

Marcapasso responsivo baseado em atividade: Comparação entre um aparelho que utiliza acelerômetro e um com cristal piezoelétrico

David W. BACHARACH⁽¹⁾, Timothy S. HILDEN⁽¹⁾, Jay O. MILLERHAGEN⁽²⁾, Barbara L. WESTRUM⁽²⁾, John M. KELLY⁽¹⁾

REBRAMPA 78024-23

BACHARACH, D. W.; HILDEN, T. S.; MILLERHAGEN, J. O.; WESTRUM, B. L.; KELLY, J. M. - Marcapasso responsivo baseado em atividade: Comparação entre um aparelho que utiliza acelerômetro e um com cristal piezoelétrico. *Rev. Bras. Marcapasso e Arritmia*, 6(1): 21-30, 1993.

RESUMO: Dois marcapassos responsivos, um EXCEL™ VR, equipado com acelerômetro (AC) e outro LEGEND™, dotado de cristal piezoelétrico (PZ), foram comparados sob condições ergométricas e durante a subida de escada para verificar a adequação de suas respostas. Os marcapassos, programados dentro dos parâmetros nominais dos fabricantes de modo a comparar diferentes tecnologias de sensores sob condições idênticas, foram fixados sobre a região peitoral média esquerda dos voluntários. O posicionamento dos marcapassos foi randomizado para controlar os efeitos causados pela posição. Dez indivíduos saudáveis (55-72 anos) completaram um teste de esteira graduado para 80% da frequência cardíaca máxima prevista. Um grupo adicional de dez pacientes (50-66 anos) completou um protocolo de exercício envolvendo o uso de bicicleta ergométrica e subida de escadas. Durante todos os testes, foram monitoradas as frequências do marcapasso e a dos voluntários (intrínseca). Para o exercício na esteira, as correlações médias entre as frequências dos marcapassos AC e PZ, para o grupo como um todo, foram $r = 0,92$ e $r = 0,82$, respectivamente. Também foram feitas comparações individuais entre a frequência do marcapasso e a FC intrínseca de cada voluntário. A média das diferenças entre a frequência intrínseca foi de 11 ppm para o marcapasso AC e de 24 ppm para o PZ. Além disso, a frequência máxima do marcapasso PZ foi significativamente menor ($105 \pm 9,6$ ppm) do que as outras duas frequências (AC 137 ± 6 ppm; FC intrínseca 129 ± 2 bpm). Durante o teste na bicicleta ergométrica, a FC intrínseca foi maior do que as frequências de estimulação dos marcapassos AC e PZ. Entretanto, a frequência do marcapasso AC foi significativamente maior do que a do PZ. Quando os indivíduos subiram escadas, houve uma correlação muito próxima entre a FC intrínseca e a do AC, mas a frequência do marcapasso PZ foi significativamente menor. Nenhum dos marcapassos teve sua frequência de estimulação sobreposta à FC intrínseca durante a descida das escadas. Estes resultados indicam que o marcapasso AC se aproxima mais da FC intrínseca de indivíduos saudáveis durante a atividade ergométrica e a subida de escadas do que o PZ. Apesar das três atividades avaliadas constituírem uma representação pobre de outras tarefas diárias, estes resultados oferecem suporte para que o uso de um marcapasso AC seja considerado. Estes dados também sugerem a necessidade de melhores pesquisas com marcapassos responsivos baseados em atividade, após a otimização dos parâmetros para cada indivíduo, a fim de encontrar os melhores níveis de sensibilidade e especificidade do movimento humano.

DESCRITORES: marcapassos responsivos, marcapassos controlados pela atividade.

INTRODUÇÃO

Muitos sistemas de marcapassos responsivos utilizam um cristal piezoelétrico (PZ) aderente à parede

interna da carcaça para captar os movimentos do corpo^{6,10}. Este sensor mecânico baseia sua resposta na contagem de um sinal limiar gerado no interior do cristal⁵. Apesar desses sistemas apresentarem res-

(1) Human Performance Laboratory, Department PERSS, St. Cloud State University, St. Cloud.

(2) Cardiac Pacemakers, Inc., St. Paul, Minnesota, USA.

Human Performance Laboratory, Halenbeck Hall, Dept. PERSS, St. Cloud State University, St. Cloud, MN 56301. Fax: (612) 255.2099.

Trabalho original traduzido pelo Biomédico Roberto Carlos Lafini.

Trabalho recebido em 11/1992 e publicado em 04/1993.

posta rápida, uso relativamente fácil e oferecerem um inquestionável suporte para a estimulação adaptativa¹², apresentam algumas limitações^{1,7,8,10,12,14,15}. O desempenho desses aparelhos varia de paciente para paciente e uma *performance* aceitável freqüentemente requer um fino ajuste dos parâmetros. Mesmo com o cuidadoso ajuste dos parâmetros, nem sempre as freqüências de estimulação atingidas se mostram proporcionais à intensidade do exercício^{5,6,15}. Somasse a isso, respostas inapropriadas, algumas vezes resultantes de vibrações não associadas à atividade física. Isto deve ocorrer porque alguns marcapassos são mais sensíveis às freqüências na faixa de 10-50 Hz¹⁵, enquanto que muitos movimentos físicos somente geram freqüências acima de 6 Hz^{1,4,9}. Adicionalmente, um PZ montado junto a carcaça se torna dependente da distorção dessa carcaça.

Com isso em mente, o propósito deste estudo é o de comparar o desempenho de um marcapasso típico com um PZ aderente à carcaça (Legend™, Medtronic, Inc.; Minneapolis, MN, USA) e o de outro que utiliza um acelerômetro de silício como sensor para modulação da freqüência (EXCEL™ VR, Cardiac Pacemaker, Inc., St. Paul, MN, USA). O acelerômetro baseia sua resposta em alterações de resistência geradas por uma massa de silício completamente incorporada ao circuito do gerador de pulso, a qual acompanha os movimentos do corpo e não da carcaça propriamente dita. Os autores reconhecem que estudos dessa natureza apresentam no seu projeto, algumas limitações. Essas limitações incluem a montagem externa dos marcapassos, os quais podem responder de forma diferente quando implantados. Também o grupo amostral estudado pode não representar fielmente a população dos pacientes que irão receber estes marcapassos e os exercícios de teste podem não simular as atividades diárias dos pacientes.

Com respeito a essas limitações, MIANULLI *et alii*¹ e BENDITT *et alii*⁸ relataram que a fixação, através de uma correia, dos marcapassos responsivos é uma representação válida da resposta desses geradores de pulso, desde que sejam utilizadas técnicas padronizadas.

Comparando a freqüência de estimulação durante o repouso e no pico, MIANULLI *et alii*¹ encontraram uma diferença média de 6 pulsos por minuto (ppm) e 4 ppm, respectivamente. Apesar de, até esta data, nenhum estudo ter relatado informações válidas derivadas especificamente do marcapasso PZ tal como o utilizado neste estudo, programado nos valores nominais, definiu-se que o sistema de fixação através de correias poderia fornecer informações válidas para comparação entre marcapassos fixados através do mesmo sistema.

Os voluntários que se apresentaram para este

estudo foram selecionados pela idade (65 ± 10 anos), com a finalidade de representar portadores típicos de marcapasso.

Incluimos também dois testes clínico-laboratoriais - padronizados (esteira e bicicleta ergométrica), juntamente com uma atividade diária (subida de escadas) em duas freqüências diferentes, numa tentativa de obter uma resposta ao exercício diferente daquela encontrada em testes clínicos padronizados. Através da incorporação desses procedimentos, foram consideradas as limitações mais cruciais desse estudo.

MÉTODOS

O desempenho dos marcapassos AC e PZ foi avaliado durante o exercício graduado na esteira, na bicicleta ergométrica e durante a movimentação numa escada, em duas escalas diferentes: subida e descida. Os dois marcapassos tiveram seus parâmetros ajustados, para velocidade de resposta, número de ppm para determinado nível de atividade e tempo de retorno para freqüência básica de estimulação. Como o ajuste dos parâmetros para a otimização da resposta frente a uma atividade não é padronizado, os parâmetros nominais forneceram uma forma de comparar diferentes tecnologias sob condições idênticas. Os valores nominais de tempo de resposta, limiar e tempo de recuperação foram considerados como sendo similares entre os marcapassos. Os limites máximos e mínimos de freqüência foram programados em 170 ppm e 60 ppm, respectivamente, para ambos.

EXERCÍCIO NA ESTEIRA

Dez indivíduos assintomáticos (sete homens e três mulheres) pertencentes a um programa de reabilitação cardíaca/condicionamento para adultos foram avaliados durante o exercício graduado em esteira, utilizando-se o protocolo CAEP (Chronotropic Assessment Exercise Protocol)¹⁶. A idade média foi 63 anos, numa faixa de 55-72 anos.

Os marcapassos (AC e PZ) foram firmemente fixados na região peitoral média do tórax esquerdo, utilizando-se um colete torácico especializado. A forma de colocação do equipamento dentro do colete torácico foi randomizada para controlar qualquer possibilidade dos efeitos do posicionamento. Durante a caminhada sobre a esteira, os indivíduos usaram tênis de sola macia. Foram instruídos para não utilizar o suporte das mãos durante o teste. Os voluntários descansaram de 2-5 minutos antes do exercício para assegurar que as freqüências dos marcapassos estivessem a 5 ppm de sua freqüência básica de estimulação. A seguir eles realizaram o teste de acordo com o protocolo CAEP até atingir 80% da freqüência cardíaca máxima prevista ($220 - \text{idade}$), seguido por um período de repouso de 5-10 minutos.

As médias das freqüências intrínsecas e dos

marcapassos foram registradas a cada 5 segundos por um sistema de gravação multi-canal (Labview™ II, National Instruments, Austin, TX, USA).

BICICLETA ERGOMÉTRICA

Outro grupo de dez indivíduos (idades 50-66) realizou um protocolo, de duas partes, de exercício progressivo numa bicicleta ergométrica. Esses elementos e os marcapassos foram controlados através de um sistema UNIG™ (Computer Instrument Corp., Hempstead, NY, USA) CIC. Os marcapassos foram fixados no tórax utilizando-se Elasticon™ (Johnson e Johnson Co; Buffalo, NY, USA), alternando-se, uma vez mais, a colocação para controlar os efeitos do posicionamento. Os três eletrodos (marcapasso AC, marcapasso PZ e FC intrínseca) foram conectados de forma a separar os traçados a serem gravados a cada 5 segundos (FC intrínseca e frequência de estimulação).

A primeira parte do teste serviu para determinar como o incremento da frequência das pedaladas, numa potência constante, poderia influenciar a FC e/ou as frequências de estimulação. Os indivíduos mantiveram-se sentados e quietos na bicicleta, enquanto eram registradas a FC intrínseca, as frequências de estimulação e a pressão sanguínea.

O teste foi iniciado com os pedais numa frequência de 50 revoluções por minuto (rpm) e uma potência constante de 25 watts (W). Após um curto período (aproximadamente 1 minuto), o teste foi encerrado, tendo início o período de recuperação, a fim de permitir que todas as frequências retornassem aos valores de base.

O segundo estágio foi então realizado em 60 rpm, 25 W, seguido de um período de recuperação. O terceiro estágio desenvolveu-se em 70 rpm, 25 W, seguido de nova recuperação.

A parte 2 do teste na bicicleta consistiu num protocolo de esforço progressivo onde houve o aumento de 25 W a cada minuto, até que fossem atingidos 80% da FC máxima prevista. Os indivíduos foram orientados a manter 50 rpm, para permitir a comparação dos resultados com testes clínicos comuns que utilizam tal frequência². As FCs intrínsecas e as frequências de estimulação dos marcapassos foram observadas e gravadas a cada 5 segundos durante todo o teste, desde o repouso inicial até os períodos de recuperação, passando pela fase de exercício. Cada teste foi encerrado quando a FC intrínseca e as frequências de estimulação ficaram abaixo de 100 bpm e dentro da faixa de 10% de seus limites inferiores, respectivamente.

SUBIDA DAS ESCADAS

O mesmo grupo que realizou o teste ergométrico na bicicleta também foi submetido a um protocolo

de subida de escada em passo normal e acelerado. Utilizando o mesmo equipamento de monitoração, os indivíduos inicialmente subiram e desceram escadas a 80 passos por minuto (marcha normal), utilizando um metrônomo para assegurar uma cadência apropriada.

Na segunda fase eles realizaram o mesmo protocolo, exceto pela frequência de 100 passos por minuto. Um período de repouso entre a subida e a descida e após cada fase permitiu que as frequências de estimulação voltassem aos seus valores mínimos e que a FC intrínseca retornasse a 10% do seu valor de base.

RESULTADOS

Teste na esteira ergométrica

Todos os indivíduos atingiram 80% da FC máxima prevista. Não foram observadas complicações. Informações descritivas sobre (FC) máxima e frequência de estimulação (FE) são fornecidas pela Tabela I.

As diferenças entre a média das FCs máximas e as frequências de estimulação foram de 8 ppm para o marcapasso AC e 24 ppm para o marcapasso PZ. Estas diferenças foram testadas utilizando-se uma análise de variância de um critério (ANOVA) revelando-se estatisticamente significantes ($F[2,18] = 9,61$, $P < 0,001$). Uma análise posterior (teste Scheffe F, $P < 0,05$) identificou diferenças significantes entre a FC intrínseca máxima (129 ± 8 bpm) e a FE do marcapasso PZ (105 ± 30 ppm) e entre as frequências de estimulação dos marcapassos AC (137 ± 18 ppm) e PZ. Não foi encontrada uma diferença significativa entre a média das FCs máximas e as médias das frequências de estimulação do marcapasso AC. As comparações individuais entre as frequências dos geradores de pulso e a frequência intrínseca dos indivíduos estão listadas na Tabela II. A correlação individual média em cada um dos equipamentos foi $r = 0,92$ e $r = 0,82$, com diferenças entre a média da FCs máximas e as médias das frequências de estimulação máximas de 11 ppm e 24 ppm para o AC e o PZ, respectivamente.

Foram feitas correlações entre a frequência de cada gerador de pulso e a FC dos indivíduos para o grupo como um todo (Figura 1). A correlação entre a FE do AC e a FC intrínseca do grupo de pessoas avaliadas foi $r = 0,80$. A correlação entre a FE do PZ e a FC dos indivíduos foi $r = 0,27$, sob condições idênticas.

As variações de ppm calculadas pela raiz da média dos quadrados (RMQ), que é a diferença absoluta entre cada ponto e a linha de melhor desempenho, foram 11 ppm para o AC e 26 ppm para o PZ. Os

TABELA I

INFORMAÇÕES DESCRITIVAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS SUBMETIDOS AO TESTE EM ESTEIRA ERGOMÉTRICA.						
INDIVÍDUO	SEXO	IDADE PREVISTA	80% DA FC MÁXIMA	FC INTRÍNSECA MÁXIMA	FREQ. ESTIMULAÇÃO MÁXIMA AC	FREQ. ESTIMULAÇÃO MÁXIMA PZ
1	M	72	118	123	124	112
2	M	55	132	142	142	161
3	M	62	126	116	111	77
4	M	62	126	134	157	140
5	M	63	126	122	132	78
6	F	67	122	130	135	66
7	M	62	126	131	157	98
8	F	55	132	135	157	100
9	F	68	122	125	142	129
10	M	64	125	131	110	89
MÉDIA		63	126	129	137	105
DP		5	4	8	18	30

AC = ACELERÔMETRO; PZ = PIEZOELÉTRICO; FC = FREQUÊNCIA CARDÍACA

TABELA II

COMPARAÇÃO ENTRE A FREQUÊNCIA DE ESTIMULAÇÃO DOS GERADORES DE PULSO E A FC INTRÍNSECA DURANTE O TESTE EM ESTEIRA ERGOMÉTRICA.

INDIVÍDUO	MARCAPASSO AC		MARCAPASSO PZ	
	r	X - Y MÉDIO	r	X - Y MÉDIO
1	0,93	1	0,91	5
2	0,92	21	0,82	42
3	0,94	1	0,26	19
4	0,96	9	0,72	28
5	0,88	16	0,91	28
6	0,96	4	0,90	32
7	0,96	20	0,92	22
8	0,95	13	0,95	20
9	0,89	17	0,86	8
10	0,76	5	0,90	40
Média	0,92	11	0,82	24

Os dados X e Y médio indicam o desvio da frequência do marcapasso da frequência intrínseca para cada indivíduo.

AC = acelerômetro; PZ = piezoelétrico.

montantes dos valores de r representam a faixa de respostas observadas em cada marcapasso. As correlações entre a FC intrínseca e as frequências dos marcapassos indicam que as respostas de cada modelo poderiam ser aceitáveis. Entretanto, a maior diferença absoluta média ocorreu em relação ao marcapasso PZ, sugerindo que aquele equipado com acelerômetro pode demonstrar maior especificidade ao exercício.

A recuperação, sendo uma função de uma constante decrescente para o pico os valores encontrados, revelou similaridade de tendência para cada marcapasso (Figura 2). Para o grupo como um todo, a correlação entre a resposta em frequência do marcapasso AC e a FC dos indivíduos foi de $r = 0,87$ (média das diferenças absolutas = 11 ppm), enquanto que a correlação entre a resposta em frequência do marcapasso PZ e a FC dos indivíduos foi $r = 0,65$ (média das diferenças absolutas = 14 ppm).

Bicicleta ergométrica

Durante o teste progressivo na bicicleta todas as pessoas avaliadas atingiram 80% da FC máxima prevista. As informações descritivas das FC e FE máximas para os indivíduos que tomaram parte nos testes na bicicleta ergométrica e subida de escadas estão contidas na Tabela III. Os valores médios (\pm erro padrão) são mostrados nas Figuras 3 e 4, para as duas fases do teste ergométrico em bicicleta.

Foi utilizada uma medição ANOVA, de dois critérios, em duplicata, para determinar as diferenças globais no teste progressivo em bicicleta. As Figuras 3 e 4 mostram que a FC foi consideravelmente maior que a frequência de estimulação dos dois marcapassos durante todo o protocolo em bicicleta, com potência constante (Figura 3) e com o aumento do esforço (Figura 4).

Em adição, o marcapasso AC apresentou frequências de estimulação significativamente maiores do que o marcapasso PZ para todos os níveis de esforço durante o exercício. Enquanto que o pedalar a 50, 60 e 70 rpm mostrou um aumento nas frequências para todas as mensurações, o incremento foi significativo somente para o marcapasso AC, conforme mostrado na Figura 3.

As mudanças percentuais na FC e nas frequências de estimulação também foram calculadas. Os incrementos do repouso ao exercício, em 25 W, para a FC intrínseca foram 14%, 21% e 23% em 50, 60 e 70 rpm, respectivamente. O marcapasso PZ, entretanto, aumentou apenas 0,5%, 3% e 4% em 50, 60 e 70 rpm, respectivamente. Resultados similares foram observados durante o teste de aumento de esforço na bicicleta. Os aumentos percentuais médios dos valores no repouso até o pico do exercício foram 75% para FC intrínseca, 41% para a FE do AC e 8% para a FE do PZ.

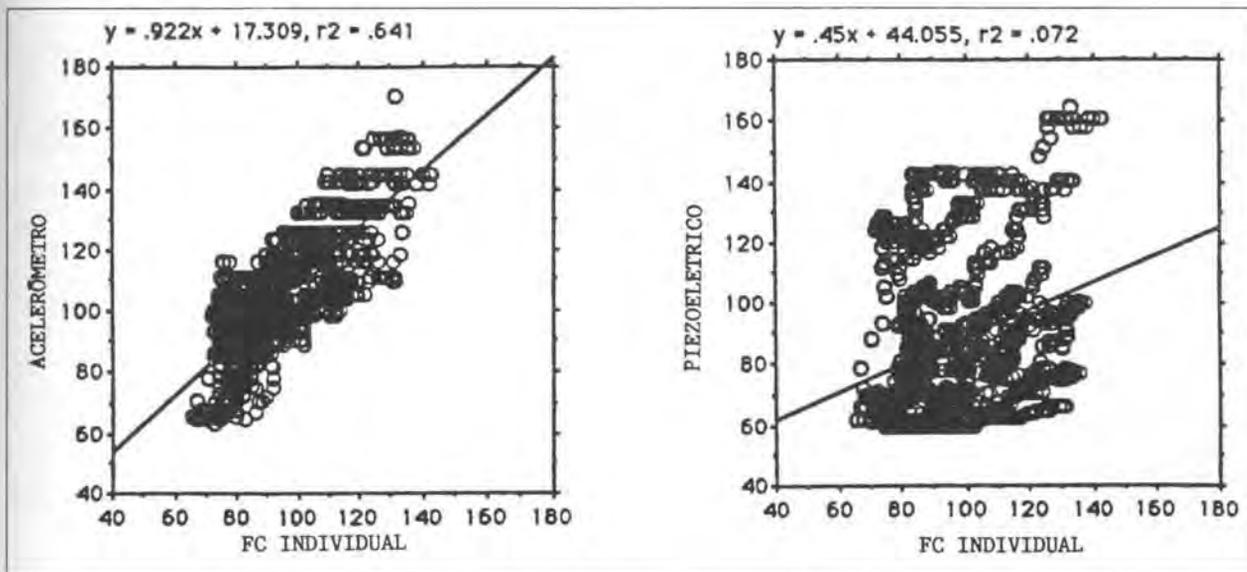


Figura 1 - Resposta dos marcapassos com acelerômetro e cristal piezoelétrico em comparação com a frequência cardíaca intrínseca dos indivíduos (FC), durante o exercício na esteira ergométrica.

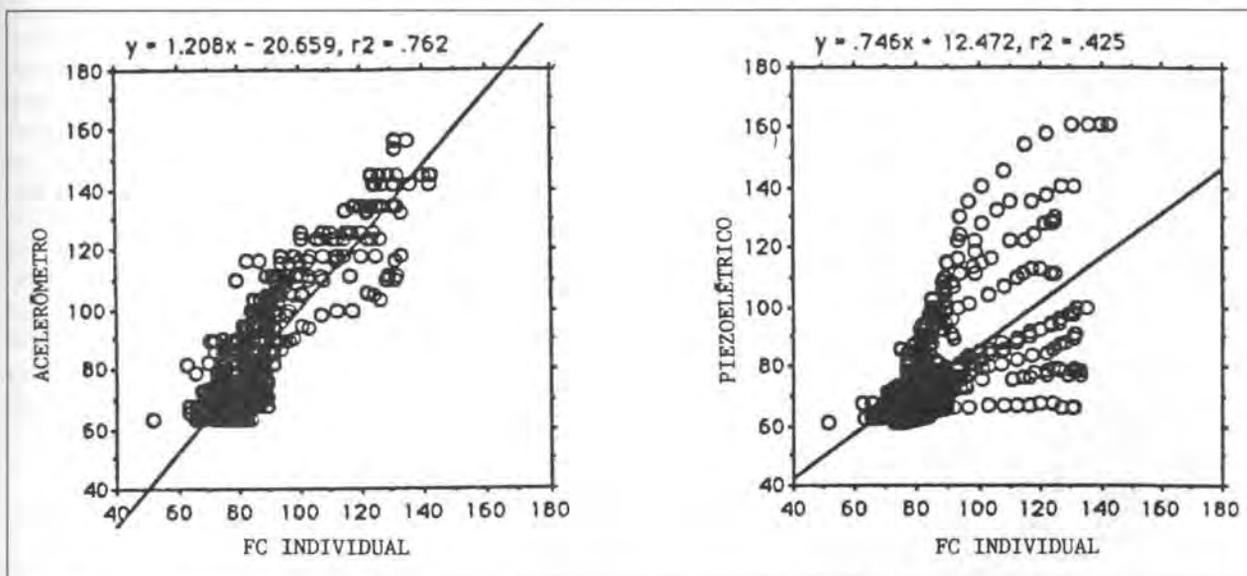


Figura 2 - Recuperação dos marcapassos com acelerômetro e cristal piezoelétrico em comparação com a frequência cardíaca intrínseca dos indivíduos (FC), durante o exercício na esteira ergométrica.

Subida e descida de escadas

Os valores médios (\pm erro padrão) para o protocolo de subida de escadas são mostrados na Figura 5. Foi utilizada uma análise de variância (ANOVA) de um critério ($P < 0,05$), para comparar a FC máxima e as frequências dos dois marcapassos.

Quando da subida das escadas em 80 e 100 passos por minuto, não foram observadas diferenças significantes entre a FC intrínseca e a FE do AC;

entretanto, a frequência do PZ foi significamente menor que as outras duas durante cada subida. Durante a descida, somente o AC a 80 passos por minuto foi significamente menor que a FC.

As alterações do marcapasso AC se comportaram de forma paralela às mudanças na FC intrínseca, tanto para a subida quanto para a descida. Por outro lado, o marcapasso PZ exibiu um incremento na descida que se mostrou paradoxal quando comparado à FC, para as duas cadências de passos.

TABELA III

INFORMAÇÕES DESCRITIVAS PARA TODOS OS INDIVÍDUOS SUBMETIDOS AO TESTE EM BICICLETA ERGOMÉTRICA E SUBIDA DE ESCADAS.

INDIVÍDUO	SEXO	IDADE	80% DA FC PREVISTA	FC INTRÍNSECA MÁXIMA	FREQ. ESTIMULAÇÃO MÁXIMA AC	FREQ. ESTIMULAÇÃO MÁXIMA PZ
1	M	55	132	135	83	60
2	M	55	132	132	78	65
3	M	61	127	128	83	60
4	M	52	134	140	99	85
5	M	61	127	128	95	68
6	F	59	127	148	78	92
7	M	50	136	134	99	78
8	F	60	128	140	99	85
9	F	50	136	144	78	60
10	M	51	136	137	73	60
MÉDIA		56	131	137	87	71
DP		4	4	6	10	12

AC = Acelerômetro; PZ = Piezoelétrico; FC = Frequência cardíaca

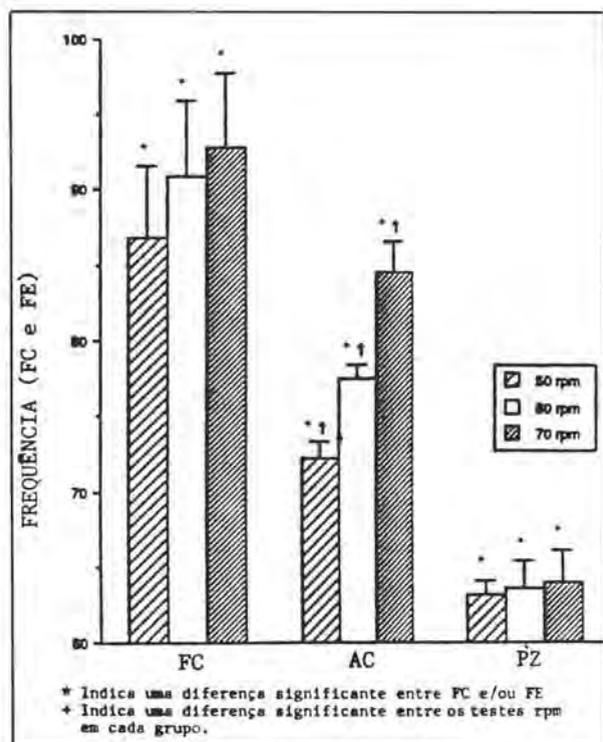


Figura 3 - Resposta em frequência frente às mudanças em rpm, durante o teste na bicicleta ergométrica, a 25 watts. FC = frequência cardíaca; FE = frequência de estimulação.

DISCUSSÃO

Reconhecendo-se que a intenção deste estudo foi a de avaliar a forma como se dá a modulação de frequência para um marcapasso dotado de AC em comparação com um sensor PZ aderente à carcaça, os resultados indicam que, nos parâmetros nominais, durante o teste de esforço progressivo na esteira ergométrica, o marcapasso AC oferece uma resposta

mais proporcional do que o PZ. Variações consideráveis ocorreram entre a FC intrínseca de seis dos dez indivíduos (Tabela III) e a frequência do marcapasso PZ. Estes dados demonstram que a programação nominal do marcapasso PZ pode não ser apropriada para alguns indivíduos e que um ajuste adicional se faz necessário para que se possa encontrar uma resposta adequada. As altas frequências do marcapasso PZ no início do exercício, conforme mostrado na Figura 2, foram descritas anteriormente¹³ e fornecem evidência contra a noção de que o nível do limiar de atividade era muito alto. Adicionalmente, algumas pessoas experimentaram mudanças abruptas de frequência, também indicadas na Figura 2, o que tem sido comumente observado pelos clínicos. A relação do marcapasso AC e a FC intrínseca sugere que seus valores nominais podem fornecer uma resposta cronotrópica melhor para a maioria dos indivíduos, frente ao exercício na esteira ergométrica.

Durante o teste na bicicleta, os dois marcapassos tiveram dificuldade em aumentar a FE de forma a acompanhar a FC intrínseca. O exercício na bicicleta provoca apenas um suave movimento no sentido céfalocaudal, o que poderia explicar a resposta praticamente nula do marcapasso PZ, quando programado nos parâmetros nominais. Considerando-se que os marcapassos com resposta baseada em atividade podem não ser específicos para todas as modalidades de exercício, o aumento na FE do marcapasso AC durante o teste na bicicleta demonstra que a especificidade não foi comprometida, o que é uma vantagem.

Uma análise detalhada da Figura 3 revela que quando o ato de pedalar tem sua velocidade acelerada (rpm), ocorre um aumento tanto da FC intrínseca quanto a FE dos dois marcapassos. O marcapasso AC teve sua frequência incrementada de forma similar à

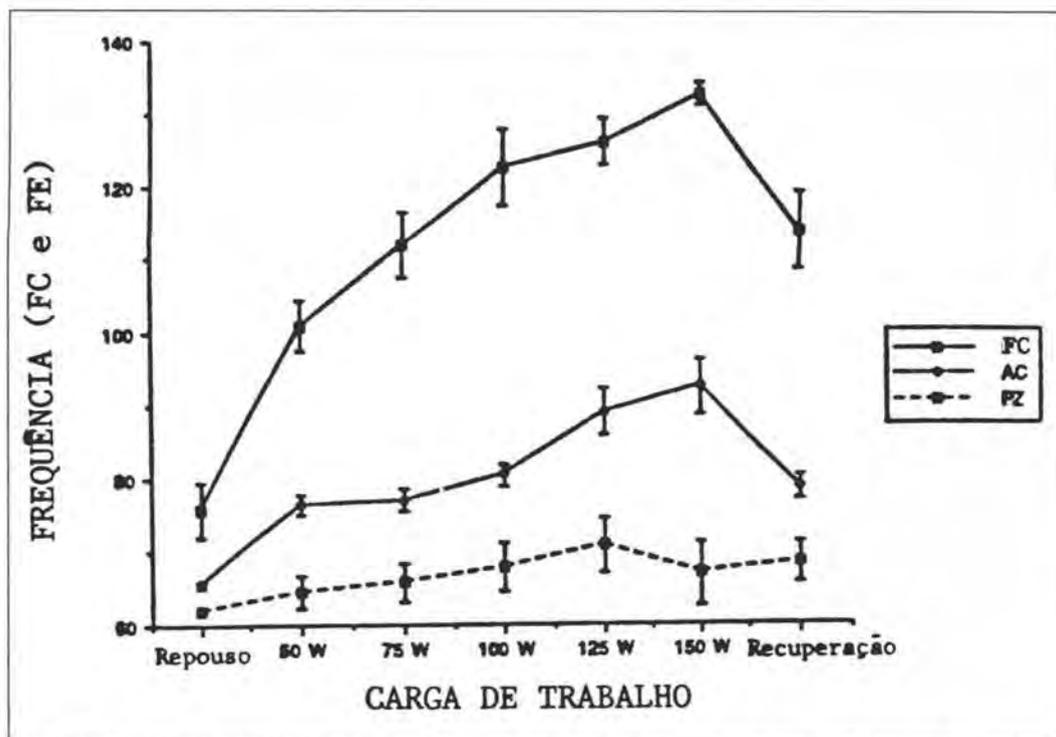


Figura 4 - Resposta em frequência (média ± EP) durante teste de esforço progressivo, em bicicleta ergométrica. FC = frequência cardíaca; FE = frequência de estimulação; AC = acelerômetro; PZ = piezoelétrico.

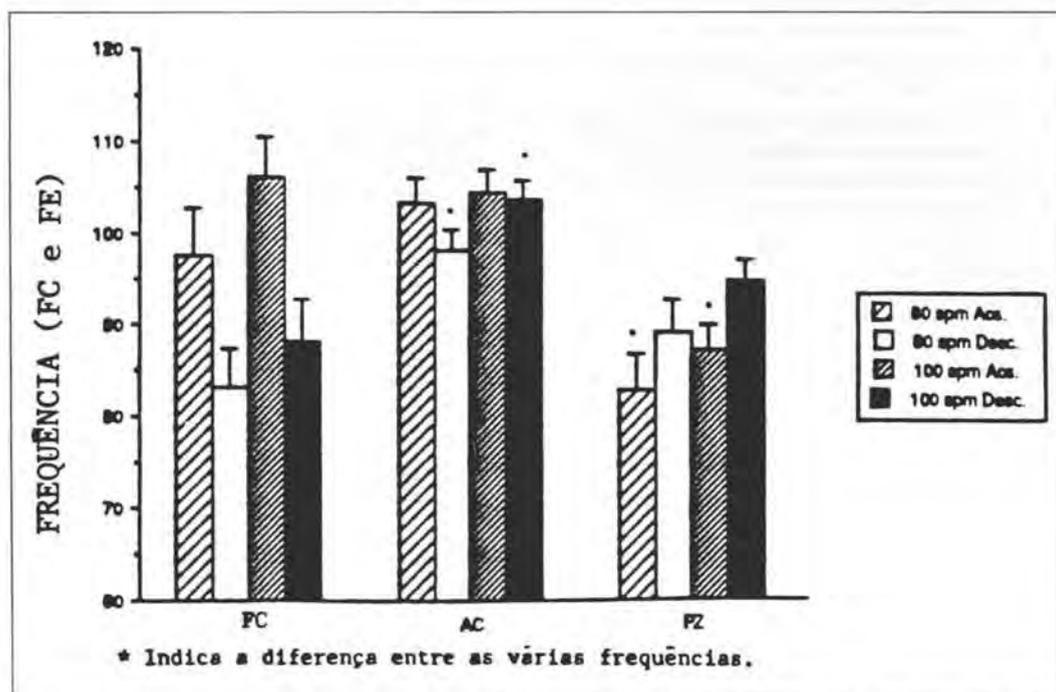


Figura 5 - Resposta em frequência (média ± EP) subindo (Asc.) e descendo (Desc.) escadas a 80 e 100 passos por minuto (spm). FC = frequência cardíaca; FE = frequência de estimulação; AC = acelerômetro; PZ = piezoelétrico.

da FC intrínseca. Entretanto, o erro padrão para o marcapasso AC foi tão pequeno que estas diferenças foram estatisticamente significantes, enquanto que as alterações da FC intrínseca como uma função das revoluções por minuto (rpm) não foram estatisticamente significantes. Conforme indicado, as mudanças percentuais foram similares para o marcapasso AC e a FC intrínseca, enquanto que o marcapasso PZ praticamente não apresentou alterações. Isto indica que o marcapasso AC responde de forma mais apropriada.

A FC intrínseca média no repouso foi 76 ± 4 bpm. Quando comparada às frequências médias de estimulação de $66 \pm 0,3$ ppm (AC) e $63 \pm 0,5$ ppm (PZ), faz com que seja influenciado o aumento percentual das frequências dos marcapassos com resposta baseada em atividade. Foi observado um aumento paradoxal na FE do marcapasso PZ durante a descida das escadas. Entretanto, os resultados do marcapasso AC para descida e subida das escadas em 80 e 100 passos por minuto foram equivalentes e similares a informações previamente relatadas^{8,15}.

Podem ser ajustados os valores dos parâmetros dos marcapassos AC e PZ de forma a melhorar a modulação da frequência para aqueles indivíduos que apresentam atividade irregular ou insuficiente para gerar a resposta esperada. Tem sido sugerido que os marcapassos responsivos baseados em atividade, como é o caso dos PZs, fornecem uma resposta pouco satisfatória devido à faixa de frequências (Hz) a que são mais sensíveis. ALT *et alii*¹⁶ relataram: "ter a sensibilidade máxima numa área de 10 Hz traz vantagens aos sistemas controlados pela atividade, uma vez que as interferências que podem influenciá-los têm seu pico nesta faixa de frequência. Assim sendo, torna-se impossível discriminar entre os sinais induzidos pelo exercício e aqueles que não deveriam se traduzir num aumento de frequência" (p. 1676). É da opinião desses autores que podem existir diversas razões para a origem da maior sensibilidade e especificidade dos marcapassos AC ao exercício. Observando-se as características dos dois marcapassos, o marcapasso PZ, com faixa de frequência ótima entre 10-50 Hz, pode ser suscetível a respostas em frequência não específicas ou a pressões externas aplicadas sobre a carcaça, uma vez que o cristal piezoelétrico depende de uma distorção do cristal a ela aderente. O marcapasso AC, com uma faixa de frequência ótima entre 1-8 Hz, tem o sensor montado sobre seu circuito, independentemente da carcaça. Desta forma, a especificidade deste marcapasso à atividade não deve ser comprometida com o aumento da proporcionalidade e da sensibilidade. Entretanto, o escopo deste estudo não incorporou testes adicionais que fornecessem suporte para discussão da especificidade, não sendo possível determinar se os resultados aqui encontrados podem ser atribuídos às diferenças nas faixas de frequências dos dois marcapassos. Certamente

essas informações fornecem dados lógicos para que se procedam investigações mais detalhadas utilizando-se um marcapasso AC e um marcapasso PZ otimizados para cada indivíduo, de forma a investigar a questão da especificidade em relação aos movimentos humanos nas atividades diárias.

Uma revisão dos dados da recuperação demonstra a importância de programar adequadamente os valores do parâmetro resposta. Quando programado nos valores nominais, o marcapasso AC forneceu resposta em frequência apropriada durante a recuperação. Entretanto, a variabilidade dos resultados encontrados no marcapasso PZ torna difícil uma análise de suas informações nesse período. O algoritmo de recuperação de cada marcapasso está relacionado mais ao tempo do que ao nível de atividade captado pelo sensor. A recuperação depende simplesmente da diferença entre a frequência atual, a frequência básica de estimulação e o valor programado de recuperação. Se a programação inadequada de resposta tiver como consequência uma frequência de estimulação imprópria, o retorno à frequência básica de estimulação também será alterado.

CONCLUSÃO

Conforme sugerido por SUELKE *et alii*⁴, uma programação de resposta feita de maneira atenciosa e detalhada é essencial para um ótimo desempenho dos marcapassos responsivos. Os marcapassos AC e PZ podem fornecer modulação de frequência nos parâmetros nominais. Entretanto, este estudo mostrou que o marcapasso AC acompanha de maneira mais próxima a FC intrínseca durante a caminhada sobre a esteira, o teste na bicicleta ergométrica e a subida de escadas, do que o marcapasso PZ. O marcapasso AC programado nos valores nominais correlacionou-se melhor com a FC intrínseca dos indivíduos (média das diferenças absolutas = 11 ppm) do que o marcapasso PZ (média das diferenças absolutas = 26 ppm), durante o exercício na esteira ergométrica. Apesar de nenhum dos dois ter apresentado um bom acompanhamento da FC intrínseca durante o teste na bicicleta ergométrica, o marcapasso AC se mostrou mais sensível do que o PZ durante o teste de esforço progressivo.

Finalmente, o marcapasso AC apresenta um desempenho melhor do que o PZ durante a subida de escadas a 80 ou 100 passos por minuto. Entretanto, ambos foram superiores à FC intrínseca na descida das escadas. Por isso, essas informações favorecem o uso de um marcapasso AC para fornecer uma resposta em frequência mais apropriada durante o teste progressivo em esteira, bicicleta ergométrica e subida de escadas, do que o marcapasso PZ, o qual tem seu cristal piezoelétrico aderente à carcaça.

BACHARACH, D. W.; HILDEN, T. S.; MILLERHAGEN, J. O.; WESTRUM, B. L.; KELLY, J. M. - Activity-based pacing: a comparison of a device using an accelerometer versus a piezoelectric crystal. *Rev. Bras. Marcapasso e Arritmia*, 6(1): 21-30, 1993.

ABSTRACT: The EXCEL™ VR, an accelerometer based pacemaker (AC), and the Legend™, a pacemaker utilizing a piezoelectric crystal (PZ), were compared under ergometric conditions and during stair climbing to assess the appropriateness of their rate responses. The pacemakers, programmed to the manufactures nominal settings in order to compare different technologically based sensors under identical conditions, were strapped over subjects left mid-pectoral region. Placement of the devices was randomized to control for positional effects. Ten healthy subjects (55-72 years) completed a graded exercise treadmill test to 80% of maximum predicted heart rate (HR). An additional group of ten subjects (50-66 years) completed exercise protocols involving bicycle ergometry and stair climbing. Throughout all tests, pacemaker pulse rates and subjects intrinsic HR were monitored continuously. For the treadmill exercise, the average correlations between the AC and PZ pacemakers pulse rate and HR for the group as a whole were $r = 0,92$ and $r = 0,82$, respectively. Individual subject comparisons were also made between each pacemaker rate and intrinsic HR. The mean difference from intrinsic rate was 11 ppm for the AC pacemaker and 24 ppm for the PZ pacemaker. In addition, the PZ pacemaker's maximal pulse rate was significantly lower ($105 \pm 9,6$ ppm) than the other two rates (AC 137 ± 6 ppm; intrinsic HR 129 ± 2 beats/minute). Throughout the bicycle ergometry testing, the intrinsic HR was higher than the AC and PZ pacing rates. However, the AC's rate was significantly higher than the PZ's rate. When subjects ascended stairs, the intrinsic HR and AC rate were closely correlated, but the PZ rate was significantly lower. When subjects descended stairs, neither pacemaker's rate matched intrinsic HR. These results indicate that the AC pacemaker more closely matches intrinsic HR in healthy subjects during ergometric activity and stair climbing than does the PZ pacemaker. Although the three activities evaluated in this study may be lacking representation of other common daily tasks, these results do lend support for considering the use of an AC pacemaker. These data also suggest the need for further research using activity-based-rate-responsive pacemakers after parameter optimization for each subject to address issues of sensitivity to and specificity of human movement.

DESCRIPTORS: adaptive-rate pacemakers, activity-controlled pacemakers.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ALT, E.; MATULA, M.; THERES, H., et alii - The basis for activity controlled rate variable cardiac pacemakers: an analysis of mechanical forces on the human body induced by exercise and environment. *PACE*, 12: 1667-80, 1989.
- 2 ASTRAND, P. O. & RODAHL, K. - *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise*. New York. McGraw-Hill, 1977, 369-71.
- 3 BENDITT, D. G.; MIANULLI, M.; FETTER, J., et alii - An office-based exercise protocol for predicting chronotropic response of activity-triggered rate-variable pacemakers. *Am. J. Cardiol.*, 64: 27-32, 1989.
- 4 BUNGE, T. & THOMPSON, D. - Sensing internal and external body activities. In: PEREZ GOMEZ, F. *Cardiac pacing: electrophysiology: tachyarrhythmias*. ed. Madrid, Grouz, 1985, 786-91.
- 5 FURMAN, S.; HAYES, D. L.; HOLMES, D. R. - *A practice of cardiac pacing*. ed. Mount Kisco, New York, Futura, 1989, 414-28.
- 6 HUMEN, D. P.; KOSTUK, T. W. J.; KLEIN, G. J. - Activity sensing, rate-responsive pacing: improvement in myocardial performance with exercise. *PACE*, 8: 52-9, 1985.
- 7 LAU, C. P.; BUTROUS, G. S.; WARD, D. E., et alii - Comparison of exercise performance of sox rate-adaptive right ventricular cardiac pacemakers. *Am. J. Cardiol.*, 63: 833-8, 1989.
- 8 LAU, C. P.; MEHTA, D.; TOFF, W. D., et alii - Limitations of rate-response of an activity-sensing rate-responsive pacemaker to different forms of activity. *PACE*, 11: 141-50, 1988.
- 9 LAU, C. P.; STOTT, J. R. R.; TOFF, W. D., et alii - Selective vibration sensing: a new concept for activity-sensing rate-responsive pacing. *PACE*, 11: 1299-309, 1988.
- 10 LINDEMANS, F. W.; RANKIN JR.; MURTASUGH, R., et alii - Clinical experience with an activity sensing pacemaker. *PACE*, 9: 978-86, 1986.
- 11 MIANULLI, M.; BENDITT, D. G.; MARKOWITZ, T., et alii - A comparison of strap-on versus implanted activity-based rate-responsive pacemakers: are strap-on studies valid? *PACE*, 14: 742, 1991, [Abstract].
- 12 MIURA, D. S. - A new concept in pacemaker therapy: rate responsive pacing. *Cardiol. Rev. Rep.*, 8: 40-4, 1987.
- 13 MOND, H.; LINE, J.; HUNT, D. - A third generation activity pacemaker: is the rate response superior? *PACE*, 13: 514, 1990, [Abstract].

- 14 SULKE, N.; DRITSA, A.; CHAMBERS, J., et alii - Is accurate rate response programming necessary? *PACE*, 3: 1031-44, 1990.
- 15 SULKE, N.; PIPILIS, A.; HENDERSON, R. A., et alii - Comparison of normal sinus node with seven types of rate responsive pacemakers during everyday activity. *Br. Heart J.*, 4: 25-31, 1990.
- 16 WILKIFF B. L.; COREY, J.; BLACKBURN, G. - A mathematical model of the cardiac chronotropic response to exercise. *J. Electrophysiol.*, 3: 176-80, 1989.

I SIMPÓSIO DÉCIO KORMANN DE ESTIMULAÇÃO CARDÍACA 4 e 5 JUNHO DE 1993 - PORTO ALEGRE - RS

PROGRAMA CIENTÍFICO PRELIMINAR

04.06.93

Noite

Abertura.

Conferência: ASPECTOS HISTÓRICOS DA ESTIMULAÇÃO CARDÍACA ARTIFICIAL - Dr. Décio Kormann.

Jantar.

05.06.93

8:30-10:00

Mesa Redonda: NOVOS CONCEITOS EM INDICAÇÕES DE IMPLANTE.

- Na fibrilação atrial paroxística pode ser utilizado o átrio na escolha do modo de estimulação?
- Bloqueios AV associados a bloqueios fasciculares: quando está indicado o implante?
- Todo paciente com bloqueio AV total deve ter um marcapasso implantado?
- Deve a idade interferir na indicação do implante ou na determinação do modo de estimulação?

10:00-10:15

Intervalo.

10:15-11:45

Mesa Redonda: BIOSENSORES

- Insuficiência cronotrópica: utilidade clínica.
- Uso de biosensores para a estimulação bicameral.
- Características e cuidados especiais de programação.
- Contra-indicações: formais e informais.

11:45-12:35

IMPLANTE TRANSMITIDO.

12:35-14:15

Almoço.

14:15-15:45

Mesa Redonda: SEGUIMENTO DE PACIENTES COM MARCAPASSO.

- Papel dos métodos auxiliares de diagnóstico.
- Síncope no paciente com marcapasso.
- Quando o paciente deve ser encaminhado para avaliação.
- Particularidades da programação do marcapasso bicameral.

15:45-16:15

Conferência: MARCAPASSOS ESPECIAIS - Dr. Décio Kormann.

16:15-16:30

Intervalo.

16:30-18:00

Discussão de casos.

18:00

Encerramento - Síntese do Evento - Dr. Décio Kormann.

Inscrições:

Santa Casa de Misericórdia - Secretaria de Eventos
R. Prof. Annes Dias 285 - CEP: 90020-090.
Porto Alegre - RS - Telefone: (051) 224.1424 - Fax: (051) 227.4040.