

# Avaliação Clínica de Cabos-Eletrodos com Estrutura Fractal

José JAZBIK SOBRINHO<sup>(1)</sup> Marcos Oliveira de SOUSA<sup>(2)</sup>

Reblampa 78024-216

Jazbik Sobrinho J. Sousa M O. Avaliação clínica de cabos-eletrodos com estrutura fractal. Reblampa 1998; 11(3): 121-126.

**RESUMO:** Foi realizado o estudo da performance de 109 cabos-eletrodos (CEs) com superfície de estrutura fractal revestida com fina camada de irídio, sendo 84 de fixação passiva e 25 de fixação ativa. Na avaliação foram realizadas medições dos limiares de estimulação e sensibilidade com intervalo de tempo pós-implante médio de  $13 \pm 8$  meses. Os CEs investigados apresentaram excelentes valores de limiar de estimulação e sensibilidade a longo prazo. A estimulação e sensibilidade demonstraram ser efetivas e seguras.

**DESCRITORES:** cabos-eletrodos com superfície de estrutura fractal, limiar de estimulação, limiar de sensibilidade.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas tecnologias para CEs têm como objetivo básico reduzir a perda de energia através da interface eletrodo-miocárdio, desse modo resultando em redução no consumo da bateria, além de aumentar a performance de detecção dos potenciais intracardíacos.

Os CEs devem apresentar valores de limiares agudos e crônicos cada vez menores, associados com a segurança e alta performance de detecção dos potenciais intracardíacos a longo prazo. Para isso, uma alternativa é aumentar a capacitância de Helmholtz, bastando simplesmente aumentar a área da superfície onde ocorre atividade eletroquímica

A idéia básica é apresentada na Figura 1, que mostra uma visão esquemática da ponta de um CE

com revestimento fractal, em que a extremidade aparece revestida por pequenas hemi-esferas. O aumento dessas últimas revela que cada uma das hemi-esferas são novamente cobertas por hemi-esferas cada vez menores. Cada duplicação dessa estrutura produz um aumento da área de superfície ativa por um fator de 2, resultando em aumento total na área de superfície ativa por um fator de  $2^n$ , onde n é o número de passos duplos. É interessante que a natureza parece aplicar esse princípio fractal sempre que é necessário otimizar processos de transferência, tal como ocorre, por exemplo, na estrutura ramificada dos vasos sanguíneos no fígado ou no sistema bronquíolo-alveolar do pulmão<sup>1</sup>.

Tecnicamente, o revestimento com uma estrutura de superfície fractal é obtido pela deposição física de

(1) Chefe do Setor de Estimulação Cardíaca Artificial e do CTI da Cirurgia Cardíaca do Hospital Universitário Pedro Ernesto - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

(2) Médico do Setor de Estimulação Cardíaca e do CTI da Cirurgia Cardíaca do Hospital Universitário Pedro Ernesto - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Endereço para correspondência: Rua Don Gerardo, 35 - térreo - CEP: 20030-030 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil. Fone: (021) 587.6232. Trabalho recebido em 04/1998 e publicado em 09/1998.

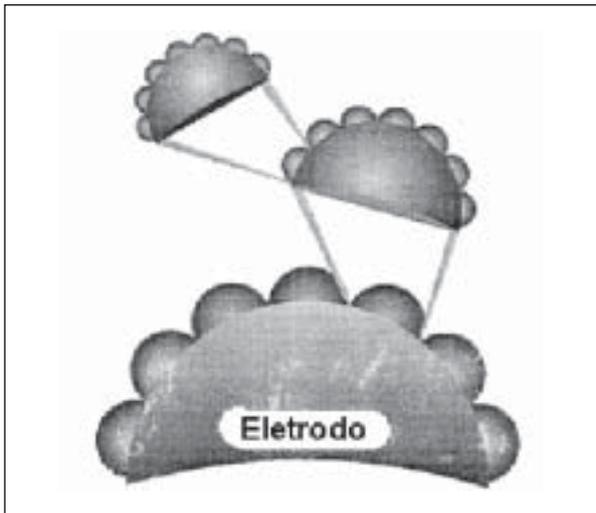


Figura 1 - Princípio da estrutura de superfície fractal de uma ponta de eletrodo revestido.

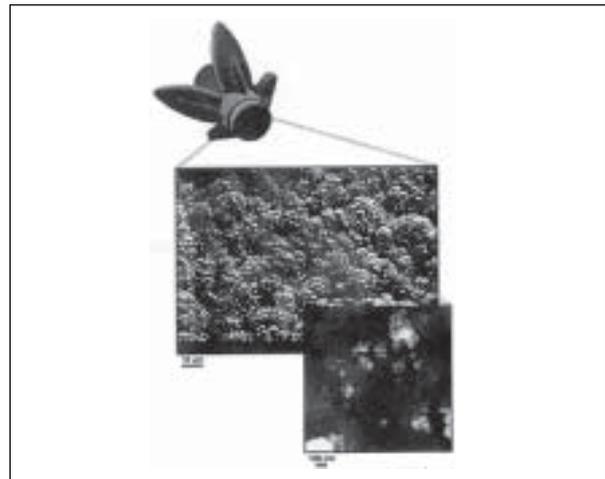


Figura 3 - Micrografia da superfície dos eletrodos (acima) de varredura de elétrons (meio) e de varredura de túnel (abaixo). (Observar a diferença na resolução das miografias por duas ordens de magnitude).

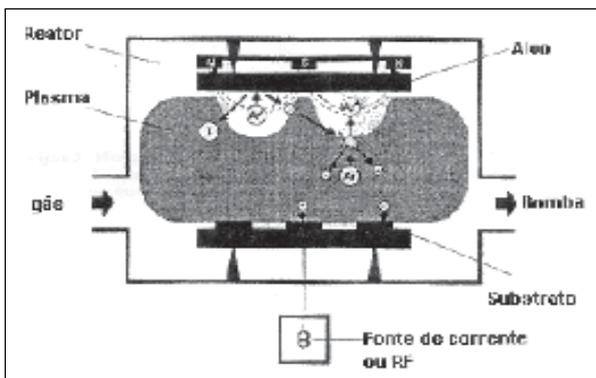


Figura 2 - Esquema do reator físico de deposição de vapor para fabricação de revestimento de irídio fractal.

vapor<sup>2</sup>. A Figura 2 mostra uma visão esquemática do reator no qual ocorre a deposição.

O material a ser depositado é utilizado como alvo e os íons  $A_r$  presentes no plasma são acelerados em direção a este alvo.

A energia cinética desses íons é suficiente para a remoção dos átomos-alvo, de modo que alguns deles irão se difundir através do reator e serão subsequentemente depositados no substrato. É interessante notar que a estrutura resultante da superfície do substrato é determinada principalmente pelos parâmetros do processo e não, ou pelo menos em menor grau, pelo próprio material. O material alvo utilizado é o metal nobre irídio, devido a sua alta estabilidade química.

A Figura 3 mostra a estrutura da superfície da ponta do CE de superfície fractal. A primeira imagem foi feita com um microscópio de varredura de elétrons e a segunda com um microscópio de varredura de túnel. Nessas diferentes ampliações (as barras pretas abaixo das imagens correspondentes representam  $10\mu$  e  $100\text{ nm}$ ), pode ser visto que a estrutura da superfície microscópica da ponta é semelhante a uma couve-flor, resultando numa morfologia sem variação de escala da superfície denominada fractal.

As modernas técnicas de revestimento permitem o depósito de irídio em uma estrutura de superfície fractal, oferecendo um aumento significativo da área da superfície ativa e da capacitância de Helmholtz<sup>3</sup> multiplicada por um fator de mais de 1000. Este aumento da área da superfície ( $\pm 5\text{ mm}^2$ ) obtida pela estrutura fractal, sem o correspondente aumento no diâmetro da área de contato do CE ( $2,2\text{ mm}$ ), acarreta uma baixa polarização na interface eletrodos-coração, e, um aumento na densidade da corrente elétrica. Esta associação superfície de contato maior com diâmetro pequeno, resulta na vantagem de menor voltagem para despolarização das células miocárdicas, isto é, limiares crônicos mais baixos e uma melhor performance na leitura da onda R e do potencial evocado<sup>4-7</sup>.

## MATERIAL E MÉTODOS

Em uma população de 92 pacientes, 55 homens e 37 mulheres, com idade média de  $64 \pm 15$  anos, sendo os extremos situados entre os 19 e os 87 anos, foram implantados 84 CEs de fixação passiva

**TABELA 1**  
INFORMAÇÕES CLÍNICAS DOS PACIENTES.

Indicação Clínica	Classificação Funcional	Achados Eletrocardiográficos
Síncope (54 casos - 59%)	Sintomas aos médios ou pequenos esforços (83 casos - 92%)	BAV de 3º grau QRS largo (67 casos - 71%)
Lipotímia (35 casos - 38%)	Assintomático (04 casos - 4%)	BAV de 3º grau QRS estreito (09 casos - 10%)
Bradicardia (03 casos - 3%)	Sintomas em repouso (03 casos - 3%)	BAV de 2º grau 2:1 (08 casos - 9%)
	Informação não disponível (01 caso - 1%)	Bradicardia Sinusal (03 casos - 3%)
		Fibrilação atrial com bradicardia (03 casos - 3%)
		Bloqueio trifascicular (01 caso - 1%)
		Flutter atrial com bradicardia (01 caso - 1%)
		Outro achado não codificado (01 caso - 1%)
		Parada sinusal (01 caso - 1%)

**TABELA 2**  
MODELOS DE ELETRODOS

Modelo do Eletrodo	Tipo de Fixação	Polaridade	Diâmetro do Eletrodo (mm)	Área da Ponta do Eletrodo (mm <sup>2</sup> )	Número de Eletrodos
YP 60 BP	Ativa	Bipolar	2,2	7,0	25
SL 60 BP	Passiva	Bipolar	2,7	5,0	20
TIR 60 BP	Passiva	Bipolar	2,2	6,0	60
PX 60 BP	Passiva	Bipolar	2,2	3,5	08

e 25 de fixação ativa, todos com superfície de estrutura fractal.

As informações relativas à indicação clínica, classificação funcional e achados eletrocardiográficos dos pacientes são apresentadas na Tabela 1. Os modelos de CEs (Biotronik) utilizados são apresentados na Tabela 2.

As medidas per-operatórias dos limiares de estimulação foram com o uso do analisador ERA 300 (Biotronik), tendo sido realizadas com o valor de largura de pulso de 0,5 ms.

Na avaliação da performance dos CEs estudados foram realizadas medições do limiar de estimulação com intervalo de tempo pós-implante médio de 13±8 meses.

**TABELA 3**  
LIMIARES DE ESTIMULAÇÃO OBTIDOS COM OS DIFERENTES MODELOS DE ELETRODOS

Modelo do Eletrodo	Intervalo de Tempo Pós-implante (meses)	Limiar de Estimulação Agudo (Volts)	Limiar de Estimulação Crônica (Volts)
YP 60 BP	(13 ± 4)	(0,51 ± 0,17)	(0,71 ± 0,22)
SL 60 BP	(14 ± 12)	(0,46 ± 0,08)	(0,77 ± 0,42)
TIR 60 BP	(13 ± 8)	(0,43 ± 0,06)	(0,64 ± 0,19)
PX 60 BP	(8 ± 6)	(0,45 ± 0,20)	(0,48 ± 0,20)

**TABELA 4**  
LIMIARES DE SENSIBILIDADE ATRIAL OBTIDOS COM OS DIFERENTES MODELOS DE ELETRODOS

Modelo do Eletrodo	Intervalo de Tempo Pós-implante (meses)	Limiar de Sensibilidade Atrial Agudo (mV)	Limiar de Sensibilidade Atrial Crônica (mV)
YP 60 BP	(9 ± 4)	(3,50 ± 1,59)	(4,30 ± 1,56)
SL 60 BP	(14 ± 12)	(2,50 ± 1,64)	(1,20 ± 1,18)

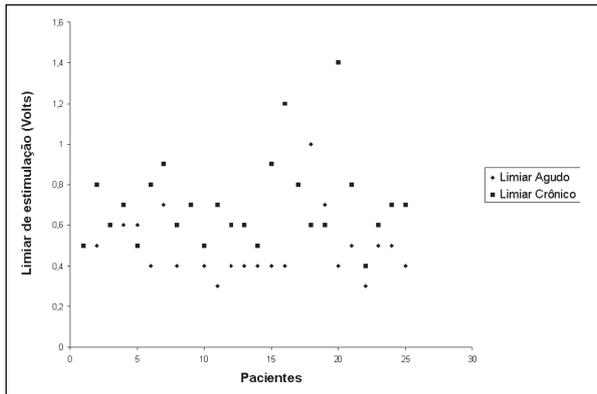


Figura 4 - Limiar de estimulação agudo versus crônico com eletrodo YP 60 BP (25 pacientes).

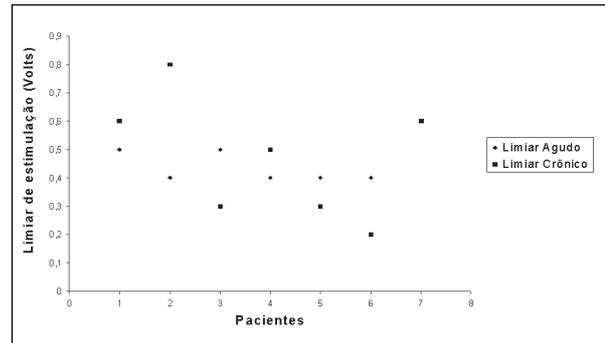


Figura 7 - Limiar de estimulação agudo versus crônico com eletrodo PX 60 BP (07 pacientes).

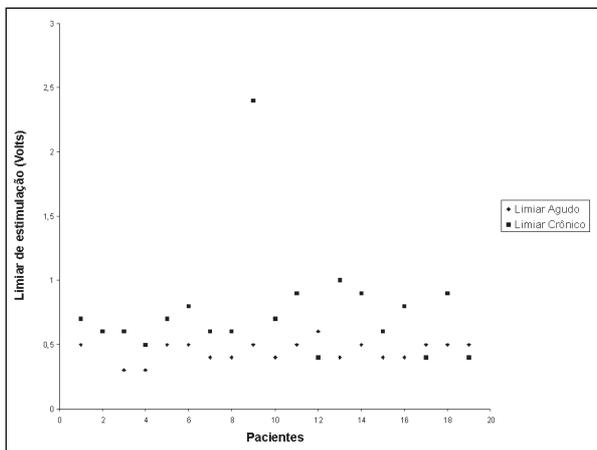


Figura 5 - Limiar de estimulação agudo versus crônico com eletrodo SL 60 BP (19 pacientes).

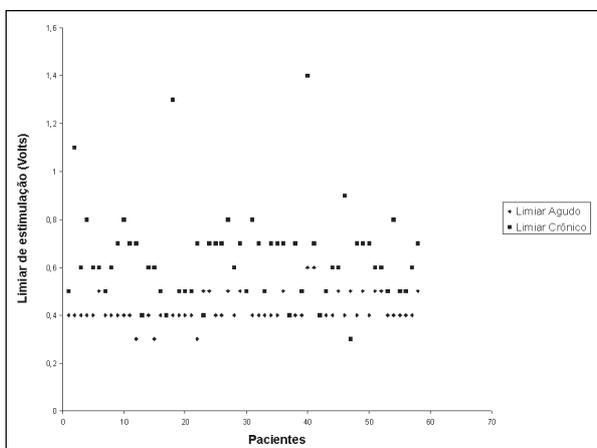


Figura 6 - Limiar de estimulação agudo versus crônico com eletrodo TIR 60 BP (58 pacientes).

As medidas dos limiares de estimulação pós-implante crônicos foram realizadas, por telemetria, com o uso do programador PMS 1000 (Biotronik), ratificando os resultados obtidos com as leituras do analisador ERA 300 (Biotronik) no momento do implante.

## RESULTADOS

Os valores médios para o intervalo de tempo pós-implante e para os limiares agudo e crônico de estimulação com os diferentes modelos de CEs mas com a mesma estrutura, acham-se reunidos na Tabela 3. Já na Tabela 4 são apresentados os valores médios do intervalo de tempo pós-implante e dos limiares de sensibilidade atrial agudo e crônico.

Todos os pacientes estudados foram acompanhados clinicamente para o teste dos limiares crônicos de estimulação e de sensibilidade, no mínimo 3 meses após o implante.

Os testes de limiar de sensibilidade atrial crônico foram realizados com os pacientes em repouso e respiração normal. É preciso observar que o CE SL 60 BP é um eletrodo único para estimulação VDD<sup>8-10</sup> em que a captação de onda P é feita através de dois anéis flutuantes na cavidade atrial direita. Ao implantar esse eletrodo, por vezes fomos obrigados a abandonar regiões no ventrículo direito que apresentavam limiares menores ao que foi deixado, para encontrar uma posição adequada aos anéis atriais e assim obter uma boa captação da onda P.

As Figuras 4, 5, 6 e 7 mostram a evolução dos limiares de estimulação de agudo para crônico, paciente a paciente, para cada modelo de CE estudado. Já as Figuras 8 e 9 apresentam a evolução dos limiares de sensibilidade de agudo para crônico.

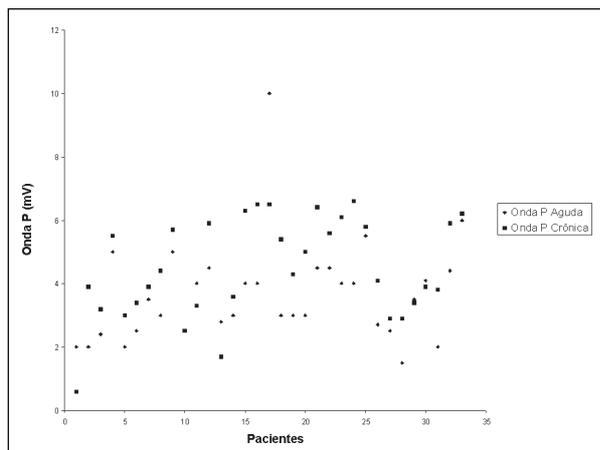


Figura 8 - Limiar de sensibilidade atrial agudo versus crônico com eletrodo YP 60 BP (33 pacientes).

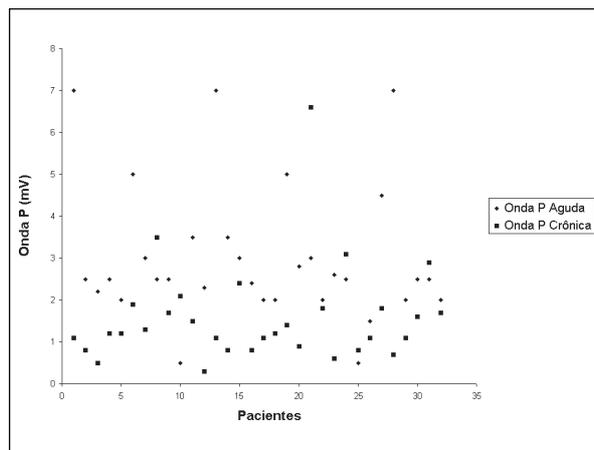


Figura 9 - Limiar de sensibilidade atrial agudo versus crônico com eletrodo SL 60 BP (32 pacientes).

## CONCLUSÕES

Os CEs investigados apresentaram excelentes valores de limiar de estimulação e sensibilidade a longo prazo. Nos CEs ventriculares de fixação passiva (TIR 60 BP, PX 60 BP e SL 60 BP) suas aletas

permitiram excelente fixação, não ocorrendo nenhum caso de deslocamento. A estimulação e a sensibilidade demonstraram ser efetivas e seguras, permitindo reduzir a saída de pulso dos geradores, aumentando a longevidade dos mesmos com excelente margem de segurança.

Reblampa 78024-216

Jazbik Sobrinho J. Sousa M O. Clinical evaluation of electrodes with fractal structure. Reblampa 1998; 11(3): 121-126.

ABSTRACT: Study of the lead performance with fractal structure surface (surface covered with fine layer of Iridium). This study was accomplished with a total of 109 leads, being 84 leads of passive fixation and 25 of active fixation. In the evaluation of the performance of the leads studied measurements of the stimulation and sensibility thresholds were accomplished with medium interval of time after implant of  $(13 \pm 8)$  months. The investigated leads presented excellent values of stimulation threshold and long term sensibility. The stimulation and sensibility with the investigated leads was demonstrated to be effective and safe.

DESCRIPTORS: lead fractal structure surface, stimulation thresholds, sensibility thresholds.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Nonnenmacher T F. Losa G A. Weibel E R. Fractals in biology and medicine. Birkhäuser, Basel 1994.
- 2 Bolz A. Applications of thin-film technology. In: Book of Biomaterials and Bioengineering. Wise D L. Trantolo D J. Altobelli D E. et al. (eds.) Marcel Dekker, New York, 1995.
- 3 Bolz A. Die Bedeutung der Phasengrenze zwischen alloplastischen Festkörpern und biologischen Geweben für die Elektrostimulation, Fachverlag Schiele & Schön, Berlin, 1995.
- 4 Veenziani N. Giudice G. Moracchini P V. Audoglio M. Audoglio R. Pacing and sensing characteristics of leads with fractally coated electrode iridium surfaces. Europace 97, 8<sup>th</sup> European Symposium on Cardiac Pacing. Athens, Greece, p.621-5, 8-11 June 1997.
- 5 Schaldach M. The fractally coated lead as ideal sensor and actuator for the electrotherapy of the heart. Progress in Biomedical Research, v.2, p.47-57, September 1997.
- 6 Schaldach M. Bolz A. Brems J. et al. Acute and long term sensing and pacing performance of pacemaker

- leads having TiN electrode tips. In: Antonioli GE (Eds.) Pacemaker Leads 1991, Amsterdam: Elsevier, S. 441-50.
- 7 Riedmüller J. Bolz A. Rebling H. Schaldach M. Improvement of stimulation and sensing performance of bipolar pacemaker leads. Proc. of the Annual Int. Conf. of the IEEE Eng. in Med. and Biology Society, 14: 2364-65 (1992).
- 8 Crick J C P. Benendi N. Long term follow-up study of a single lead VDD pacing system. Reblampa 1995; 8(special issue): 145-8.
- 9 Martinelli Filho M. Costa R. Siqueira S. et al. Sistema VDD com cabo-eletrodo único: resultados clínico-cirúrgicos. Reblampa 1996; 9(2): 92-6.
- 10 Sant'anna J R M. Kalil R K. Lucchese F A. et al. Estimulação cardíaca atrioventricular sincrônica através de um eletrodo flutuante único (Modo VDD). Reblampa 1996; 9(1): 17-23.

## CURSO AVANÇADO DE ARRITMIAS E MARCAPASSOS CARDÍACOS

### **Promoção:**

- SCICVESP (Sociedade de Cirurgia Cardiovascular do Estado de São Paulo)
- Deca (Departamento de Estimulação Cardíaca Artificial)

### **Apoio:**

- Sociedade de Cardiologia de Ribeirão Preto

**Data:** 16 e 17 de Outubro de 1998.

**Local:** Ribeirão Preto - SP

Stream Palace Hotel - R. General Osório, 810/850 (F: (016) 610.0660)

**Organização:** Dr. Luiz Antonio Castilho Teno

Dr. Marcus Antonio Ferez

Dr. José C. S. Andrade

**Informações:** Sec. Sra. Celina (SCICVESP) (011) 289.7610

Sec. Srta. Fernanda (Clínica Cardiovascular RP) (016) 636.1955