

# Estimulação Cardíaca Bicameral com Sensor que se Orienta pela Análise da Função Contrátil do Coração

Cássio José SGARBI(\*)

Reblampa 78024-291

Sgarbi CJ. Estimulação cardíaca bicameral com sensor que se orienta pela análise da função contrátil do coração. Reblampa 2001; 14(1): 33-37.

**RESUMO:** A evolução tecnológica tem auxiliado no aperfeiçoamento dos marcapassos, principalmente no que se refere ao sensor e à programabilidade. Entre estas mudanças, temos observado a adaptação da frequência de estimulação usando um sensor que ajusta sua frequência de estimulação através da medida do período de pré-ejeção do ventrículo direito, o que possibilita um equilíbrio entre a oferta e o consumo de oxigênio. O gerador foi implantado em dez pacientes com idades entre 27 e 92 anos (média 51,9), sendo 6 do sexo masculino. A indicação predominante para o implante foi a doença de Chagas presente em 5 pacientes. O objetivo foi avaliar a resposta de frequência do marcapasso em situações de esforço físico e mental, tanto em ambulatório, como nas atividades diárias do paciente. Além das avaliações dos limiares de estimulação e de sensibilidade atrial e ventricular, foram realizados testes de estresse mental (matemático e de percepção) e teste ergométrico, monitorados com histograma de frequência gravados pelo próprio marcapasso. A média dos limiares agudos de estimulação foi de  $0,80 \pm 0,39V$  e  $0,94 \pm 0,60V$ , e de sensibilidade  $2,84 \pm 2,94mV$  e  $9,08 \pm 5,02mV$ , para átrio e ventrículo, respectivamente. A média dos limiares crônicos de estimulação foi de  $1,42 \pm 0,86V$  e  $1,15 \pm 0,51V$  e de sensibilidade foi de  $4,72 \pm 2,82mV$  e  $6,25 \pm 1,53mV$ , respectivamente para átrio e ventrículo. A frequência cardíaca variou de 5% a 117,9% nas atividades físicas e de 1,2 a 79,1% nas atividades mentais, com elevação apropriada logo no início da atividade.

**DESCRITORES:** marcapasso, sensor, adaptação de frequência.

## INTRODUÇÃO

No seu início, a estimulação cardíaca artificial tinha como objetivo primordial eliminar os sintomas e reduzir a mortalidade dos pacientes com bloqueios atrioventriculares avançados. Essa finalidade foi conseguida já nas primeiras gerações de marcapassos, que inicialmente eram assíncronos (VOO) e depois síncronos ou de demanda (VVI).

Posteriormente, na década de 80, a estimulação bicameral teve um grande incremento com os enormes avanços tecnológicos ocorridos tanto na fabricação dos marcapassos como na utilização de circuitos integrados com alta capacidade de programabilidade e baixo consumo de energia.

A utilização clínica maciça dessa estimulação cardíaca, dita "fisiológica", conseguiu promover uma

(\*) Médico assistente do Departamento de Cirurgia Cardíaca e do Serviço de Marcapasso do IMC – São José do Rio Preto – SP. Endereço para correspondência: IMC – Instituto de Moléstias Cardiovasculares de São José do Rio Preto. Rua Rafael Vernucci, 278 – CEP: 15080-250 – São José do Rio Preto – SP. Fone: (0XX17) 226.6305. E-Mail: c.sgarbi@uol.com.br Trabalho encaminhado à **Reblampa** para obtenção do título de Membro Especialista do **Deca-SBCCV**, recebido em 03/2000 e publicado em 03/2001.

melhora da função cardíaca dos pacientes, através da correção das bradiarritmias e da restauração do sincronismo atrioventricular do coração<sup>1</sup>. Entretanto, quando existe insuficiência cronotrópica relacionada ao exercício, esses benefícios tornaram-se limitados. Por isto, um paciente com marcapasso de frequência fixa consegue sustentar um consumo de energia bem menor do que um com sensor<sup>2,3</sup>.

Para proporcionar uma melhor adaptação cardiovascular e uma maior liberdade ao exercício, os marcapassos atuais devem ter sensores que possibilitem uma melhor resposta de frequência. O objetivo é o benefício proporcionado pela restauração de um débito cardíaco mais eficiente e uma adequada performance do sistema cardiovascular<sup>4</sup>.

O centro regulador do sistema cardiovascular é o coração, que proporciona o controle do fluxo sanguíneo e o débito cardíaco através de uma associação de vários sinais sistêmicos. Esses sinais têm uma relação muito íntima com o sistema nervoso central, principalmente na regulação do débito cardíaco. Como o débito cardíaco é o produto da frequência cardíaca e do volume sistólico, o ajuste é efetuado pelas variações desses parâmetros sem esquecer suas ligações com a resistência periférica, os quimiorreceptores, os barorreceptores etc. Por isto, o sensor ideal deve ser aquele que ajusta a frequência de estimulação, mesmo frente às mínimas variações desses sensores espalhados pelo organismo<sup>5</sup>.

Apesar deste conceito ser o ideal, sua correta avaliação na prática é bastante difícil. Assim sendo, este trabalho propõe-se a analisar um novo sensor dotado de um sistema tecnológico avançado, capaz de compor uma curva de frequência, analisando a contratilidade cardíaca, através de medidas de impedância intracardíaca unipolar. Na realidade, através desta informação, captam-se as variações do tônus simpático do organismo, intimamente relacionado com o sistema nervoso autônomo, o sistema humoral e as variações hemodinâmicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O marcapasso utilizado monitora um parâmetro do próprio controle cardiovascular, no caso a contratilidade cardíaca, obtida pela medida da impedância cardíaca unipolar, para adaptação da frequência de estimulação cardíaca num sistema de malha fechada que teoricamente possibilita um ajuste a todas as necessidades fisiológicas.

Dez pacientes foram estudados, sendo 6 do sexo masculino e 4 do feminino. A idade variou de 27 a 92, com média de 51,7 anos. A doença de Chagas foi a indicação do implante em 5 casos, causa era desconhecida em 2, a doença do nó sinusal fez-se presente em um caso e em outros, a causa foi congênita.

Utilizou-se o sistema de estimulação bicameral com eletrodos endocárdicos bipolares e como indicador para a resposta de frequência, um parâmetro do próprio controle cardiovascular – a contratilidade cardíaca, medida a partir do registro da impedância cardíaca feito no pólo distal do cabo-eletrodo ventricular, tendo a carcaça do gerador como outro pólo. As variações da impedância obtidas nessa configuração são ocasionadas principalmente por mudanças da condutividade em torno do eletrodo distal. Devido às mudanças da contratilidade cardíaca, do volume de sangue e da própria massa miocárdica em torno do eletrodo, ocorridas durante as fases de contração isovolumétrica e de ejeção, a condutividade apresenta-se variável, refletindo as mudanças tônicas e geométricas do miocárdio. O registro da impedância constitui então um parâmetro que se correlaciona muito bem com a contratilidade cardíaca e portanto, com o tônus simpático.

A calibração e a programação do sensor foi realizada 30 dias após o implante. Decorrido esse tempo, foram verificadas as medidas dos limiares de estimulação e de sensibilidade atrial e ventricular, assim como da impedância dos cabos-eletrodos atrial e ventricular. Na mesma oportunidade, foi feita a calibração e a programação do marcapasso(MP). A partir desse ajuste, o MP passou automaticamente a variar a frequência de estimulação em função da variação do tônus cardíaco, ficando portanto sensível às variações do sistema nervoso autônomo.

Após a calibração, todos os pacientes ficaram programados no modo de estimulação DDDR, ou seja, estimulação bicameral com resposta de frequência.

Para a avaliação da variação da frequência de estimulação, os pacientes foram submetidos a testes de estresse mental e físico, incluindo o teste ergométrico em esteira rolante e as subidas e descidas de escada com 20 degraus.

## RESULTADOS

A média de limiares agudos de estimulação foi de  $0,80 \pm 0,39$  e  $0,94 \pm 0,60V$  e a média de limiares de sensibilidade foi de  $2,84 \pm 2,94$  e  $9,08 \pm 5,02mV$ , para átrios e ventrículos, respectivamente.

Por ocasião da calibração do MP, feita 30 dias após o implante, a média dos limiares de estimulação foi de  $1,42 \pm 0,86$  e  $1,15 \pm 0,51V$ , e a dos limiares de sensibilidade foi de  $4,72 \pm 2,82$  e  $6,25 \pm 1,53mV$ , para átrios e ventrículos, respectivamente.

A avaliação dos testes de estresse mental mostra uma variação da frequência cardíaca de 2,2 a 78,8% para os testes matemáticos e de 1,2 a 79,1% para os testes de percepção visual.

Na avaliação dos testes de atividade física, notou-se uma variação da frequência cardíaca de 5,0 a 73,3% após a calibração e de 22 a 117,9% 30 dias após a calibração.

Analisando estes dados, é possível notar claramente as fases de transição entre o repouso, o exercício e a recuperação. Além disso, verifica-se uma modificação da frequência de maior expressão durante o exercício, permitindo um ajuste do débito cardíaco pelas alterações de frequência e tônus, que estão intimamente relacionados. Disto decorre a grande vantagem do sensor de contratilidade que, monitorando as alterações do tônus cardíaco, possibilita o ajuste adequado da frequência de estimulação.

A impedância total pode ser representada por diferentes resistores em série e em paralelo, da qual a impedância obtida pela contração ventricular é apenas uma parte, sendo que os outros componentes dependem do tipo de eletrodo, do local de implante, das condições físicas do paciente etc.

Os parâmetros analisados confirmam que é possível correlacionar as variações obtidas do sistema nervoso autônomo através do método da condutância intraventricular.

## DISCUSSÃO

Quando aumentam as necessidades metabólicas do organismo, ocorrem simultaneamente aumentos dos impulsos nervosos, das influências hormonais e da ação de outros órgãos sobre o coração. A reação desses órgãos ou sistemas pode ser utilizada como um indicador indireto do desempenho que o organismo exige de um marcapasso com resposta de frequência. Nem todos estes sinais tem o mesmo significado fisiológico, podendo por isto apresentar respostas diferentes frente ao repouso, à atividade física, ao estresse ou a um desequilíbrio metabólico<sup>6</sup>.

O aumento da demanda metabólica provoca uma estimulação hormonal e autônoma sobre o coração, causando um aumento da frequência, da força e da velocidade de contração. Isto leva a mudanças quase que simultâneas das fases elétrica e mecânica, havendo então a necessidade imediata de adaptação entre a fase mecânica e elétrica, com o encurtamento do ciclo elétrico, durante o ciclo cardíaco<sup>7</sup>.

A resposta do sistema nervoso autônomo é muito rápida em pessoas normais, provocada por uma maior ação de catecolaminas circulantes, produzidas pela medula da supra-renal em resposta a uma queda pressórica, emitida pelo seio carotídeo. Uma análise convencional da função reflexa do seio carotídeo tem mostrado que este primariamente influencia a

freqüência cardíaca e a resistência vascular periférica. Dependendo da resposta, pode ocorrer variação do vigor da contração atrial, tanto por alteração reflexa do vago eferente e dos impulsos simpáticos, como pode variar substancialmente o enchimento ventricular<sup>8</sup>.

O aumento da resistência vascular periférica durante uma hipotensão carotídea mantém a pressão aórtica mais alta, através de um equilíbrio entre o volume sistólico e a freqüência cardíaca. Isto também leva a um bom fluxo coronariano e, conseqüentemente, a uma boa contratilidade ventricular. O aumento da freqüência cardíaca, por si só, influencia uma melhora na contratilidade ventricular, levando concomitantemente a uma efeito inotrópico positivo, devido a um estímulo simpático aumentado. A variação do retorno venoso para ambos ventrículos pode não ser a mesma, tanto em relação à quantidade, quanto ao tempo de enchimento ventricular<sup>9</sup>.

O sistema nervoso central tem disponíveis, caminhos eferentes diretos para o coração, razão pela qual tem condição de exercer simultaneamente regulação sobre a freqüência e a contratilidade cardíaca. Com isto, pode controlar a contração atrial, aumentando a contração atrial por estimulação simpática e diminuindo a estimulação vagal. Estes mesmos caminhos simpáticos eferentes podem diretamente causar uma contração ventricular mais ou menos forçada, qualquer que seja o volume diastólico final e o comprimento da fibra<sup>10</sup>.

O efeito do estresse mental pode promover mudanças profundas no funcionamento do sistema cardiovascular, particularmente na freqüência cardíaca, provocando seu aumento ou sua diminuição, às vezes de forma brusca, dependendo do tipo de estímulo. O mesmo efeito surge quando é exigido do paciente a realização mental de tarefas aritméticas. Estes efeitos sugerem ação simpática no sistema cardiovascular, levando com isto a uma maior demanda periférica. Caso este paciente seja portador de um sensor, dele será exigida a mudança do modo de estimulação<sup>11,12</sup>.

Processos internos e externos são capazes de alterar a resistência vascular periférica total, com a finalidade de aumentar as necessidades teciduais periféricas. A diminuição desta resistência pode levar à queda de pressão arterial, detectada pelos barorreceptores da medula oblonga. Daí saem informações para mudar o tônus simpático e vagal, com alteração da freqüência cardíaca e do volume sistólico. Este produto leva à manutenção do débito cardíaco que, com seu aumento, leva também a um aumento da pressão arterial média. Com esta informação final, fecha-se uma alça controlada por vários parâmetros. Em caso de perda da função sinusal, um

marcapasso com sensor fisiológico pode restaurar a resposta cronotrópica, por atender apropriadamente todos estes distúrbios<sup>13</sup>.

Estas informações podem ser obtidas através das medidas de impedância captadas por um eletrodo intracardíaco que tem acesso às variações do tônus simpático e parassimpático. A análise detalhada dos dados de impedância traz informações sobre o cronotropismo, o inotropismo e o dromotropismo do coração. Esses dados são analisados por um sensor computadorizado dentro do gerador, que converte as informações em respostas de estimulação, que este coração deverá receber para manter em equilíbrio as demandas periféricas do paciente<sup>14,15</sup>.

A manutenção sempre que possível da fisiologia cardíaca, feita pela estimulação artificial, melhora a resposta hemodinâmica durante a atividade física, em pacientes com bloqueio atrioventricular completo, por restaurar a relação temporal entre a contração atrial e ventricular. Isto certamente leva ao paciente uma melhor tolerância ao exercício. O valor do transporte atrial é maior em pacientes com disfunção ventricular, que podem ser beneficiados substancial-

mente com a manutenção desse tipo de relacionamento, já que um sensor tipo alça fechada pode realmente contribuir para a manutenção da demanda periférica de oxigênio<sup>16</sup>.

## CONCLUSÕES

A evolução desses 10 pacientes portadores de doença no sistema de condução do coração, que receberam implante de marcapasso bicameral dotado de sensor regulado pelas variações do sistema nervoso autônomo, permitiu: o restabelecimento dos mecanismos fisiológicos de adaptação da frequência, a realização de uma programação individualizada e, a avaliação satisfatória da frequência de estimulação durante as atividades físicas e mentais.

## Agradecimentos:

Gostaria de agradecer aos médicos da equipe de cirurgia cardíaca e marcapasso do IMC – São José do Rio Preto, que colaboraram na realização deste trabalho: Drs. Oswaldo Tadeu Greco, Augusto Cardinali, Roberto Vito Ardito, Rinaldo C. Santos, Renata A B. Bogdan e Francismar V. Arruda Jr.

Reblampa 78024-291

---

Sgarbi CJ. Dual chamber pacing with sensor oriented by the analysis of the contractile function of the heart. Reblampa 2001; 14(1): 33-37.

**ABSTRACT:** Technological improvement has helped pacemakers a great deal, especially with regard to sensors and programmability. Among those changes we have observed the adaptation of frequency of stimulation with the use of a sensor that adjusts the stimulation rate through the measurement of the right ventricle pre-ejection period. Ten patients received this generator, ages from 27 to 92 years-old (mean 51.9). There were six males and the prevailing indication for the implant was Chagas' disease in 5 patients. The aim was to evaluate the pacemaker's rate response during physical and mental stress, in ambulatory as well as in daily activities of the patient. In addition to the threshold evaluations, mental and physical tests were done (mathematical and awareness), monitored by the rate histogram of the pacemaker. The average of the acute thresholds of stimulation were  $0.80 \pm 0.39$  and  $0.94 \pm 0.60V$ , sensibility  $2.84 \pm 2.94mV$ , and  $9.08 \pm 5.02mV$ , for atrium and ventricle, respectively. Heart rate increased from 5 to 117.9% during physical activities and from 1.2 to 79.1% during mental activities, with appropriate elevation right at the beginning of the activity.

**DESCRIPTORS:** pacemaker, sensor, rate-responsiveness.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Gross JN, Moser S, Benedek ZM, Andrews C, Furman S. DDD pacing mode survival in patients with a dual chamber pacemaker. JACC 1992; 19: 1536-41.
- 2 Vardas PE, Simantirakis EN, Parthenakis FI, Chrysostomakis SI, Skolidis EI, Zunidakis EG. AAIR versus DDDR pacing in patients with impaired sinus node chronotropy: An echocardiographic and cardiopulmonary study. PACE 1997; 20: 1762-8.
- 3 Andrade JCA. Marcapassos com biosensores. Reblampa 1988; 1: 32-8.
- 4 Barold SS, Climenty J. The promise of improved exercise performance by dual sensor rate adaptive pacemakers. PACE 1997; 20: 607-9.
- 5 Schaldach M. O período de pré-ejeção como controle para marcapassos com resposta de frequência. Reblampa 1989; 2: 123-9.
- 6 Schaldach M. Progressos na estimulação cardíaca artificial. Socesp 1994; 1: 47-61.

- 7 Chirife R. Physiological principles of a new method for rate responsive pacing using the pre-ejection interval. *PACE* 1988; 11: 1545-54.
- 8 Channon KM, Hargreaves MR, Gardner M, Ormerod OJM. Noninvasive beat-to-beat arterial blood pressure measurement during VVI and DDD pacing: relationship to symptomatic benefit from DDD pacing. *PACE* 1997; 20: 25-33.
- 9 Barold SS, Mugica J. Estimular ou sentir o átrio, salvo contra-indicações: regra de ouro da estimulação cardíaca dos anos 90. *Rebrampa* 1994; 7(3): 107-18.
- 10 Greco OT, Ardito RV, Lorga AM, Schaldach M. O uso de marcapasso de dupla-câmara com sensor dirigido pelo sistema nervoso autônomo em pacientes chagásicos. *Rebrampa* 1994; 7(3): 119-23.
- 11 Ruitter JH, Heemels JP, Kee D, Mechelen R. Adaptive rate pacing controlled by the right ventricular pre-ejection interval: clinical experience with a physiological pacing system. *PACE* 1992; 15: 886-94.
- 12 Andrade JCS, Barbosa GV, Brofman PRS, et al. Avaliação do sensor de contratilidade cardíaca em sistema DDDR – estudo multicêntrico. *Rebrampa* 1998; 11(3): 113-20.
- 13 Sant'Anna JRM, Ludnig E, Lucchese FA, Schaldach M. Avaliação da fração de ejeção de ventrículo esquerdo no exercício moderado durante estimulação cardíaca ventricular e atrioventricular com resposta de frequência. *Rebrampa* 1992; 5: 35-40.
- 14 Schaldach M, Huntten H. Intracardiac impedance to determine sympathetic activity in rate responsive pacing. *PACE* 1992; 15: 1778-86.
- 15 Greco OT, Ardito RV, Souza DRS, Schaldach M. Marcapasso com sensor de contratilidade regulado pelas variações do sistema nervoso autônomo na miocardiopatia chagásica crônica. *Arq Bras Cardiol* 1998; 71: 751-61.
- 16 Greco OT, Garzon SAC, Lorga AM, Ardito RV. Marcapasso de dupla-câmara na cardiopatia chagásica crônica. *Rebrampa* 1992; 5(1/2): 15-8.