A RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR E SUAS REPERCUSSÕES ELETROMAGNÉTICAS SOBRE OS GERADORES DE MARCA-PASSO CARDÍACO – UMA REVISÃO DE LITERATURA

NUCLEAR MAGNETIC RESONANCE AND THEIR ELECTROMAGNETIC REPERCUSSIONS ON HEART PASSAGE GENERATORS - A LITERATURE REVIEW

Autores

Rafaela Araújo Costa Pinto¹
Fernanda Oliveira Cabral¹
Lucas Luiz Lunardi²
Marília Rocha Kintschev¹

1. Acadêmica de Medicina no Centro
Universitário de Várzea Grande (UNIVAG) –
Várzea Grande/MT

2. Mestre em Engenharia Elétrica pela
Pontifícia Universidade Católica de Minas
Gerais (PUC Minas) – Belo Horizonte/MG

RESUMO

As interferências eletromagnéticas são sinais elétricos capazes de alterar a função normal dos marca-passos cardíacos ao penetrarem no sistema, por intermédio do gerador ou por meio dos eletrodos. Porém, ainda que estes dispositivos possuam mecanismos para proteção contra tais interferências, é razoável esperar que não se consiga proporcionar segurança absoluta, com proteção universal, diante de toda e qualquer fonte de interferência existente no mundo moderno. A ressonância magnética nuclear é um exame de imagem de excelência, sendo considerada método diagnóstico de escolha em diversas ocasiões. Portanto, diante das interferências que o procedimento pode gerar, é imprescindível o conhecimento de suas consequências para o portador de marca-passo cardíaco, a fim de avaliar a possibilidade de submetê-lo ao exame em questão.

Palavras-Chave: Imagem por ressonância magnética; Marca-passo artificial.

ABSTRACT

Electromagnetic interferences are electrical signals capable of altering the normal function of cardiac pacemakers when they enter the system, through the generator or through the electrodes. However, even though these devices have mechanisms to protect against such interference, It is reasonable to expect that It will not be possible to provide absolute security, with universal protection, face of any and all sources of interference existing in the modern world. Nuclear magnetic resonance is an image exam of excellence, being considered the

1. Santos CSS, Pinto Zart R, Tormen F, Branchi T. Marcapasso cardíaco e cardioversor-desfibrilador implantável – orientações sobre interferências externas. Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul. 2007; 1-10.

2. Ferreira ASA, Pivotto L, Horvath AR. Interferências eletromagnéticas em portadores de marcapasso. Fontes exógenas. REBRAMPA; 1-8.

3. Filho MWM. Interferências nos marcapassos cardíacos. Rev SOCERJ, 2002; 1-9.

4. Silva AL. Influência de ondas eletromagnéticas oriundas de descargas atmosféricas em pessoas portadoras de prótese. Tese de doutorado em Engenharia Elétrica, UNB. 2014; 10-13.

diagnostic method of choice on several occasions. Therefore, in view of the interferences that the procedure can generate, it is essential to know its consequences for patients with cardiac pacemakers, in order to assess the possibility of submitting Them to the exam in question.

Keywords: Magnetic resonance imaging; Artificial pacemaker.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma Revisão de literatura, utilizando os artigos mais renomados para o presente tema, a partir do banco de dados científicos e eletrônicos da Scientific Electronic Library Online – SciELO e a biblioteca virtual em saúde – Literatura Latino- Americana e do Caribe em Ciências da Saúde, publicações de 2000 - 2020, tendo como de maior importância artigos do British Medical Journal, pesquisados na íntegra e confrontados com experimentos brasileiros na área em questão.

INTRODUÇÃO

Desde o surgimento de aparelhos dotados de circuitos de sensibilidade para estimulação cardíaca, como o marca-passo (MP), tem-se observado, em paralelo aos seus benefícios, relativa vulnerabilidade do paciente portador do dispositivo, frente a interferências de ordens terapêuticas e a situações do dia a dia^{1,2}.

As interferências eletromagnéticas são sinais elétricos capazes de alterar a função normal dos marca-passos cardíacos ao penetrarem no sistema, por intermédio do gerador ou por meio dos eletrodos. Neste panorama, sabe-se que os campos eletromagnéticos podem ser gerados em vários ambientes e processos, tendo como origem fontes naturais ou artificiais, a exemplo de equipamentos hospitalares, como a Ressonância Magnética Nuclear (RMN)^{3,4}.

O princípio de ação de todas as fontes de interferências é basicamente o mesmo: se a voltagem entre os terminais do gerador do marca-passo atinge ou ultrapassa um determinado nível, os circuitos

1. Santos CSS, Pinto Zart R, Tormen F, Branchi T. Marcapasso cardíaco e cardioversor-desfibrilador implantável – orientações sobre interferências externas. Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul. 2007; 1-10.

2. Ferreira ASA, Pivotto L, Horvath AR. Interferências eletromagnéticas em portadores de marcapasso. Fontes exógenas. REBRAMPA; 1-8.

5. Marcu CB, Beek AM, van Rossum AC. Clinical applications of cardiovascular magnetic resonance imaging. CMAJ 2006;175: 911-917.

6. Rosatti SFC, Oliveira FF, Geraldelli W, Rosa S, Salmon CEG. Ressonância magnética em portadores de sistema artificial de estimulação cardíaca – indicar ou não? Relampa 2011; 24(2): 87-95.

7. Kalin R, Stanton MS. Current Clinical Issues for MRI Scanning of Pacemaker and Defibrillator patients. PACE, 2005; 28: 326-328.

8. Iwasaki M, Hage MCFNS. Imagem por ressonância magnética: princípios básicos. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.4, p.1287-1295, jul, 2009.

9. Yamashita H, Junior EA. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética. Revista Brasileira Psiquiatria 2001; 23 (supl I): 2-3.

de tempo do sistema do aparelho em questão são influenciados, mudando, consequentemente, seu comportamento^{1,2}.

Esses dispositivos cardíacos são relativamente imunes aos sinais de interferência, protegidos das fontes eletromagnéticas domiciliares e do ambiente de trabalho, por sua composição material e de possibilidades de configuração do aparelho. Todavia, é razoável esperar que não se consiga proporcionar segurança absoluta, com proteção universal, diante de toda e qualquer fonte de interferência, tendo em vista o surgimento rápido e volumoso de fontes inéditas no mundo moderno^{1,2,5,6,7}.

Frente à tal problemática, o objetivo do presente trabalho é revisar as consequências das interferências eletromagnéticas da RMN para o portador de marca-passo cardíaco, além abordar como elas acontecem, com o intuito de analisar o custo-benefício de submeter o paciente usuário do dispositivo ao exame diagnóstico em pauta, em situações adversas as quais este pode estar sujeito no dia a dia.

DISCUSSÃO

Os princípios da Ressonância Magnética Nuclear

A RMN é um procedimento diagnóstico usado para produção de imagens de alta qualidade da parte interna do corpo, utilizando potentes campos magnéticos e radiação não ionizante na faixa de radiofrequência (RF). Por definição, a ressonância magnética é a propriedade física exibida por núcleos de átomos de hidrogênio que, quando expostos a um campo magnético intenso e excitados por ondas de rádio em certa frequência, emitem um rádio sinal, que pode ser captado e transformado em imagem. O termo “magnético” se deve ao uso de diversos tipos de campos magnéticos, enquanto a “ressonância” diz respeito à necessidade de que a radiofrequência de um campo eletromagnético oscilante seja igual à frequência de precessão dos prótons de um tecido vivo^{6,8,9}.

A técnica ocorre em três etapas, sendo elas: O alinhamento, a excitação e a detecção de RF. O alinhamento se refere à propriedade magnética dos núcleos dos átomos, que tendem a se orientar paralelamente a um campo magnético. A seguir, ocorre a excitação

1. Santos CSS, Pinto Zart R, Tormen F, Branchi T. Marcapasso cardíaco e cardioversor-desfibrilador implantável – orientações sobre interferências externas. Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul. 2007; 1-10.

9. Yamashita H, Junior EA. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética. Revista Brasileira Psiquiatria 2001; 23 (supl I): 2-3.

10. Páchon JCM. Estimulação cardíaca artificial. Publicação interna do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia; 89-90.

destas partículas, que vibram numa frequência proporcional ao campo magnético ao qual está exposto. Assim, em 1,5 Tesla, o hidrogênio tem frequência de 63,8 MHz. Então, o aparelho emite uma onda eletromagnética nessa mesma frequência. A transferência de energia de onda emitida pelo equipamento aos átomos de hidrogênio é chamada de Ressonância. Logo após, quando os núcleos recebem a energia, tornam-se instáveis e, ao voltar ao seu estado habitual, emitem ondas eletromagnéticas na mesma frequência de 63,8 MHz. Dessa forma, o equipamento detecta essas ondas, determina a posição no espaço e a intensidade de energia, a qual é mostrada como o “brilho” da imagem⁹.

O Marca-passo

O marca-passo (MP) é dotado de um gerador de pulso, composto de um microcircuito eletrônico alimentado por uma bateria integrada ao sistema, de lítio ou iodo, sendo estes acondicionados em um invólucro metálico, hermeticamente fechado, geralmente de titânio; e por um ou dois cabos-eletrodos, revestidos por silicone ou poliuretano, para isolamento. O implante pode ser uni ou bipolar, dependendo da quantidade de polos em contato com o miocárdio do usuário; uni ou bicamerais, a depender da quantidade de câmaras cardíacas que o mesmo estimula; e multiprogramáveis, os quais permitem programação de mais de dois parâmetros, programáveis ou não programáveis^{1,10}.

A estimulação cardíaca artificial é fundamentada na utilização de estímulos elétricos de modo análogo àqueles que, em condições fisiológicas, deflagram a despolarização e a repolarização das células musculares cardíacas. O estímulo elétrico emitido pelos marca-passos, denominado espícula, possui amplitude de 2000 a 5000 mVolts (2,0 a 5,0 Volts) e duração de aproximadamente 0,4 e 1,0 ms. Já o estímulo fisiológico, conhecido como Potencial de ação, tem duração de 250 a 400 ms e cerca de 110 a 120 mVolts de amplitude. Portanto, este é um pulso de baixa amplitude e longa duração, quando comparado à espícula¹⁰.

Os marca-passos de demanda, ou não competitivos, são aqueles que respeitam o ritmo cardíaco próprio do paciente. Sua função essencial é a detecção da atividade elétrica espontânea do miocárdio, a fim de intervir apenas quando identificada sua alteração. Por outro

1. Santos CSS, Pinto Zart R, Tormen F, Branchi T. Marcapasso cardíaco e cardioversor-desfibrilador implantável – orientações sobre interferências externas. Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul. 2007; 1-10.

3. Filho MWM. Interferências nos marcapassos cardíacos. Rev SOCERJ, 2002; 1-9.

4. Silva AL. Influência de ondas eletromagnéticas oriundas de descargas atmosféricas em pessoas portadoras de prótese. Tese de doutorado em Engenharia Elétrica, UNB. 2014; 10-13.

10. Páchon JCM. Estimulação cardíaca artificial. Publicação interna do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia; 89-90.

lado, quando o sistema de estimulação não reconhece a atividade elétrica própria do usuário do implante, é denominado de competitivo ou assíncrono^{1,3,10}.

Neste sentido, o chamado Limiar de sensibilidade indica a menor amplitude de um evento elétrico cardíaco que o marca-passo consegue reconhecer, enquanto o Limiar de comando representa a menor quantidade de energia capaz de deflagrar a despolarização das células cardíacas. Deste modo, os eletrodos são os responsáveis por levar ao marca-passo os sinais elétricos correspondentes aos eventos intrínsecos do paciente e por carrear, na direção contrária, as espículas geradas pelo aparelho. Portanto, esses circuitos são inibidos pelo ritmo próprio do miocárdio, sendo ativados apenas quando necessário^{1,3,10}.

As Interferências eletromagnéticas sobre os marca-passos

Sabe-se que o vetor de magnetização de um material é definido como o vetor dos momentos de dipolo magnético dos átomos em certo volume do objeto em questão.

Conforme a direção apontada pelo vetor de magnetização resultante, os materiais podem ser classificados em diamagnéticos, paramagnéticos, ferromagnéticos, antiferromagnéticos e ferrimagnéticos. A presença de um campo magnético externo em material paramagnético, a exemplo das próteses compostas por liga de titânio, resulta em um conjugado que tende a alinhar todos os dipolos magnéticos na sua direção⁴.

As interferências eletromagnéticas são sinais elétricos, de origem não fisiológica, capazes de alterar a função normal dos marca-passos cardíacos, podendo penetrar no sistema diretamente, por intermédio do gerador, ou indiretamente, por meio dos eletrodos. Assim, as porções do espectro eletromagnético que afetam os aparelhos em pauta são ondas de radiofrequência, incluindo objetos com corrente elétrica alternada e eletrocautério, além de ondas de rádio de alta frequência, entre outros³.

Neste panorama, a estimulação elétrica está relacionada à diferença de potencial, enquanto a estimulação magnética está ligada a uma corrente elétrica induzida por um campo magnético externo variável no tempo. Este, por sua vez, é gerado por aparelhos

1. Santos CSS, Pinto Zart R, Tormen F, Branchi T. Marcapasso cardíaco e cardioversor-desfibrilador implantável – orientações sobre interferências externas. Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul. 2007; 1-10.

2. Ferreira ASA, Pivotto L, Horvath AR. Interferências eletromagnéticas em portadores de marcapasso. Fontes exógenas. REBRAMPA; 1-8.

3. Filho MWM. Interferências nos marcapassos cardíacos. Rev SOCERJ, 2002; 1-9.

4. Silva AL. Influência de ondas eletromagnéticas oriundas de descargas atmosféricas em pessoas portadoras de prótese. Tese de doutorado em Engenharia Elétrica, UNB. 2014; 10-13.

11. Siqueira, SF. Interferências eletromagnéticas em portadores de marcapasso. Publicação interna – Incor – Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. 53-59.

alimentados por corrente alternada, induzindo correntes elétricas nos materiais condutores⁴.

De fato, o paciente portador de marca-passo vive em um meio potencialmente hostil, onde sinais eletromagnéticos de diversas fontes podem interferir na funcionalidade do aparelho. Estes implantes possuem circuitos amplificadores potentes que, por interferência exógena ou endógena, podem amplificar, também, sinais advindos de outras fontes, que não o coração, os quais são capazes de gerar sinais elétricos ou vibrações mecânicas indesejados, prejudicando sua performance^{1,2}.

Nota-se que as diversas fontes de interferência compartilham do mesmo princípio de ação: se a voltagem entre os terminais do gerador de marca-passo alcança ou até mesmo ultrapassa, um determinado nível, os circuitos do sistema do implante são influenciados, levando a consequências ao usuário devido à alteração de seu comportamento. Frente a isto, os efeitos das interferências eletromagnéticas dependem de fatores como a configuração da programação; os tipos de eletrodos; campo magnético; o espectro de frequência do sinal; a distância do marca-passo da fonte de interferência e das características do paciente^{1,2}.

Caso a interferência seja reconhecida como tal, o gerador passa a funcionar em “modo de interferência”, o que, via de regra, significa estimulação assíncrona. Contudo, se o sinal não for identificado como interferência, o circuito de sensibilidade o tratará como um estímulo de origem cardíaca, sendo, assim, capaz de provocar ritmos competitivos ou então inibir-se. Outrossim, é possível desencadear alterações no circuito de sensibilidade do sistema. O chamado “oversensing” é uma alteração no qual sistema de sensibilidade reconhece, de forma errônea, um sinal elétrico como sendo um evento cardíaco, e recicla ou estimula um circuito de tempo^{1,2,3,11}.

Em alguns modelos de aparelho, o gerador pode transferir para o modo de operação conhecido como “Back-up”, que é a recorrência a um circuito especial de segurança, incorporado com o intuito de melhorar a confiabilidade do sistema, face à ocorrência de falhas mais prováveis e previsíveis. Porém, a perda de sensibilidade do sinal ventricular pode resultar em estímulos sobre a onda T e indução de arritmias cardíacas. Ademais, eventualmente, pode acontecer ainda

2. Ferreira ASA, Pivotto L, Horvath AR. Interferências eletromagnéticas em portadores de marcapasso. Fontes exógenas. REBRAMPA; 1-8.

5. Marcu CB, Beek AM, van Rossum AC. Clinical applications of cardiovascular magnetic resonance imaging. CMAJ 2006;175: 911-917.

6. Rosatti SFC, Oliveira FF, Geraldelli W, Rosa S, Salmon CEG. Ressonância magnética em portadores de sistema artificial de estimulação cardíaca – indicar ou não? Relampa 2011; 24(2): 87-95.

7. Kalin R, Stanton MS. Current Clinical Issues for MRI Scanning of Pacemaker and Defibrillator patients. PACE, 2005; 28: 326-328.

9. Yamashita H, Junior EA. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética. Revista Brasileira Psiquiatria 2001; 23 (supl I): 2-3.

11. Siqueira, SF. Interferências eletromagnéticas em portadores de marcapasso. Publicação interna – Incor – Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. 53-59.

a chamada Programação Fantasma do Gerador, que configura a mudança imprevista de parâmetros de operação, por força da fonte de interferência^{2,9,11}.

Frente à associação entre MP e RMN, as interações adversas potenciais geradas incluem inibição de saída do MP, vibração, estimulação assíncrona, indução de fibrilação atrial ou ventricular, aquecimento, mau funcionamento do modo switch, alteração da programação com potencial dano ao circuito do aparelho ou deslocamento do sistema e estimulação atrial ou ventricular rápida¹².

Na técnica da RMN, observa-se que são utilizados três tipos de campos magnéticos, atuando na chave magnética dos marca-passos, e cada um deles está relacionado a diferentes riscos para um sistema de estimulação implantado. Neste sentido, um ímã potente gera um campo magnético estático que, quando comparado ao magnetismo natural da terra é algumas dezenas de milhares de vezes mais forte. Hoje, o ímã mais usado para a RMN é de 1,5 Tesla (T). Tal campo magnético age sobre qualquer material ferromagnético e, em um marca-passo, pode resultar em forças mecânicas e de torque, tentando mover ou girar o implante e, ainda, ativação imprevista de sensores magnéticos^{5,6,7}.

Já o campo pulsado de radiofrequência é utilizado para deflexão do spin dos núcleos dos átomos de hidrogênio e para induzir sinais de RM no tecido. O eletrodo de estimulação age captando a energia de RF e, parte desta energia é dissipada como calor no tecido cardíaco. Como consequência, podem levar a lesões do miocárdio devido ao aquecimento e a alterações da sensibilidade do sistema, como “oversensing” ou “undersensing”, devido às suas interações com a RF^{5,6,7}.

Além disso, dentro do ímã principal, existem três bobinas que produzem os gradientes de campos magnéticos, os quais são usados para alterar a influência do campo magnético estático sobre o objeto evidenciado pela imagem. Estes gradientes podem induzir correntes elétricas em componentes condutores do sistema de estimulação do marca-passo, causando ruído elétrico que pode inibir o aparelho, alterar sua sensibilidade ou causar aquecimento^{5,6,7}.

A inibição prolongada do gerador pode resultar em assistolia ventricular, estimulação de alta frequência cardíaca, a qual é capaz

5. Marcu CB, Beek AM, van Rossum AC. Clinical applications of cardiovascular magnetic resonance imaging. CMAJ 2006;175: 911-917.

6. Rosatti SFC, Oliveira FF, Geraldelli W, Rosa S, Salmon CEG. Ressonância magnética em portadores de sistema artificial de estimulação cardíaca – indicar ou não? Relampa 2011; 24(2): 87-95.

7. Kalin R, Stanton MS. Current Clinical Issues for MRI Scanning of Pacemaker and Defibrillator patients. PACE, 2005; 28: 326-328.

13. Gimbel JR, Kanal E. Can Patients with Implantable Pacemakers Safely Undergo Magnetic Resonance Imaging JACC, vol. 43, 2004; 1325-1326.

de conduzir a uma taquicardia ventricular maligna, enquanto que o aquecimento, além de dano cardíaco direto, pode levar ao aumento do limiar de comando do sistema. Sendo assim, a combinação dos três tipos de campos geram alteração do funcionamento do implante devido à intensa interferência eletromagnética, além de vibração mecânica, comprometendo a performance do marca-passo de forma global^{5,6,7}.

Frente a este obstáculo, a RMN, até recentemente, era considerada uma contraindicação absoluta para portadores de marca-passos cardíacos. Na literatura, já foram relatados casos de mortes relacionadas ao uso da RMN em usuários, mas nenhuma delas ocorreu quando realizado sob supervisão médica. Por isso, alguns autores demonstraram ser seguro realizar RMN nestes pacientes, mas com poucos casos avaliados^{5,6,7}.

Diante disto, de acordo com as Diretrizes Brasileiras de Dispositivos Cardíacos Eletrônicos Implantáveis, apesar dos relatos bem sucedidos, a RNM permanece sendo contraindicação aos implantados. Contudo, o exame pode ser realizado com relação risco-benefício razoável. Ou seja, em situações especiais, em que seja indispensável ao diagnóstico e em que exista risco de vida ao paciente, é possível submeter o indivíduo à RMN, desde que sejam adotadas precauções específicas de segurança, como monitoração rigorosa do ritmo e com marca-passo cardíaco provisório transtorácico. Além disso, o marca-passo deverá ser reavaliado e reprogramado ao final do procedimento.^{5,6,7,13}

CONCLUSÃO

Portanto, conclui-se que, apesar da tecnologia permitir que certa proteção contra interferências eletromagnéticas seja alcançada, a mesma não é universal e não pode ser obtida frente a toda e qualquer fonte de interferência eletromagnética, podendo ainda acarretar consequências para o usuário de marca-passo.

Porém, segundo a literatura, nenhuma causa de morte relacionada ao uso da RMN em usuários de marca-passo ocorreu sob supervisão médica, apesar de terem sido poucos os casos avaliados.

Sendo assim, as Diretrizes Brasileiras de Dispositivos Cardíacos Eletrônicos Implantáveis confirma que, em situações especiais, em que o benefício supere os riscos, o paciente pode ser submetido à RMN, desde que sejam adotadas medidas específicas de precaução.

REFERÊNCIAS

1. Santos CSS, Pinto Zart R, Tormen F, Branchi T. Marcapasso cardíaco e cardioversor-desfibrilador implantável – orientações sobre interferências externas. Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio Grande do Sul. 2007; 1-10.
2. Ferreira ASA, Pivotto L, Horvath AR. Interferências eletromagnéticas em portadores de marcapasso. Fontes exógenas. REBRAMPA; 1-8.
3. Filho MWM. Interferências nos marcapassos cardíacos. Rev SOCERJ, 2002; 1-9.
4. Silva AL. Influência de ondas eletromagnéticas oriundas de descargas atmosféricas em pessoas portadoras de prótese. Tese de doutorado em Engenharia Elétrica, UNB. 2014; 10-13.
5. Marcu CB, Beek AM, van Rossum AC. Clinical applications of cardiovascular magnetic resonance imaging. CMAJ 2006;175: 911-917.
6. Rosatti SFC, Oliveira FF, Geraldelli W, Rosa S, Salmon CEG. Ressonância magnética em portadores de sistema artificial de estimulação cardíaca – indicar ou não? Relampa 2011; 24(2): 87-95.
7. Kalin R, Stanton MS. Current Clinical Issues for MRI Scanning of Pacemaker and Defibrillator patients. PACE, 2005; 28: 326-328.
8. Iwasaki M, Hage MCFNS. Imagem por ressonância magnética: princípios básicos. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.4, p.1287-1295, jul, 2009.
9. Yamashita H, Junior EA. Aspectos básicos de tomografia computadorizada e ressonância magnética. Revista Brasileira Psiquiatria 2001; 23 (supl I): 2-3.
10. Páchon JCM. Estimulação cardíaca artificial. Publicação interna do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia; 89-90.
11. Siqueira, SF. Interferências eletromagnéticas em portadores de marcapasso. Publicação interna – Incor – Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. 53-59.

12. Maldonado JGA, Maduro SG, Albuquerque KR. Ressonância magnética em paciente portadora de marcapasso. Reblampa 2006; 19(2): 89-92
13. Gimbel JR, Kanal E. Can Patients with Implantable Pacemakers Safely Undergo Magnetic Resonance Imaging JACC, vol. 43, 2004; 1325-1326.