

Diagnósticos Diferenciais de Mau Funcionamento do Sistema de Estimulação Biventricular

Paul A. LEVINE⁽¹⁾ Paulo Roberto de Almeida GAUCH⁽²⁾

Reblampa 78024-351

Levine PA, Gauch PRA. Diagnósticos diferenciais de mau funcionamento do sistema de estimulação biventricular. Reblampa 2003; 16(2): 93-98.

RESUMO: os ressincronizadores biventriculares podem apresentar sinais e/ou sintomas indicativos de mau funcionamento. Além dos maus funcionamentos próprios da estimulação uni ou bicameral, o sistema tricameral pode, também, apresentar comportamentos exclusivos deste modo de estimulação. A dificuldade diagnóstica é derivada do fato de ser relativamente recente a possibilidade rotineira da estimulação tricameral, além de, por vezes, o mau funcionamento passar despercebido pela ausência de sintomatologia exuberante. Esta dificuldade é minimizada com o conhecimento das ocorrências e o perfeito entendimento das possibilidades de mau funcionamento de um sistema tricameral.

DESCRITORES: estimulação cardíaca artificial, ressincronização biventricular.

INTRODUÇÃO

O sistema de estimulação cardíaca artificial deve ser compreendido com uma integração do gerador de pulso, a maneira pela qual ele é programado, o comportamento dos cabos-eletrodos e a característica individualizada de cada paciente. De fato, a maioria dos maus funcionamentos que ocorrem não é devida ao gerador de pulso, mas sim a um problema mecânico com o cabo-eletrodo ou a um problema na interface do tecido-cabo-eletrodo, ou, ainda, ao fato do dispositivo não estar programado de maneira ideal para o paciente. Existe uma extensa literatura disponível a respeito das várias manifestações e múltiplas visões gerais dos maus funcionamentos que ocorrem nos sistemas de estimulação de câmara única e dupla^{1,2}. Embora nos sistemas de estimulação biventricular

possam ocorrer os vários tipos de maus funcionamentos que ocorrem com a estimulação padrão de câmara única e dupla, existem, ainda, nos sistemas de estimulação biventricular, algumas complicações, comportamentos ou manifestações que são únicos e, por vezes, sutis. Este artigo pretende revisar alguns destes maus funcionamentos.

Sistemas de estimulação biventricular atuais

O objetivo da estimulação biventricular é a ressincronização da sístole ventricular direita e esquerda, produzindo uma otimização mecânica e do débito cardíaco, através da atividade elétrica simultânea ou sincronizada em ambos os ventrículos.

Nos sistemas atuais, a maioria dos cabos-eletrodos que são usados para estimular e/ou sentir o ventrículo

(1) Vice-presidente e diretor médico da St. Jude Medical e professor de medicina da University School of Medicine, Loma Linda, Califórnia, USA.

(2) Médico especialista do Departamento de Estimulação Cardíaca Artificial (**Deca**).

Endereço para correspondência: Dr. Paulo Roberto de Almeida Gauch. Alameda das Acácias, 121 - Alphaville Residencial 5 - CEP: 06487-170 - Santana de Parnaíba - SP - Brasil. E-mail: pgauch@dialdata.com.br

Trabalho recebido em 05/2003 e publicado em 06/2003.

esquerdo é transvenoso endocárdico e é posicionado em uma das veias cardíacas, através do seio coronário.

Atualmente, o cabo-eletrodo utilizado em seio coronário é unipolar, concebido de maneira a cumprir as funções de estimular e/ou sentir a atividade elétrica das câmaras cardíacas e possui um eletrodo em sua ponta para cumprir estas finalidades. Este eletrodo será separado do miocárdio pela espessura da parede da veia e, possivelmente, por alguma gordura epicárdica, que pode estar envolvendo a veia. O limiar de captura associado com o cabo-eletrodo de ventrículo esquerdo é normalmente mais alto que aquele associado com o cabo-eletrodo endocárdico ventricular direito. Normalmente, o cabo-eletrodo utilizado para estimular e/ou sentir o ventrículo direito é bipolar. O eletrodo da ponta utilizado em ventrículo direito, parte constituinte do cabo-eletrodo, é capaz de fazer contato íntimo com o miocárdio. Esta diferença de contato do eletrodo posicionado em seio coronário e ventrículo direito com o músculo cardíaco induz a prever que, quando ocorre a perda de captura, esta será normalmente associada com o cabo-eletrodo de ventrículo esquerdo, resultando na persistência da estimulação ventricular direita e perda do sincronismo funcional.

Assim, a maioria dos sistemas biventriculares envolve um cabo-eletrodo ventricular direito bipolar e um cabo-eletrodo ventricular esquerdo unipolar. Se for programado para configuração de sensibilidade e saída unipolar, o eletrodo ativo em ambas as câmaras é o catodo e a carcaça do gerador de pulso servirá como anodo. Se programado para configuração de saída bipolar, os eletrodos da ponta são ainda catódicos, mas, agora, o eletrodo de anel único localizado no ventrículo direito é o anodo.

Embora o mau funcionamento do sistema comum possa ocorrer com cada cabo-eletrodo de um sistema biventricular, o foco desta discussão será a perda do suporte biventricular efetivo. Como a grande maioria destes pacientes não possui alterações de ritmo que necessitem de um marcapasso por indicações padrões para bradicardia, o "oversensing" ou a perda de captura resultará na perda da terapia de ressincronização, e seus benefícios, com um retorno do padrão de condução intrínseca do paciente. Nesta ocorrência é provável que o paciente apresente novamente uma exacerbação da insuficiência cardíaca congestiva.

Uma outra consideração que deve ser feita é que dispomos, no mercado, de dois modos de estimulação principais e distintos para obtermos a ressincronização biventricular: o primeiro é o chamado DDRV, que funciona como um marcapasso DDD e que envia, simultaneamente, estímulos aos dois ventrículos. Neste modo de funcionamento, para se obter a ressincronização biventricular é necessário programar-se um intervalo AV com tempo inferior ao intervalo PR do paciente. Nesta situação, quando ocorre um batimento

ventricular próprio do paciente, não ocorrerá a ressincronização, pois o batimento ventricular espontâneo inibe o ressincronizador. O mesmo acontece frente a extra-sístoles ventriculares, pois elas promoverão uma inibição do estímulo ventricular e a conseqüente perda da ressincronização neste batimento. Inibições semelhantes ocorrem frente a interferências produzidas por miopotenciais esqueléticos ou qualquer outra interferência eletromagnética.

O segundo modo principal de estimulação biventricular existente nos dias de hoje é o DDT, que pode ser programado para ser deflagrado em ventrículo (DDTRV), átrio (DDTRA) ou átrio e ventrículo (DDTRD). Neste modo deflagrado, sempre ocorrerá o envio dos estímulos para as câmaras programadas, seja ao término do período de alerta do gerador ou se, dentro do período de alerta, ocorrer uma sensibilidade que promova a deflagração simultânea ao evento sentido. Em ambos os casos, a manutenção da ressincronização biventricular está assegurada. No modo deflagrado, não é necessário programarmos um intervalo AV inferior ao intervalo PR do paciente, pois a manutenção da ressincronização está preservada pelo fato de ele deflagrar ambas as câmaras, quando capta uma atividade intrínseca. Na eventualidade, por exemplo, de uma extra-sístole originada no ventrículo esquerdo, o evento sentido dentro do período de alerta do gerador de pulso liberará estímulos em ambos os ventrículos. O estímulo que vai ao ventrículo esquerdo não terá efeito despolarizante, pois a massa ventricular correspondente ao contato do eletrodo no músculo cardíaco já está em período refratário; entretanto, o estímulo que chega ao ventrículo direito produzirá despolarização nesta área, sincronizada com o lado esquerdo.

Perda de captura

A perda de captura é a ocorrência dos estímulos entregues ao músculo cardíaco e que não produzem uma despolarização ou uma resposta evocada. No caso dos sistemas de ressincronização, as manifestações clínicas e eletrocardiográficas associadas à perda de captura serão sutis e totalmente diferentes daquelas associadas a um sistema de estimulação padrão para bradicardia.

A estimulação biventricular, através da fusão entre a ativação do VD e do VE, pode resultar em um QRS mais estreito que o associado com a estimulação ventricular de câmara única. A perda de captura pode ser manifestada tanto como um alargamento do QRS quanto como uma sutil mudança na morfologia do complexo evocado do marcapasso^{3,4}. Até mesmo com um ECG de 12 derivações, demonstrando a morfologia associada à captura biventricular, pode ser impossível reconhecer a perda de captura envolvendo o cabo-eletrodo de VE, baseando-se apenas no ECG de superfície (figura 1). Os marcadores de eventos medidos

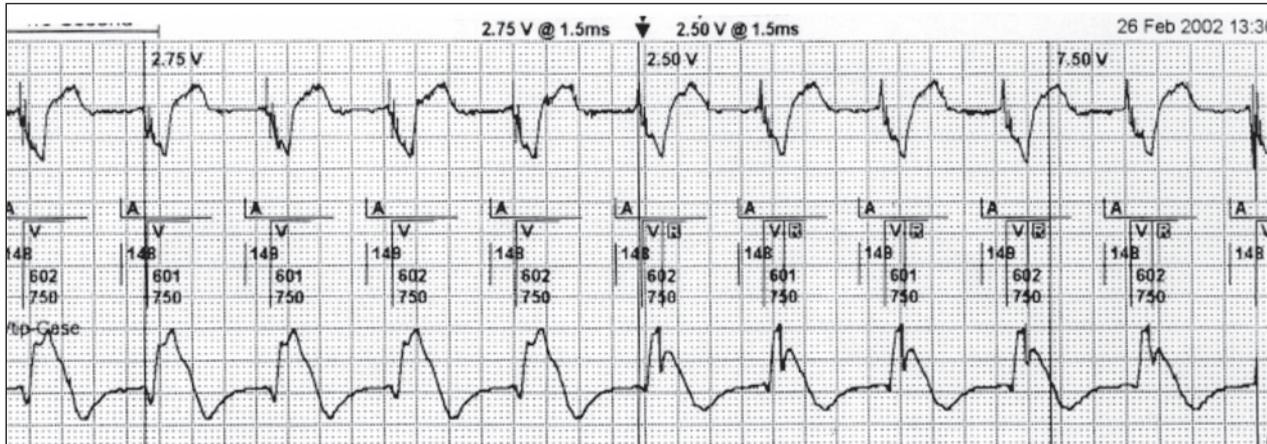


Figura 1 - Obtidas durante uma avaliação do limiar de captura. As mudanças associadas com o QRS no ECG de superfície são sutis, quando há perda de captura do VE (traçado superior). Os marcadores de eventos e o eletrograma endocavitário bipolar demonstram claramente a perda de captura (traçados do meio e inferior).

por telemetria e eletrograma intracardiaco mostrarão, freqüentemente, uma mudança óbvia.

“Oversensing”

O “oversensing” é a detecção de um sinal elétrico fisiológico ou não-fisiológico, porém inapropriado. Os potenciais do músculo esquelético, gerados pela contração isométrica dos músculos mais próximos ao gerador de pulso, são a etiologia mais comum de “oversensing”, quando o sistema está configurado para sensibilidade unipolar. Em um sistema de estimulação de câmara única ventricular padrão, isto resultaria na inibição do pulso de saída e, se o paciente tivesse um bloqueio AV de alto grau, ocorreria inibição do marcapasso e potencial assistolia. Em um sistema de estimulação biventricular com modo de funcionamento DDDR, o oversensing, seja de miopotenciais

esqueléticos ou “far field” de onda P, resultará na inibição ventricular e em uma perda de estimulação e, conseqüentemente, da ressinchronização⁵ (figura 2).

Uma alternativa para que este fato não aconteça é programar o modo de estimulação biventricular em DDTRV. Esta possibilidade de programação não está, ainda, presente no mercado em todos os ressinchronizadores biventriculares. No modo de funcionamento DDTRV, o gerador de pulso irá deflagrar um estímulo biventricular, sempre que ocorrer uma sensibilidade. Se, por exemplo, ocorrer uma extra-sístole ventricular originada no ventrículo esquerdo, o gerador de pulso programado em DDT, ao sentir o potencial produzido pela extra-sístole, irá deflagrar um estímulo em ambos os ventrículos e promoverá uma ressinchronização biventricular. É evidente que, no exemplo acima, o estímulo enviado ao ventrículo esquerdo não terá

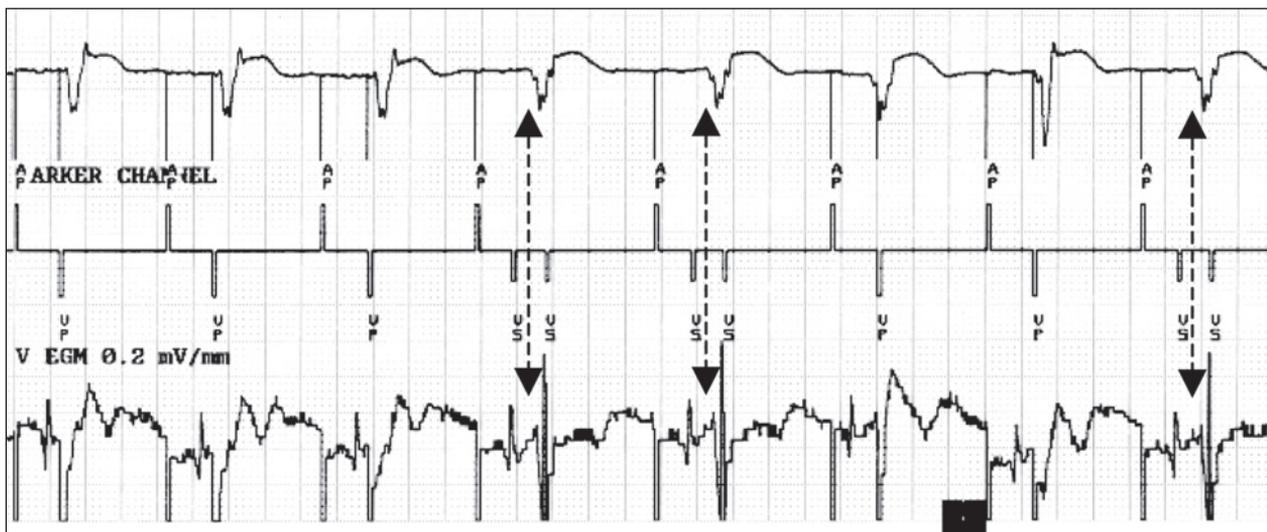


Figura 2 - Ressinchronizador biventricular com modo de funcionamento DDDR.

efeito despolarizante, visto que será deflagrado em cima de uma despolarização natural já efetuada. Entretanto, o estímulo enviado ao ventrículo direito produzirá uma despolarização ventricular direita, que ocorrerá simultaneamente ao ventrículo esquerdo, mantendo, assim, a ressincronização. Ora, neste modo de funcionamento, quando o gerador de pulso sentir uma interferência proveniente de uma atividade muscular esquelética, ele enviará estímulos em ambos os ventrículos. Como, na realidade, a sensibilidade gerada, e que deflagrou os estímulos, não foi produzida por atividade ventricular, ambos os ventrículos produzirão despolarizações simultaneamente ao receberem seus estímulos. A consequência benéfica é que os pacientes não perderão a ressincronização biventricular frente a interferências produzidas por miopotenciais esqueléticos. A maléfica é que poderão apresentar períodos de taquicardias ventriculares produzidas pelas deflagrações biventriculares que acompanharão as sensibilidades dos miopotenciais. A correção destas deflagrações inapropriadas pode ser efetuada programando-se a frequência máxima de sincronização (MTR), descrita mais adiante.

O "oversensing" intermitente da onda P pelo cabo-eletrodo ventricular esquerdo resulta na inibição da saída ventricular e perda de ressincronização. O cabo-eletrodo de VE deslocou e está posicionado em seio coronário em uma zona intermediária entre o átrio esquerdo e o ventrículo esquerdo. Por vezes, ele é capaz de estimular o ventrículo esquerdo, obtendo a ressincronização biventricular (1ª, 2ª e 3ª complexos da figura 2). Por vezes, ele sente a atividade atrial esquerda e inibe o estímulo ventricular (far field), já que o cabo-eletrodo está conectado ao canal ventricular do gerador de pulso e produz a perda do sincronismo biventricular (4ª, 5ª e 8ª complexos da figura 2). As setas duplas alinham a onda P registrada no ECG de superfície, os marcadores de evento e o eletrograma.

Uma situação exclusiva dos ressincronizadores biventriculares é a ocorrência de inibições por miopotenciais gerados pelo diafragma. O cabo-eletrodo posicionado em seio coronário pode estar próximo deste músculo e propiciar este evento.

Falha mecânica do cabo-eletrodo

Todos os principais maus funcionamentos elétricos, incluindo a perda de captura, "undersensing" e "oversensing" podem estar associados tanto a uma ruptura no isolamento como a uma fratura do metal condutor. Nos sistemas unicameriais ou bicameriais, onde se utiliza cabo-eletrodo padrão, uma ruptura no isolamento do cabo-eletrodo resulta em uma queda marcante na impedância da estimulação, enquanto uma fratura do metal condutor resultará em um aumento expressivo na mesma. Nos sistemas tricameriais, que é o caso da maioria dos ressincronizadores biventri-

culares, a estimulação e a sensibilidade ventricular serão feitas através de dois cabos-eletrodos (um para VD e outro para VE), conectados ao canal ventricular do gerador de pulso. Estes cabos-eletrodos estão ligados em paralelo, resultando em uma impedância conjunta normalmente menor que as impedâncias medidas isoladamente em cada cabo-eletrodo⁶ (tabela I).

Quando ocorre fratura completa do metal condutor em um dos cabos-eletrodos, a impedância do sistema será igual à do cabo-eletrodo que está íntegro. Normalmente, nesta eventualidade, a impedância terá um valor maior que a que existia anteriormente, pois ocorreu perda do paralelismo. É evidente que nestas circunstâncias ocorrerá perda da ressincronização biventricular, visto que um dos cabos-eletrodos não permite mais a passagem do estímulo até o ventrículo. Nestes casos, o diagnóstico será realizado ao se observar uma perda da ressincronização associada a uma mudança na impedância do sistema, normalmente para um valor superior ao que existia anteriormente.

Quando a fratura acomete somente o tecido isolante, alguns sistemas de ressincronização biventricular não permitem acesso ao diagnóstico por não possuírem programação independente nos canais ventriculares. A queda da impedância que ocorre nestas situações pode passar despercebida, visto que o valor da impedância resultante já é baixo e, normalmente, não ocorre perda da ressincronização biventricular. Estes problemas são diagnosticáveis nos geradores de pulso da ressincronização biventricular que possuem programação independente nos cabos-eletrodos de VD e VE.

Deslocamento do cabo-eletrodo

Além das já conhecidas complicações associadas ao deslocamento do cabo-eletrodo, seja ele posicionado em átrio direito e/ou ventrículo direito, temos, no caso dos ressincronizadores biventriculares, a possibilidade de deslocamento do cabo-eletrodo posicionado em veia cardíaca, através do seio coronário. Este deslocamento pode induzir a uma perda do comando, ou sensibilidade ventricular esquerda, ou uma sensibi-

TABELA I
AS IMPEDÂNCIAS DO CABO-ELETRODO INDIVIDUAL (R1 E R2) COMBINADAS, EM UM SISTEMA BIVENTRICULAR, RESULTAM EM UMA IMPEDÂNCIA MAIS BAIXA QUE QUALQUER CABO-ELETRODO SOZINHO. AS UNIDADES SÃO OHMS.

R ₁ /R ₂	0	100	300	500	750	1000	1500	∞
0	0	0	0	0	0	¹⁻² 0	0	0
100	0	50	75	83	88	91	94	100
300	0	75	150	188	214	231	250	300
500	0	83	188	250	300	333	375	500
750	0	88	214	300	375	429	500	750
1000	0	91	231	333	429	500	600	1000
1500	0	94	250	375	500	600	750	1500
∞	0	100	300	500	750	1000	1500	∞

lidade inadequada do átrio esquerdo, ou uma estimulação do ventrículo direito com perda da ressinchronização biventricular, ou ainda uma diminuição do fluxo ventricular direito por obstrução mecânica da válvula tricúspide. Estas variadas ocorrências podem acontecer na dependência do novo local migratório do cabo-eletrodo.

Estimulação diafragmática

O cabo-eletrodo posicionado em veia cardíaca, através do seio coronário, pode produzir estimulações diafragmáticas esquerdas, promovidas pelo seu contato próximo ao nervo frênico. Este fato pode ser verificado no momento do implante, o que solicita um novo local definitivo para o cabo-eletrodo. Nos casos em que a estimulação frênica esquerda ocorre somente após o implante realizado, e este foi feito com os cuidados preconizados, pode-se prever que o cabo-eletrodo deslocou-se, ficando, agora, em uma região propícia à estimulação do nervo. O tratamento requer nova intervenção e novo posicionamento para o cabo-eletrodo.

Considerações de temporização dos marcapassos

Um dos desafios associados a qualquer marcapasso é entender a interação entre os períodos de alerta e refratários do marcapasso e os períodos refratários do próprio tecido⁷. Muitos marcapassos vêm com uma extensão automática do período refratário atrial, seguindo um evento ventricular estimulado ou sentido (PVARP) disparado por um batimento ventricular prematuro (BVP).

Desde que os BVPs estão virtualmente onipresentes em indivíduos com cardiomiopatia dilatada, estes pacientes devem ser avaliados quanto à presença ou à ausência de condução ventrículo-atrial retrógrada, e o PVARP deve ser programado apropriadamente para prevenir taquicardias mediadas pelo marcapasso.

Uma outra condição que resulta na perda de apoio de estimulação biventricular é o comportamento da frequência de sincronização máxima do marcapasso normal (MTR). Este é um sistema de contagem de tempo existente em todos os marcapassos de câmara dupla. Sua função é limitar a frequência ventricular estimulada em resposta às frequências atriais sentidas. Como o sistema de dupla-câmara funciona de maneira a manter a relação 1:1 entre a frequência atrial e a ventricular, nos casos de frequências atriais elevadas, o marcapasso passará a fazer um Wenckebach, assim que atingir frequências superiores ao MTR programado. No sistema biventricular, ao se programar a MTR o mais alto possível, minimizar-se-á a perda forçada da estimulação biventricular frente ao comportamento da frequência elevada.

Um algoritmo incorporado em muitos marcapassos de dupla-câmara atuais é a histerese AV/PV. Esta função permite uma extensão automática do intervalo

AV, após estímulo ou sensibilidade atrial, com objetivo de dar uma oportunidade para que a condução AV permaneça intacta. O racional desta função é baseado em pacientes com função ventricular normal, condução do nó AV normal e uma seqüência de ativação ventricular normal. Nesta situação, a estimulação atrial de câmara única é superior à estimulação de câmara dupla. Entretanto, no caso dos ressinchronizadores biventriculares com modo de funcionamento DDDRv, este algoritmo permitirá um intervalo AV longo, que resultará na inibição do suporte de estimulação biventricular. Se este algoritmo estiver disponível em um sistema de estimulação biventricular, ele deverá ser desabilitado.

A empresa St. Jude Medical desenvolveu um algoritmo chamado *histerese negativa do AV/PV*. Sua função é oposta ao do algoritmo da histerese AV/PV. Ao sentir um evento ventricular próprio do paciente, o algoritmo encurta os intervalos AV/PV subsequentes, de maneira a manter o ventrículo estimulado e inibir a sua despolarização espontânea. O algoritmo da histerese negativa AV/PV foi criado como uma função nos sistemas duplas-câmaras, para ser utilizado nos casos de tratamento elétrico das cardiomiopatias hipertólicas obstrutivas. Nestas situações, o objetivo é abolir a despolarização anterógrada espontânea do paciente e privilegiar unicamente a despolarização produzida pelo cabo-eletrodo posicionado em ponta de VD. No caso dos ressinchronizadores biventriculares que possuam esta função ela deve ser ativada.

Outra ocorrência é o intervalo AV inapropriadamente curto, onde os sintomas podem ocorrer novamente, ou, mesmo, piorar. A figura 3 é um exemplo no qual um atraso AV muito pequeno resultou na onda P, fundindo com o QRS estimulado. Isto se torna visível durante um período transitório de perda total de captura ventricular neste paciente, que também tinha alto grau de bloqueio AV. Por vezes, os pacientes, além da ressinchronização biventricular, necessitam de uma estimulação padrão de dupla-câmara ou câmara única, devido a bloqueios AVs ou disfunções sinusais sintomáticas. Esta situação constitui-se em uma exceção mais do que a regra, mas pode-se prever que esta relação mude no futuro.

Nos pacientes ressinchronizados não se deve e nem se pode confiar apenas na duração do complexo QRS como fator indicativo de otimização do débito cardíaco, muito menos desejar assegurar a captura biventricular como fator primordial para conduzir a programação. É também muito importante manter um intervalo AV apropriado para otimizar o enchimento ventricular. No momento, isto requer estudos invasivos ou não-invasivos detalhados. Mais comumente é usada a ecocardiografia Doppler para guiar o ajuste dos intervalos AVs sentidos e estimulados, com o intuito de maximizar o tempo integral da velocidade do trato da saída de fluxo do VE e os tempos de enchimento ventricular esquerdo e de ejeção.

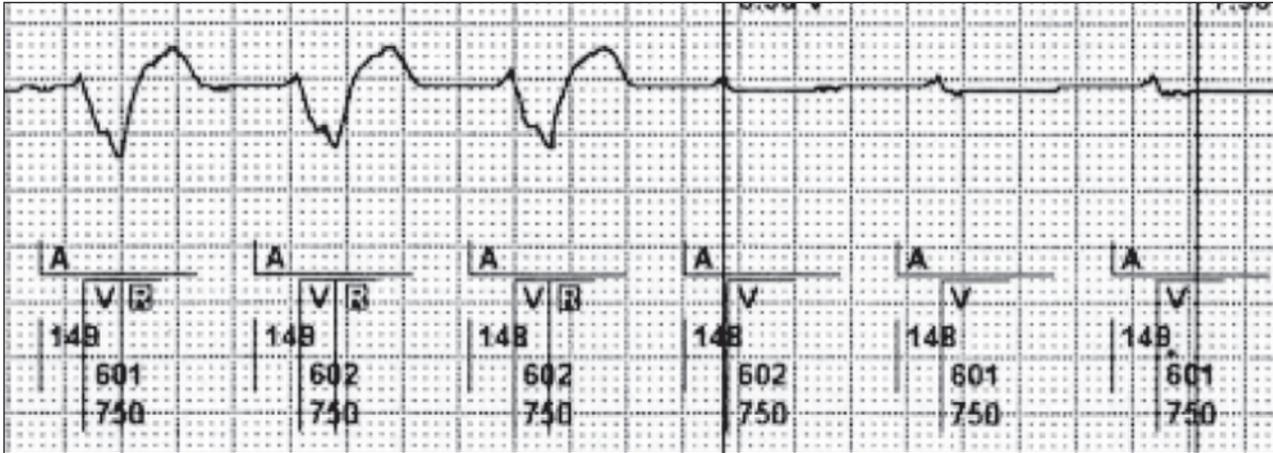


Figura 3 - O curso ascendente da onda P estimulada funde com o começo do complexo QRS estimulado. O intervalo AV é muito pequeno para permitir a contração atrial esquerda e contribui para a perda do enchimento otimizado do VE.

CONCLUSÃO

Todos os maus funcionamentos, reconhecidos nos sistemas de estimulação câmara única ventricular ou dupla-câmara padrão, podem ocorrer nos sistemas biventriculares. É necessário, portanto, para um bom reconhecimento do mau funcionamento dos sistemas biventriculares,

um conhecimento apropriado do funcionamento dos sistemas unicamerais ou bicamerais padrões. Além disso, há alguns ritmos e comportamentos exclusivos dos sistemas biventriculares que podem até resultar em um retorno de sintomas, mas que não são imediatamente visíveis como um “mau funcionamento” em uma análise leviana de um eletrocardiograma de superfície.

Reblampa 78024-351

Levine PA, Gauch PRA. Differential diagnosis of poor function of the biventricular stimulation system. Reblampa 2003; 16(2): 93-98.

ABSTRACT: biventricular pacemakers may show signs and/or symptoms indicating malfunction. In addition to the malfunctions which occur in single and dual chamber pacing, the triple chamber system may also show typical behavior with this new pacing system. The difficulty in diagnosis is related to the fact that this therapy is relatively recent. Besides, the malfunction can not be observed due to the absence of evident symptoms. This difficulty is decreased through practical experience and the thorough understanding of the possibilities of triple chamber system malfunction.

DESCRITORES: artificial cardiac pacing, cardiac resynchronization.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Levine PA, Love CJ. Pacemaker diagnostics and evaluation of pacing system malfunction. In: Ellenbogen KA, Kay GN, Wilkoff BL (editors), *Clinical Cardiac Pacing and Defibrillation*, 2nd Edition, W. B. Saunders Co, Philadelphia, PA, 2000, 827-75.
- 2 Levine PA. Evaluation and management of pacing system malfunctions. In: Ellenbogen KA, Wood MA (editors), *Cardiac Pacing and ICDs*, 3rd Edition, Blackwell Science Publishers, Malden MA, 2002, 345-98.
- 3 Barold SS, Levine PA, Ovsyshcher IE. The paced 12-lead electrocardiogram should no longer be neglected in pacemaker follow-up. *PACE* 2001; 24: 1455-8.
- 4 Yong P, Duby CA. New and reliable method of individual ventricular capture identification during biventricular pacing threshold testing, *PACE* 2000; 23: 1735-7.
- 5 Lipchenca I, Garrigue S, Glickson M, et al. Inhibition of biventricular pacemaker by oversensing of far-field atrial depolarization. *PACE* 2002; 25: 365-7.
- 6 Barold SS, Levine PA. Significance of stimulation impedance in biventricular pacing. *J Intervent Card Electrophysiol* 2002; 6: 67-70.
- 7 Wang P, Kramer A, Estes NAM, Hayes DI. Timing cycles for biventricular pacing. *PACE* 2002; 25: 62-75.