

EFEITOS HEMODINÂMICOS DA ESTIMULAÇÃO VENTRICULAR E ATRIOVENTRICULAR SEQUENCIAL

ROBERTO COSTA, LUIZ FELIPE P. MOREIRA, PAULO M. PÊGO-FERNANDES,
EDUARDO CAETANO LIMA, NOEDIR A. G. STOLF, FULVIO PILEGGI,
ADIB DOMINGOS JATENE, EGAS ARMELIN

Foram estudados os efeitos hemodinâmicos da estimulação ventricular e atrioventricular (AV) sequencial em cães previamente submetidos a bloqueio cirúrgico da condução AV.

Observa-se nesse estudo que não houve uma sincronização AV adequada com a estimulação AV sequencial devido à frequência atrial própria dos animais.

Em relação ao índice cardíaco, a estimulação AV sequencial leva a uma melhora de 8% em relação à estimulação ventricular. Os resultados obtidos, por outro lado, se devem em parte aos casos em que os batimentos; atriais e ventriculares estavam perfeitamente sincronizados.

Quando se analisa o desempenho ventricular esquerdo e as pressões na aorta e na artéria pulmonar, não é observada nenhuma alteração significativa dessas variáveis com a estimulação AV sequencial.

Concluiu-se que a estimulação AV sequencial em pacientes portadores de bloqueios da condução AV leva a melhora muito pequena do débito cardíaco e do desempenho ventricular devido às falhas de sincronismo dependentes da frequência sinusal.

A importância da contração atrial na manutenção do desempenho hemodinâmico tem sido amplamente estudada.

Vários autores relatam a melhora do débito cardíaco em torno de 20 a 25% em relação à estimulação ventricular, quando se mantém o adequado sincronismo entre as contrações atrial e ventricular¹⁻⁴.

Com o objetivo de se conseguir o adequado sincronismo atrioventricular nos pacientes portadores de bloqueios do sistema de condução, vários tipos de marca-passo têm sido propostos⁵⁻⁷.

A estimulação do tipo atrioventricular (AV) sequencial, muito utilizada nos últimos anos, leva a um sincronismo parcial das contrações atrial e ventricular, dependente da existência de uma baixa frequência sinusal⁸.

Neste estudo, os autores comparam os efeitos hemodinâmicos da estimulação ventricular e AV sequencial em cães previamente submetidos a bloqueio cirúrgico da condução AV, mantendo-se íntegra a função sinusal, com o objetivo de analisar os benefícios dos marca-passos AV sequenciais, mesmo quando parcialmente dessincronizados.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados 8 cães mestiços, de peso variando entre 14 e 19 kg, portadores de bloqueio AV do 3º grau provocado cirurgicamente, submetidos à estimulação ventricular e AV sequencial.

Após anestesia geral com pentobarbital sódico, na dose de 20 mg/kg de peso e intubação orotraqueal, os cães foram submetidos à toracotomia ântero-lateral direita no 5º espaço intercostal.

O pericárdio foi aberto e as duas veias cavas caudais, realizando-se a atriotomia direita e a cauterização da região do nó AV até a obtenção do bloqueio completo da condução AV.

Foram colocados elétrodos epimiocárdicos de marca-passo no átrio e no ventrículo direitos, sendo estabelecida a estimulação ventricular na frequência de 70 pulsos por minuto.

A avaliação hemodinâmica foi realizada entre o 6º e o 10º dia após a operação, com o tórax fechado e sob anestesia geral

Os cateteres foram colocados com o auxílio da radioscopia, sendo passados através dos vasos femo-

rais direitos e da veia jugular externa e artéria carótida comum esquerdas.

As variáveis hemodinâmicas foram analisadas no ritmo próprio dos cães (bloqueio AV do 3º grau) e com a estimulação ventricular e AV seqüencial, com intervalo AV de 160ms nas freqüências de 100, 120 e 140 pulsos por minuto. Para propiciar uma adaptação hemodinâmica e eletrocardiográfica, foi observado o tempo de 10 minutos entre as condições estudadas.

Foi realizado o registro eletrocardiográfico acompanhado das medidas das pressões da artéria pulmonar, da aorta e da câmara ventricular esquerda, conseguidas através de um transdutor de pressão Hewlett Packard (mod. 1280-C).

A derivada da pressão do ventrículo esquerdo em relação ao tempo (dp/dt) foi obtida em um computador de derivação Hewlett-Packard.

A cineventriculografia esquerda foi realizada injetando-se uma solução de Hypaque a 8%, à velocidade de 30ml/s, através de um cateter de angiografia.

O débito cardíaco foi obtido pelo método de diluição de corantes (Green-Dye) e calculado em computador Hewlett-Packard (9830-A).

O cálculo do índice sistólico foi feito em relação ao peso dos animais e o índice do trabalho sistólico foi obtido pelo produto entre o índice sistólico, a diferença entre a pressão média da aorta e a pressão diastólica final do ventrículo esquerdo com fator de correção de 0,0136. Os valores encontrados relacionados à pressão diastólica final do ventrículo esquerdo, obtendo-se as curvas dessas variáveis de acordo com a análise matemática proposta por Bishop e Stone⁹.

A resistência sistêmica total foi calculada pela divisão entre a pressão média da aorta e o débito cardíaco. A fração de ejeção baseou-se na análise dos volumes diastólico e sistólico finais, obtidos a partir da imagem angiográfica da câmara ventricular esquerda.

Os métodos foram comparados estatisticamente, por meio do teste da diferença média de dados emparelhados, recorrendo-se à distribuição t de Student

RESULTADOS

Observou-se, neste estudo, que não houve sincronização adequada das contrações atrial e ventricular com a estimulação AV seqüencial. Na maior parte das situações analisadas. Esse fato se deve à variação da freqüência atrial própria dos animais, cujos valores variaram entre 105 e 168 bpm, com uma média de 124 bpm.

Os efeitos hemodinâmicos obtidos com a estimulação ventricular e AV seqüencial nas freqüências estudadas em relação ao índice cardíaco são analisados na Figura 1. Observou-se que a estimulação AV seqüencial proporcionou um aumento do índice cardíaco de 8% com a freqüência de 100 pulsos por minuto, de 8,4% com 120 ppm e de 8% com 140 ppm.

Essas diferenças não foram significantes do ponto de vista estatístico.

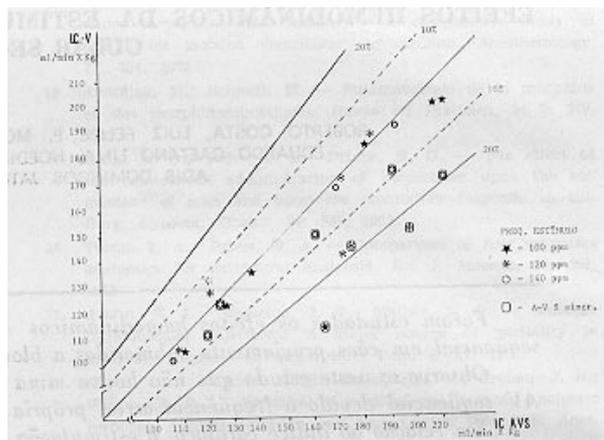


Fig. 1 - Comparação entre os valores do índice cardíaco (IC) obtidos com a estimulação ventricular (V) e AV seqüencial (A-V S).

Os resultados obtidos, por outro lado, se devem em parte aos casos em que os batimentos atriais e ventriculares com a estimulação AV seqüencial estavam perfeitamente sincronizados, observando-se nesses casos melhora significativa do índice cardíaco em relação à estimulação ventricular.

Quando analisamos os resultados dos casos onde a sincronização com a estimulação AV seqüencial era inadequada, notamos melhora do índice cardíaco de apenas 3% e 2,2% para as freqüências de 100 e 120 ppm, respectivamente.

As curvas da função ventricular esquerda segundo o mecanismo de Frank-Starling, obtidas com a análise dos resultados do índice sistólico e do índice do trabalho sistólico, estão representadas nas figuras 2 e 3. Notou-se com a estimulação AV seqüencial uma pequena melhora do desempenho ventricular. Não se encontrou significância estatística para os resultados obtidos.

A análise da fração de ejeção e da derivada da pressão de ventrículo esquerdo em relação ao tempo não mostrou variação significativa dessas variáveis quanto à estimulação utilizada nas freqüências estudadas (tab. I)

A determinação angiográfica dos volumes cardíacos demonstrou que na estimulação AV seqüencial o aumento do volume sistólico se fez à custas do aumento do volume diastólico final, não havendo alteração do volume sistólico final nas situações estudadas (tab. II).

Na figura 4, observam-se os resultados encontrados para as pressões médias na aorta e na artéria pulmonar. Não foi observada variação significativa dessas pressões com os 2 tipos de estimulação.

Quando observamos o registro das pressões obtidas com a estimulação AV seqüencial nos casos onde não havia um sincronismo adequado, notamos a diminuição da pressão sistólica da artéria pulmonar

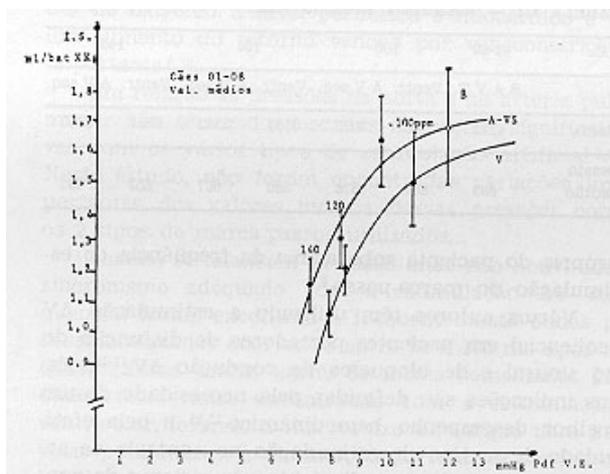


Fig. 2 - Curvas do desempenho ventricular esquerdo em função do índice sistólico (IS) para os dois tipos de estimulação (ventricular e AV sequencial).

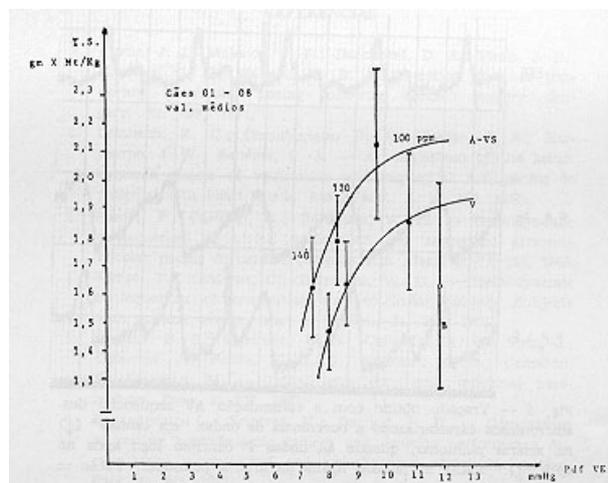


Fig. 3 - Curvas do desempenho ventricular esquerdo em função do índice do trabalho sistólico (TS) para os dois tipos de estimulação (ventricular e AV sequencial).

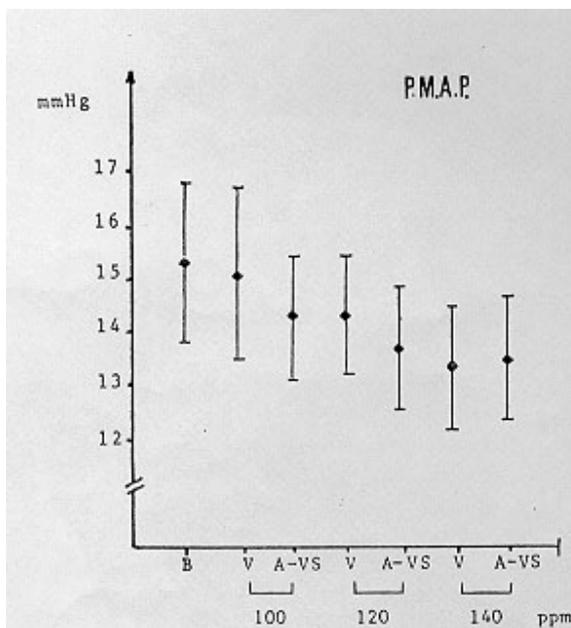


Fig. 4 - Variação das pressões médias na artéria pulmonar (P.M.A.P.) e na aorta com a estimulação ventricular (V) e AV sequencial (AV S).

e a existência de ondas “em canhão” durante o período diastólico, quando as ondas P próprias do animal ocorreram sem sincronia logo após o estímulo ventricular (fig.5).

Em relação aos valores da resistência vascular sistêmica, relacionados na tabela III, não houve variação significativa nas situações estudadas.

COMENTÁRIOS

Com a manutenção do adequado sincronismo entre as contrações atrial e ventricular, vários autores relatam a melhora do débito cardíaco em torno de 20 a 25% em relação à estimulação ventricular numa mesma frequência¹⁻⁴. Esses

dados foram observados tanto em pessoas normais⁴, como em pacientes portadores de bloqueios da condução AV^{1,2}.

A contração atrial contribui com a função hemodinâmica levando a um aumento do enchimento ventricular², à melhora do desempenho ventricular com base no mecanismo de Frank Starling e a um adequado fechamento das valvas AV^{10,11}.

No sentido de se obter um adequado sincronismo AV em pacientes portadores de bloqueios do sistema de condução, vários tipos de marca-passos têm sido propostos. Os marca-passos síncronos com a onda P e os AV universais possibilitam a regulação



Fig.5 - Traçado com a estimulação AV seqüencial dessincronizada caracterizando a ocorrência de ondas "em canhão" (↓) na artéria pulmonar, quando as ondas P ocorrem logo após o QRS (↓). PMAo = pressão média na artéria pulmonar. PMAo = pressão média na aorta.

TABELA I - Fração de ejeção.

F.C.	44-69		100		120		140	
	B.A.V.T	Ventr	A-Vseq.	Ventr	A-Vseq.	Ventr	A-Vseq.	
Média	77,1	81,9	83,8	79,7	80,4	78,6	79,7	
Desvio padrão	6,4	5,3	2,8	3,1	4	5,5	6	
Derivada da pressão de vent. esq. em rel. ao tempo (Dp/Dt)								
F.C.	44-69		100		120		140	
	B.A.V.T	Ventr	A-Vseq.	Ventr	A-Vseq.	Ventr	A-Vseq.	
Média	828	966	1026	1076	1020	1035	1005	
Desvio padrão	330	324	323	179	205	317	330	

TABELA II - Volume diastólico final.

F.C.	44-69		100		120		140	
	B.A.V.T	Ventr	A-Vseq.	Ventr.	A-Vseq.	Ventr.	A-Vseq.	
Média	33,9	30,0 9	32,19	25,52	26,97	22,24	23,75	
Desvio padrão	7,46	4,11	4,94	4,77	4,34	2,87	4,71	
Volume sistólico final								
F.C.	44-69		100		120		140	
	B.A.V.T	Ventr	A-Vseq.	Ventr.	A-Vseq.	Ventr.	A-Vseq.	
Média	7,59	5,31	5,12	5,26	5,31	4,74	4,61	
Desvio padrão	2,05	1,27	0,8	1,63	1,76	1,4	1,64	

da frequência de estimulação pela frequência atrial apresentada pelo paciente⁵⁻⁷. A estimulação do tipo AV seqüencial, por outro lado, tem o mecanismo de demanda apenas ao nível ventricular, deixando de manter o sincronismo AV quando a frequência atrial própria do

TABELA III - Resistência total.

F.C.	44-69		100		120		140	
	B.A.V.T	Ventr.	A-V seq.	Ventr.	A-Vseq.	Ventr.	A-Vseq.	
Média	4122	3235	3085	3552	3342	3537	3350	
Desvio padrão	883	837	678	580	687	653	737	

paciente sobe acima da frequência de estimulação do marca-passo⁸.

Vários autores têm utilizado a estimulação AV seqüencial em pacientes portadores de disfunção de nó sinusal e de bloqueios da condução AV¹²⁻¹⁵. Essas indicações são definidas pela necessidade de melhor desempenho hemodinâmico¹²⁻¹⁵ e pela efetividade desse tipo de estimulação no controle de arritmias associadas aos distúrbios do sistema de condução^{13,14}.

Nos estudos hemodinâmicos realizados com a estimulação AV seqüencial manteve-se sempre o sincronismo AV utilizando-se frequências acima da frequência atrial dos pacientes estudados²⁴. Por outro lado, têm sido relatadas falhas no sincronismo AV em pacientes portadores de bloqueios da condução AV submetidos à estimulação AV seqüencial⁸.

Com o objetivo de estudar a existência de benefícios hemodinâmicos com a estimulação AV seqüencial, mesmo quando parcialmente dessincronizada, foi padronizado um modelo experimental onde se realizou o bloqueio cirúrgico da condução AV, mantendo-se íntegra a função sinusal.

Foram comparados os efeitos hemodinâmicos obtidos com a estimulação ventricular e AV seqüencial em 3 frequências, sendo utilizado o intervalo de sincronismo AV de 160ms com a estimulação AV seqüencial. Vários estudos sugerem que com os intervalos AV de 120 a 200 ms se obtém melhor desempenho hemodinâmico^{2,11}.

A análise dos resultados desse estudo demonstra que o índice cardíaco não melhora significativamente com a estimulação AV seqüencial quando não existe a manutenção de um perfeito sincronismo AV. Em relação ao desempenho ventricular, também não foram significativos os benefícios obtidos com esse tipo de marca-passo nas situações estudadas.

Em exercício, nota-se em pacientes com bloqueios da condução AV e função sinusal íntegra uma grande elevação da frequência atrial⁶⁻⁷. Esse fato leva à falha do sincronismo AV com a estimulação AV seqüencial, que passa a funcionar de forma semelhante aos marca-passos ventriculares⁸.

Com a utilização de marca-passos síncronos com a onda P, os pacientes em exercício têm um aumento expressivo do débito cardíaco sem que exista uma elevação importante do consumo de oxigênio^{7,15}. Por outro lado, em pacientes com marca-passo ventricular, o aumento do débito cardíaco, em exercício, ocorre concomitantemente a uma elevação do consu-

mo de oxigênio a nível periférico e miocárdico e a um aumento do retomo venoso por vasoconstricção importante⁶⁻¹⁶.

Em relação às pressões na aorta e na artéria pulmonar não têm sido descritas alterações significativas com os vários tipos de estimulação artificial^{2,8}. Neste estudo, não foram encontradas variações importantes dos valores médios dessas pressões com os 2 tipos de marca-passos utilizados.

Quando se analisam os casos onde não houve um sincronismo adequado com a estimulação AV seqüencial foram encontrados freqüentemente ondas p dessincronizadas ocorrendo entre 50 e 100 ms após o QRS. Essas ondas agem de forma semelhante às ondas retrógradas encontradas com a estimulação ventricular, levando a um refluxo de sangue para as veias pulmonares, à diminuição do retorno venoso e à falha de fechamento das valvas AV^{10,17,18}.

Em conclusão, a estimulação AV seqüencial em pacientes portadores de bloqueios da condução AV leva a uma melhora muito pequena do débito cardíaco e do desempenho ventricular. Esse fato depende da falha de sincronismo por causa da freqüência atrial própria do paciente, torna-se mais importante quando o paciente está em exercício, onde se observa grande aumento da freqüência sinusal.

As indicações dos marca-passos AV seqüenciais devem restringir-se aos pacientes com bradicardia sinusal severa e com lesão associada da condução AV, sendo ainda importante no controle de alguns tipos de arritmias.

SUMMARY

The hemodynamic effects of ventricular and atrioventricular (AV) sequential pacing in dogs previously submitted to A-V surgical block were studied.

In the majority of the animals it was observed that it was not possible to synchronize the atrial and ventricular beats with the A-V sequential pacing due to the elevated atrial frequency.

In relation to the cardiac index, A-V sequential pacing showed an 8% increase compared to ventricular pacing alone, although this value was obtained only in the cases of perfect synchronization.

Analysis of left ventricular performance and pressure curves in the aorta and the pulmonary artery indicated that there were no important differences between the two types of pacing.

The data suggest that A-V sequential pacing, in cases of patients with A-V block, as compared with ventricular pacing presented no important benefits of the cardiac output and the left ventricular performance, due to the lack of synchronization when the sinus rate is high.

REFERÊNCIAS

1. Curtis, J. J.; Maloney, J. D.; Barnhorst, D. &; Pluth, J. R.; Hartzler, G. O.; Wallace, R. B. - A critical look of temporary ventricular pacing following cardiac surgery. *Surgery*, 82: 888, 1977.
2. Leinbach, R. C.; Chamberlain, D. A.; Kastor, J. A.; Harthorne, J. W.; Sanders, C. A. - A comparison of the hemodynamic effects of ventricular and sequential A-V pacing in patients with heart block. *Am. Heart J.* 78: 502, 1969.
3. Samet, P.; Castilho, C.; Bernstein, W. H. - Hemodynamic consequences of atrial, ventricular and sequential atrioventricular pacing in cardiac patients. *Am. Heart J.* 72: 725, 1966.
4. Samet, P.; Castilho, C.; Bernstein, W. H. - Hemodynamic consequences of sequential atrioventricular pacing: Subjects with normal hearts- *Am. J. Cardiol.* 21: 207, 1968.
5. Duncan, B. S.; Goldman, B. S.; Chisholm, A. W.; Pym, J.; Cameron, J.; Noble, E. J. G.; Atelman, A. G.; Cameron, D.; Waxman, M. - Initial experience with universal pace. *Pacemakers*. 6: 806, 1983.
6. Fananapazir, L.; Srinivas, V.; Bennett, P. H. - Comparison of resting hemodynamic indices and exercise performance during atrial synchronized and asynchronous ventricular pacing. *Pace* 6: 202, 1983.
7. Kruse, I.; Arnman, K.; Coradson, T. B.; Ryden L. - A comparison of the acute and long-term hemodynamic effects of ventricular inhibited and atrial synchronous ventricular inhibited pacing- *Circulation*, 65: 846, 1982.
8. Bognolo, D. A. - Clinical application of A-V sequential (DVI) pacing. In: Bognolo, D. A. - *Practical Approach to Physiologic Cardiac Pacing*- Tampa Tracings, Florida, 1983. P. 88.
9. Bishop, V. S.; Stone, H. L. - Quantitative description of ventricular output curves in conscious dogs. *Circ. Res.* 20: 581, 1967.
10. Guyton, R. A.; Andrews, J. J.; Hickey, P. R.; Michaelis, L. L.; Morrow, A. G. - The contribution of atrial contraction to right heart function before and after ventriculotomy. *J. Thorac Cardiovasc. Surg.* 71: 1, 1976.
11. Ogawa, S.; Dreifus, L. S.; Shenoy, P. N.; Brockman, S. K.; Berkovits, B. V. - Hemodynamic consequences of atrioventricular and ventriculoatrial pacing. *Pace*, 1: 8, 1976.
12. Curtis, J. J.; Madigan, N. P.; Whiting, R. B.; Mueller, K. J.; Walls, J. T.; Hernemann, F. M. - Clinical experience with permanent atrioventricular sequential pacing. *Ann. Thorac. Surg.* 32: 179, 1981.
13. Dreifus, L. S.; Berkovits, B. V.; Kimibiris, C.; Maghadam cardiac pacemakers for treating resistant dysrhythmias. *Eur. J. Cardiol.* 3/4: 257, 1975.
14. Levy, S.; Gerard, R.; Jausseram, J. M.; Boyer, C.; Clementy, J.; Baudet, E.; Bricaud, H. - Long-term results of permanent atrioventricular sequential demand pacing. *Pace*, 2: 175, 1979.
15. Yashar, J. J.; Kitzer, D. L.; Arif, M.; Carleton- R. A. Goldberg, M.; Burnard, R. J.; Weyman, A. X.; Yasher, J. - Atrioventricular sequential pacemakers: Indications, complications and long-term follow-up. *Ann. Thorac. Surg.* 29: 91, 1980.
16. Karlof, M. - Haemodynamic effect of atrial triggered versus fixed rate pacing at rest during exercise in complete block. *Acta Med. Scand.* 197: 195, 1975.
17. Johnson, A. D.; Laiken, S. L.; Engler, R. L. - Haemodynamic compromise associated with ventriculoatrial following transvenous pacemaker placement. *Am. j. Med.* 65: 75, 1978.
18. Naito, M.; Dreifus, L. S.; David, D.; Michelson, E. L.; Mandelli T. J.; Kmetso, J. J. - Reevaluation of the role of atrial systole to cardiac hemodynamics: Evidence for pulmonary venous regurgitation during abnormal atrioventricular sequencing. *Am. Heart j.* 105: 295, 1983.