

Baixos Limiares com Cabos-Eletrodos Atuais e Estimulação com Baixa Energia: Até Onde esta Relação é Segura?

Cláudio José FUGANTI(*)

Reblampa 78024-322

Fuganti CJ. Baixos limiares com cabos-eletrodos atuais e estimulação com baixa energia: até onde esta relação é segura? *Reblampa* 2002; 15(2): 57-62.

RESUMO: A otimização da programabilidade dos geradores de pulso, em conjunto com cabos-eletrodos especiais, permitiu aos médicos alterar os parâmetros programáveis em tempo real (telemetria bidirecional) e também reduzir a saída do pulso do marcapasso, aumentando sua longevidade. O presente trabalho analisa o grau de segurança obtido a longo prazo na estimulação cardíaca com baixa energia. De novembro de 1993 a dezembro de 2000, foram estudados 307 pacientes que receberam implante de marcapasso, sendo 53,1% do sexo masculino, com idade média de $69,56 \pm 13,53$ anos e período médio de acompanhamento de $47,38 \pm 24,91$ meses (variando de 12 a 98 meses). Os limiares médios de estimulação atriais e ventriculares encontrados no implante, aos 6 e 12 meses e ao final do acompanhamento foram respectivamente: atriais $0,708 \pm 0,311$; $0,969 \pm 0,776$ ($p < 0,0001$); $0,996 \pm 0,667$; $0,957 \pm 0,772$ e ventriculares $0,428 \pm 0,202$; $0,743 \pm 0,299$ ($p < 0,0001$); $0,736 \pm 0,309$; $0,734 \pm 0,315$. Utilizando-se como critério de segurança a programação de voltagem de saída no mínimo igual ao dobro do limiar de estimulação final, observou-se que para os átrios e ventrículos, respectivamente, em 81,1% e 93,5% dos pacientes foi possível manter uma estimulação com 2,5 V e largura de pulso de 0,5 ms (com margem de segurança igual ou superior à 100%). Conclui-se que a estimulação cardíaca com baixa energia (2,5 V), com a finalidade de prolongar a longevidade da bateria dos geradores de pulso, é uma possibilidade segura em um grande número de pacientes, sendo porém imprescindível a análise individual dos limiares de estimulação para programar com segurança o gerador.

DESCRITORES: estimulação cardíaca artificial, limiar de estimulação.

INTRODUÇÃO

A melhora das sensibilidades atrial e ventricular é resultado dos progressos obtidos na programabilidade dos geradores de pulso, com a possibilidade de telemetria em tempo real (com medidas de limiares de estimulação, sensibilidade e resistência).

Contribuiu para tal aperfeiçoamento, o desenvolvimento da tecnologia dos cabos-eletrodos com o

advento dos eletrodos com corticóide e estrutura fractal, entre outros, que tornaram possível não somente a melhora das sensibilidades atrial e ventricular, mas principalmente dos limiares de estimulação agudos e crônicos nos átrios e ventrículos¹.

Vários trabalhos na literatura têm demonstrado que, com a atual tecnologia dos vários tipos de eletrodos, é possível realizar a estimulação cardíaca com

(*) Professor assistente do curso de medicina da Universidade Estadual de Londrina.

Endereço para correspondência: R. Senador Souza Naves, 738. CEP: 86010-170 Londrina - PR. Brasil. Fone/fax: (43) 3323.4737. E-mail: cfuganti@sercomtel.com.br

Trabalho encaminhado à *Reblampa* para obtenção do título de Membro Especialista do *Deca-SBCCV*, recebido em 02/2002 e publicado em 06/2002.

baixos limiares crônicos de estimulação, o que possibilita ao médico optar de maneira segura e confiável pela estimulação a longo prazo com baixa amplitude de pulso (energia de estimulação) resultando em maior longevidade da bateria²⁻⁵.

A finalidade deste estudo foi avaliar, com diferentes tipos de eletrodo nos átrios e nos ventrículos, os limiares de voltagem em diferentes momentos, correlacionando-os com margens de segurança de estimulação de pelo menos 100%. Visou ainda demonstrar a porcentagem de pacientes em que seria possível uma estimulação atrial e ventricular com amplitude em 2,5 volts (V) e largura de pulso de 0,5 ms, preservando a margem de segurança.

CASUÍSTICA E MÉTODOS

No período de novembro de 1993 a dezembro de 2000, dentre os pacientes que haviam recebido marcapassos definitivos em nosso serviço, foram selecionados 307 submetidos ao primeiro implante de marcapassos com geradores de pulso capazes de realizar telemetria em tempo real durante o período do estudo. Foram excluídos do estudo os pacientes submetidos à troca de gerador como primeira cirurgia no serviço e pacientes submetidos à estimulação multi-sítio.

Dentre os 307 pacientes, 53,1% eram do sexo masculino, com idade média de $69,56 \pm 13,53$ anos e período médio de acompanhamento de $47,38 \pm 24,91$ meses (variando de 12 a 107 meses). A indicação do implante foi bloqueio AV total em 42,6% dos casos, doença do nó sinusal em 25,5%, fibrilação atrial com bradicardia em 10,2%, bloqueio AV do II grau em 10,0% e outras indicações em 11,7% dos casos. Foram implantados geradores dupla-câmara em 57,3% dos pacientes, geradores ventriculares em 42,0% e geradores VDD em 0,7%. Em 67,8% dos casos foram utilizados geradores Biotronik modelos Pikos 01; Dromos (SR, SL, DR); Actros (SR, DR, SLR); Inos DR; Inos²DR, e 32,2% Guidant modelos Vigor (SSI, SR, DDD, DR); Pulsar (SR, DDD, DR, MAX SR, MAX DR); Meridian (SSI, DDD, DR). Os eletrodos atriais de fixação ativa utilizados foram os modelos sem corticóide Biotronik YP 60 BP, Osypka VY 66 e Guidant 4269 e, com corticóide, Guidant 4244, 4245 e 4055. Os eletrodos ventriculares de fixação passiva foram os modelos Biotronik TIR 60 BP, PX 60 BP, Osypka QT 66, SL 60/13 e Guidant 4285 (com corticóide). Os de fixação ativa com corticóide foram Guidant modelos 4244, 4245 e fixação ativa com corticóide e alta impedância Guidant 4055.

Adotou-se a técnica habitual para implantes endocavitários, tendo sido utilizadas como vias de acesso para os eletrodos atriais e ventriculares a veia cefálica, a punção subclávia com introdutor e a dissecação de veia jugular externa. Foram realizadas medidas dos

limiares de estimulação e de sensibilidade, e de resistência no trans-operatório, através dos analisadores Biotronik Era 20 e Era 300. Repetiram-se as mesmas medições por telemetria, com os programadores Biotronik PMS 1000 e Guidant 2901, aos 6 meses, 12 meses e ao final do seguimento, em dezembro de 2001. O acompanhamento mínimo considerado adequado para cada caso foi de 12 meses.

Para obtenção da margem de segurança na estimulação utilizamos o critério de multiplicar o limiar de ventriculação em voltagem final por dois, mantendo a largura de pulso fixa em 0,5 ms, para obter uma margem de segurança igual ou superior a 100%.

Uma análise adicional foi realizada com o intuito de obter a média dos limiares nos vários momentos de avaliação, relacionando-os aos tipos de eletrodos e também aos limiares dos eletrodos com e sem corticóide.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a descrição das variáveis quantitativas foram utilizadas média e desvio padrão e, para as qualitativas, números absolutos e porcentagens.

A evolução dos limiares (agudo, 6 meses, 12 meses e final) foi avaliada através da análise de variância para medidas repetidas.

Os limiares dos eletrodos foram avaliados pelo teste F na análise de variância e teste de Tukey para comparação das médias duas a duas.

Adotou-se nível de significância de 5% em todos os testes estatísticos.

RESULTADOS

Os valores de onda P médios no trans-operatório e ao final do seguimento foram respectivamente $2,50 \pm 1,28$ mv e $2,54 \pm 1,51$ mv. Os valores de onda R agudos e finais foram $14,15 \pm 6,81$ mv e $11,15 \pm 4,21$ mv, respectivamente.

A resistência média aguda dos eletrodos atriais foi de $537,58 \pm 139$ ohms e a resistência final, de $537,42 \pm 159,88$ ohms. A resistência média aguda dos eletrodos ventriculares foi de $676,10 \pm 151,11$ e a resistência final de $654,85 \pm 128,40$.

Os limiares médios de estimulação atriais e ventriculares encontrados no momento do implante, aos 6 e 12 meses e ao final do acompanhamento encontram-se expressos na tabela I, na qual podemos observar que a média dos limiares a partir dos 6 meses e até o final do acompanhamento permaneceu estável tanto para os átrios como para os ventrículos, com diferença significativa ($p < 0,0001$) quando comparados aos agudos na avaliação feita seis meses após o implante.

TABELA I
MÉDIA DOS LIMIARES OBTIDOS NOS ÁTRIOS E VENTRÍCULOS EM RELAÇÃO AO TEMPO DE EVOLUÇÃO

Câmara estimulada	Limiar agudo	Limiar 6 meses	Limiar 12 meses	Limiar final
Átrio	0,708 ± 0,311	0,969 ± 0,776*	0,996 ± 0,667	0,957 ± 0,572
Ventrículo	0,428 ± 0,202	0,743 ± 0,299*	0,736 ± 0,309	0,734 ± 0,315

*diferença significativa com o limiar agudo ($p < 0,0001$).

Demais diferenças consecutivas, ou seja, entre limiar 6m e limiar 12m, e entre limiar 12m e limiar final não houve diferença significativa ($p > 0,05$).

TABELA II
MÉDIAS DOS LIMIARES OBTIDOS NOS ÁTRIOS E NOS VENTRÍCULOS EM RELAÇÃO AO TEMPO DE EVOLUÇÃO COM CADA GRUPO ESPECÍFICO DE ELETRODOS

Tipos de eletrodos	No casos (n = 175)	Limiar agudo	Limiar 6 meses	Limiar 12 meses	Limiar final
Átriais					
Fixação Ativa C+	35	0,74 ± 0,25	0,63 ± 0,27	0,69 ± 0,25	0,69 ± 0,25
Fixação Ativa C+AI	16	0,75 ± 0,31	0,73 ± 0,27	0,83 ± 0,33	0,83 ± 0,33
Fixação Ativa C-	124	0,69 ± 0,32	1,10 ± 0,88	1,11 ± 0,75	1,10 ± 0,75
Valor de p		0,5937	0,0038*	0,0032*	0,0023*
Tipos de eletrodos	(n = 307)	Limiar agudo	Limiar 6 meses	Limiar 12 meses	Limiar final
Ventriculares					
Fixação passiva C-	184	0,38 ± 0,18	0,74 ± 0,32	0,72 ± 0,32	0,71 ± 0,34
Fixação passiva C+	109	0,48 ± 0,20	0,72 ± 0,24	0,71 ± 0,24	0,71 ± 0,22
Fixação ativa C+	5	0,44 ± 0,16	0,62 ± 0,23	0,68 ± 0,39	0,86 ± 0,23
Fixação ativa C+AI	1	0,50 ± 0,00	1,00 ± 0,00	0,60 ± 0,00	0,50 ± 0,00
Fixação ativa C-	8	0,61 ± 0,18	1,15 ± 0,20	1,28 ± 0,28	1,26 ± 0,39

*Diferença significativa entre Fixação Ativa C+ e Fixação Ativa C-

Tabela comparativa entre os tipos de eletrodos implantados em átrio e em ventrículo em relação aos limiares médios em volts: agudos, aos 6 e 12 m e ao final do seguimento. Fixação ativa e passiva refere-se aos eletrodos com fixação ativa ou passiva, C+ = eletrodo com corticóide, C- = eletrodo sem corticóide, AI = eletrodos com alta impedância.

A partir de então, não houve diferença estatística entre as medidas do limiar de 6 e o de 12 meses e entre o limiar de 12 meses e o limiar final.

Foram comparadas também as mesmas medidas de limiares nos diferentes momentos em relação a cada grupo de eletrodos colocados nos átrios e nos ventrículos, cujos resultados estão demonstrados na tabela II.

Utilizou-se como margem de segurança igual ou superior à 100% a multiplicação do limiar de voltagem final por dois, para estudar a possibilidade de reduzir a energia de estimulação para 2,5 V. Observou-se que, para os átrios, em 142 pacientes (81,1%) foi possível manter uma estimulação com 2,5 V mantendo-se margem de segurança de pelo menos 100%. Não foi possível calcular a margem de segurança em três pacientes que apresentaram fibrilação atrial crônica e em outros dois com grande aumento no limiar crônico que tornou necessária a reprogramação para modo VI. Em relação aos ventrículos, em 287 pacientes (93,5%) foi possível a estimulação com 2,5 V, mantendo a margem de segurança programada (tabela III).

Em relação à média dos limiares finais para aqueles com margem de segurança positiva, o valor obtido para o átrio foi de $0,74 \pm 0,20$ (variando de 0,3 a 1,2) e, para o ventrículo, estava em $0,67 \pm 0,20$

TABELA III
RELAÇÃO DAS MARGENS DE SEGURANÇA DOS ELETRODOS ATRIAIS E VENTRICULARES

Margem de segurança	Número de eletrodos	Porcentagem
Atrial		
Presente	142	81,1%
Ausente	28	16,0%
Não calculada	5	2,9%
Total	175	100,0%
Ventricular		
Presente	287	93,5%
Ausente	20	6,5%
Total	307	100,0%

Tabela de avaliação das percentagens de margens de segurança crônica para estimulação com baixa energia em relação à câmara estimulada.*Não calculado refere-se à 3 casos de evolução para fibrilação atrial e 2 casos de grande aumento de limiar acima da capacidade do gerador.

(variando de 0,3 a 1,2). Para os que apresentavam margem de segurança negativa, o limiar médio no átrio foi de $2,0 \pm 0,62$ (variando de 1,3 a 3,5 volts) e, no ventrículo, de $1,61 \pm 0,31$ (variando de 1,3 a 2,4 volts).

A relação da frequência de implante dos diferentes tipos de eletrodos atriais e ventriculares e sua relação com a ausência de margem de segurança estão expressos na tabela IV, em que se pode observar que, para os átrios, os eletrodos de fixação ativa sem corticóide evoluíram com limiares maiores que impossibilitaram atingir margem de segurança de estimulação com 2,5 volts, com 89,3% dos casos de margem de segurança ausente. Para os ventrículos, os eletrodos de fixação passiva sem corticóide foram responsáveis por 75% dos casos de margem de segurança ausente. O eletrodo ventricular com maior risco absoluto foi o de fixação ativa sem corticóide, com risco absoluto de 37,5%, apesar do reduzido número de eletrodos implantados ter impossibilitado a análise estatística comparativa com os outros eletrodos.

DISCUSSÃO

Os avanços na telemetria, nas possibilidades de programação e também na tecnologia dos eletrodos têm permitido aos médicos especializados em estimulação cardíaca artificial trabalhar com a possibilidade de utilização de baixos limiares de estimulação,

preservando as margens de segurança de estimulação e propiciando o aumento da vida útil da bateria⁵.

Em nosso trabalho utilizamos como margem de segurança a multiplicação do limiar crônico por dois, com largura de pulso fixa em 0,5 ms, para obter uma margem de segurança igual ou superior a 100%. A energia aplicada a cada pulso é calculada pela fórmula: $E = T^2 \cdot T/R$, em que E =energia de estimulação, T^2 =(tensão) ou amplitude de pulso ao quadrado, R =resistência na interface do eletrodo/tecido e T =Tempo=largura de pulso. Como a fórmula utiliza a tensão elevada ao quadrado, uma determinada amplitude de pulso e multiplicada por 2, resulta numa estimulação muito superior a 100% da margem de segurança em energia^{6,7}.

Nos 307 pacientes selecionados, 175 dos quais com diferentes eletrodos atriais e 307 com diferentes eletrodos ventriculares, observamos que seria possível a utilização de estimulação com baixa energia (2,5 volts) mantendo uma margem de segurança igual ou superior a 100% em 81,1% dos eletrodos atriais e em 93,5% dos eletrodos ventriculares, o que está em concordância com os relatos na literatura⁴.

Os limiares finais médios de estimulação foram menores que 1,0 volts, sendo $0,95 \pm 0,57$ volts para os átrios e $0,73 \pm 0,31$ volts para os ventrículos. Aos 6 meses de acompanhamento, os limiares eram de $0,96 \pm 0,77$ volts para átrios e $0,74 \pm 0,29$ volts para

TABELA IV
FREQUÊNCIA DE IMPLANTE DOS DIFERENTES TIPOS DE ELETRODOS RELACIONADOS COM MARGEM DE SEGURANÇA E RISCO ABSOLUTO

Tipos de eletrodos atriais	Número de eletrodos	Porcentagem	Margem de segurança ausente	Porcentagem	Risco absoluto
Fixação ativa C+ 4244, 4245	35	20,6%	1	3,6%	2,9%
Fixação ativa C+ AI 4055	16	9,4%	2	7,1%	12,5%
Fixação ativa C- 4269, YP 60 BP, VY 66	119	70,0%	25	89,3%	21,0%
Total	170	100,0%	28	100,0%	
Tipos de eletrodos ventriculares	Número de eletrodos	Porcentagem	Margem de segurança ausente	Porcentagem	Risco absoluto
Fixação passiva C- PX 60 BP, Tir 50 BP, QT 66	184	59,9%	15	75,0%	8,2%
Fixação passiva C+ 4285	109	35,5%	2	10,0%	1,8%
Fixação ativa C+ 4244, 4245	5	1,6%	0	0,0%	0,0%
Fixação ativa C+ AI 4055	1	0,3%	0	0,0%	0,0%
Fixação ativa C- 4269, YP 60 BP, VY 66	8	2,6%	3	15,0%	37,5%
Total	307	100,0%	20	100,0%	

Tabela relacionando a frequência de implante atrial e ventricular dos diferentes modelos de eletrodos, com sua relação com margem de segurança ausente e risco absoluto de cada eletrodo. C+= com corticóide; C-= sem corticóide; AI = alta impedância.

os ventrículos. A partir daí, os valores de limiar permaneceram estáveis ao longo do seguimento, o que confirma dados da literatura que indicam que as medidas de limiar apresentam um aumento agudo, para em seguida cair, estabilizando-se aos redondos 3 a 6 meses e não mais se modificando na evolução. Estes dados indicam que a partir dos 6 meses já é seguro programar baixos limiares de estimulação^{2,6}.

A análise dos limiares obtidos nos átrios e ventrículos em relação ao tempo de evolução com cada grupo específico de eletrodos mostrou que, para os eletrodos atriais de fixação ativa (C+), a presença do corticóide resultou em menores limiares, diferença estatisticamente significativa aos 6, 12 meses e finais⁷. Sabe-se que o mecanismo de fixação ativa é mais traumático que o de fixação passiva, podendo induzir reação inflamatória severa no endocárdio, com subsequente aumento no limiar de estimulação. A administração de agentes antiinflamatórios diretamente na região da interface eletrodo-tecido tem permitido controlar essa reação inflamatória, o que é demonstrado pelos baixos limiares de estimulação atriais e ventriculares obtidos com os eletrodos com corticóide^{8,9}. Em relação aos eletrodos ventriculares de fixação passiva, a presença de corticóide não representou benefício adicional em termos de redução do limiar crônico, como o observado no átrio, não havendo diferença estatística entre ambos^{9,10}. O número de eletrodos ventriculares de fixação ativa com e sem corticóide implantados foi muito pequeno, impossibilitando a análise estatística. Observa-se porém uma alta incidência de limiares mais elevados entre os eletrodos de fixação ativa sem corticóide pois, dos 8 eletrodos implantados, em 3 não se conseguiu margem de segurança para estimulação com 2,5 V¹¹.

A análise da frequência de implante dos diferentes tipos de eletrodos relacionada à presença ou ausência da margem de segurança ausente ou presente (tabela IV) demonstrou que, para os átrios, os eletrodos de fixação ativa com corticóide foram os que apresentaram os menores limiares finais e a maior possibilidade de estimulação com baixa energia, tendo sido verificado somente um caso com limiares acima 1,2 V em 35 implantados, com risco relativo de 2,9%, dado este de acordo com relatos de literatura⁷. Os eletrodos de fixação ativa atriais sem corticóide foram responsáveis por 89,3% dos casos de altos limiares que impossibilitariam a estimulação com 2,5 V⁵. O número total de eletrodos foi de 170, excluídos os 5 eletrodos em que não foi possível

manter a estimulação atrial por fibrilação atrial ou perda de comando atrial por limiares muito altos. Para os ventrículos, os eletrodos com fixação passiva com ou sem corticóide e de fixação ativa com corticóide foram responsáveis pelos menores limiares de estimulação^{2,12}. Porém os eletrodos ventriculares de fixação passiva sem corticóide apresentaram limiares altos que impossibilitariam a estimulação com baixa energia em 75% dos casos (184 eletrodos para 15 eletrodos com limiares acima de 1,2 V, correspondendo 8,2% de risco absoluto), seguidos pelos de fixação ativa sem corticóide com 15% dos casos (8 eletrodos sendo 3 com limiares superiores a 1,2 V, com 37,5% de risco absoluto). Finalmente, os eletrodos de fixação passiva com corticóide apresentaram o menor risco absoluto (109 eletrodos com 2 limiares acima de 1,2 V, com risco absoluto de 1,8%).

Uma outra possibilidade descrita na literatura para estimulação com baixa energia seria o uso de geradores com recurso de autocaptura. Tal alternativa, apesar de possibilitar o uso de energia inferior à utilizada em nosso estudo, podendo trazer até mesmo maior longevidade, é uma tecnologia que não está disponível para todos os fabricantes e que em geral requer o uso de eletrodos especiais de baixa polarização, o que também limita a sua aplicabilidade^{13,14}.

CONCLUSÃO

A estimulação cardíaca com baixa energia (2,5 V) com a finalidade de prolongar a longevidade da bateria dos geradores de pulso é uma possibilidade viável e segura para um grande número de pacientes que tanto utilizam os eletrodos atriais, como para os eletrodos ventriculares. Em alguns casos não é possível a estimulação com baixa energia, sendo de extrema importância a análise individual dos dados da telemetria com determinação periódica dos limiares, para indicar com segurança a manutenção desse modo de estimulação.

Os eletrodos atriais de fixação ativa sem corticóide foram os que apresentaram os maiores limiares finais de estimulação. Já os eletrodos atriais de fixação ativa e com corticóide demonstraram as menores possibilidades de insucesso na tentativa de estimulação com baixa energia. Os eletrodos ventriculares com menores limiares de estimulação foram os de fixação passiva com e sem corticóide, sendo que aqueles com menores chances de insucesso na estimulação com baixa energia foram os ventriculares de fixação passiva com corticóide.

Fuganti CJ. Low pacing thresholds and low-energy pacing: which is the safety margin? *Reblampa* 2002; 15(2): 57-62.

ABSTRACT: The technological development and the programmability of the pulse generators allow changes of parameters in real time (bi-directional telemetry). Besides, the development of special leads allows the reduction of the pulse generator output, increasing its longevity. This paper analyzes the safety margin in cardiac pacing with low energy output over long periods. From November 1993 through December 2000, we studied 307 implanted patients – 53.1% male, mean age 69.56 ± 13.53 years and a mean follow-up 47.38 ± 24.91 months (range 12-98 months). The mean pacing thresholds with 0.5 ms pulse width for atrium and ventricle at implantation, 6 and 12 months and when follow-up finished were respectively: atrium (Volts) 0.708 ± 0.311 ; 0.969 ± 0.776 ($p < 0.0001$); 0.996 ± 0.667 ; 0.957 ± 0.772 and ventricle (Volts) 0.428 ± 0.202 ; 0.743 ± 0.299 ($p < 0.0001$); 0.736 ± 0.309 ; 0.734 ± 0.315 . Using as a safety margin criterion the chronic voltage pacing threshold multiplied by two, we observed that in 81.1% (atrium) and 93.5% (ventricle) of the patients it was possible to stimulate with 2.5 volts and a safety margin of at-least 100%. So we can conclude that pacing with low energy (2.5 volts) to increase the longevity of the pacemaker is possible and safe in the majority of the patients, although, an individual analysis of the pacing thresholds for each patient is essential, to ensure safety during follow-up.

DESCRIPTORS: artificial cardiac pacing, pacing threshold, low-energy pacing.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Barold SS, Mugica J. Recent advances in cardiac pacing - Goals for the 21st Century, 1st ed. Armonk, NY. Futura Publishing Co., 1998.
- 2 Gumbrielle TP, Bourke JP, Sinkovic M, Tynan M, Kittpawong P, Gold RG. Long-term thresholds of nonsteroidal permanent pacing leads: a 5-year study. *PACE* 1996; 19(5): 829-35.
- 3 Schwaab B, Schwerdt H, Heisel A, Fröhlig G, Schieffer H. Chronic ventricular pacing using an output amplitude of 1.0 volt. *PACE* 1997; 20(Pt 1): 2171-8.
- 4 Schuchert A, Meinertz T. A randomized study on the effects of pacemaker programming to a lower output on projected pulse generator longevity. *PACE* 2001; 8 (Pt 1): 1234-9.
- 5 Schwaab B, Fröhlig G, Schwerdt H, Heisel A, Berg M, Chieffer H. Telemetry guided pacemaker programming: Impact of output amplitude and the use of low threshold leads on projected pacemaker longevity. *PACE* 1998; 21(Pt 1): 2055-63.
- 6 Kindermann M, Kusch O, Fröhlig G, Markwirth T, Schwaab B, Schwerdt H. Safety and efficiency of pulse charge multiplication for chronic ventricular output programming. *PACE* 2001; 24 (Pt 1): 430-40.
- 7 Mond H, Hua W, Wang CC. Atrial pacing leads: the clinical contribution of steroid elution. *PACE* 1995; 18(Pt 1): 1601-8.
- 8 Santini M, De Seta F. Do steroid-eluting electrodes really have better performance than other state-of-the-art designs? The Italian Multicenter Study Group on Low Output Stimulation. *PACE* 1993; 4(Pt 1): 722-8.
- 9 Greco OT, Ardito RV, Costa R, Martinelli MF, Pachón JC, Medeiros PTJ. Efeito do esteróide nos limiares agudos de um eletrodo atrial e ventricular de fixação ativa. *Reblampa* 1999; 12(2): 79-85.
- 10 Jazbik JS, Souza MO. Avaliação clínica de cabos-eletrodos com estrutura fractal. *Reblampa* 1998; 11(3): 121-6.
- 11 Hidden-Lucet F, Halimi F, Gallais Y, Petitot J-C, Fontaine G, Frank R. Low output pacing thresholds of steroid-eluting active-fixation ventricular pacemaker leads: a useful alternative to passive-fixation leads. *PACE* 2000; 23(Pt 2): 1798-800.
- 12 Klein HH, Steingerger J, Knake W. Stimulation characteristics of a steroid-eluting electrode compared with three conventional electrodes. *PACE* 1990; 13: 134-7.
- 13 Clarke M, Liu B, Schuller H, et al. Automatic adjustment of pacemaker stimulation output with continuously monitored capture thresholds: a multicenter study. European Microny Study Group. *PACE* 1998; 21(8): 1567-75.
- 14 Boriani G, Biffi M, Branzi A, Mininno A, Sigliano A. Benefits in projected pacemaker longevity and in pacing related costs conferred by automatic threshold tracking. *PACE* 2000; 23(Pt 2): 1783-7.