
RESSONÂNCIA MAGNÉTICA CARDIOVASCULAR NO DIAGNÓSTICO DA INSUFICIÊNCIA CARDÍACA

CARLOS EDUARDO ROCHITTE
FERNANDO BACAL
TIAGO SENRA GARCIA DOS SANTOS

Instituto do Coração (InCor) – HC-FMUSP

Endereço para correspondência:

Av. Dr. Enéas Carvalho de Aguiar, 44 – Cerqueira César – CEP 05403-904 – São Paulo – SP

A ressonância magnética cardiovascular é um método diagnóstico cuja importância vem crescendo na avaliação de pacientes com insuficiência cardíaca. A ressonância magnética cardiovascular permite avaliação anatômica, funcional, de fluxos, caracterização tecidual, e pesquisa de isquemia e viabilidade miocárdicas, auxiliando na investigação da etiologia, no planejamento terapêutico e na definição do prognóstico em pacientes com insuficiência cardíaca. Dentre as várias técnicas utilizadas, destaca-se o realce tardio, que permite identificar áreas de inflamação/necrose/fibrose miocárdicas. Na cardiomiopatia isquêmica, causa mais comum de insuficiência cardíaca, o realce tardio tem padrão específico, determina a viabilidade de segmentos miocárdicos, auxilia na indicação da revascularização e ainda correlaciona-se com mortalidade.

Palavras-chave: ressonância magnética, cardiomiopatias, disfunção ventricular, infarto miocárdico, insuficiência cardíaca.

(Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo. 2007;3:215-21)
RSCESP (72594)-1662

A insuficiência cardíaca é caracterizada como uma síndrome clínica complexa, acompanhada por disfunção ventricular, sistólica e/ou diastólica, associada a alterações do eixo neuro-hormonal, levando a restrição de atividades físicas, retenção hídrica e diminuição da longevidade.

Do ponto de vista epidemiológico, nos Estados Unidos, atualmente, 5 milhões de pessoas estão sendo acompanhadas por insuficiência cardíaca, surgindo 550 mil novos diagnósticos anualmente¹.

Em 2001, no Brasil, a insuficiência cardíaca correspondeu a 6,61% das internações hospitalares, correspondendo a aproximadamente 390 mil internações. Dados de 2004 demonstraram diminuição do número de internações (atingindo 340 mil), número médio de permanência hospitalar de seis dias e mortalidade intra-hospitalar de 7,5%. O custo da insuficiência cardíaca, nesse ano, atin-

giu 227 milhões de reais². Outros dados nacionais revelam que a insuficiência cardíaca descompensada é a principal causa de internação entre os pacientes com mais de 60 anos de idade e a sexta causa entre 15 e 59 anos, pela sua elevada incidência e alta prevalência, em decorrência do aumento da população de idosos e pelo fato de a insuficiência cardíaca ser a via final de inúmeras agressões ao coração².

Os critérios clínicos para diagnóstico de insuficiência cardíaca fundamentam-se nos critérios de Framingham³. Os métodos complementares exercem, hoje, papel importante no diagnóstico, na estratificação de risco e no prognóstico dos pacientes. Dentre os métodos diagnósticos complementares, a ressonância magnética tem ganho papel de destaque, proporcionando ao médico uma análise detalhada, tanto da anatomia como do pon-

ROCHITTE CE
e cols.
Ressonância
magnética
cardiovascular no
diagnóstico da
insuficiência cardíaca

to de vista funcional, ajudando na definição etiológica, prognóstica e de orientação terapêutica.

O caráter não-invasivo, a alta resolução tanto temporal como espacial das imagens obtidas, a baixa variabilidade interobservador, a reprodutibilidade⁴, a capacidade de realizar cortes virtualmente em qualquer plano desejado pelo examinador, o uso de contraste com baixo risco de nefrotoxicidade e baixíssimo risco de reação alérgica, e o caráter inócuo do campo magnético (com exceção de casos específicos) constituem vantagens em relação aos outros métodos de imagem utilizados na avaliação desses pacientes. Notadamente, nos últimos anos, a avaliação do remodelamento ventricular pela ressonância magnética cardiovascular em pacientes com insuficiência cardíaca tem permitido a diminuição do tamanho das amostras em alguns ensaios clínicos^{5,6}.

Além disso, a ressonância magnética cardiovascular permite avaliação anatômica, funcional e de fluxos, caracterização tecidual miocárdica, além de pesquisa de isquemia em repouso e sob estresse farmacológico e de viabilidade miocárdica. Essa ampla gama de ferramentas diagnósticas auxilia na investigação da etiologia, no planejamento terapêutico e na estimativa de prognóstico de pacientes com insuficiência cardíaca.

De fundamental importância é a definição etiológica da cardiomiopatia, o que propiciará abordagem mais adequada do paciente com terapêutica específica, melhorando assim o desfecho e o prognóstico dos pacientes.

Na avaliação de pacientes com cardiomiopatia isquêmica, a ressonância magnética cardiovascular pode identificar disfunção segmentar, afilamento da parede miocárdica, aneurismas e trombos intracavitários (Fig. 1), além de avaliar déficit de perfusão miocárdica em repouso e/ou sob estresse farmacológico, detectar miocárdio hibernado e determinar a viabilidade miocárdica.

A pesquisa de isquemia miocárdica sob estresse farmacológico pode ser realizada com dobutamina, adenosina ou dipiridamol e apresenta resultados excelentes quando comparada a ecocardiografia de estresse, SPECT, PET e cineangiocoronariografia⁶⁻⁹. Além disso, apresenta valor prognóstico, pois se correlaciona com risco aumentado de morte cardiovascular ou infarto agudo do miocárdio quando é positiva, mas quando é negativa a taxa de eventos é baixa¹⁰⁻¹².

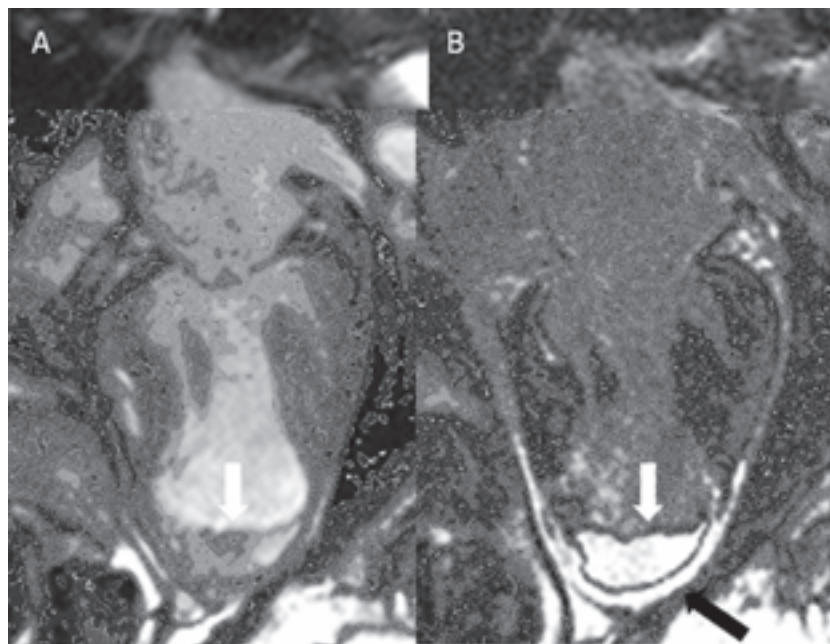


Figura 1. Imagens obtidas em eixo longo (2 câmaras) mostrando (A) aneurisma apical do ventrículo esquerdo, afilamento da parede miocárdica em segmentos apicais e imagem sugestiva de trombo apical pela cinerressonância (setas brancas), confirmado pelo realce tardio (B), que ainda demonstra infarto miocárdico transmural apical sem viabilidade (seta preta).

A presença de necrose ou fibrose miocárdicas secundárias à isquemia é avaliada pela técnica do realce tardio. Essa técnica depende da injeção de contraste baseado em gadolínio, que tem distribuição extracelular e saída mais lenta das regiões de infarto. Assim, as imagens adquiridas tardiamente apresentam intensidade de sinal até 1.000% maior no miocárdio infartado (miocárdio branco) que no miocárdio normal (miocárdio preto)¹³. Pode-se também obter dados que sugiram a idade do infarto. Embora ainda não com a robustez desejada, infartos agudos podem ser diferenciados de infartos crônicos por meio de seqüências de pulso específicas, que permitem a visualização de edema nos segmentos acometidos¹⁴.

Na cardiomiopatia isquêmica, o realce tardio estende-se do endocárdio para o epicárdio, respeitando a onda de lesão miocárdica, e está associa-

do ao território irrigado pelas coronárias. Esse padrão típico, que difere do realce tardio encontrado em outras cardiomiopatias, permite estabelecer a etiologia isquêmica em pacientes com insuficiência cardíaca de causa indeterminada¹⁵. Notadamente, o achado de realce tardio nos pacientes isquêmicos confere pior prognóstico¹⁶ e correlaciona-se com indução de fibrilação/taquicardia ventricular ao estudo eletrofisiológico¹⁷.

A transmuralidade do realce tardio nos pacientes isquêmicos também tem valor no tratamento, já que segmentos com mais de 50% da espessura miocárdica acometida têm baixa probabilidade de recuperação da contratilidade após a revascularização miocárdica¹⁸, sendo considerados sem viabilidade. Comparativamente ao PET, a ressonância magnética cardiovascular apresenta excelentes resultados na pesquisa de viabilidade¹⁹. Em pacientes isquêmicos e com disfunção ventricular importante, a pesquisa de isquemia e viabilidade pode orientar o clínico na decisão de indicação de revascularização miocárdica, mudando o prognóstico de pacientes que teriam como última opção o transplante cardíaco.

Além disso, nos pacientes isquêmicos, a presença de realce tardio transmural ínfero-lateral prediz má resposta clínica e ecocardiográfica à terapia de ressincronização cardíaca²⁰. Sabidamente 30% dos pacientes encaminhados para terapia de ressincronização são não respondedores, ou seja, não apresentam melhora clínica ou funcional após o procedimento. Em especial nos pacientes isquêmicos, com infarto prévio, é de fundamental importância a caracterização do local da área de fibrose, uma vez que a fibrose em parede lateral pode ser determinante da não resposta após implante do ressincronizador. É interessante notar que, mesmo numa população mista quanto à

etiologia da insuficiência cardíaca, a presença de realce tardio é marcadora de má resposta à ressincronização²¹.

O padrão de realce tardio também pode sugerir a etiologia chagásica da insuficiência cardíaca. Nesses pacientes, os segmentos inferior, ínfero-lateral e apical são mais frequentemente acometidos (50% dos pacientes) (Fig. 2), mas o realce tardio pode ser epicárdico, mesocárdico ou indistiguível do padrão isquêmico. É importante ressaltar que a quantidade de fibrose na cardiomiopatia chagásica se correlaciona com a classe funcional da insuficiência cardíaca e é inversamente proporcional à fração de ejeção do ventrículo esquerdo²².

Na cardiomiopatia dilatada idiopática, 30% dos pacientes apresentam realce tardio mesocárdico¹⁵ (Fig. 3). Notadamente, esses pacientes apresentam risco elevado de morte por qualquer causa e de hospitalização por motivo cardíaco, independentemente da fração de ejeção do ventrículo esquerdo. O risco de morte súbita e de taquicardia ventricular também está aumentado nesse grupo, levantando a necessidade de determinar o potencial valor do implante de cardiodesfibrilador im-

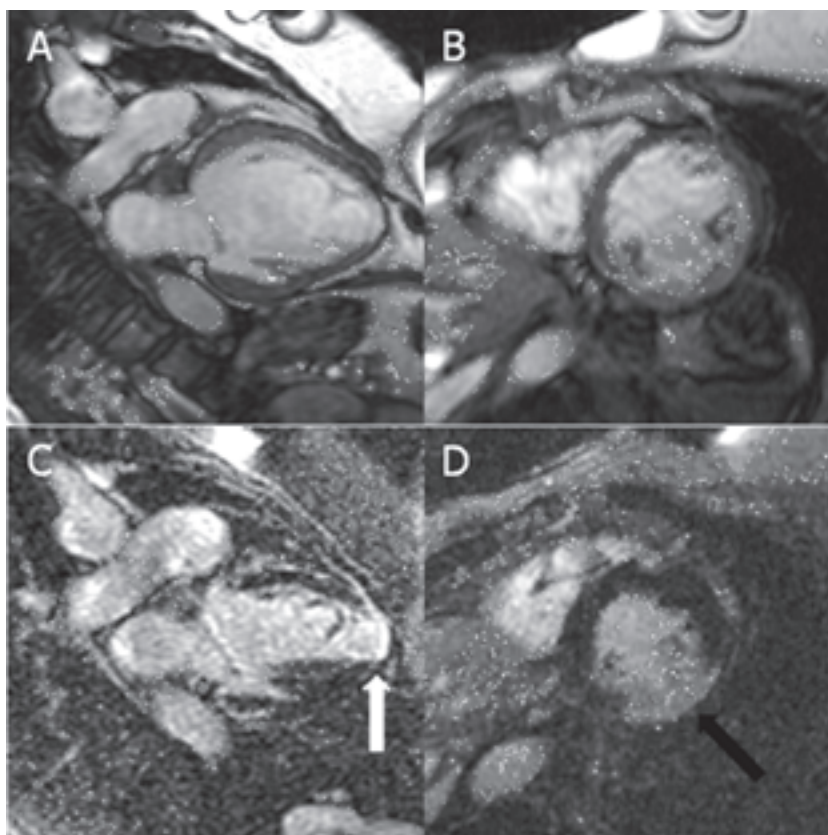


Figura 2. Imagens obtidas em eixo longo (A, C) e em eixo curto (B, D), demonstrando ventrículo esquerdo dilatado pela cinerressonância (A, B), e realce tardio apical (seta branca) e ínfero-lateral basal (seta preta) (C, D) em paciente com cardiomiopatia chagásica.

ROCHITTE CE
e cols.
Ressonância
magnética
cardiovascular no
diagnóstico da
insuficiência cardíaca

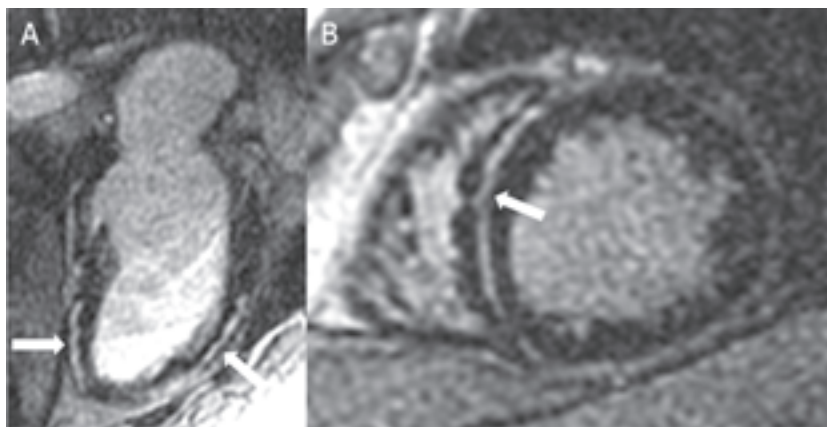


Figura 3. Imagens para avaliação de realce tardio em eixo longo (2 câmaras) (A) e em eixo curto (B), demonstrando realce tardio mesocárdico inferior, anterior e septal (setas brancas) em paciente com cardiomiopatia dilatada idiopática.

plantável nessa população. A análise do grau de remodelamento ventricular associado à presença de grandes áreas de fibrose pode ajudar a identificar esses pacientes com maior risco de eventos. Especula-se que uma das principais etiologias da insuficiência cardíaca nesses pacientes seja a mi-

como pode ser observado na Figura 4.²⁵

A ressonância magnética cardiovascular é o método de escolha na avaliação de pacientes com insuficiência cardíaca de etiologia constritiva, pois permite a melhor caracterização do pericárdio além dos outros sinais indiretos – aumento atrial, mo-

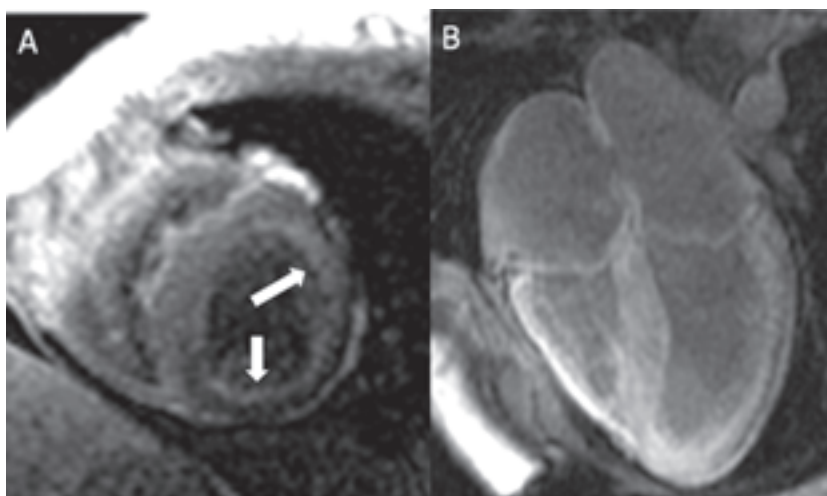


Figura 4. Imagens para avaliação de realce tardio em eixo curto (A) e em eixo longo (4 câmaras) (B), demonstrando realce tardio subendocárdico no ventrículo esquerdo (setas brancas) (A) e acometendo todas as câmaras cardíacas (B) em pacientes com amiloidose.

ocardite, já que esse padrão de realce tardio é observado em pacientes com miocardite crônica²³.

Nas doenças de depósito, mais uma vez o realce tardio tem papel fundamental. Na sarcoidose, além da identificação de disfunção segmentar, dilatação do ventrículo esquerdo e afilamento miocárdico, a ressonância magnética cardiovascular permite visualizar áreas de fibrose que acometem preferencialmente segmentos basais e laterais do ventrículo esquerdo, potencialmente evitando a biópsia endomiocárdica²⁴.

Já na amiloidose, a ressonância magnética cardiovascular pode identificar espessamento miocárdico, espessamento do septo interatrial, sinais de disfunção diastólica e o típico padrão de realce tardio subendocárdico no ventrículo esquerdo, mas que pode acometer todas as câmaras cardíacas,

vimento paradoxal do septo interventricular e restrição diastólica. Eventuais aderências entre o pericárdio e o miocárdio subjacente podem ser avaliadas qualitativa e quantitativamente por meio da técnica de “tagging”. Nessa seqüência de pulso, um gradeado é sobreposto às imagens de avaliação funcional do ventrículo esquerdo, permitindo a quantificação da deformação de cada segmento ao longo do ciclo cardíaco.

O miocárdio não-compactado constitui outra etiologia da insuficiência cardíaca bem avaliada pela ressonância magnética cardiovascular (Fig. 5). A presença de miocárdio não-compactado com espessura 2,3 vezes maior que o miocárdio compactado medida no eixo longo e em diástole estabelece o diagnóstico, que pode ser confundido com hipertrofia miocárdica pela ecocardiografia.

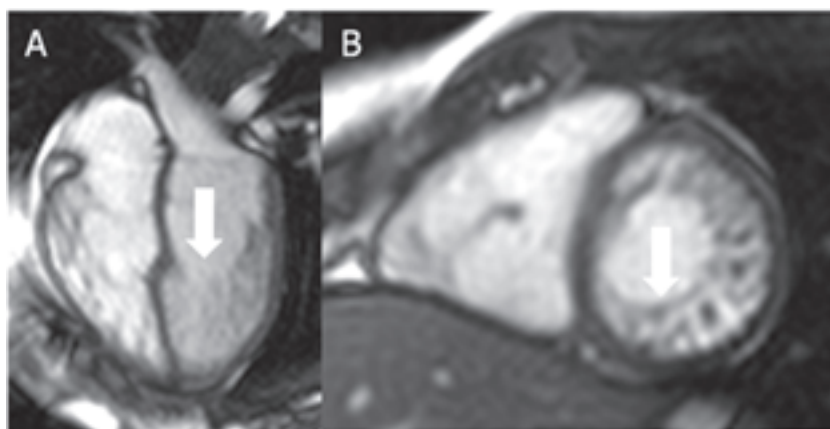


Figura 5. Imagens obtidas em eixo longo (4 câmaras) (A) e em eixo curto (B), demonstrando aumento da trabeculação do ventrículo esquerdo na porção médio-apical (setas brancas) pela cinerressonância em paciente com miocárdio não-compactado.

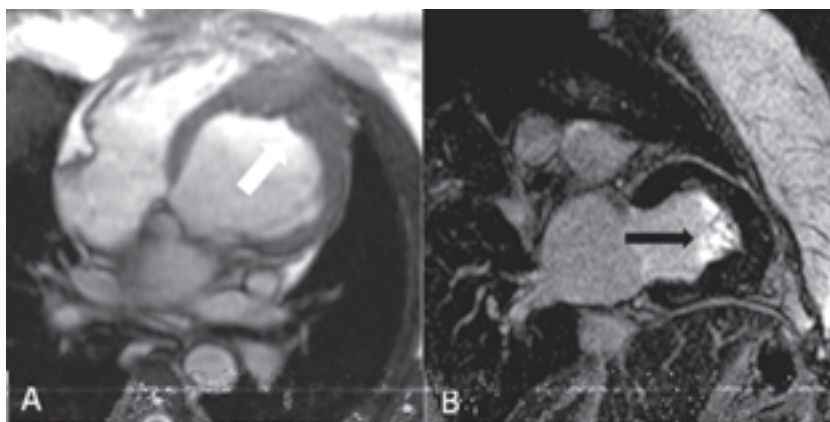


Figura 6. Imagens obtidas em eixo longo (4 câmaras) pela cinerressonância (A) e em eixo curto (2 câmaras) pelo realce tardio (B), demonstrando ventrículo esquerdo dilatado com preenchimento apical (seta branca) (A) e fibrose subendocárdica apical (seta preta) (B) em paciente com endomiocardiofibrose.

Na cardiomiopatia hipertrófica, a ressonância magnética cardiovascular permite identificar a hipertrofia de maneira precisa, mesmo quando esta atinge o ápex ou o ventrículo direito, que são de caracterização mais difícil pela ecocardiografia. O realce tardio está presente em 80% dos pacientes e o padrão difuso já foi correlacionado com a presença dos fatores de risco clássicos para morte súbita²⁶. Já o padrão confluyente de realce tardio parece ter caráter mais benigno, não estando relacionado a esses fatores de risco. Notadamente, os pacientes que evoluem para as formas dilatadas e requerem transplante cardíaco apresentam grandes porcentagens de fibrose no ventrículo esquerdo²⁷.

O diagnóstico diferencial entre cardiomiopatia hipertrófica apical e endomiocardiofibrose pelos outros métodos de imagem é muitas vezes di-

fícil, mas a ressonância magnética cardiovascular permite a visualização de fibrose subendocárdica apical (Fig. 6) – característica de endomiocardiofibrose –, além de identificar trombos e sugerir calcificação apical, achados muito mais frequentes na endomiocardiofibrose que na cardiomiopatia hipertrófica.

Finalmente, o acometimento cardíaco na sobrecarga de ferro pode ser bem avaliado pela ressonância magnética cardiovascular. O acúmulo de ferro no miocárdio muda as propriedades magnéticas desse tecido, permitindo sua quantificação por seqüências de pulsos específicas na ressonância magnética cardiovascular. A indicação de agentes quelantes de ferro e o seguimento desses pacientes atualmente são baseados nos achados da ressonância magnética cardiovascular.

CARDIOVASCULAR MAGNETIC RESONANCE IN THE DIAGNOSIS OF HEART FAILURE

CARLOS EDUARDO ROCHITTE
FERNANDO BACAL
TIAGO SENRA GARCIA DOS SANTOS

Cardiovascular magnetic resonance is a diagnostic tool of growing importance in the evaluation of patients with Heart Failure. Cardiovascular magnetic resonance allows anatomic, functional and flow evaluation, myocardial tissue characterization and detection of ischemia and viability, providing useful information regarding etiology, therapeutic planning and prognosis in patients with Heart Failure. Delayed enhancement is a particularly important technique, as it allows identification of myocardial inflammation/necrosis/fibrosis. In ischemic cardiomyopathy, the most common cause of Heart Failure, delayed enhancement shows a specific pattern, contributes in the decision to revascularize by establishing segment viability, and correlates with mortality.

Key words: magnetic resonance imaging, cardiomyopathies, ventricular dysfunction, myocardial infarction, heart failure.

(Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo. 2007;3:215-21)
RSCESP (72594)-1662

REFERÊNCIAS

1. American Heart Association: Heart Disease and Stroke Statistics – 2005 Update. Dallas, American Heart Association, 2005.
2. DATASUS – Ministério da Saúde. Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br>>.
3. Braunwald E. Heart Disease – A Textbook of Cardiovascular Medicine. 7ª ed. Ed. Elsevier; 2005.
4. Grothues F, Smith GC, Moon JC, Bellenger NG, Collins P, Klein HU, et al. Comparison of interstudy reproducibility of cardiovascular magnetic resonance with two-dimensional echocardiography in normal subjects and in patients with heart failure or left ventricular hypertrophy. *Am J Cardiol*. 2002;90:29-34.
5. Bellenger NG, Davies LC, Francis JM, Coats AJ, Pennell DJ. Reduction in sample size for studies of remodeling in heart failure by the use of cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2000;2:271-8.
6. Nagel E, Lehmkuhl HB, Bocksch W, Klein C, Vogel U, Frantz E, et al. Noninvasive diagnosis of ischemia-induced wall motion abnormalities with the use of high-dose dobutamine stress MRI: comparison with dobutamine stress echocardiography. *Circulation*. 1999 99:763-70.
7. Nagel E, Klein C, Paetsch I, Hettwer S, Schnackenburg B, Wegscheider K, et al. Magnetic resonance perfusion measurements for the noninvasive detection of coronary artery disease. *Circulation*. 2003;108:432-7.
8. Panting JR, Gatehouse PD, Yang GZ, Jerosch-Herold M, Wilke N, Firmin DN, et al. Echoplanar magnetic resonance myocardial perfusion imaging: parametric map analysis and comparison with thallium SPECT. *J Magn Reson Imaging*. 2001;13:192-200.
9. Schwitter J, Nanz D, Kneifel S, Bertschinger K, Büchi M, Knüsel PR, et al. Assessment of myocardial perfusion in coronary artery disease by magnetic resonance: a comparison with positron emission tomography and coronary angiography. *Circulation*. 2001;103:2230-5.
10. Kuijpers D, Ho KYJAM, van Dijkman PRM, Vliegenthart R, Oudkerk M. Dobutamine cardiovascular magnetic resonance for the detection of myocardial ischemia with the use of myocardial tagging. *Circulation*. 2003;107:1592-7.

11. Hundley WG, Morgan TM, Neagle CM, Hamilton CA, Rerkpattanapipat P, Link KM. Magnetic resonance imaging determination of cardiac prognosis. *Circulation*. 2002;106:2328-33.
12. Simonetti OP, Kim RJ, Fieno DS, Hillenbrand HP. An improved MR imaging technique for the visualization of myocardial infarction. *Radiology*. 2001;218:215-23.
13. Aletras AH, Tilak GS, Natanzon A, Hsu LY, Gonzalez FM, Hoyt Jr RF, et al. Retrospective determination of the area at risk for reperfused acute myocardial infarction with T2-weighted cardiac magnetic resonance imaging: histopathological and displacement encoding with stimulated echoes (DENSE) functional validations. *Circulation*. 2006;113:1865-70.
14. McCrohon JA, Moon JCC, Prasad SK, McKenna WJ, Lorenz CH, Coats AJS, et al. Differentiation of heart failure related to dilated cardiomyopathy and coronary artery disease using gadolinium-enhanced cardiovascular magnetic resonance. *Circulation*. 2003;108(1):54-9.
15. Kwong RY, Chan AK, Brown KA, Chan CW, Reynolds HG, Tsang S, et al. Impact of unrecognized myocardial scar detected by cardiac magnetic resonance imaging on event-free survival in patients presenting with signs or symptoms of coronary artery disease. *Circulation*. 2006;113:2733-43.
16. Schmidt A, Azevedo CF, Cheng A, Gupta SN, Bluemke DA, Foo TK, et al. Infarct tissue heterogeneity by magnetic resonance imaging identifies enhanced cardiac arrhythmia susceptibility in patients with left ventricular dysfunction. *Circulation*. 2007;115:2006-14.
17. Kim RJ, Wu E, Rafael A, Chen E-L, Parker MA, Simonetti O, et al. The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. *N Engl J Med*. 2000;343:1445-53.
18. Klein C, Nekolla SG, Bengel FM, Momose M, Sammer A, Haas F, et al. Assessment of myocardial viability with contrast-enhanced magnetic resonance imaging: comparison with positron emission tomography. *Circulation*. 2002;105:162-7.
19. Bleeker GB, Kaandorp TAM, Lamb HJ, Boersma E, Steendijk P, de Roos A, et al. Effect of posterolateral scar tissue on clinical and echocardiographic improvement after cardiac resynchronization therapy. *Circulation*. 2006;113:969-76.
20. White JA, Yee R, Yuan X, Krahn A, Skanes A, Parker M, et al. Delayed enhancement magnetic resonance imaging predicts response to cardiac resynchronization therapy in patients with intraventricular dyssynchrony. *J Am Coll Cardiol*. 2006;48:1953-60.
21. Rochitte CE, Oliveira PF, Andrade JM, Ianni BM, Parga JR, Avila LF, et al. Myocardial delayed enhancement by magnetic resonance imaging in patients with Chagas' disease: a marker of disease severity. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46:1553-8.
22. De Cobelli F, Pieroni M, Esposito A, Chimenti C, Belloni E, Mellone R, et al. Delayed gadolinium-enhanced cardiac magnetic resonance in patients with chronic myocarditis presenting with heart failure or recurrent arrhythmias. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47:1649-54.
23. Smedema JP, Snoep G, van Kroonenburgh MP, van Geuns RJ, Dassen WR, Gorgels AP, et al. Evaluation of the accuracy of gadolinium-enhanced cardiovascular magnetic resonance in the diagnosis of cardiac sarcoidosis. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45:1683-90.
24. Maceira AM, Joshi J, Prasad SK, Moon JC, Perugini E, Harding I, et al. Cardiovascular magnetic resonance in cardiac amyloidosis. *Circulation*. 2005;111:186-93.
25. Moon JC, McKenna WJ, McCrohon JA, Elliott PM, Smith GC, Pennell DJ. Toward clinical risk assessment in hypertrophic cardiomyopathy with gadolinium cardiovascular magnetic resonance. *J Am Coll Cardiol*. 2003;41:1561-7.
26. Choudhury L, Mahrholdt H, Wagner A, Choi KM, Elliott MD, Klocke FJ, et al. Myocardial scarring in asymptomatic or mildly symptomatic patients with hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*. 2002;40:2156-64.
27. Tanner MA, Galanetto R, Dessi C, Smith GC, Westwood MA, Agus A, et al. A randomized, placebo-controlled, double-blind trial of the effect of combined therapy with deferoxamine and deferiprone on myocardial iron in thalassemia major using cardiovascular magnetic resonance. *Circulation*. 2007;115:1876-84.