

A Autocaptura Ventricular e o Aumento da Longevidade da Bateria do Marcapasso

Antônio S. MENEZES JÚNIOR⁽¹⁾ Carlos F.M.QUEIROZ⁽²⁾ Fabrício P CAZORLA⁽²⁾
Juliana C DOURADO⁽²⁾ William L. CARVALHO⁽²⁾

Reblampa 78024-209

Menezes Júnior A S. Queiroz C F M. Cazorla F P. Dourado J C. Carvalho W L. A autocaptura ventricular e o aumento da longevidade da bateria do marcapasso. Reblampa 1998; 11(2): 85-89.

RESUMO: Uma das grandes restrições para o aumento da longevidade dos marcapassos é a necessidade de grandes quantidades de energia (acima do limiar de estimulação) para garantir uma estimulação segura. O objetivo deste trabalho é analisar a performance de um algoritmo baseado na presença ou ausência do potencial evocado pós-estimulação ventricular, que permite reduzir com segurança a energia do pulso do marcapasso a valores próximos do limiar crônico de estimulação. Entre Janeiro e Agosto de 1997 um marcapasso Logos DDD (Biotronik), que apresenta este algoritmo foi instalado, em 10 pacientes, sendo 7 do sexo masculino e 3 do sexo feminino. Pela análise do algoritmo constatou-se a efetividade do auto-teste no controle da captura ventricular, bem como a confiabilidade e a segurança na estimulação através da análise do Holter 24 horas. Verificou-se assim que é possível aumentar com segurança a longevidade do marcapasso através da diminuição da energia do pulso.

DESCRIPTORIOS: marcapasso, auto-captura, eletrodos com tecnologia fractal.

INTRODUÇÃO

O potencial de ação transmembrana (PTM) dos miócitos reflete a intensidade e a duração da corrente de íons através da membrana celular. Este fluxo de íons através da membrana responde pela velocidade da onda de excitação e pela contratilidade celular. Dessa forma, a morfologia do potencial de ação cardíaco pode ser um indicativo do estado eletrofisiológico do coração. O registro do PTM, porém, requer a implantação de um microeletrodo em uma única célula cardíaca, limitando o seu registro às preparações *in vitro*. Em contrapartida, o potencial de ação monofásico (PAM) e o potencial evocado (PE), que reproduzem o tempo do PTM, sendo medidas extracelulares, possi-

bilitam o registro do tempo e do potencial de ação transmembrana *in vivo*, com o coração batendo. Os PAMs refletem o curso da despolarização e repolarização dos miócitos¹.

A alta resolução da sensibilidade de sinais cardíacos como o PAM depende do desenho do eletrodo e especialmente das propriedades da interface entre o coração e o sistema de detecção. As exigências de uma grande capacitância de Helmholtz e uma pequena ponta foram satisfeitas por eletrodos de superfície fractal — que apresentam uma extremidade coberta por pequenas hemi-esferas (Figura 1)— alcançando uma área eletroquímica ativa aproximadamente três vezes maior que a superfície geométrica².

(1) Responsável pelo Setor de Estimulação Cardíaca do Hospital Santa Helena, Centro de Ensino e Pesquisa do Hospital Santa Helena, Goiânia, Goiás, Brasil.

(2) Acadêmica da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Goiás, Centro de Ensino e Pesquisa do Hospital Santa Helena, Goiânia, Goiás, Brasil.

Endereço para correspondência: Rua S2, 59 / 301 Edif. Marina Del Rei, Setor Bela Vista - CEP: 74823-430 - Goiânia - GO - Brasil. Fone: (062) 943-4934 - Fax:(062) 219-9140.

Trabalho recebido em 04/1998 e publicado em 06/1998.

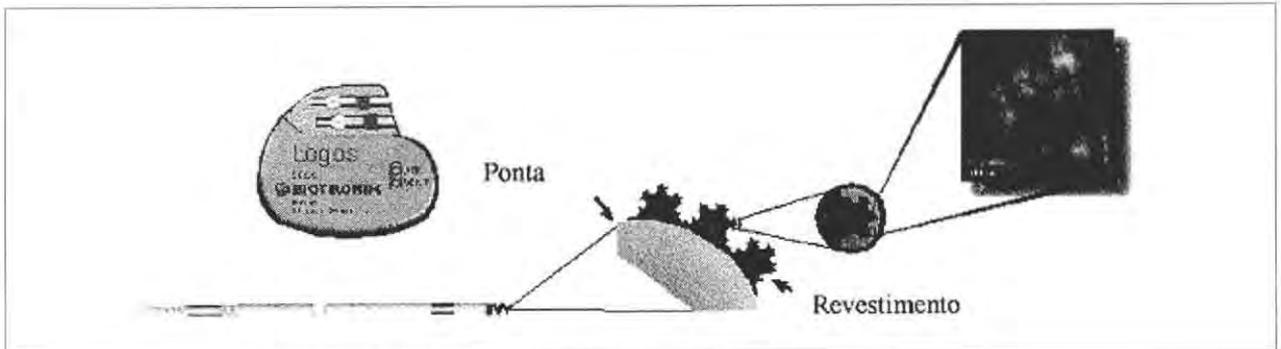


Figura 1 - Marcapasso dupla-câmara com auto-captura e eletrodo fractal.

Os testes *in vitro* comprovaram que eletrodos de superfície fractal oferecem excelente estabilidade com respeito ao seu comportamento físico e químico, além de um baixo grau de irritação do tecido durante as primeiras semanas depois da implantação. Suas propriedades de sensibilidade e de estimulação mantêm-se estáveis por mais de cinco anos. Uma comparação dos sinais de PAM obtidos com eletrodos Ag-AgCl e eletrodos de superfície fractal na mesma localização do endocárdio mostrou uma correlação quase perfeita ($r > 0,98$)².

A função de auto-captura do marcapasso LOGOS monitora a resposta ventricular após cada potencial evocado. Este pode ser efetivo, se resultar numa resposta ventricular satisfatória, ou inefetivo nos casos de extrasístole, estímulo sem comando ventricular e ritmo próprio do paciente. Caso não seja detectada uma resposta efetiva, ocorre aumento da amplitude de pulso, segundo um algoritmo específico que gerencia o funcionamento desta função (Figura 2) a fim de obter um comando ventricular efetivo. Em intervalos programados (a cada 8,5 min, 2hs, 12hs ou 24hs), o marcapasso faz um auto-teste, ou seja, um decréscimo na amplitude de pulso ventricular. Se nenhuma resposta efetiva for detectada, o marcapasso promove um encurtamento do intervalo AV para afastar a possibilidade

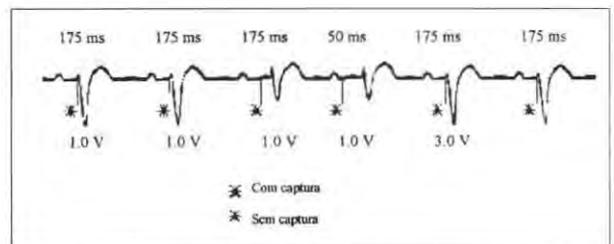


Figura 3 - ECG ilustrando perda de comando e controle de captura pelo marcapasso.

de batimento de fusão e, em seguida, um incremento de 2V na amplitude de estimulação (Figura 3)³.

Nos marcapassos sem a função de auto-captura, faz-se necessário programar a amplitude de pulso ventricular muito acima do limiar crônico, a fim de garantir uma boa margem de segurança^{3,4}. Assim sendo, tal marcapasso teoricamente é capaz de economizar energia, tornando possível o prolongamento de vida da bateria.

OBJETIVO

O interesse deste estudo foi demonstrar que o algoritmo de autocaptura do LOGOS DDD permite uma estimulação ventricular com valores de amplitude similares aos limiares crônicos de comando, sem comprometer a função e a segurança do sistema, aumentando a longevidade do aparelho^{5,6}.

MATERIAL E MÉTODO

Este estudo foi realizado em três etapas: a) investigação do auto-teste para controle de captura; b) avaliação da segurança e confiabilidade da auto-captura ventricular durante 24 horas; c) análise do aumento da longevidade da bateria.

De Janeiro a Agosto de 1997, em um estudo clínico experimental foram investigados 10 pacientes chagásicos, com marcapasso LOGOS DDD. O tempo de implante foi de $159,4 \pm 46$ dias e a idade média de $60,6 \pm 9,77$ anos, sendo 7 do sexo masculino. No

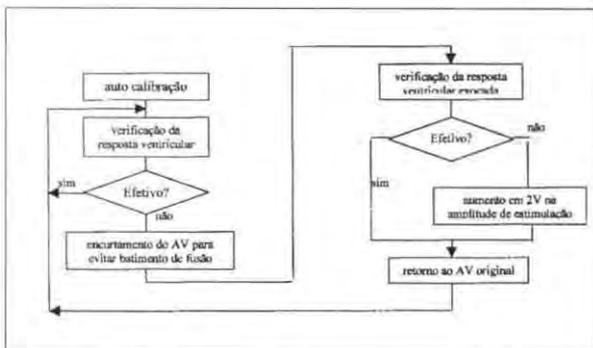


Figura 2 - Algoritmo de controle de captura.

eletrocardiograma, apresentam bradicardia sinusal em 4 (P), Bloqueio Atrioventricular de 2º grau em 2(P), e Bloqueio AV Total em 4(P). Foram implantados eletrodos com superfície fractal Y60BP, tanto no átrio quanto no ventrículo, seguindo a técnica habitual. Não foram observadas complicações pós-operatórias imediatas e tardias.

Na primeira etapa (2ª semana após a alta hospitalar), realizaram-se as medidas de sensibilidade, comando e impedância, tanto atriais, quanto ventriculares. O marcapasso foi calibrado segundo o algoritmo específico, com amplitude 2,5V e frequência maior que 20ppm em relação à basal, avaliando-o tanto no modo VVI, quanto no modo DDD. Efetuou-se o teste de calibração com o controle de captura ligado, o auto-teste a cada 8,5 minutos e verificou-se o aumento de 2V da amplitude diante de um potencial evocado ineficaz, ou seja, em que a amplitude é menor que o limiar de comando ventricular)⁶.

Numa segunda etapa, 60 dias após o implante, todos os pacientes foram programados com estimulação ventricular de 0,5V. O controle de captura foi conectado ao auto-teste a cada 8,5 minutos e realizou-se um Holter de 24 horas com análise batimento a batimento e investigação do controle de captura (Figura 4). Obtidos o Ce (número de capturas esperadas em função do tempo), o Co (número de capturas observadas na análise minuto do Holter) e o Cf (número de capturas eficientes), foram estabelecidos três índices: $i1=Co/Ce$; $i2=Cf/Ce$; $i3=Cf/Co$, tendo sido utilizado o teste de X^2 com nível de significância de 0,975⁵.

Na terceira etapa, 120 dias após o implante a amplitude (voltagem) ventricular foi equiparada ao limiar encontrado. A estabilidade do comando ventricular foi avaliada através da análise batimento a batimento com o Holter de 24 horas. Comparou-se a longevidade teórica estimada da bateria com o valor da longevidade nominal conhecida do marcapasso LOGOS programado em limiares convencionais de 3,6V, através do uso de fórmula adequada⁴:

$$\text{Longevidade (anos)} = \frac{Q_c \times 10^6}{8760 \text{ (hr/ano)} \times (I_c + I_e)}$$

Q_c = carga da bateria, I_c = corrente de dreno do circuito e I_e = corrente de dreno do eletrodo/ paciente.

$$I_e = \frac{V_o^2 \times t}{Z_p \times V_b \times CL \times 10^{-6}}$$

V_o = tensão de saída do gerador (amplitude de pulso), t = largura de pulso(0,5 ms), Z_p = impedância (500Ohms), CL = período (60ppm = 1000ms), considerando 100% de estimulação DDD, e mantendo-se fixos os valores de resistência em 500 ohms, largura de pulso de 0,5ms, bateria de 1A/h, frequência cardíaca de 60ppm, com 10% de estimulação DDD. O teste estatístico utilizado foi o Tese t de Student com nível de significância de 0,001.

RESULTADOS

Na etapa 1 foi observada uma onda P de $2,97 \pm 1,99mV$, comando atrial de $0,4 \pm 0,08V$ e impedância de $499 \pm 82,25$ Ohms. A onda R foi de $10,4 \pm 4,52mV$, o comando ventricular de $0,44 \pm 0,68V$ e a impedância de $527 \pm 120,18$ Ohms. Em dois pacientes com amplitude de onda R menor que 5mV e em um paciente com eletrodo ventricular antigo (sem superfície fractal) não foi possível a calibração, quer em VVI ou em DDD. Os onze pacientes restantes tiveram a calibração automática em VVI seguida de DDD. Nesses, o auto-teste nos primeiros 8,5 minutos mostrou auto-captura com comportamento satisfatório em todos os casos⁵.

Na etapa 2, a onda R média observada foi de $10,18 \pm 6,87mV$ e o limiar de comando ventricular médio de $1,31 \pm 0,22V$. Realizada a análise de variância, esta não mostrou diferença significativa entre o número de capturas observadas e número de capturas efetivas (=5%) (Tabela 1). Não foi possível acompanhar um paciente³.

Na etapa 3, o limiar de comando ventricular médio foi de $1,37 \pm 0,30V$. Quando se estabeleceu a correla-

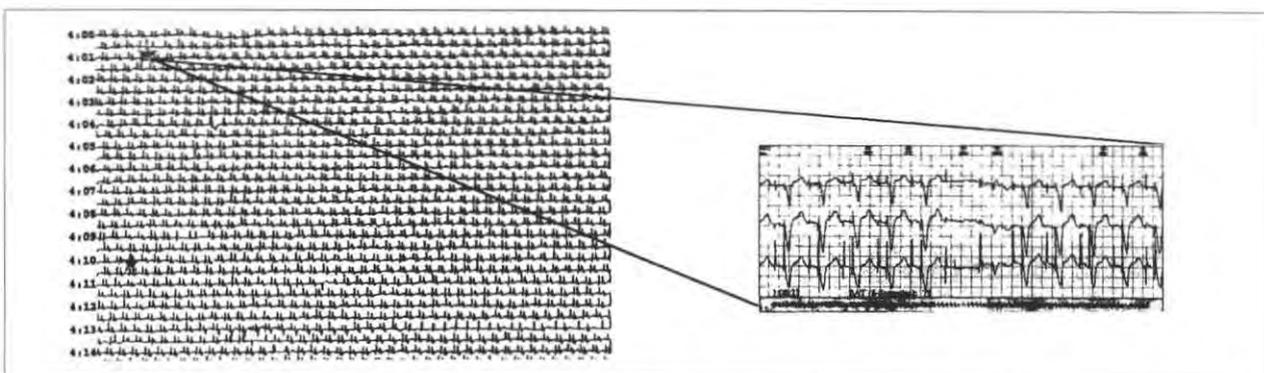


Figura 4 - Holter de paciente portador de marcapasso DDD com auto-captura, na qual o auto-teste foi ajustado para 8,5 minutos. Apresenta capturas eficientes (Cf).

TABELA 1

NÚMERO DE AUTO-TESTE ESPERADO (Ce), CAPTURAS OBSERVADAS (Co) E CAPTURAS EFICIENTES (Ci) EM HOLTER DE PACIENTES COM MARCAPASSO DE AUTO-CAPTURE

Paciente	Ce	Co	Ci
1	159	157	157
2	165	143	138
3	163	155	130
4	161	153	146
5	150	141	138
6	164	143	139
7	164	138	136
8	128	84	74
9	157	136	133
10	158	126	128
Média	157±11	138m1	132±22

ção da diferença entre a média da longevidade teórica (113,2±6,42 meses) de pacientes programados com valores similares aos limiares crônicos de comando e a longevidade padrão estimada (78 meses) em limiares de 3,6V, verificou-se que esta diferença é significativa ($\alpha=1\%$). Não foi observada nenhuma perda de comando ventricular na análise do Holter (Tabela 2). Não se observou nenhuma perda de comando ventricular na análise do Holter⁴.

TABELA 2
LONGEVIDADE TEÓRICA

Paciente	Limiar estimulação ventricular	Longevidade teórica* (meses)
1	1,8	105
2	1,1	119
3	1,6	107
4	1,1	119
5	1,5	109
6	1,2	117
7	1,9	103
8	1,2	117
9	1,1	119
10	1,3	114
Média	1,38±0,30	113±6,30

* considerando amplitude de pulso igual ao limiar de estimulação ventricular.

DISCUSSÃO

Os marcapassos atuais utilizam baterias de lítio-iodo-vinilpiridina, em substituição às de mercúrio-zinco. As baterias de lítio-iodo são fontes que apresentam alta densidade de energia, o que lhes permite pequena dimensão e grande durabilidade. Os

marcapassos em fase de exaustão costumam apresentar alterações na duração, expressa pelo aumento da duração do estímulo, na maioria dos aparelhos, e queda na frequência de estimulação. Com este tipo de bateria os geradores geralmente apresentam uma queda de frequência muito lenta. Os fabricantes aconselham a substituição dos geradores quando a frequência reduz-se entre 10 e 20% valor programado. Embora a queda na frequência de estimulação ou o aumento na duração do estímulo sejam sinais precoces de desgaste da bateria e indicação de substituição do gerador, estudos recentes têm demonstrado que há um tempo médio de 19 meses até que a frequência de estimulação baixe a limites tais em que a troca do gerador é imprescindível, o que permite programar com maior tranquilidade a correção cirúrgica.

No desenvolvimento dos marcapassos, o impasse segurança *versus* durabilidade sempre limitou a implementação de novas tecnologias. O incremento na longevidade da bateria foi um fator que viabilizou a utilização desses novos softwares com função anti-taquicardia, Holter intracardíaco e maior programabilidade. O desenvolvimento da tecnologia fractal veio contribuir para o aumento da sensibilidade e da estabilidade a longo prazo do eletrodo. Foi demonstrado que as propriedades de sensibilidade e estimulação dos eletrodos de superfície fractal mantêm-se estáveis por mais de cinco anos, com um coeficiente de correlação quase perfeito ($r=0,98$).

Na primeira etapa deste estudo, não se conseguiu realizar a auto-calibração em dois pacientes com onda R média abaixo de 5mV, o que tornou evidente a necessidade de um sinal intracardíaco com amplitude suficiente para definir a resposta efetiva. Um desses pacientes era portador de um eletrodo antigo, tendo sido submetido a troca de gerador com *up-grade* de sistema. Tal fato parece reafirmar a importância da tecnologia fractal na obtenção de sinais intracardíacos adequados.

A maior sensibilidade e maior estabilidade proporcionadas pela tecnologia fractal permitiram o desenvolvimento do marcapasso LOGOS DDD, com seu algoritmo de autocaptura, possibilitando um incremento ainda mais expressivo na longevidade da bateria, resultados esses que foram observados na última etapa desta investigação, em que a diferença entre a média da longevidade teórica (113,2 ± 6,42 meses) de pacientes programados nos limiares de comando e a longevidade padrão estimada (78 meses) em limiares de 3,6V foi significativa ($\alpha=0,1\%$). Isto pode ser explicado pelo fato de que a quantidade de energia requerida para deflagrar um impulso efetivo é mínima, ao contrário do que ocorre com os marcapassos sem esta função, normalmente programadas em energia elevada, muito acima dos valores do limiar de estimulação encontrados, por medida de segurança.

Essa economia de energia pode-se traduzir, portanto, em benefícios que vão desde um maior intervalo entre a troca dos marcapassos, um incremento no número de *softwares* instalados e até mesmo uma diminuição do tamanho dos geradores, sem que para isso seja necessário alterar a composição da bateria.

CONCLUSÃO

A estabilidade do comando ventricular com amplitude igual ao limiar de comando e a segurança oferecida pelo controle de auto-captura permitem uma programação capaz de economizar energia, fazendo prever um aumento na longevidade da bateria e, conseqüentemente, na vida útil do gerador.

Reblampa 78024-209

Menezes Júnior A S. Queiroz C F M. Cazorla F P. Dourado J C. Carvalho W L. Ventricular autcaptura and the increase of pacemaker longevity. Reblampa 1998; 11(2): 85-89.

ABSTRACT: One of the great restrictions to the largest longevity of the pacemaker, is the need to stay always thresholds of safety above the found command thresholds. For its time, the negative feedback of the pacemaker LOGOS-DDD, that bases on the algorithm that accomplishes solemnity-tests, with scheduled intervals of time, identifies so much ventricular effective stimulation, as ineffective, allowing to decrease safety's thresholds. Checked the stability and effectiveness of the algorithm of capture control, to demonstrate that this allows stimulation in the thresholds of command ventricular without committing the safety of the system, allowing, like this, the increase of the longevity of the apparel. They were investigated of January to August of 1997, 10 patient (P), with pacemaker LOGOS DDD, implanted there is $159,4 \pm 46$ days, mean age of $60,6 \pm 9,77$ years, being 7 (P) male, with Chagas disease. In ECG, bradycardia sinusal in 4 (P), AV block of 2nd degree in 2 (P) and total AV block in 4 (P). Accomplished measures of the command ventricular and programming of the pacemaker in the found threshold. Accomplished 24 h Holter, evaluating the stability of the command ventricular. Compared the longevity of the battery with value of the nominal longevity known with pacemaker LOGOS, programmed in conventional thresholds of 3,6V, stayed fixed the resistance values in 500 Ohms, with of pulse of 0,5ms, would beat of 1A/h, heart frequency of 60bpm, with 100% of DDD stimulation ($=0,1\%$). Firstly, for wave medium R of $10,18 \pm 6,87$ mV and threshold of command medium ventricular of $1,31 \pm 0,22$ V, the variance test didn't show significant difference between the number of observed captures and the number of effective captures ($=5\%$). To proceed, settling down the correlation of the difference among the average of the nominal longevity ($113,2 \pm 6,42$ months) of patients programmed in the command thresholds and the esteemed longevity pattern (78 months) in thresholds of 3,6V, it is had that this difference is significant ($=0,1\%$). Taking in consideration that the width used ventricular (in the threshold of command ventricular) it stayed stable, and that the negative feedback control maintained the safety of the system, it is possible to increase the longevity of the battery.

DESCRIPTORS: pacemaker, auto-capture, fractal electrode.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Schaldach M. Eletroterapia del Corazón Aspectos Técnicos en Estimulación Cardíaca. Editora Color Press, EUA, 1993: 253.
- Schaldach M. Eletrodo de Superfície Fractal como Principal Sensor e Acionador da Eletroterapia Cardíaca, Progress in Biomedical Research. 1997; 2 (suplemento B): 28-39.
- Lang V. Schaldach M. Merkely B. Geller L. Juhasz-Nagy A. Monitoring Cellular Electrical Acticity-Monophasic Action Potential and Ventricular Evoked Response, Progress in Biomedical Research. 1997; 2; 11-6.
- Menezes Jr A S. Irineu V M. Seria Possivel Aumentar a Longevidade da Bateria de um Gerador que Disponha de Controle de Autocaptura Ventricular? Reblampa 1997; 10(4): 221.
- Menezes Jr A S. Irineu V M. Segurança e Confiabilidade da Autocaptura Ventricular Avaliada Durante 24h. Reblampa 1997; 10(4): 221.
- Menezes Jr A S. Irineu V M. Investigação do Auto-teste Para Controle de Captura em Pacientes com Marcapasso Dupla Câmara e Autocaptura Ventricular – Relato de 14 casos. Reblampa 1997; 10 (4): 219.