

## MÉTODO PARA CONSTRUÇÃO DE BALÃO ENDOCÁRDICO E BOLSA EPICÁRDICA COM MÚLTIPLOS ELETRODOS PARA MAPEAMENTO CARDÍACO

H. T. Oyama<sup>1</sup>, I. A. Cestari<sup>2</sup>, M. Mazzetto<sup>3</sup> e A. A. Leirner<sup>4</sup>

**RESUMO** -- As técnicas de registro simultâneo de potenciais obtidos por múltiplos eletrodos possibilitam o mapeamento da atividade elétrica do coração. Estas técnicas permitem obter imagens detalhadas da onda de despolarização cardíaca favorecendo as investigações no campo das arritmias e no controle terapêutico de taquicardias. Um exemplo importante destas aplicações é representado pelo método de correção cirúrgica da taquicardia ventricular recorrente (TVR), que pode levar a morte súbita. Neste método faz-se necessária a determinação do foco ectópico, isto é, a região que apresenta a mais precoce ativação elétrica no ciclo de despolarização. Uma vez localizado, este foco é eliminado cirurgicamente. Neste trabalho apresentamos a construção de um balão inflável com eletrodos para o mapeamento do endocárdio e também uma bolsa com eletrodos para o mapeamento do epicárdio. O balão intra-ventricular foi confeccionado com borracha de látex, envolto com uma malha extensível, também utilizada na bolsa epicárdica. Os eletrodos foram construídos com esferas de prata, conectadas a fios de aço inoxidável, multifilamentados, isolados com teflon<sup>®</sup>. A outra extremidade dos fios foi soldada a conectores de múltiplos pinos para permitir a conexão aos amplificadores. Foram construídos um balão e uma bolsa contendo 128 eletrodos cada.

**Palavras-chave:** Mapeamento Cardíaco, Eletrodos, Bolsa e Balão para Mapeamento.

### INTRODUÇÃO

O equilíbrio entre as características eletrofisiológicas das células miocárdicas determina o correto funcionamento do tecido. Alterações dessas características podem gerar arritmias, que por sua vez podem resultar em taquicardia ventricular recorrente (TVR). A TVR pode ser revertida temporariamente por cardioversão ou com a administração de drogas. Nos casos em que a resposta ao tratamento com drogas não é satisfatória, a solução envolve um procedimento cirúrgico (Hanken *et alii*, 1983; Sosa *et alii*, 1983; Gallagher *et alii*, 1988), que pode compreender uma revascularização miocárdica ou a ablação do foco ectópico (interrupção do circuito de reentrada

<sup>1</sup> Engenheiro, Divisão de Bioengenharia, InCor, HCFMUSP - São Paulo - SP

<sup>2</sup> Diretora de Desenvolvimento, Divisão de Bioengenharia, InCor, HCFMUSP - São Paulo - SP

<sup>3</sup> Engenheiro, Divisão de Bioengenharia, InCor, HCFMUSP - São Paulo - SP.

<sup>4</sup> Diretor de Divisão de Bioengenharia, InCor, HCFMUSP - Av. Enéas de Carvalho Aguiar, 44 - CEP 05403 - Cerqueira César - São Paulo.

ou eliminação física do marca-passo ectópico). Para que o foco ectópico seja cirurgicamente removido, faz-se necessária a determinação precisa de sua localização.

O mapeamento da ativação cardíaca é um procedimento utilizado para indicar o foco arritmogênico pelos registros dos sinais elétricos de diversos pontos do coração. Até 1970, os mapeamentos eram realizados apenas no epicárdio, mesmo sabendo-se que o fenômeno de despolarização ocorria em toda espessura do miocárdio. Petitier *et alii* (1971) utilizaram pela primeira vez técnicas de mapeamento para o tratamento cirúrgico da TRV.

As técnicas de mapeamento cardíaco podem ser do tipo monocanal (ou convencional) (Gallagher *et alii*, 1982) ou multicanal (ou não-convencional) (Ideker *et alii*, 1987). No método convencional, são obtidos sinais de um único eletrodo de exploração manipulado pelo cirurgião, com um eletrodo fixo de referência. Este método pode ser aplicado na exploração epicárdica, endocárdica e transmural (no último utilizam-se eletrodos tipo agulha). Com a tecnologia dos sistemas computadorizados, é possível a obtenção de registros simultâneos de diferentes canais de eletrogramas através de múltiplos eletrodos (Harris *et alii*, 1987; Onufer *et alii*, 1991). A tomada de sinais correspondentes aos diversos pontos anatômicos é feita simultaneamente, através da -fixação de vários eletrodos num suporte, que pode ser uma bolsa ou balão inflável (Mickleborough *et alii*, 1988; Mickleborough, 1989), ou ainda uma placa flexível (Wit *et alii*, 1982). O suporte com eletrodos é colocado em contato com a região cardíaca a ser mapeada: endocárdio ou epicárdio, e são registrados os sinais provenientes de todos os eletrodos.

Neste trabalho descreve-se a construção de dispositivos para a captação dos sinais elétricos da superfície cardíaca. Foi construída uma bolsa extensível para a exploração epicárdica e um balão inflável para colocação intraventricular, ambos com 128 eletrodos.

A utilização desses dispositivos associada a um sistema composto de um módulo amplificação, um multiplexador, um conversor analógico-digital, e um sistema de processamento de sinais, possibilita obter uma imagem da ativação cardíaca, que por sua vez permite a investigação dos mecanismos arritmogênicos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Construção dos eletrodos registradores

Foram construídas esferas de prata pura (diâmetro: 1,5 mm) como eletrodos. As esferas foram obtidas por fusão, em uma das extremidades de fios de prata (diâmetro: 0,3 mm). A outra extremidade dos fios foram ligados a cabos de aço inoxidável (36AWG), multifilamentares e revestidos, utilizando-se uma pasta de prata (Staintin 157 PA- Eutetic). A seguir foram lavadas com uma solução de sabão neutro em uma lavadora ultra-sônica (20 minutos) e enxaguadas diversas vezes com água destilada. Posteriormente, essas partes soldadas foram recobertas com uma camada de verniz para garantir a isolação e adesivo de silicone de grau médico (Silastic Type A - Dow Corning), como mostra a Figura 1. A outra extremidade dos fios de aço foram conectadas a conectores de múltiplos pinos.

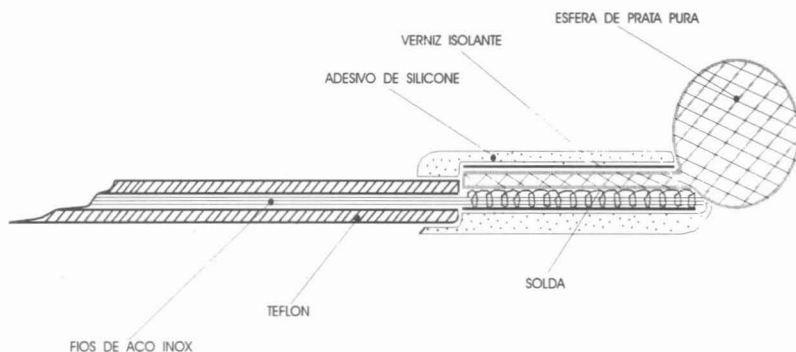


Figura 1. Ilustração da conexão do eletrodo de prata com o fio de aço.

### Construção da bolsa para o mapeamento da superfície do epicárdio

A bolsa para mapeamento do epicárdio foi confeccionada inicialmente com uma malha extensível com fios de nylon<sup>R</sup> e posteriormente com uma outra malha constituída de fios de poliéster e látex.

Os eletrodos de prata foram posicionados na malha e fixados com adesivo de silicone conforme um modelo preconfigurado ilustrado na Figura 2. As bolsas foram confeccionadas com 128 eletrodos distribuídos em posições equidistantes.

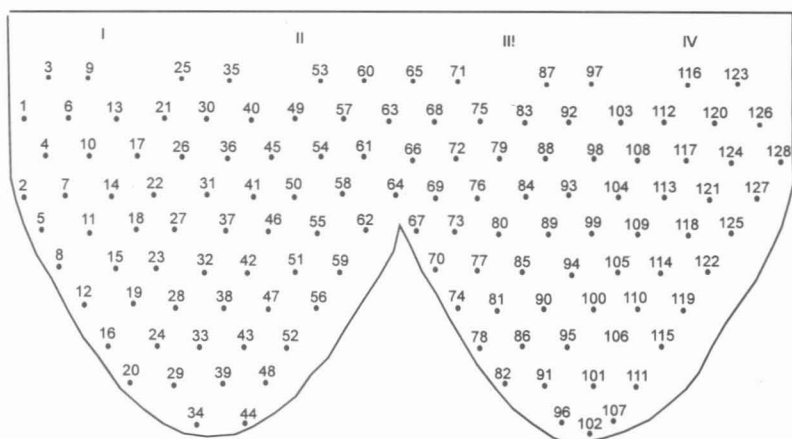


Figura 2 - Esquema da distribuição de 128 eletrodos na bolsa para o mapeamento epicárdico.

### Confecção do balão intra-ventricular para registros da superfície endocárdica

O balão para o mapeamento endocárdico é constituído por uma malha extensível e um balão de látex.

Para a confecção do balão de látex foi construído um molde de aço inoxidável com o formato elíptico. O balão de látex foi obtido de acordo com o método também utilizado por Chen *et alii* (1991). O molde foi imerso em coagulante alcoólico por aproximadamente 10 segundos, e posteriormente em solução de látex a 55%, por 15 segundos e, novamente no coagulante por mais 30 segundos, para a estabilização da parte externa da película formada. O conjunto molde e balão de látex foi imerso em água a 80° C (30 minutos) para a remoção de resíduos químicos. A seguir, o mesmo foi colocado em estufa com circulação de ar quente à temperatura de 100 °C para secagem. A camada formada foi retirada do molde de aço obtendo-se um balão de látex, conforme ilustra a Figura 3.

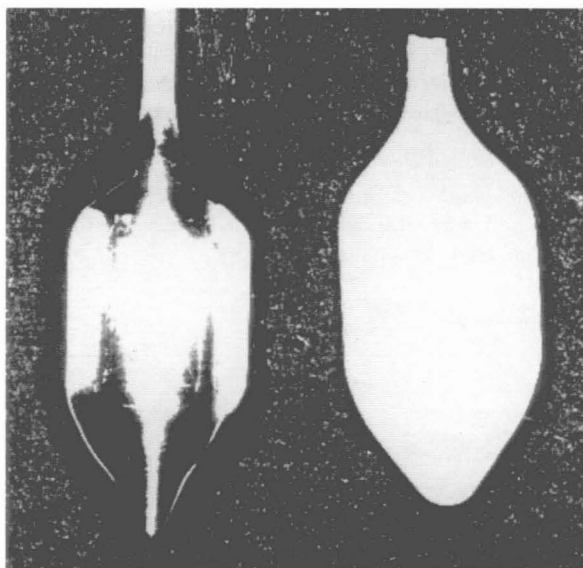


Figura 3 - Ilustração do molde e do balão de látex.

Ao balão de látex foi conectado um tubo de PVC (diâmetro: 4 mm) como via de entrada de solução fisiológica para insuflar e desinsuflar o balão, e também para permitir a monitorização da pressão no interior do balão durante sua utilização.

O conjunto do balão de látex foi então revestido com a malha extensível com os eletrodos devidamente posicionados e fixados, como mostra a Figura 4.

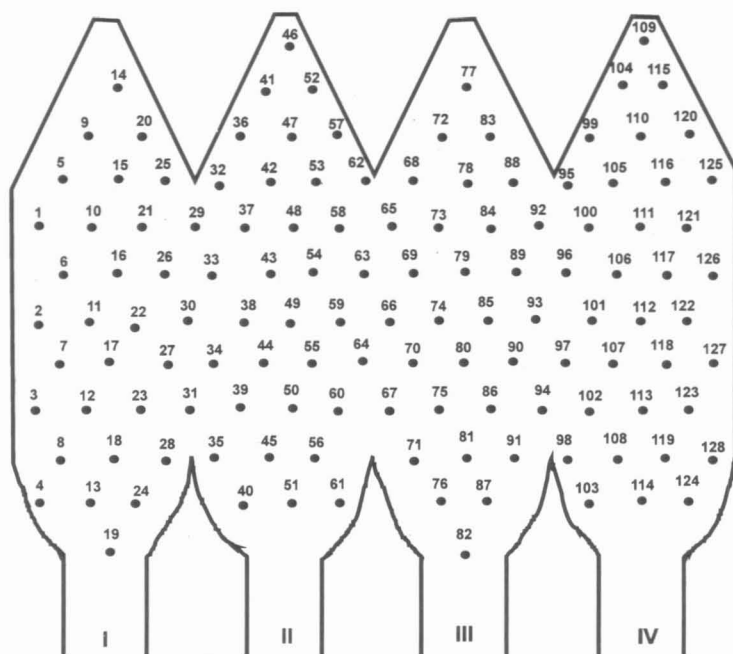


Figura 4 - Esquema da distribuição dos eletrodos na malha do balão endocárdico.

## RESULTADOS

A Figura 5 mostra a bolsa epicárdica para mapeamento do epicárdio com 128 eletrodos.

A bolsa para o mapeamento epicárdico foi experimentada em 5 cães com peso variando entre 15 e 20 quilos. Antes de cada experimento a bolsa ficou imersa em solução fisiológica por 30 min. objetivando reduzir o potencial de meia-célula e melhorar a relação sinal-ruído. A Figura 6 ilustra a colocação da bolsa e o registro de potenciais epicárdicos obtidos de um experimento típico. Nesta figura estão ilustrados apenas dois eletrodos e os sinais obtidos nos canais correspondentes.

A Figura 7 mostra o balão de mapeamento do endocárdio. O balão é introduzido através da válvula mitral e posicionado no ventrículo esquerdo. De forma análoga, a Figura 8 ilustra a colocação do balão intra-ventricular. Este balão deverá ser experimentado em breve, inicialmente em animais para se verificar a necessidade de possíveis modificações.

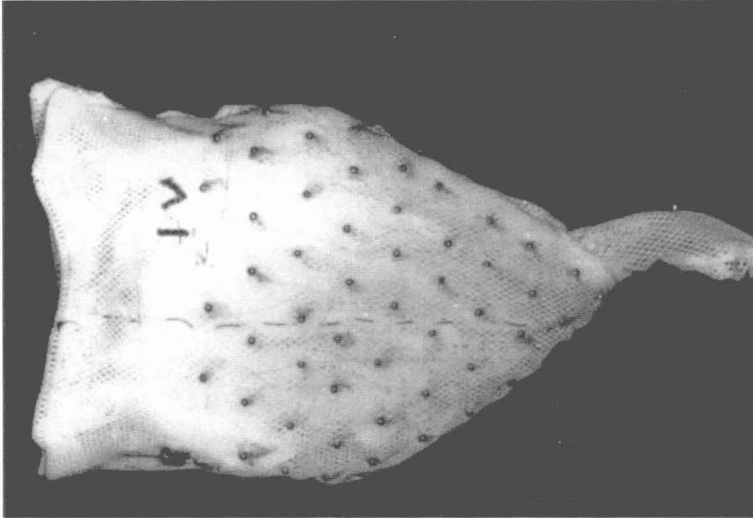


Figura 5 - Bolsa para mapeamento com 128 eletrodos.

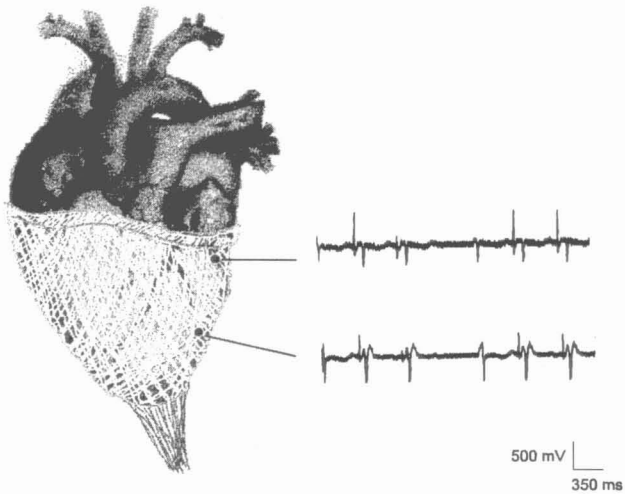


Figura 6 - Ilustração da bolsa e registro dos sinais originais obtidos em experimentação animal, nos eletrodos indicados.

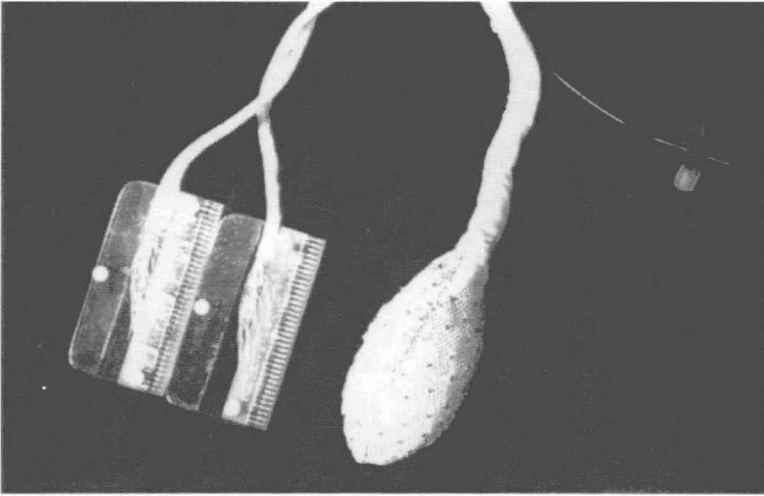


Figura 7 - Balão para mapeamento endocárdico.

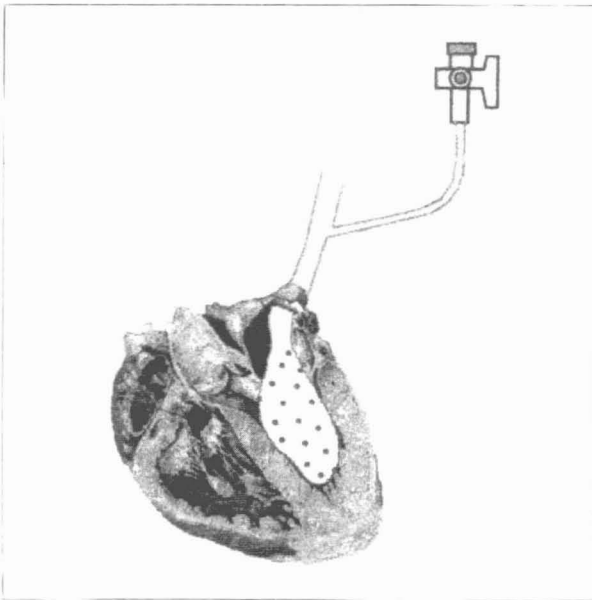


Figura 8 - Ilustração do balão endocárdico na cavidade do ventrículo esquerdo.

## DISCUSSÃO

Os dispositivos construídos permitiram o mapeamento da atividade elétrica do coração com uma eficiência superior ao obtido pelos métodos convencionais. Algumas vantagens desta técnica são:

1. O mapeamento tende a ser melhor suportado pelo paciente, devido à curta exposição do paciente à taquicardia ventricular e ao ato cirúrgico como um todo.
2. Para o mapeamento endocárdico, a utilização do balão prescinde de uma incisão ventricular (ventriculotomia).
3. O mapeamento epicárdico com a bolsa evita possíveis problemas causados pela manipulação do coração, com eletrodos guiados pelo cirurgião, para mapear a superfície posterior do ventrículo.

O método desenvolvido para a construção dos eletrodos pode ser aplicado para a confecção de diversos diâmetros para a captação de potenciais elétricos.

Os testes preliminares realizados com as bolsas constituídas por malha de nylon<sup>R</sup> e malha de látex demonstraram que a bolsa do segundo tipo é mais adequada por sua maior capacidade de adaptação a diferentes tamanhos de coração devido a sua maior elasticidade. Além disso, verificou-se que a utilização da nova malha aumentou o contato dos eletrodos com a parede do coração, melhorando a qualidade dos registros obtidos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Eng. Milton S. Oshiro pelas sugestões, à desenhista industrial Gina H. Hamamoto pela confecção dos desenhos, à Divisão de Bioengenharia, Divisão de Informática e à Divisão Clínica e Cirúrgica do Instituto do Coração - FMUSP, e ao CNPq/PADCT/SINST pelo auxílio financeiro.

## REFERÊNCIAS

- CHEN, T. C. K., PARSON, I. D. and DOWNAR, E. (1991). "The Construction of Endocardial Balloon Arrays for Cardiac Mapping". *Pace*. v. 14, p. 470-479.
- GALLAGHER, J. J., KASELL, J. H., COX, J. L., SMITH, W. M., IDEKER, R. E. and SMITH, W. M. (1982). "Techniques of Intraoperative Electrophysiologic Mapping". *Am. J. Cardiol.* v. 49, p. 221-240.
- GALLAGHER, J. J., SELLE, J. G., SVENSON, R. H., FEDOR, J. M., ZIMMERN S. H., SEALY, W. C. and ROBICSEK, F. R. (1988). "Surgical Treatment of Arrhythmias". *Am J Cardiol.* v. 61, p. 27A-44A.



- HANKEN, A. H. and JOSEPHSON, M. E. (1983). "When is Myocardial Mapping Clinical Valuable?". *Am. J. Surg.* v. 145, p. 746-751.
- HARRIS, L., DOWNAR, E., MICKLEBOROUGH, L., SHAIKH, N., PARSON, I. and CHEN, T. (1987). "Activation Sequence of Ventricular Tachycardia: Endocardial and Epicardial Mapping Studies in the Human Ventricle". *J Amm Coll Cardiol.* v. 10, p. 1040-1047.
- IDEKER, R. E., SMITH, W. M., BLANCHARD, S.M., REISER, S. L., SIMPSON, E. V., WOLF, P.D. and DANIELEY, N. D. (1987). "Simultaneous Multichannel Cardiac Mapping Systems". *Pace.* v. 10, p. 281-292.
- MICKLEBOROUGH, L. L., HARRIS, L., DOWNAR, E., PARSON, I. and GRAY, G. (1988). "A New Intraoperative Approach for Endocardial Mapping of Ventricular Tachycardia". *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* v. 95, p. 271-280.
- MICKLEBOROUGH, L. L. (1989). "Surgery for Ventricular Tachycardia: Intraoperative Mapping Techniques". *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery.* v. 1, p. 74-82.
- ONUFER, J. R. and CAIN, M. E. (1991). "Impact of Mapping and Ablation of Ventricular Tachycardia on Management Strategies for the 1990's". *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* v. 2, p. 77-91.
- PETITIER, H., POLU, J., DODINOT, B., SOMMELET, P., MATHIEU, P. e FAIVRE, G. (1971). "Tachycardie Ventriculaire Irréductible Traitment par Electrocoagulation après Localisation du Foyer". *Arch Mal Coeur.* v. 64, p. 331-351. (citado em Gallagher, 1982).
- SOSA, E., BARBERO, M., SCALABRINI A., PIERACCIANI, G., RALTI, M., PILEGGI, F. e VERGINELLI, G. (1983). "Tratamento Cirúrgico da Taquicardia Ventricular Recorrente: Avaliação Tardia Clínica, Eletrofisiológica e Angiográfica". *Arq. Bras. Cardiol.* v. 41, p. 241-246.
- WIT, A. L., ALLESSIE, M. A., BONKE, F. I. M., LAMMERS W., SMEETS J. and FENOGLIO Jr, J. J. (1982). "Electrophysiologic Mapping to Determine the Mechanism of Experimental Ventricular Tachycardia Initiated by Premature Impulses". *The American Journal of Cardiology.* v. 40, p. 166-185.

**METHOD FOR CONSTRUCTION OF A MULTIELECTRODE ARRAY FOR MAPPING THE ELECTRICAL ACTIVITY OF MYOCARDIAL SURFACE.**

H. T. Oyama<sup>1</sup>, I. A. Cestari<sup>2</sup>, M. Mazzetto<sup>3</sup> and A. A. Leirner<sup>4</sup>

**ABSTRACT** -- The present paper describes the fabrication techniques of two multielectrode recording array (128 electrodes) utilized for mapping the electrical activity of the heart. Mapping of the heart surface activity is of practical importance to research the ectopic focus during surgical procedures for correction of recurrent ventricular tachycardia. To allow mapping of endocardial (left ventricle) and epicardial surfaces a balloon and a sock were made with latex and extensible cloth on the top of which fixation of the electrodes was performed. The electrodes are connected to stranded stainless-steel, to a flat cable with multipin connector and interfaced to an electronic circuitry and microcomputer-based system for signal amplification, multiplexing, processing, data acquisition and display. Tests were performed in dogs and the results obtained showed the feasibility of utilizing the devices fabricated to record the electrical activity of the heart.

**Keywords:** Heart Activity Mapping, Multielectrode, Sock and Balloon for Mapping.

---

<sup>1</sup> Engineer, Divisão de Bioengenharia, InCor, HCFMUSP - São Paulo - SP

<sup>2</sup> Development Director, Divisão de Bioengenharia, InCor, HCFMUSP - São Paulo - SP

<sup>3</sup> Engineer, Divisão de Bioengenharia, InCor, HCFMUSP - São Paulo - SP.

<sup>4</sup> Division Director, Divisão de Bioengenharia, InCor, HCFMUSP - Av. Enéas de Carvalho Aguiar, 44 - CEP 05403 - Cerqueira César - São Paulo - SP, Brazil