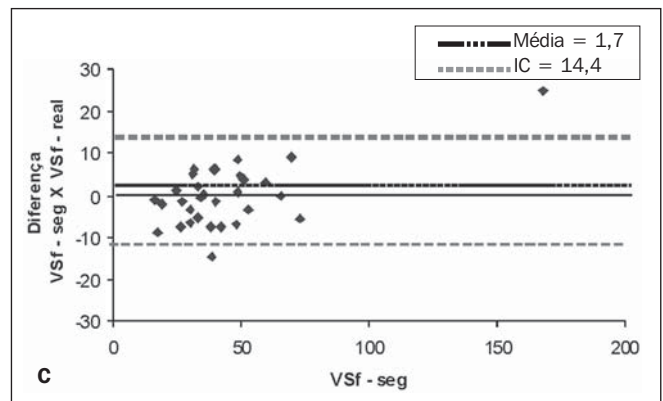
As imagens cardiovasculares por RM, com seqüências em equilíbrio estável, apresentam alta resolução de contraste e são, atualmente, o padrão-ouro para a avaliação da função cardíaca. Um acoplamento ao eletrocardiograma é necessário para aquisição dessas imagens, além de regularidade do ritmo cardíaco (ritmo sinusal), para assim adquirir o momento cardíaco. Isto nem sempre é possível, pela presença freqüente de distúrbios do ritmo cardíaco em pacientes cardiopatas. O surgimento das seqüências de RM em tempo real permitiu a obtenção de imagens cardiovasculares, independente da regularidade do ECG. Manning e Pennell<sup>(10)</sup> afirmam que para a avaliação volumétrica cardíaca por RM, o acoplamento e a regularidade do ciclo cardíaco são essenciais para imagem de qualidade adequada, fato que consideramos verdadeiro, mas não proibitivo para a realização do exame por RM do coração. As seqüências em tempo real utilizam o acoplamento cardíaco para iniciar suas aquisições; contudo, não necessitam da regularidade do espaço R-R para obter as imagens.

Neste estudo realizamos comparação das imagens cardíacas por RM obtidas com seqüências em equilíbrio estável acopladas ao ECG (segmentadas) e as seqüências com aquisições multicanaís obtidas em tempo real. Utilizamos os parâmetros da função sistólica ventricular como instrumentos para determinar a existência de concordância entre as duas seqüências. Também foi observado se a presença de distúrbio no ritmo cardíaco teve influência na concordância dos parâmetros da função sistólica ventricular entre as duas seqüências.

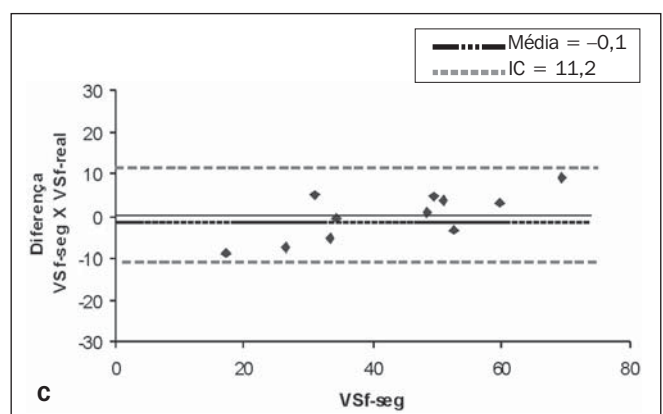
Este nosso estudo é um dos poucos a incluir na avaliação dos parâmetros sistólicos cardíacos pacientes com ritmo cardíaco



**Gráfico 1.** Representação gráfica da concordância como proposto pelo *guideline* EP9-A, em que o NCCLS atualiza a análise de Bland-Altman, utilizando-se a comparação entre a diferença dos métodos e as seqüências segmentadas. **A:** Concordância entre a fração de ejeção para os dados obtidos em seqüências em tempo real (FE – real) e segmentadas (FE – seg.). **B:** Concordância entre os volumes diastólicos finais para os dados obtidos em seqüências em tempo real (VDF – real) e segmentadas (VDF – seg.). **C:** Concordância entre os volumes sistólicos finais para os dados obtidos em seqüências em tempo real (VSf – real) e segmentadas (VSf – seg.).



**Gráfico 2.** Representação gráfica da concordância como proposto pelo *guideline* EP9-A, em que o NCCLS atualiza a análise de Bland-Altman, utilizando-se a comparação entre a diferença dos métodos e as seqüências segmentadas, para os 11 pacientes com ritmo cardíaco irregular. **A:** Concordância entre a fração de ejeção para os dados obtidos em seqüências em tempo real (FE – real) e segmentadas (FE – seg.). **B:** Concordância entre os volumes diastólicos finais para os dados obtidos em seqüências em tempo real (VDF – real) e segmentadas (VDF – seg.). **C:** Concordância entre os volumes sistólicos finais para os dados obtidos em seqüências em tempo real (VSf – real) e segmentadas (VSf – seg.).



irregular, que apresentaram arritmias (bigeminismo, extra-sístoles ventriculares e supraventriculares). Estas alterações no ritmo cardíaco promovem modificações no intervalo R-R, tornando-o irregular, fato que dificulta a realização do acoplamento. Barkhausen *et al.*<sup>(8)</sup> realizaram estudo semelhante a este, com número inferior de pacientes, porém não fizeram referência a potenciais distúrbios no ritmo cardíaco, apesar de terem discutido a presença de doenças cardíacas já instaladas.

### Qualidade das imagens

Neste estudo utilizamos os parâmetros da função sistólica adquiridos em duas seqüências de cine-RM (segmentadas × tempo real) para averiguar a concordância entre elas. Na determinação desses parâmetros recorremos ao delineamento dos rebordos endocárdicos para quantificar os volumes ventriculares. Este delineamento está relacionado ao grau de nitidez na distinção entre o que é miocárdio e o que é sangue. Sendo assim, a resolução espacial e de contraste (qualidade das imagens) foi o passo essencial em nosso estudo.

Para a obtenção de imagens adequadas, faz-se necessário equilíbrio entre as grandezas resolução espacial (qualidade das imagens) e temporal (tempo de exame).

A capacidade de manter períodos de apnéia expiratória (*breath-hold*) tem relação direta com o estado clínico do paciente, principalmente dos cardiopatas. Sua importância é ímpar, pois as aquisições de imagens cardiológicas em aparelhos de RM com alto campo são realizadas nesta janela temporal.

As seqüências segmentadas necessitam de duas ou três apnéias para cobrir todo o ventrículo esquerdo, enquanto as seqüências em tempo real cobrem o ventrículo esquerdo apenas em uma apnéia. Este ganho no tempo de duração de exame acarretou perda da resolução espacial, conforme evidenciamos ao compararmos a definição dos detalhes das imagens em ambas as seqüências, principalmente na delimitação da transição sangue-endocárdio. Tal perda de resolução espacial já havia sido referida por outros autores<sup>(4,11-13)</sup>.

Para comparação dos parâmetros de aquisição das imagens nas duas seqüências, vão pesar na resolução espacial as matrizes

das imagens, o tamanho dos *pixels* e *voxels*, a duração das aquisições e os programas de reconstrução utilizados nas aquisições.

A matriz utilizada nas seqüências em tempo real da nossa pesquisa fornecia *pixels* com tamanho médio de 3 mm, que foram discretamente maiores do que os apresentados no trabalho de Barkhausen *et al.*<sup>(4)</sup>, enquanto as seqüências segmentadas forneciam *pixels* com tamanho médio de 2,3 mm, fato que contribui para a menor resolução de contraste das seqüências em tempo real. Miller *et al.*<sup>(12)</sup> relataram que um tamanho de *pixel* de 1 a 2 mm pode ser adquirido em aparelhos de alto campo magnético (1,5 T), com boa resolução temporal, e que alterações nos parâmetros volumétricos cardíacos, principalmente o VdF, só seriam observadas em imagens com *pixels* maiores que 3 mm. Esses autores também afirmam que espessuras de cortes maiores que 10 mm alteram os valores dos parâmetros cardíacos adquiridos. O discreto borramento das imagens adquiridas em tempo real não provou ter interferência significativa para a análise da função ventricular, mesmo tornando sua delimitação um pouco mais difícil, principalmente nos pacientes com extra-sístoles, em função da dificuldade em se determinar, na seqüência dos cortes, a sístole e a diástole.

Os protocolos de aquisição multicanal ou paralela (iPAT) favoreceram a resolução temporal de ambas as seqüências ao reduzir a duração destas, pois utilizam a captação simultânea dos dados devido à variação na sensibilidade da bobina dos aparelhos de RM.

Lee *et al.*<sup>(14)</sup> avaliaram os volumes cardíacos com seqüências TrueFISP segmentadas e em tempo real, obtendo resolução espacial semelhante, mas sugerem que esta semelhança poderia ser perdida em caso do aumento da frequência cardíaca dos pacientes. Neste estudo, as seqüências em tempo real e segmentada apresentaram resolução espacial diferentes, mas sem significado estatístico para as avaliações volumétricas, mesmo para os 11 pacientes com ritmo cardíaco irregular.

As seqüências em equilíbrio estável apresentam melhor resolução de contraste devido à sua independência quanto ao fluxo sanguíneo, tendo como a base da formação das imagens, a relação entre o T1/T2

ou, mais especificamente, a composição tecidual, diferentemente das seqüências FLASH, previamente utilizadas para estudar o coração, sendo dependentes da presença de fluxo sanguíneo para gerar as imagens de cine-RM.

Este estudo utilizou as seqüências em equilíbrio estável para ambas as aquisições, segmentadas e em tempo real, o que facilitou a delimitação das bordas endocárdicas, devido a sua melhor relação de contraste. Com o equilíbrio estável (TrueFISP), as seqüências com técnicas em tempo real têm intensidade de sinal (sinal-ruído) semelhante à estabelecida nas seqüências segmentadas, mas uma relação de contraste (contraste-ruído) menor<sup>(8)</sup>. Este fato foi observado ao compararmos os cortes de curto-eixo em ambas as seqüências de nosso estudo.

A análise (pós-processamento) das seqüências TrueFISP segmentadas e em tempo real, para o delineamento das bordas endocárdicas, é um processo que depende uma quantidade considerável de tempo. As seqüências segmentadas consumiam, em média, menos tempo que as seqüências em tempo real, fato explicado pela melhor resolução de contraste das primeiras. Esta análise se prolongava quando pacientes apresentavam ritmo cardíaco irregular, pois a presença de extra-sístoles e outras arritmias dificultava a determinação da disposição ordenada dos cortes para a realização da quantificação volumétrica pela técnica modificada de Simpson. Nossos dados não indicaram diferença significativa entre os parâmetros obtidos, mas esta análise, principalmente nos pacientes com ritmo cardíaco irregular, foi mais prolongada, concordando com a literatura vigente<sup>(9,15-17)</sup>.

A utilização da plotagem gráfica para comparação da concordância estatística, modificada do método de Bland-Altman, não demonstrou variação significativa entre os parâmetros da função sistólica ventricular. A plotagem indicada encaixou-se efetivamente neste estudo, pois comparou um método padrão-ouro, atualmente, o mais próximo dos valores reais, com um método novo. Nesta pesquisa, a análise gráfica mostrou que apenas dois pacientes apresentaram valores fora do intervalo de confiança proposto para a fração de ejeção. Apenas um para o VdF, e outro para o VSf,

não havendo fator comum entre eles. Isto reflete a excelente concordância entre as seqüências.

Na análise isolada dos 11 pacientes com arritmias, observamos forte correlação e boa concordância entre ambas as seqüências, mesmo na presença de ritmo cardíaco irregular, e apenas um paciente com VDF fora do intervalo de concordância. Porém, uma elevação de 7 ml foi identificada quando analisamos o VDF desses 11 pacientes com arritmias, e a média do VDF da população do estudo. Isto pode representar a deterioração da precisão da medida, pela presença de ritmo irregular. O grande intervalo de confiança obtido nos gráficos dos parâmetros volumétricos para o VDF é compatível com a variabilidade deste parâmetro, e estudos anteriores demonstraram falta de concordância para ambas as seqüências, como explicado por Miller *et al.*<sup>(12)</sup>.

A cine-RM vem evoluindo com potencial para se tornar o método complementar que fornecerá o maior número de informações para avaliação cardiovascular. Contudo, as alterações no ritmo cardíaco presente em pacientes cardiopatas deterioraram a qualidade das imagens obtidas. Este estudo, ao comparar as seqüências TrueFISP segmentadas, que são atualmente o padrão-ouro para a análise cardíaca, com as seqüências TrueFISP em tempo real, concluiu que estas podem ser utilizadas com

segurança para a obtenção e determinação da função ventricular, independente da presença de ritmo cardíaco regular.

#### Agradecimentos

Ao Dr. Romeu Domingues, Diretor da Clínica Multimagem, pela oportunidade de realizar este trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- Higgins CB. What standard has the gold? *J Am Coll Cardiol* 1992;19:1608-1609.
- Lladó GP, Costa FC, Beiras AC, *et al.* Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en resonancia magnética. *Rev Esp Cardiol* 2000;53:542-559.
- Boxt LM. Cardiac MR imaging: a guide for the beginner. *RadioGraphics* 1999;19:1009-1025.
- Barkhausen J, Ruhm SG, Goyen M, Buck T, Laub G, Debatin JF. MR evaluation of ventricular function: true fast imaging with steady-state precession versus fast low-angle shot cine MR imaging - feasibility study. *Radiology* 2001;219:264-269.
- Bellenger NG, Francis JM, Davies CL, Coats AJ, Pennell DJ. Establishment and performance of a magnetic resonance cardiac function clinic. *J Cardiovasc Magn Reson* 2000;2:15-20.
- Lanzer P, Botvinick EH, Schiller NB, *et al.* Cardiac imaging using gated magnetic resonance. *Radiology* 1984;150:121-127.
- Sakuma H, Fujita N, Foo TKF, *et al.* Evaluation of left ventricular volume and mass with breath-hold cine MR imaging. *Radiology* 1993;188:377-380.
- Barkhausen J, Goyen M, Ruhm SG, Eggebrecht H, Debatin JF, Ladd ME. Assessment of ventricular function with single breath-hold real-time steady-state free precession cine MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 2001;178:731-735.
- Lelieveldt BPF, van der Geest RJ, Lamb HJ,

Kayser HWM, Reiber JHC. Automated observer-independent acquisition of cardiac short-axis MR images: a pilot study. *Radiology* 2001;221:537-542.

- Manning WJ, Pennell DJ. Cardiovascular magnetic resonance. 1st ed. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2002.
- Kaji S, Yang PC, Kerr AB, *et al.* Rapid evaluation of left ventricular volume and mass without breath-holding using real-time interactive cardiac magnetic resonance imaging system. *J Am Coll Cardiol* 2001;38:527-533.
- Miller S, Simonetti OP, Carr J, Kramer U, Finn JP. MR imaging of the heart with cine true fast imaging with steady-state precession: influence of spatial and temporal resolutions on left ventricular functional parameters. *Radiology* 2002;223:263-269.
- Setser RM, Fischer SE, Lorenz CH. Quantification of left ventricular function with magnetic resonance images acquired in real-time. *J Magn Reson Imaging* 2000;12:430-438.
- Lee US, Resnick D, Burdy JM, Simonetti OP, Lee P, Weinreb JC. Cardiac function: MR evaluation in one breath hold with real-time true fast imaging with steady-state precession. *Radiology* 2002;222:835-842.
- Graves MJ, Domett DMT. Comparison of cardiac stroke volume measurement determined using stereological analysis of breath-hold cine MRI and phase contrast velocity mapping. *Br J Radiol* 2000;73:825-832.
- Lima JAC, Milind Y, Desai MD. Cardiovascular magnetic resonance imaging: current and emerging applications. *J Am Coll Cardiol* 2004;44:1164-1671.
- Sievers B, Brandts B, Franken U, Trappe HJ. Single and biplane TrueFISP cardiovascular magnetic resonance for rapid evaluation of left ventricular volumes and ejection fraction. *J Cardiovasc Magn Reson* 2004;6:593-600.