

Importância do *Automatic Mode Switching* nos dispositivos cardíacos eletrônicos implantáveis (DCEI)

Celso Salgado de MELO¹ Wolfgang ACTEN² Tatiana Machado Provasi CUNHA³
Danilo Marchesi MARCUSSI³ Vanessa Caldeira PEREIRA³ Otaviano da SILVA JÚNIOR⁴

Relampa 78024-478

Melo CS, Acten W, Cunha TMP, Marcussi DM, Pereira VC, Silva Júnior O. Importância do *Automatic Mode Switching* nos dispositivos cardíacos eletrônicos implantáveis (DCEI). Relampa 2009;22(3):136-142.

RESUMO: Em dispositivos cardíacos eletrônicos implantáveis (DCEI) de dupla-câmara, a frequência ventricular depende da atrial e taquiarritmias atriais podem ocasionar estimulações ventriculares rápidas e inapropriadas. O termo *Automatic Mode Switching* (AMS) define uma função automática que altera temporariamente o modo de estimulação dos DCEI durante episódios de taquiarritmia atrial, substituindo o modo deflagrado pelo átrio por outro em que não há deflagração por essa câmara. Após o término da arritmia, ocorre reversão espontânea ao modo de programação original, para manter o sincronismo atrioventricular. O grande desafio para o AMS é garantir que o mecanismo deflagre a mudança do modo de estimulação sempre que necessário e, ao mesmo tempo, evite atuações inapropriadas. Neste artigo é feita uma revisão da literatura sobre a importância do AMS e são analisados os algoritmos mais comuns.

DESCRIPTORIOS: *Automatic Mode Switching*, taquiarritmias, DCEI.

INTRODUÇÃO

Em dispositivos cardíacos eletrônicos implantáveis (DCEI) de dupla-câmara, a estimulação ventricular depende da frequência atrial e taquiarritmias atriais (TA), especialmente a fibrilação atrial (FA), podem ocasionar estimulação ventricular rápida durante essas arritmias em DCEI programados nos modos DDD e VDD.

Os primeiros mecanismos para proteção do ventrículo contra frequências de estimulação elevadas durante taquicardias supraventriculares foram introduzidos no final dos anos 1980 em alguns modelos

de marcapassos de dupla-câmara. Porém, raramente eram utilizados, pois nessa época a fibrilação atrial paroxística era considerada contra-indicação para esse modo de estimulação.

O termo *Automatic Mode Switching* (AMS) foi introduzido em 1990, registrado originalmente como o nome comercial adotado pela empresa Telectronics para designar um algoritmo de prevenção de taquiarritmias atriais. Atualmente, é utilizado de forma abrangente e genérica para definir a função automática que permite a um DCEI de dupla-câmara alterar temporariamente o modo de estimulação durante uma

(1) Responsável pelo Serviço de Estimulação Cardíaca Artificial da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM).

(2) Ex-gerente do Departamento de Engenharia Médica (DEM) da Biotronik Comercial Médica Ltda.

(3) Aluno(a) do Curso de Graduação em Medicina da UFTM.

(4) Médico do Serviço de Estimulação Cardíaca Artificial da UFTM.

Endereço para correspondência: Rua Constituição, 730 - Abadia. CEP: 38025-110 - Uberaba - MG. Brasil.

Trabalho recebido em 07/2009 e publicado em 09/2009.

taquiarritmia atrial e reverter espontaneamente para o modo original após término dessa^{1,3,12}.

Algoritmos de AMS evitam que frequências altas sejam conduzidas ao ventrículo durante as TA. Ao mesmo tempo, garantem o sincronismo atrioventricular (AV)^{6,7,11} durante o ritmo sinusal e o bloqueio atrioventricular (BAV). São compatíveis com os modos DDDR^{5,8}, DDD, VDDR ou VDD. Durante o AMS, a programação é automaticamente revertida para os modos DDIR, DDI, VDIR e VDI^{2,3}.

A estimulação do canal ventricular dos DCEI por frequências cardíacas elevadas, decorrentes de taquiarritmias atriais, pode levar a sintomas de baixo débito cerebral e cardíaco. A recorrência ou persistência das taquiarritmias pode resultar em um quadro de insuficiência cardíaca, denominado "taquimiocardiopatia". Pacientes idosos e portadores de cardiopatia estrutural com disfunção sistólica são os grupos mais susceptíveis a essas alterações. A ativação do AMS, em conjunto com outros algoritmos dos DCEI de dupla-câmara, confere proteção contra essas condições deletérias associadas à estimulação cardíaca artificial.

O algoritmo ideal de *Automatic Mode Switching* deve atender diversos critérios. Primeiramente, deve prevenir a estimulação ventricular deflagrada por eventos atriais rápidos. Além disso, deve ser acionado rapidamente após o começo da TA, prevenir mudanças abruptas da frequência ventricular no início do AMS, proporcionar frequência de estimulação ventricular adequada e estável durante o AMS, estabelecer o sincronismo atrioventricular o mais rapidamente possível após término da TA e prevenir oscilações indesejáveis no modo de estimulação².

Deve-se observar que a velocidade elevada de resposta e a prevenção de flutuações na frequência ventricular são parâmetros conflitantes. Algoritmos com resposta rápida são mais susceptíveis à instabilidade de frequência após o AMS, enquanto algoritmos lentos ativam o AMS com muito atraso.

CLASSIFICAÇÃO DOS ALGORITMOS

Existe atualmente grande variedade de algoritmos de AMS bastante sofisticados, controlados por microprocessadores e com extensa possibilidade de programação. Embora específicos para cada fabricante, possuem em comum o objetivo de solucionar o conflito básico do AMS: alcançar simultaneamente especificidade e sensibilidade altas^{7,9}.

A complexidade das funções dos DCEI aumentou a dificuldade para compreender os algoritmos disponíveis. No entanto, permitiu otimizar os parâmetros de programação em pacientes com taquiarritmias atriais. Apresenta-se a seguir uma descrição dos algoritmos de AMS mais comum, fundamentada em

três publicações sobre o tema^{2,4}. Com base nos princípios usados para definição das TA, os algoritmos de AMS mais comuns podem ser classificados em: contadores com critério de corte (*rate cut-off/rate and count*), que utilizam determinado número de batimentos atriais sentidos, acima de um valor usualmente programado para a frequência atrial; critérios estatísticos (*x out of z*), nos quais são programados valores para essas duas variáveis, de acordo com o intervalo de corte para detecção da TA batimento a batimento (*beat to beat*), em que o AMS é executado após o primeiro batimento acima da frequência de corte para a TA; critério de média atrial móvel (*running average/mean atrial rate/matched atrial rate/filtered atrial rate interval*), no qual o marcapasso calcula uma média de frequência atrial artificial, relacionada com a duração do ciclo atrial precedente, média que é continuamente atualizada até alcançar o intervalo de detecção definido para a taquiarritmia, e algoritmos complexos que combinam os critérios já mencionados, com ou sem métodos adicionais para examinar a relação AV^{2,4}.

CONTADOR COM CRITÉRIO DE CORTE

O contador sofre um incremento toda vez que um batimento atrial detectado é mais rápido que a frequência de corte para identificação da taquiarritmia. Quando o contador alcança o número estabelecido de batimentos, o marcapasso identifica como TA. Existem algoritmos que necessitam de um número consecutivo de eventos rápidos para atender ao critério e outros que podem aumentar ou diminuir a contagem de acordo com a duração do ciclo.

A frequência para detecção da TA pode ser fixa ou dinâmica. Por exemplo, pode estar acoplada à frequência do sensor, o que permite sua elevação durante o exercício. Após a detecção inicial da TA, diversos sistemas ainda necessitam de confirmação antes de executar o *Automatic Mode Switching*. A especificidade, a sensibilidade e o tempo de reação desses algoritmos dependem muito da frequência de corte e do valor ajustado para o contador, parâmetros que podem ser programados em alguns geradores. Programações rígidas aumentam o risco de atrasar ou até mesmo impedir o AMS.

CRITÉRIO X EM Z

À semelhança do critério utilizado para detecção de fibrilação ventricular em cardioversores-desfibriladores implantáveis, a taquiarritmia atrial é detectada quando um número predefinido x, em z batimentos atriais, é mais rápido que a frequência de detecção de TA. Esse conceito foi desenvolvido para reduzir o efeito negativo de um *undersense* atrial intermitente, ou seja, para melhorar a sensibilidade e manter curto

o tempo de reação. Após o término da TA, a ressincronização AV pode ser obtida por meio de um critério análogo ou após um número consecutivo de eventos lentos (figuras 1 e 2).

BATIMENTO A BATIMENTO

O AMS é acionado após o primeiro evento atrial rápido. É um conceito simples, que responde rapi-

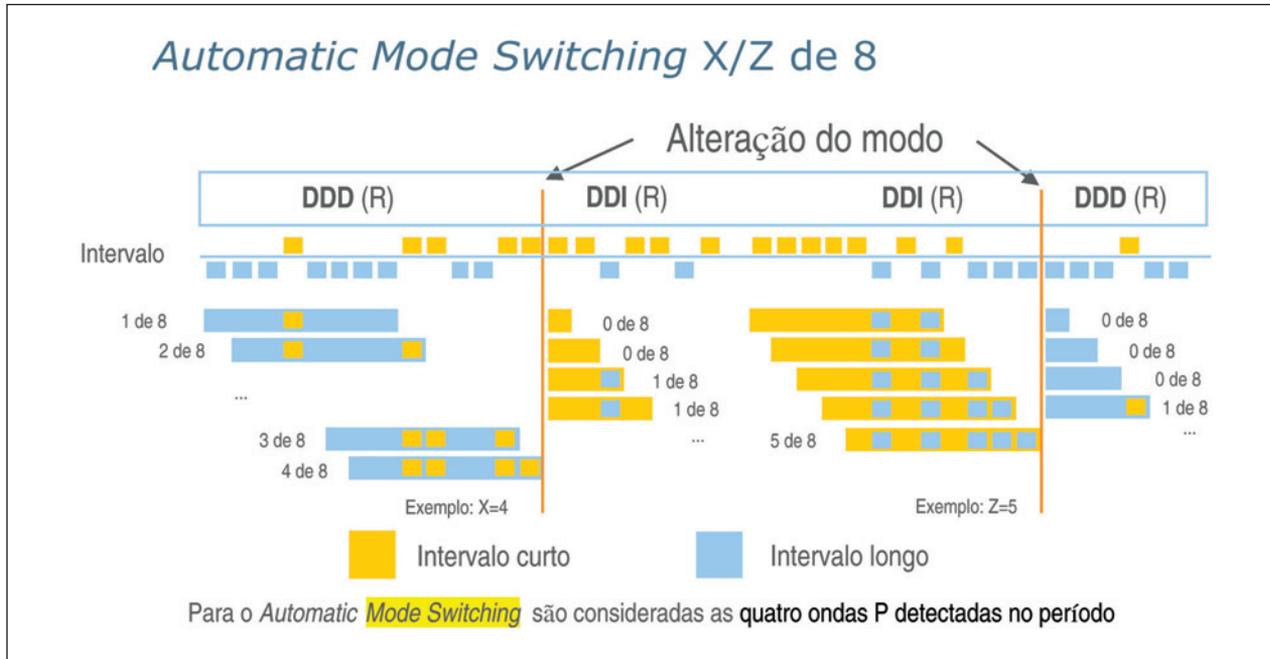


Figura 1 - Ilustração do funcionamento de um algoritmo x em z: em uma faixa móvel de oito eventos consecutivos, se quatro deles forem mais rápidos que a frequência de intervenção para o AMS (x programado para 4), o modo de estimulação muda de DDD(R) para DDI(R). A partir desse momento, se ocorrerem cinco eventos mais lentos (z programado para 5), o gerador retorna ao modo de estimulação original (Fonte: Biotronik GmbH & Co. KG, Germany).

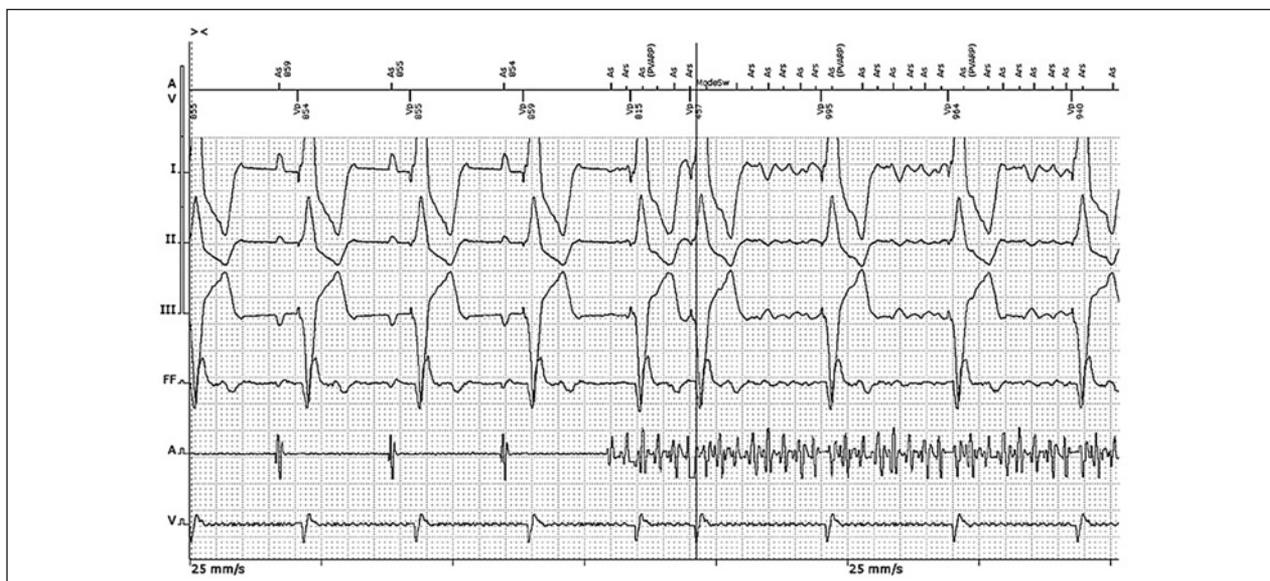


Figura 2 - Exemplo de um algoritmo x em z de CDI: o modo de estimulação é alterado de DDD para DDIR. Frequência básica programada em 60 ppm, frequência durante AMS programada em 70 ppm, critério de ativação de cinco eventos em oito. De cima para baixo: ECG de superfície; derivações D1, D2 e D3; eletrograma de *far-field* (FF); IEGM atrial (A) e ventricular (V) com canal de marcas; AS = *sense* atrial; ARS = *sense* atrial no período refratário; VP = *pace* ventricular (Fonte: Biotronik GmbH & Co. KG, Germany).

damente tanto no início quanto no final da TA. Entretanto, a especificidade é menor e, durante ruídos ou ectopias atriais, podem ocorrer oscilações frequentes ou perda de sincronismo AV durante taquicardia sinusal⁵.

Existem diversos algoritmos utilizando esse tipo de detecção: por exemplo, um *sense* dentro do período refratário atrial dá início a um novo período refratário atrial (figura 3). Há outros que usam a frequência ou a faixa fisiológica determinada pelo sensor para distinguir a frequência atrial normal da patológica. O AMS ocorre quando um evento atrial sentido tem frequência maior que a margem superior da faixa fisiológica, ou seja, frequência atrial superior àquela indicada pelo sensor. Entretanto, não deve ser confundido com o comportamento próprio do marcapasso quando este alcança a frequência máxima programada (*upper rate*). No AMS não há correlação entre a frequência atrial e a estimulação ventricular, que existe no *upper rate*.

CRITÉRIO DE MÉDIA ATRIAL MÓVEL

Cada vez que um intervalo atrial detectado é igual ou menor à média artificial calculada pelo marcapasso (média atrial móvel), essa média é reduzida em um valor predefinido e, a cada intervalo maior, a média móvel eleva-se em um valor também definido

previamente¹⁰. O AMS é acionado quando o intervalo dessa média móvel é inferior ao intervalo para detecção da TA (figura 4).

Nos algoritmos atuais, o valor utilizado para a redução da média móvel é maior que o utilizado para sua elevação. Essa influência mais expressiva na diminuição da média móvel reduz o tempo entre o início da TA e muda o modo de estimulação em situações com *undersense* intermitente, tipicamente durante a FA. Entretanto, um AMS inapropriado devido a *sense* de *far-field* é mais provável nesse caso. Algoritmos baseados na média atrial móvel são menos sensíveis durante o *oversense* atrial e a TA não sustentada, ou seja, apresentam maior especificidade.

COMBINAÇÃO DE ALGORITMOS

Alguns sistemas combinam diversos algoritmos e utilizam critérios adicionais, especialmente para discriminar a FA de outros tipos de TA e para revelar um *flutter* atrial não detectado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com seu princípio de atuação, os diversos algoritmos podem apresentar inúmeras im-

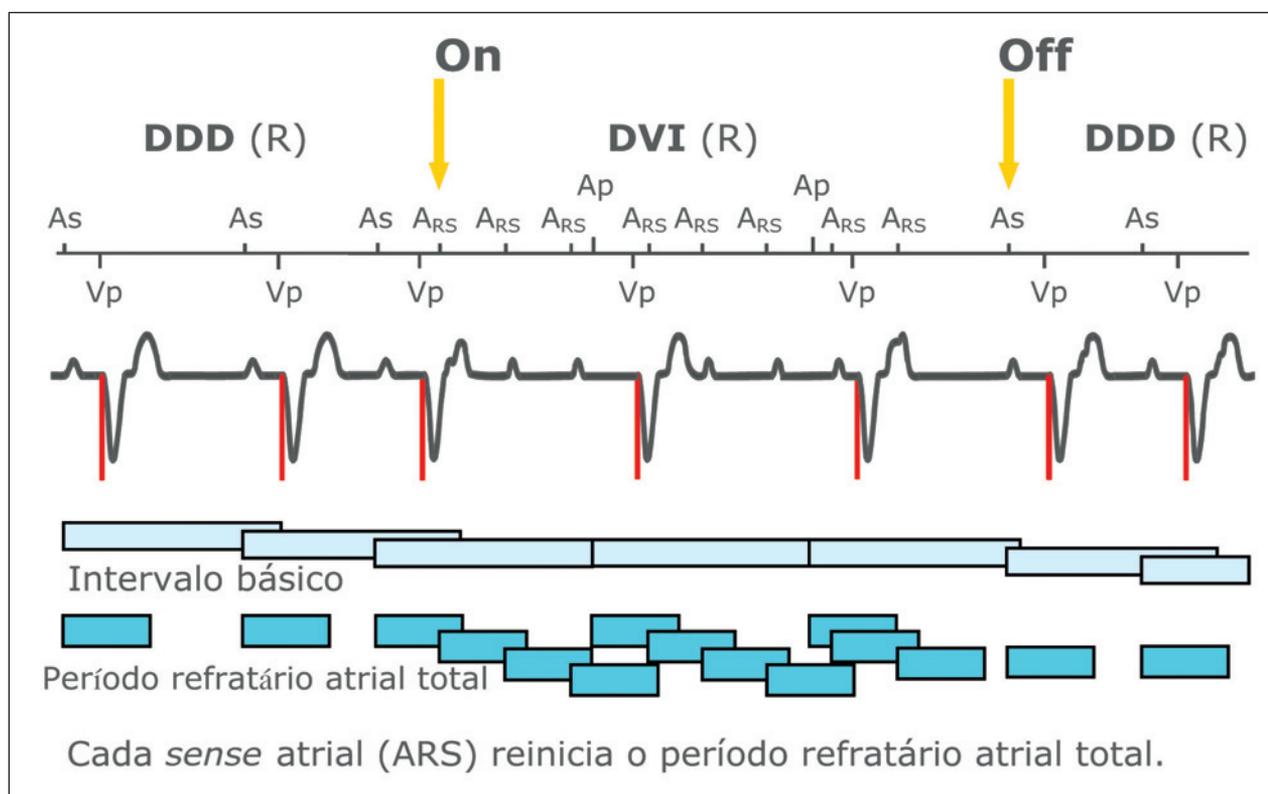


Figura 3 - Exemplo de um algoritmo batimento a batimento: cada evento atrial sentido dentro do período refratário atrial total deflagra o AMS (neste caso, o modo de comando muda de DDD para DVI) e dá início a um novo período refratário. ECG com canal de marcas: AS = *sense* atrial; ARS = *sense* atrial no período refratário; VP = *pace* ventricular (Fonte: Biotronik GmbH & Co. KG, Germany).

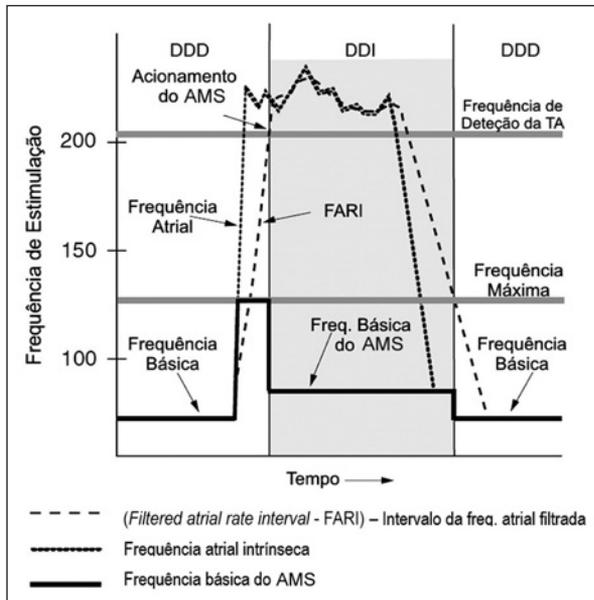


Figura 4 - Ilustração de um algoritmo de média atrial móvel: um intervalo médio (*filtered atrial rate interval* - FARI) é calculado pelo gerador e comparado com a frequência atrial atual. O FARI diminui por um determinado valor com cada evento atrial mais rápido que o intervalo precedente e aumenta a cada evento atrial mais lento. Quando o FARI ultrapassa a frequência de detecção para TA (*atrial tachycardia detection rate* - ATDR), o AMS atua (neste caso, muda de DDD para DDI). Após término da TA, no momento em que o FARI cai abaixo da frequência máxima, o gerador retorna ao modo de estimulação original. (Fonte: Brady Devices Reference Manual, reprodução autorizada pela St. Jude Medical do Brasil, traduzido).

plicações clínicas. O grande desafio para o AMS é garantir que o mecanismo deflagre a mudança do modo de estimulação sempre que necessário e, ao mesmo tempo, evite atuações inapropriadas, com sensibilidade e especificidade altas, o que obviamente representa um dilema. Uma atuação mais sensível do algoritmo reduz a especificidade, enquanto a sensibilidade mais baixa reduz o risco de atuações falso-positivas, mas pode deixar de detectar situações em que deveria atuar.

A atuação inapropriada do AMS por especificidade baixa pode ser resultado de *oversense atrial*. A causa mais comum é a detecção de eventos ventriculares pelo canal atrial do gerador (*ventricular far-field sensing*). Causas menos comuns de *oversense atrial* incluem a detecção de miopotenciais e a dupla contagem das ondas P.

Outra possibilidade é uma reação clinicamente inapropriada do AMS a extrassístoles atriais (ESA) isoladas ou a sequências curtas de ESA. Condições predisponentes ao *oversense atrial de far-field* incluem: eletrodos atriais unipolares, sensibilidade programada em unipolar, distância grande entre a ponta e o anel, eventos ventriculares estimulados e inserção septal ou baixa do eletrodo no átrio direito.

Sensibilidade baixa na detecção de taquiarritmias atriais pode ser resultado de *undersense atrial* verdadeiro, comum durante a fibrilação atrial. Já o *undersense atrial* funcional pode ser observado ocasionalmente durante o *flutter atrial*, como resultado de uma coincidência de eventos atriais de amplitude suficientemente alta em relação ao período de *blanking atrial* (cegueira), de modo que os eventos atriais são detectados e não detectados de forma alternada (2:1 *lock-in*).

Independentemente do tipo de AMS, alguns parâmetros programáveis têm grande influência na capacidade do gerador para detectar a arritmia atrial: a sensibilidade do canal atrial, os períodos de *blanking atrial* e alguns parâmetros do algoritmo AMS, tais como a frequência de intervenção e o número de eventos necessários para detecção e confirmação da arritmia.

Para diminuir as situações descritas, deve-se dar preferência a eletrodos atriais com espaçamento pequeno entre a ponta e o anel. A posição apropriada do eletrodo atrial durante o implante garante uma onda P de boa amplitude e um baixo sinal de *far-field* ventricular. A fim de reduzir problemas eventuais na detecção de taquiarritmias atriais lentas, recomenda-se testar, antes da alta hospitalar, o período de *blanking atrial* após o evento ventricular (PVAB) e programá-lo o mais curto possível, mas evitando o *far-field*.

Muitos dispositivos oferecem algoritmos dedicados que podem ser ligados adicionalmente ao AMS para evitar um 2:1 *lock-in* de *flutter atrial* lento, o que pode ser particularmente útil em pacientes que recebem drogas antiarrítmicas (2:1 *lock-in protection*, *blanked flutter search*, *atrial flutter reaction* etc.). Algoritmos adicionais ou embutidos no AMS podem diminuir gradativamente a frequência ventricular para prevenir flutuações abruptas do ritmo (*rate smoothing*, *rate fading*).

A possibilidade de armazenar eletrogramas intracavitários deflagrados pelo AMS pode ajudar na avaliação posterior de possíveis AMS inapropriados e na otimização da programação.

Relampa 78024-478

Melo CS, Acten W, Cunha TMP, Marcussi DM, Pereira VC, Silva Júnior O. The importance of the Automatic Mode Switching in the electronic implantable cardiac devices (EICD). *Relampa* 2009; 22(3):136-142.

ABSTRACT: The heart rate in dual-chamber electronic implantable cardiac devices (EICD) depends on the atrial frequency and atrial tachyarrhythmias may cause fast and inappropriate ventricle stimulations. Automatic Mode Switching (AMS) defines the automatic function which changes the EICD stimulation mode temporarily during atrial tachyarrhythmia episodes replacing the mode deflagrated by the atrium for another one that has no deflagration by this chamber. After the end of the arrhythmia, the original program mode spontaneous reversion occurs in order to keep the atrioventricular synchronism. The main challenge for the AMS is to guarantee that the mechanism triggers the stimulation mode change whenever necessary and at the same time avoids inappropriate actions. This article contains a review of the literature done on the importance of the AMS and the most usual algorithms.

DESCRIPTORS: Automatic Mode Switching, tachyarrhythmias, EICD.

Relampa 78024-478

Melo CS, Acten W, Cunha TMP, Marcussi DM, Pereira VC, Silva Júnior O. Importancia del Automatic Mode Switching en los dispositivos cardiacos electrónicos implantables (DCEI). *Relampa* 2009; 22(3):136-142.

RESUMEN: En los dispositivos cardiacos electrónicos implantables (DCEI) de doble cámara, la frecuencia ventricular depende de la auricular y las taquiarritmias auriculares pueden ocasionar estimulaciones ventriculares rápidas e inapropiadas. El término *Automatic Mode Switching* (AMS) define una función automática que altera temporalmente el modo de estimulación de los DCEI durante episodios de taquiarritmia auricular, sustituyendo el modo provocado por la aurícula por otro en que no hay irrupción por dicha cámara. Luego del término de la arritmia, ocurre reversión espontánea al modo de programación original, para mantener el sincronismo auriculoventricular. El gran desafío para el AMS es asegurar que el mecanismo provoque el cambio del modo de estimulación siempre que necesario y, a la vez, evite actuaciones inapropiadas. En este artículo se hace una revisión de la literatura sobre la importancia del AMS y se analizan los algoritmos más comunes.

DESCRIPTORES: *Automatic Mode Switching*, taquiarritmias, DCEI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - Barold SS, Byrd CL. Automatic mode switching variants: dual demand pacing, retriggerable atrial refractory periods, automatic mode adaptation, and pseudomode switching. Enlightenment or obfuscation? *PACE* 2000; 23(7):1065-7.
- 2 - Israel CW. Analysis of mode switching algorithm in dual chamber pacemakers. *Pacing Clin Electrophysiol* 2002;25(3):380-93.
- 3 - Lau CP, Leung SK, Tse HF, Barold SS. Automatic mode switching of implantable pacemakers: I. Principles of instrumentation, clinical, and hemodynamic considerations. *Pacing Clin Electrophysiol* 2002;25: 967-83.
- 4 - Lau CP, Leung SK, Tse HF, Barold SS. Automatic mode switching of implantable pacemakers: II. Clinical performance of current algorithm and their programming. *Pacing Clin Electrophysiol* 2002;25: 1094-113.
- 5 - Santomauro M, Ottaviano L, Borrelli A, et al. Efficacy of automatic mode switching in DDDR mode pacemakers: the most 2 study. *J Interv Card Electrophysiol*. 2008;21(1):13-7.
- 6 - Stabile G, De Simone A, Romano E. Automatic mode switching in atrial fibrillation. *Indian Pacing Electrophysiol J* 2005;5(3):186-96.
- 7 - Passman RS, Weinberg KM, Freher M, Denes P, Schaechter A, Goldberger JJ, Kadish A. Accuracy of mode switch algorithm for detection of atrial tachyarrhythmias. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2004;15(7):773-7.
- 8 - Lau CP, Mascia F, Corbucci G, Padeletti L. Methods for testing automatic mode switching in patients implanted with DDD(R) pacemakers. *Ital Heart J* 2004;5(1): 11-5. (Review)
- 9 - Marshall HJ, Kay GN, Hess M, et al. Mode switching in dual chamber pacemakers: effect of onset criteria on arrhythmia-related sympto AMS. *Europace* 1999; 1(1):49-54.
- 10 - Leung SK, Lau CP, Lam CT, et al. A comparative study

on the behavior of three different automatic mode switching dual chamber pacemakers to intracardiac recordings of clinical atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2000;23(12):2086-96.

11 - Sutton R, Stack Z, Heaven D, Ingram A. Mode switching

for atrial tachyarrhythmias. *Am J Cardiol* 1999;83(5B):202D-210D. (Review)

12 - Marshall HJ, Harris ZI, Gammage MD. The increasing use of mode-switching. *Pacing Clin Electrophysiol* 1997;20(12 Pt 1):3012-3.