

Avaliação dos Parâmetros Preditores do Fim de Serviço do Gerador

Carlos Alves PEREIRA(*)

Reblampa 78024-348

Pereira CA. Avaliação dos parâmetros preditores do fim de serviço do gerador. Reblampa 2003; 16(2): 75-81.

RESUMO: os atuais geradores de pulsos implantáveis contam com mecanismos para informar telemetricamente a depleção parcial da bateria e, portanto, orientar o médico quanto ao momento ideal para a troca. Estes mecanismos identificam o estado da bateria do gerador, através dos seguintes parâmetros: frequência magnética, voltagem da bateria e impedância interna da bateria. Analisa-se, neste trabalho, o valor desses parâmetros na determinação real do estado da bateria.

DESCRITORES: estimulação cardíaca artificial, indicadores de fim de vida, depleção da bateria.

INTRODUÇÃO

O primeiro implante de marcapasso cardíaco artificial em ser humano foi realizado em 1958, na Suécia, pelo cirurgião Ake Senning, com o uso de um aparelho construído pelo engenheiro Rune Elmquist. Esse marcapasso possuía dois transistores, um amplificador de saída e uma grande bateria de Níquel – Cádmiu, que durava apenas alguns dias e era recarregável¹.

Iniciava-se, assim, a verdadeira era da estimulação cardíaca artificial; com ela, a procura por dispositivos cada vez mais seguros e confiáveis.

Como parte vital do funcionamento dos geradores, a bateria, responsável pelo armazenamento da energia transmitida ao coração, deve ser altamente confiável e duradoura. As primeiras para uso clínico foram os modelos de níquel-cádmiu, seguidas das unidades de mercúrio-zinco, originalmente desenvolvidas por Ruben Laboratories e por Mallory Company, nos Estados Unidos, e utilizadas como fonte de energia dos marcapassos durante, aproximadamente, quinze anos². O modo de desgaste era imprevisível e, apesar de seu potencial de longevidade ser de até cinco

anos, a vida média, em geral, era de apenas dois a três anos³. Problemas significativos ocorriam, como curto-circuito, descarga espontânea, e, também, escape de eletrólitos e hidrogênio para os tecidos do corpo, conseqüentes à reação química entre o mercúrio e o zinco. Havia, também, a possibilidade do hidrogênio se acumular no interior do gerador, trazendo o risco da ruptura do encapsulamento de epóxi. Sabia-se que o fim de vida destas baterias aproximava-se, quando ocorriam falhas de comando, diminuía a frequência de estimulação e radiologicamente era possível observar o desarranjo das estruturas internas da bateria, como exposto na figura 1.

Na figura 1, em A, é possível delinear-se claramente as estruturas correspondentes ao ânodo e ao cátodo. Ao descarregarem-se 10% da energia da bateria, os bordos destas estruturas perdiam nitidez (B); com 30% de descarga, os resíduos produzidos obliteravam um dos anéis (C), o mais interno, que se observava entre o ânodo e o cátodo, no estado inicial da bateria. Ao perderem-se 50% da carga, ambos os anéis mostravam-se obliterados (D). Com a descarga total, quase toda a área ante o ânodo e o cátodo mostrava-se

(*) Médico responsável pelo Serviço de Marcapasso do Hospital do Coração de Franca – SP.

Endereço para correspondência: Rua Voluntários de Franca, 1990. Franca – SP.

Trabalho encaminhado à **Reblampa** para obtenção do título de especialista do **Deca-SBCCV**, recebido em 12/2002 e publicado em 06/2003.

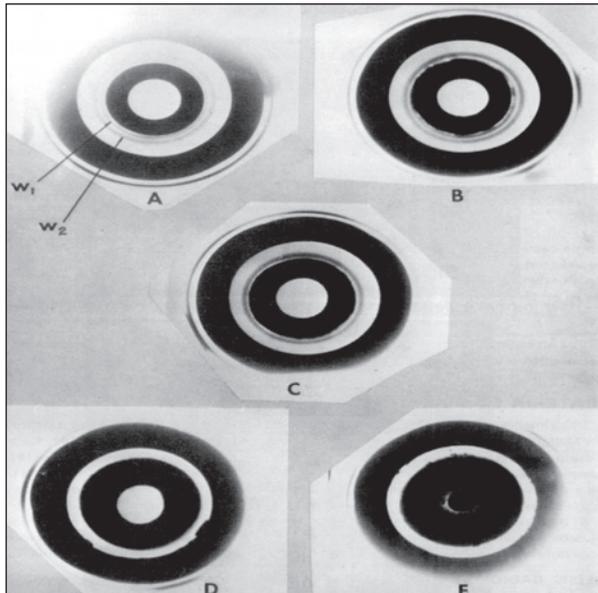


Figura 1 - Avaliação radiológica de baterias de mercúrio-zinco.

rádio-opaca e apareciam imagens correspondentes a gotas de mercúrio líquido no centro do ânodo, feito de zinco (E). Este método de análise radiográfica das baterias foi usado na década de 60, como padrão, pela maioria das empresas de marcapasso.

Nos anos 1969 e 1970, ocorreram os primeiros implantes de marcapasso com bateria nuclear a base de plutônio 238⁴. Apesar da expectativa de vida longa, acima de vinte anos, apresentaram várias desvantagens, que fizeram descontinuar o seu uso, como por exemplo: risco de radiação ao paciente, tamanho relativamente grande, alto custo, risco de contaminação ambiental por lixo atômico⁴.

Assim, o surgimento da bateria de lítio – iodo, desenvolvida a partir de 1968, por Wilson Greatbatch⁵, e utilizada comercialmente a partir dos anos 70, revolucionou completamente a indústria de marcapassos pela sua confiabilidade, longa durabilidade e possibilidade de construção de baterias menores e mais delgadas.

Com o aumento do tempo de vida útil dos marcapassos, tornou-se imperativo o conhecimento dos sinais de fim de vida do gerador para possibilitar a troca profilática da fonte. Os sinais de desgaste podiam ser verificados, analisando-se o intervalo e a largura do pulso, medidos de maneira muito simples, com um dispositivo denominado “Miniclinic”, que logo em seguida incorporou a medida do intervalo AV, possibilitando seu uso também nos marcapassos bicamerais.

Muitos indicadores de fim de vida foram introduzidos aos marcapassos para anunciar a necessidade de uma troca eletiva, tais como⁶:

- a) Mudança na freqüência de estimulação para um valor específico.
- b) Diminuição gradual na freqüência de estimulação.
- c) Diminuição em degraus na freqüência de estimulação.
- d) Mudança na freqüência magnética.
- e) Ampliação na diferença entre a freqüência magnética e a freqüência de base.
- f) Perda da função de sensibilidade com mudança no modo de estimulação para assíncrono.

Com o surgimento dos circuitos que permitiam programar os marcapassos, vários parâmetros passaram, então, a ter possibilidade de serem modificados como: freqüência de estimulação, largura do pulso, sensibilidade, histerese, amplitude do pulso, período refratário, modo de estimulação, polaridade, e sensores.

Estes avanços na programação permitiam otimizar a estimulação e até economizar energia, mas também faziam com que o consumo básico do sistema fosse maior. Com o recurso da telemetria, que permite informação da programação do gerador, em dado momento, é possível, também, a obtenção de dados a respeito das condições da bateria, como voltagem, corrente e impedância. Estes se mostraram cruciais no acompanhamento dos geradores, permitindo o conhecimento do estado real das condições da bateria e, em situações específicas, permitir ao médico responsável assumir condutas necessárias e, por vezes, urgentes e salvadoras.

As baterias baseadas no par eletroquímico lítio-iodo têm a capacidade de 1,3 a 2,0 Ah e entregam pulsos com corrente elétrica na faixa de 10 a 100 μ (microamperes)⁷. Comparada com outras aplicações eletrônicas, a quantidade de energia exigida para a operação dos geradores implantáveis é muito pequena. Tipicamente, um pulso de marcapasso apresenta amplitude entre 2 e 6 Volts e duração entre 0,3 até 0,8 ms. Em aplicações normais, supondo uma freqüência de trabalho de 70 pulsos por minuto, a potência média entregue é de 30 μ W (micro Watts), sob um consumo de 27 μ Ah, o que confere a uma bateria de 1,3 Ah, uma durabilidade prevista de 5,5 anos (dados coletados de manual de gerador)^{7,8}.

A liberação de energia pela bateria é conseqüência de reações eletroquímicas e resulta no consumo dos materiais armazenados na mesma. A proporção das quantidades dos produtos no ânodo e cátodo é determinada visando maximizar a performance da bateria. Este equilíbrio na proporção dos componentes utilizados permite, também, estimar com precisão seu fim de vida. Por exemplo, a depleção do material metálico do ânodo implica num rápido decréscimo da voltagem de saída (curva a no gráfico 1). O material

do cátodo perde atividade mais lentamente; assim, as baterias com quantidades limitadas de material no cátodo podem apresentar um declínio de voltagem mais suave, como mostrado na curva c do gráfico 1. Uma bateria próxima da depleção pode apresentar um declínio gradual próximo do seu fim-de-vida, ou mesmo um “degrau”, como visto na curva b do mesmo gráfico⁷.

Na curva de desgaste da bateria, a avaliação da voltagem apresenta dois pontos importantes: o primeiro, para o qual o indicador de fim de vida do gerador é ajustado, e o segundo, a partir do qual ocorre a perda de função do gerador.

O período de tempo entre a indicação de fim-de-vida e a perda de função do gerador é conhecido como o intervalo de troca eletivo. Normalmente, os fabricantes de marcapassos projetam as baterias de modo que este intervalo de tempo seja de aproximadamente 3 a 6 meses⁹.

OBJETIVO

O acompanhamento dos pacientes portadores de marcapasso é feito a intervalos periódicos, analisando-se rotineiramente a frequência básica programada, a frequência magnética, os limiares de comando e a sensibilidade e o modo de estimulação programado. É avaliada, também, com o uso do aparelho analisador, a informação telemétrica do estado da bateria: em “boas condições” ou em “estado de depleção”, situação que requer substituição do gerador.

A observação na prática clínica de discordância entre estes dados foi que motivou o presente trabalho que objetiva elucidar quais são as informações mais fidedignas para o diagnóstico de fim de vida do gerador.

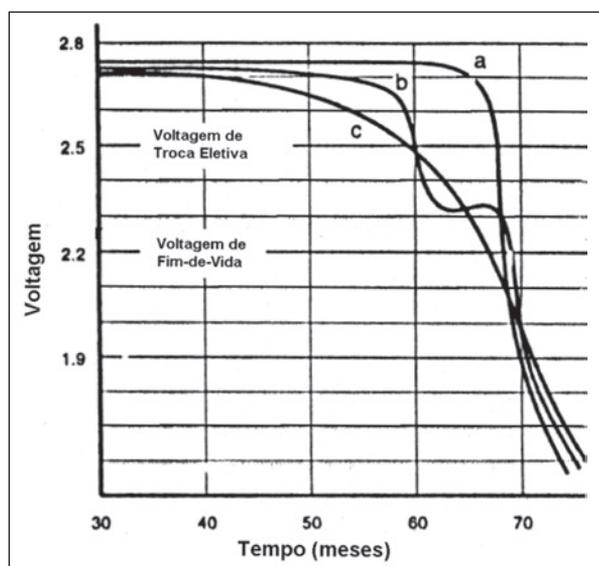


Gráfico 1 - Voltagem da bateria em função do tempo.

MATERIAL E MÉTODO

A população estudada consistiu de 122 pacientes, sendo 77 (63,1%) do sexo feminino e 45 (36,9%) do masculino, com idade entre 8 e 94 anos com média de 64,7 anos, operados no Serviço de Marcapasso do Hospital do Coração de Franca.

As indicações para a estimulação artificial seguiram as Diretrizes para o Implante de Marcapasso Cardíaco Permanente e Cardioversor-Desfibrilador Implantável, do Departamento de Estimulação Cardíaca Artificial da Sociedade Brasileira de Cirurgia Cardiovascular (**Deca-SBCCV**)¹⁰.

A etiologia predominante foi a miocardite chagásica - que ocorreu em 98 pacientes (80,3%), a miocardioclerótica, em 20 (16,4%), e a congênita, em 2 (1,6%). Dois pacientes (1,6%) receberam implante para tratamento de miocardiopatia hipertrófica.

Os marcapassos analisados neste estudo foram os seguintes: Pikos-01, 49 unidades (40,2%); Dromos SR, 48 (39,3%); Dromos SL, 11 (9,0%); Dromos DR, 7 (5,7%); Actros SR, 3 (2,5%); Actros DR, 1 (0,8%); Diplos 05, 1 (0,8%); Gemnos 04, 1 (0,8%) e Physios, 01 unidade (0,8%); todos produzidos por uma mesma indústria e com o mesmo algoritmo telemétrico para indicação de desgaste da bateria, com as informações: “OK” para denotar bom estado da bateria e “ERI” (Elective Replacement Indication) para indicar depleção energética.

Definiu-se como parâmetro de inclusão que os pacientes deveriam ter no mínimo 36 meses de implante e acompanhamento na Unidade de Avaliação de Marcapasso do Hospital do Coração de Franca.

As avaliações foram realizadas trimestralmente, por 9 meses, com os pacientes monitorizados e submetidos, através de telemetria com o programador, à análise dos parâmetros: 1) Voltagem da bateria, 2) Impedância interna da bateria e 3) Frequência magnética do gerador. Também foram analisados: amplitude de pulso [V]; corrente de pulso [mA]; energia de pulso [μJ] carga de pulso [μC], impedância do eletrodo [Ω] e polaridade da estimulação (unipolar ou bipolar).

RESULTADOS E COMENTÁRIOS

Analisando os valores da amplitude de pulso [V] representados na tabela I e usando o teste de Kruskal-Wallis, verifica-se que não houve alteração significativa de seus valores durante o tempo de acompanhamento. Os outros parâmetros: corrente de pulso [mA], energia de pulso [μJ], carga de pulso [μC] e impedância do eletrodo [Ω] também tiveram o mesmo comportamento.

Esta constatação tem sua relevância clínica, pois confirma o grau de segurança dos geradores, mantendo

TABELA I
VARIACÃO DA AMPLITUDE DE PULSO, NAS 3 AVALIAÇÕES

	Aval. 1	Aval. 2	Aval. 3	Teste de "Kruskall -Wallis"
Mínimo	2,3	2,3	2,3	-
Média	4,43	4,43	4,42	0,6356
Máximo	4,7	4,7	4,7	-
Desv Padr.	0,47	0,48	0,48	-

do seus parâmetros de funcionamento essencialmente estáveis, apesar do natural desgaste das baterias.

Os parâmetros voltagem e impedância da bateria foram colocados em gráficos, tendo o tempo em dias, como a variável das abscissas.

No gráfico 2, temos a voltagem da bateria em função do tempo. Cada bateria (gerador) contribuiu com três pontos, correspondentes a cada uma das avaliações. É possível identificar semelhanças entre os gráficos 1 e 2, reforçando a assertiva de que a voltagem da bateria diminui à medida que o tempo passa. Foi feito o ajustamento da curva, encontrando-se um "coeficiente de correlação" (R^2) de 0,265. Cabe, aqui, uma explicação do significado desse parâmetro R^2 .

Considerando um conjunto de dados coletados durante um experimento, é sempre possível encontrar uma expressão matemática, que descreva o comportamento observado. Quanto mais perfeita for a correlação entre as medidas realizadas experimentalmente e o modelo matemático, mais próximo de 1 será o valor de R^2 . A seguir, são apresentados três exemplos de gráficos e seus respectivos valores de R^2 , ilustrando o conceito (gráfico 3).

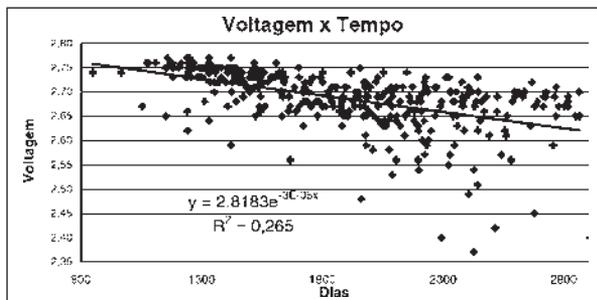


Gráfico 2 - Variação da voltagem das baterias em função do tempo (dados coletados).

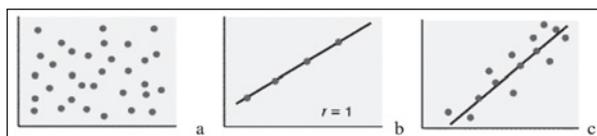


Gráfico 3 - 3a: $R^2 = 0$; 3b: $R^2 = 1$ (ajuste perfeito); 3c: R^2 entre 0 e 1.

Considera-se um ajustamento adequado quando o valor de R^2 é maior que 0.8. No caso específico da voltagem da bateria em função do tempo, podemos notar que não há perfeita correlação entre os dados coletados e a expressão matemática que tenta descrevê-los. A dispersão dos dados é relativamente grande, pois os vários geradores avaliados apresentam, obviamente, programações diversas, adequadas a cada paciente. Assim, a frequência e a energia de pulso (amplitude e duração de pulso) necessárias a cada paciente, em função das patologias, refletem na porcentagem de tempo que o gerador permanece estimulando. Por outro lado, a condição da interface eletrodo-miocárdio, representada pela impedância de estimulação, também varia de caso para caso. Esta multitudine de variáveis implica numa gama de perfis de descarga das baterias. É por estes motivos que a voltagem da bateria em função do tempo apresenta a variabilidade observada.

O gráfico 4 mostra a evolução da impedância em função do tempo, evidenciando claramente o aumento da impedância, concomitante com o desgaste da bateria. O ajustamento da curva revelou que o valor de R^2 encontrado foi 0.5332, maior, portanto, que aquele verificado no gráfico 2 (voltagem x tempo). Isto significa que o parâmetro *impedância* é mais previsível que o parâmetro *voltagem*. Como corolário desta característica, podemos afirmar que a estimativa do desgaste da bateria, usando a impedância da bateria, é mais confiável que quando comparada à estimativa de desgaste, baseada na *voltagem*.

Finalmente, os dois parâmetros (impedância x voltagem) foram associados e o resultado, apresentado no gráfico 5. Nesta ilustração, nota-se facilmente que a massa de dados apresenta forte correlação. O valor de R^2 , agora, é de 0,8721.

As avaliações rotineiras dos portadores de marcapassos visam adequar os múltiplos parâmetros programáveis, em função das necessidades de cada paciente, como: adequar a voltagem de saída ao limiar de comando e margem de segurança e a sensibilidade

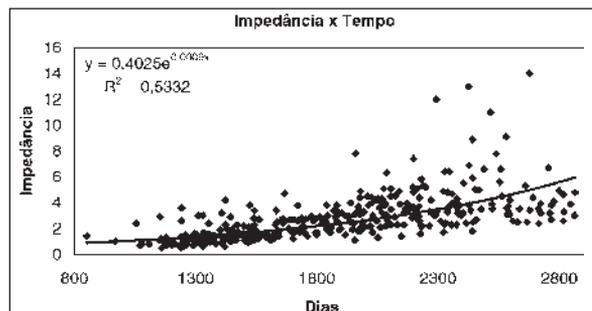


Gráfico 4 - Variação da impedância das baterias em função do tempo (dados coletados).

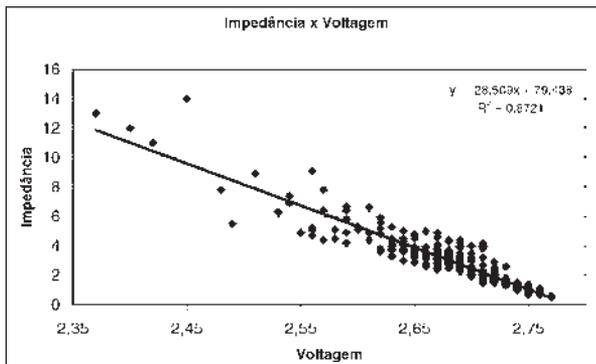


Gráfico 5 - Impedância em função da voltagem (dados coletados).

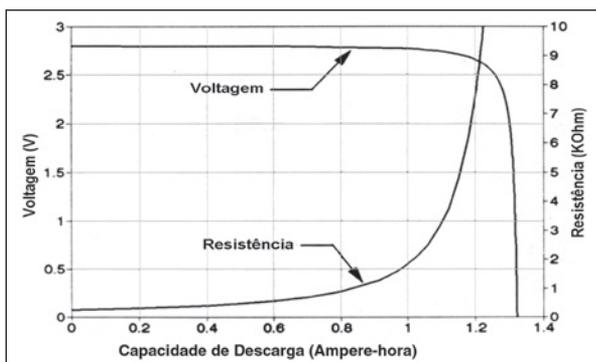


Gráfico 6 - Relação entre voltagem e resistência e capacidade, de baterias de Li/I, mostrando a rápida queda na voltagem e aumento na resistência, quando próximo do fim de vida.

do gerador à captação da onda P e/ou QRS, bem como detectar o estado da bateria e prever o fim de vida do marcapasso para permitir uma troca programada e sem urgência⁶.

Entretanto, a análise de nossos resultados mostra que a decisão do momento da indicação da troca, baseada num único parâmetro (tensão ou impedância), é insuficiente.

Os modelos de gerador utilizados possuem um

Indicador Eletivo de Troca (ERI – “Elective Replacement Indication”), que alerta o médico para uma iminente depleção da bateria, permitindo uma decisão adequada para indicação de troca do gerador. O ERI deve aparecer antes da voltagem da bateria cair a um nível que faça surgir uma estimulação alterada ou ocorra perda de comando ou, também, se a impedância da bateria aumentar rapidamente¹¹. Ainda que a voltagem da bateria permaneça constante durante muito tempo, a sua impedância interna aumenta continuamente, sendo que este aumento é especialmente rápido quando a bateria se aproxima da depleção, conforme observado no gráfico 6¹².

Dos 15 pacientes que tiveram indicação de troca durante o período de acompanhamento deste estudo, 12 apresentaram o indicador de fim de vida ERI (“Elective Replacement Indication”) com a esperada queda na voltagem abaixo de 2,5 V, e aumento na impedância interna da bateria, acima de 8,0 KOhms, valores limites definidos pelo fabricante (tabela II).

Observa-se, na figura 2, o exemplo de um paciente portador de um gerador implantado há 85 meses, em que ocorreu a redução da voltagem sem alcançar o limite de 2,5V e a impedância aumentou sem atingir

TABELA II
PACIENTES COM INDICAÇÃO DE TROCA DO GERADOR

Paciente	Indicador	Voltagem [V]	Impedância [KΩ]
1	ERI	2,25	20,0
2	ERI	2,34	15,0
3	ERI	2,29	16,0
4	ERI	2,40	14,0
5	ERI	2,34	19,0
6	ERI	2,43	15,0
7	ERI	2,42	11,0
8	ERI	2,35	11,0
9	ERI	2,46	10,0
10	ERI	2,45	14,0
11	ERI	2,43	11,0
12	ERI	2,49	8,1

<p>Mode S00 Batt. Status OK</p> <p>Measured Values: Batt. Voltage 2 68 V Batt. Current 13 µA Batt. Imped 4 3 kΩ</p> <p>Pulse Voltage 4 6 V Pulse Current 6 8 mA Pulse Energy 13 7 µJ Pulse Charge 3 2 µC Lead Imped 683 Ω</p> <p>18/12/2001</p>	<p>Mode S00 Batt. Status OK</p> <p>Measured Values: Batt. Voltage 2 66 V Batt. Current 13 µA Batt. Imped 5 0 kΩ</p> <p>Pulse Voltage 4 6 V Pulse Current 6 8 mA Pulse Energy 13 7 µJ Pulse Charge 3 2 µC Lead Imped 683 Ω</p> <p>18/03/2002</p>	<p>Mode S00 Batt. Status OK</p> <p>Measured Values: Batt. Voltage 2 61 V Batt. Current 13 µA Batt. Imped 6 6 kΩ</p> <p>Pulse Voltage 4 6 V Pulse Current 6 2 mA Pulse Energy 12 7 µJ Pulse Charge 2 9 µC Lead Imped 748 Ω</p> <p>18/06/2002</p>
---	---	---

Figura 2 - Paciente A.R.M., com MP. Pikos – 01 com 85 meses de implante, sem sinais de fim-de-vida.

<table border="1"> <tr><td>Mode</td><td>S00</td></tr> <tr><td>Batt. Status</td><td>OK</td></tr> <tr><td colspan="2">Measured Values:</td></tr> <tr><td>Batt. Voltage</td><td>2.59 V</td></tr> <tr><td>Batt. Current</td><td>19 µA</td></tr> <tr><td>Batt. Imped.</td><td>4.9 kΩ</td></tr> <tr><td colspan="2">Pulse Values:</td></tr> <tr><td>Pulse Voltage</td><td>4.5 V</td></tr> <tr><td>Pulse Current</td><td>13.0 mA</td></tr> <tr><td>Pulse Energy</td><td>22.3 µJ</td></tr> <tr><td>Pulse Charge</td><td>5.8 µC</td></tr> <tr><td>Lead Imped.</td><td>341 Ω</td></tr> </table> <p>26/09/2001</p>	Mode	S00	Batt. Status	OK	Measured Values:		Batt. Voltage	2.59 V	Batt. Current	19 µA	Batt. Imped.	4.9 kΩ	Pulse Values:		Pulse Voltage	4.5 V	Pulse Current	13.0 mA	Pulse Energy	22.3 µJ	Pulse Charge	5.8 µC	Lead Imped.	341 Ω	<table border="1"> <tr><td>Mode</td><td>S00</td></tr> <tr><td>Batt. Status</td><td>OK</td></tr> <tr><td colspan="2">Measured Values:</td></tr> <tr><td>Batt. Voltage</td><td>2.53 V</td></tr> <tr><td>Batt. Current</td><td>19 µA</td></tr> <tr><td>Batt. Imped.</td><td>6.3 kΩ</td></tr> <tr><td colspan="2">Pulse Values:</td></tr> <tr><td>Pulse Voltage</td><td>4.5 V</td></tr> <tr><td>Pulse Current</td><td>13.0 mA</td></tr> <tr><td>Pulse Energy</td><td>22.3 µJ</td></tr> <tr><td>Pulse Charge</td><td>5.8 µC</td></tr> <tr><td>Lead Imped.</td><td>341 Ω</td></tr> </table> <p>14/01/2002</p>	Mode	S00	Batt. Status	OK	Measured Values:		Batt. Voltage	2.53 V	Batt. Current	19 µA	Batt. Imped.	6.3 kΩ	Pulse Values:		Pulse Voltage	4.5 V	Pulse Current	13.0 mA	Pulse Energy	22.3 µJ	Pulse Charge	5.8 µC	Lead Imped.	341 Ω	<table border="1"> <tr><td>Mode</td><td>S00</td></tr> <tr><td>Batt. Status</td><td>ERI</td></tr> <tr><td colspan="2">Measured Values:</td></tr> <tr><td>Batt. Voltage</td><td>2.49 V</td></tr> <tr><td>Batt. Current</td><td>18 µA</td></tr> <tr><td>Batt. Imped.</td><td>8.1 kΩ</td></tr> <tr><td colspan="2">Pulse Values:</td></tr> <tr><td>Pulse Voltage</td><td>4.5 V</td></tr> <tr><td>Pulse Current</td><td>13.0 mA</td></tr> <tr><td>Pulse Energy</td><td>21.6 µJ</td></tr> <tr><td>Pulse Charge</td><td>5.5 µC</td></tr> <tr><td>Lead Imped.</td><td>359 Ω</td></tr> </table> <p>17/04/2002</p>	Mode	S00	Batt. Status	ERI	Measured Values:		Batt. Voltage	2.49 V	Batt. Current	18 µA	Batt. Imped.	8.1 kΩ	Pulse Values:		Pulse Voltage	4.5 V	Pulse Current	13.0 mA	Pulse Energy	21.6 µJ	Pulse Charge	5.5 µC	Lead Imped.	359 Ω
Mode	S00																																																																									
Batt. Status	OK																																																																									
Measured Values:																																																																										
Batt. Voltage	2.59 V																																																																									
Batt. Current	19 µA																																																																									
Batt. Imped.	4.9 kΩ																																																																									
Pulse Values:																																																																										
Pulse Voltage	4.5 V																																																																									
Pulse Current	13.0 mA																																																																									
Pulse Energy	22.3 µJ																																																																									
Pulse Charge	5.8 µC																																																																									
Lead Imped.	341 Ω																																																																									
Mode	S00																																																																									
Batt. Status	OK																																																																									
Measured Values:																																																																										
Batt. Voltage	2.53 V																																																																									
Batt. Current	19 µA																																																																									
Batt. Imped.	6.3 kΩ																																																																									
Pulse Values:																																																																										
Pulse Voltage	4.5 V																																																																									
Pulse Current	13.0 mA																																																																									
Pulse Energy	22.3 µJ																																																																									
Pulse Charge	5.8 µC																																																																									
Lead Imped.	341 Ω																																																																									
Mode	S00																																																																									
Batt. Status	ERI																																																																									
Measured Values:																																																																										
Batt. Voltage	2.49 V																																																																									
Batt. Current	18 µA																																																																									
Batt. Imped.	8.1 kΩ																																																																									
Pulse Values:																																																																										
Pulse Voltage	4.5 V																																																																									
Pulse Current	13.0 mA																																																																									
Pulse Energy	21.6 µJ																																																																									
Pulse Charge	5.5 µC																																																																									
Lead Imped.	359 Ω																																																																									

Figura 3 - Paciente M.B.C., com mp. Dromos SR e 72 meses de implante, com voltagem abaixo de 2,5 V (2,49V) e impedância de bateria de 8,1 KΩ, e indicativo de troca (ERI).

<table border="1"> <tr><td>Mode</td><td>S00</td></tr> <tr><td>Batt. Status</td><td>OK</td></tr> <tr><td colspan="2">Measured Values:</td></tr> <tr><td>Batt. Voltage</td><td>2.44 V</td></tr> <tr><td>Batt. Current</td><td>16 µA</td></tr> <tr><td>Batt. Imped.</td><td>9.8 kΩ</td></tr> <tr><td colspan="2">Pulse Values:</td></tr> <tr><td>Pulse Voltage</td><td>4.5 V</td></tr> <tr><td>Pulse Current</td><td>10.0 mA</td></tr> <tr><td>Pulse Energy</td><td>18.8 µJ</td></tr> <tr><td>Pulse Charge</td><td>4.6 µC</td></tr> <tr><td>Lead Imped.</td><td>445 Ω</td></tr> </table>	Mode	S00	Batt. Status	OK	Measured Values:		Batt. Voltage	2.44 V	Batt. Current	16 µA	Batt. Imped.	9.8 kΩ	Pulse Values:		Pulse Voltage	4.5 V	Pulse Current	10.0 mA	Pulse Energy	18.8 µJ	Pulse Charge	4.6 µC	Lead Imped.	445 Ω	<table border="1"> <tr><td>Mode</td><td>S00</td></tr> <tr><td>Batt. Status</td><td>OK</td></tr> <tr><td colspan="2">Measured Values:</td></tr> <tr><td>Batt. Voltage</td><td>2.44 V</td></tr> <tr><td>Batt. Current</td><td>17 µA</td></tr> <tr><td>Batt. Imped.</td><td>10.0 kΩ</td></tr> <tr><td colspan="2">Pulse Values:</td></tr> <tr><td>Pulse Voltage</td><td>4.6 V</td></tr> <tr><td>Pulse Current</td><td>9.7 mA</td></tr> <tr><td>Pulse Energy</td><td>18.0 µJ</td></tr> <tr><td>Pulse Charge</td><td>4.4 µC</td></tr> <tr><td>Lead Imped.</td><td>472 Ω</td></tr> </table>	Mode	S00	Batt. Status	OK	Measured Values:		Batt. Voltage	2.44 V	Batt. Current	17 µA	Batt. Imped.	10.0 kΩ	Pulse Values:		Pulse Voltage	4.6 V	Pulse Current	9.7 mA	Pulse Energy	18.0 µJ	Pulse Charge	4.4 µC	Lead Imped.	472 Ω	<table border="1"> <tr><td>Mode</td><td>S00</td></tr> <tr><td>Batt. Status</td><td>OK</td></tr> <tr><td colspan="2">Measured Values:</td></tr> <tr><td>Batt. Voltage</td><td>2.45 V</td></tr> <tr><td>Batt. Current</td><td>16 µA</td></tr> <tr><td>Batt. Imped.</td><td>9.2 kΩ</td></tr> <tr><td colspan="2">Pulse Values:</td></tr> <tr><td>Pulse Voltage</td><td>4.5 V</td></tr> <tr><td>Pulse Current</td><td>11.0 mA</td></tr> <tr><td>Pulse Energy</td><td>19.6 µJ</td></tr> <tr><td>Pulse Charge</td><td>4.9 µC</td></tr> <tr><td>Lead Imped.</td><td>419 Ω</td></tr> </table>	Mode	S00	Batt. Status	OK	Measured Values:		Batt. Voltage	2.45 V	Batt. Current	16 µA	Batt. Imped.	9.2 kΩ	Pulse Values:		Pulse Voltage	4.5 V	Pulse Current	11.0 mA	Pulse Energy	19.6 µJ	Pulse Charge	4.9 µC	Lead Imped.	419 Ω
Mode	S00																																																																									
Batt. Status	OK																																																																									
Measured Values:																																																																										
Batt. Voltage	2.44 V																																																																									
Batt. Current	16 µA																																																																									
Batt. Imped.	9.8 kΩ																																																																									
Pulse Values:																																																																										
Pulse Voltage	4.5 V																																																																									
Pulse Current	10.0 mA																																																																									
Pulse Energy	18.8 µJ																																																																									
Pulse Charge	4.6 µC																																																																									
Lead Imped.	445 Ω																																																																									
Mode	S00																																																																									
Batt. Status	OK																																																																									
Measured Values:																																																																										
Batt. Voltage	2.44 V																																																																									
Batt. Current	17 µA																																																																									
Batt. Imped.	10.0 kΩ																																																																									
Pulse Values:																																																																										
Pulse Voltage	4.6 V																																																																									
Pulse Current	9.7 mA																																																																									
Pulse Energy	18.0 µJ																																																																									
Pulse Charge	4.4 µC																																																																									
Lead Imped.	472 Ω																																																																									
Mode	S00																																																																									
Batt. Status	OK																																																																									
Measured Values:																																																																										
Batt. Voltage	2.45 V																																																																									
Batt. Current	16 µA																																																																									
Batt. Imped.	9.2 kΩ																																																																									
Pulse Values:																																																																										
Pulse Voltage	4.5 V																																																																									
Pulse Current	11.0 mA																																																																									
Pulse Energy	19.6 µJ																																																																									
Pulse Charge	4.9 µC																																																																									
Lead Imped.	419 Ω																																																																									

Figura 4 - Pacientes com voltagem abaixo de 2,5 V e impedância de bateria acima de 8,0 KOhms com estado da bateria dado como OK e portanto sem indicativo de troca (ERI).

o limite de 8,0 KOhms com a telemetria indicando estado da bateria “OK”, mostrando, os três parâmetros, que este paciente deve continuar com seu acompanhamento normal.

Na figura 3, observam-se queda na voltagem, ultrapassando o limite de 2,5V, e aumento na impedância acima de 8,0 KOhms com o surgimento do Indicador Eletivo de Troca (ERI), devendo este paciente ser encaminhado à troca eletiva, pela alteração nos três parâmetros.

Entretanto, em 3 pacientes (figura 4) a impedância interna da bateria apresentou aumento significativo, acima de 8,0 KOhms; a voltagem registrada na telemetria ficou abaixo de 2,5 Volts, sem ocorrer indicação telemétrica de fim de vida (ERI). Nestes pacientes, apesar da telemetria não apresentar o resultado ERI, indicador de fim de vida, os pacientes devem ter seus geradores substituídos, porque os parâmetros *voltagem* e *impedância* ultrapassaram seus valores críticos.

CONCLUSÃO

Além dos indicadores mais comuns, como alteração na frequência básica, frequência magnética, largura de pulso, e modo de estimulação, deve-se manter a atenção às alterações na voltagem e na impedância da bateria, porque estes dois parâmetros são fundamentais na indicação do seu desgaste, pois predizem com segurança a proximidade do momento ideal para a indicação de troca não urgente.

Concluimos que a identificação do momento para a troca dos modelos de geradores utilizados não pode ser baseada num único parâmetro informado pela telemetria, devendo os pacientes com marcapassos próximos de atingir a longevidade teórica e principalmente dependentes, que apresentem aumento significativo na impedância (acima de 8,0 KOhms) concomitante com redução da voltagem (abaixo de 2,5V), ser encaminhados para a substituição do gerador, mesmo que a leitura telemétrica da bateria aponte bom estado (OK).

Reblampa 78024-348

Pereira CA. Evaluation of pacemakers' end-of-service predictive parameters. Reblampa 2003; 16(2): 75-81.

ABSTRACT: modern implantable cardiac generators can count on advanced mechanisms capable of reporting partial battery depletion and hence, guide the physician to the ideal moment for pacemaker replacement. These mechanisms identify the battery status, evaluating the following parameters: battery voltage; battery impedance and magnetic rate. This work tries to ask the following question: can each parameter individually identify in a reliable manner the real battery status?

DESCRIPTORS: artificial cardiac pacing, battery depletion.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Frank G, Tyers O, et al. Current Status of Pacemakers Power Sources. *The Annals of Thoracic Surgery* 1978; 25(6): 571-87.
- 2 Harry G, Mond MD. Pacemaker pulse generator. In: Harry G, Mond MD. *The cardiac pacemaker function and malfunction*. New York: Grune & Stratton, 1983: 11-47
- 3 Fiandra O. Las Fuentes de Energia para Marcapasos. In: Fiandra O. *Marcapasos Cardíacos*. Montevideo. Departamento de Cardiología del Hospital de Clínicas, Universidad de la República y el Instituto Nacional de Cirugía Cardíaca. 1970, 59-69.
- 4 Parsonet V. Cardiac pacing and pacemakers VII. Power Sources for Implantable Cardiac Pacemakers Part I and Part II. *Appraisal and Reappraisal of Cardiac Therapy*. *Am Heart* 1977; 94: 517.
- 5 Greatbatch W, Lee JH, et al. The solid state lithium battery: A new improved chemical power source for implantable cardiac pacemakers. *IEEE Trans Biomed Eng BME* 1971; 18(5): 318.
- 6 Parsonet V, Bernstein A. Cardiac Pacing after 25 Years: A Practical Approach to Growing Complexity – Chapter 44. In: Barold SS. *Modern Cardiac Pacing*. Mount Kisco, New York: Futura Publishing Co, 1985: 959–72.
- 7 Schaldach M. Pacemaker Power Sources. In: Schaldach, M. *Electrotherapy of the heart - Technical Aspects in Cardiac Pacing*. Berlin. Springer-Verlag. 1990: 191-208.
- 8 Pikos LP 01 / Pikos LP E01 – Multiprogrammable Single Chamber Pacemaker – Bradycardia Therapy / Technical Manual. Biotronik GmbH & Co. 1993.
- 9 Sutton R. Guidelines for pacemaker follow up. Report of a British Pacing and Electrophysiology Group (BPEG). *Heart* 1996; 76: 458–60.
- 10 Andrade JCS, Avila Neto V, Braile DM, et al. Diretrizes para o Implante de Marcapasso Cardíaco Permanente. *Reblampa* 1999; 12(1): 1-9.
- 11 Kindermann M, Berg M, Pistorius K, Schwerdt H, Fröhlig G. Do Battery Depletion Indicators Reliably Predict the Need for Pulse Generator Replacement? *PACE* 2001; 24: 945–9.
- 12 Untereker DF, Shepard RB, Schmidt CL, Crespi AM, Skarstad PM. Power Sources for Implantable Pacemakers, Cardioverter and Defibrillators. In: Ellenbogen KA. *Clinical Cardiac Pacing and Defibrillation*. Philadelphia: W.B. Saunders, 1975: 319-77.