

# Monitorização Hemodinâmica Contínua Não Invasiva para Optimização do Intervalo AV em Doentes com Terapêutica de Ressincronização Ventricular [88]

JOSÉ FERREIRA SANTOS, LEONOR PARREIRA, JOÃO MADEIRA, NUNO FONSECA, LUÍS NEVES SOARES, LOPES INÊS  
Serviço de Cardiologia do Hospital São Bernardo, Setúbal

Rev Port Cardiol 2003;22 (9):1091-1098

## RESUMO

*Introdução e Objectivo:* A terapêutica de ressincronização ventricular, em doentes (dts) com miocardiopatia dilatada e perturbações da condução intra-ventricular, associa-se a melhoria da função cardíaca e consequentemente da capacidade funcional.

A determinação do intervalo aurículo-ventricular (AV) ideal é fundamental para otimizar os resultados deste tipo de terapêutica e vários métodos têm sido utilizados na prática clínica para este efeito.

O objectivo deste trabalho é avaliar o intervalo AV óptimo determinado por cardiografia de impedância e compará-lo ao previamente calculado por ecocardiografia com Doppler pulsado do fluxo transmitral.

*Doentes:* Estudaram-se sete dts, cinco do sexo masculino, com idade média de  $61 \pm 10$  anos e com miocardiopatia dilatada, perturbação da condução intra-ventricular e insuficiência cardíaca classe funcional III ou IV da *New York Heart Association*. Quatro dts tinham miocardiopatia de etiologia isquémica e três idiopática. Todos os dts tinham cardioversor-desfibrilhador com ressincronização ventricular.

*Métodos:* O intervalo AV óptimo foi estimado utilizando o fluxo Doppler pulsado transmitral com base no método proposto por Ritter. Posteriormente procedeu-se à determinação do débito cardíaco (DC) utilizando a cardiografia de impedância. O DC foi estimado para os diferentes intervalos AV desde 80 ms até ao aparecimento de

## ABSTRACT

### Non Invasive Hemodynamic Monitorization for AV Interval Optimization in Patients with Ventricular Resynchronization Therapy

*Introduction and Objective:* In patients (pts) with dilated cardiomyopathy and intra-ventricular conduction disturbances, resynchronization therapy improves cardiac function and functional capacity.

Determination of the optimal AV interval is essential to optimize the therapy results and various methods have been used in daily practice to obtain such an interval. The aim of this work is to assess optimal AV determined by impedance cardiography and compare it to the interval previously obtained by transmitral flow Doppler echocardiography.

*Patients:* Seven pts were evaluated, five men, mean age of  $61 \pm 10$  years, with dilated cardiomyopathy, intra-ventricular conduction disturbances and heart failure, New York Heart Association functional class III or IV. Four pts had ischemic cardiomyopathy and three idiopathic. All pts had an implanted cardioverter-defibrillator with cardiac resynchronization.

*Methods:* The optimal AV delay was estimated by transmitral flow pulsed Doppler using the method previously described by Ritter. Subsequently, cardiac output (CO) was determined by impedance cardiography. CO was estimated for different AV delays, beginning with 80 ms until occurrence of

1091

complexos QRS de fusão. Definiu-se, como intervalo AV ótimo, o correspondente ao valor de DC mais elevado. O intervalo AV ideal determinado foi comparado entre os dois métodos utilizados.

**Resultados:** O intervalo AV programado por ecocardiografia variou entre 120 e 170 ms ( $134 \pm 17$  ms). O intervalo AV avaliado pela determinação do DC variou entre 110 e 190 ms ( $137 \pm 26$  ms). Verificou-se existência de correlação entre os intervalos AV determinados pelos dois métodos ( $r=0,844$ ;  $p=0,017$ ).

**Conclusões:** A otimização do intervalo AV, em dts com terapêutica de ressincronização ventricular, recorrendo ao Doppler pulsado do fluxo transmitral é comparável à realizada pela medição do débito cardíaco por cardiografia de impedância. No entanto, esta é uma técnica mais objectiva e de mais fácil execução.

#### Palavras-Chave

Cardiac pacing; Miocardiopatia dilatada; Otimização intervalo AV

fusion QRS. The optimal AV delay was defined as the value corresponding to the highest measured CO. The ideal AV interval was compared between the two methods used.

**Results:** The AV delay determined by echocardiography varied between 120 and 170 ms ( $134 \pm 17$  ms). The optimum AV delay based on CO estimation varied between 110 and 190 ms ( $137 \pm 26$  ms). There was a correlation between the delays determined by the two methods ( $r=0.844$ ;  $p=0.017$ ).

**Conclusions:** In pts undergoing ventricular resynchronization therapy, AV delay optimization based on CO determined by impedance cardiography is comparable to that measured by transmitral flow pulsed Doppler. However, impedance cardiography seems a more objective and simpler technique.

#### Key words

Cardiac pacing; Congestive cardiomyopathy; AV delay optimization

## INTRODUÇÃO

A terapêutica de ressincronização ventricular (TRV), em doentes (dts) com miocardiopatia dilatada e perturbações da condução intra-ventricular, associa-se a melhoria da função cardíaca e consequentemente da capacidade funcional<sup>(1)</sup>. Nestes dts, a otimização do intervalo aurículo-ventricular (AV) é importante para melhorar os índices cardíacos, tal como previamente demonstrado em portadores de *pacemaker* de dupla-câmara<sup>(2)</sup>. A melhoria hemodinâmica, verificada com a TRV depende da contribuição activa da sístole auricular, que otimiza o enchimento ventricular esquerdo, da redução do grau de insuficiência mitral e do grau de ressincronização inter e intra-ventricular<sup>(3)</sup>.

Existem vários métodos não invasivos para optimização do intervalo AV na prática clínica. Frequentemente é utilizada a ecocardiografia com Doppler para estudo do fluxo de enchimento ventricular<sup>(4)</sup>. No entanto, permanecem dúvidas se o intervalo AV ideal encontrado com esta técnica, baseada na optimização da pré-carga, não possa ter um impacto negativo na função sistólica dos dts com TRV<sup>(5)</sup>. A car-

## INTRODUCTION

In patients (pts) with dilated cardiomyopathy and intra-ventricular conduction disturbances, ventricular resynchronization therapy (VRT) improves cardiac function and hence functional capacity<sup>(1)</sup>. Optimizing the atrioventricular (AV) interval in these patients is essential to improve cardiac indices, as has been shown in patients with dual-chamber pacemakers<sup>(2)</sup>. The hemodynamic improvement found with VRT depends on the active contribution of atrial systole (which optimizes left ventricular filling), the reduction in mitral regurgitation, and the degree of inter- and intra-ventricular resynchronization<sup>(3)</sup>.

There are various non-invasive methods for optimizing the AV interval in clinical practice. Doppler echocardiography is frequently used to study left ventricular filling flow<sup>(4)</sup>. However, doubts remain as to whether the ideal AV interval observed with this technique, based on optimization of preload, has a negative impact on systolic function in pts with VRT<sup>(5)</sup>. Impedance cardiography enables hemodynamic measurements to be obtained non-invasively<sup>(6)</sup>. Briefly, this technique uses a constant sinus-

diografia de impedância permite obter determinações hemodinâmicas de forma não invasiva<sup>(5)</sup>. Resumidamente, consiste numa corrente alterna sinusoidal constante que atravessa o tórax, permitindo calcular, pela taxa de diminuição da voltagem, a impedância transtorácica. Esta relaciona-se com as alterações de volume e aceleração do sangue no coração e grandes vasos, estimando o volume de ejeção e consequentemente o débito cardíaco (DC)<sup>(6)</sup>. Com base neste último, o intervalo AV ideal pode ser estimado e reflecte os vários mecanismos que medeiam a melhoria da função sistólica em dts com TRV, não estando unicamente dependente da pré-carga.

Neste trabalho pretende-se avaliar o intervalo AV óptimo em dts com TRV, obtido pela cardiografia de impedância e compará-lo com aquele previamente determinado por ecocardiografia com Doppler.

## MÉTODOS

Estudaram-se sete dts, cinco do sexo masculino, com idade média de  $61 \pm 11$  anos e com miocardiopatia dilatada, perturbação da condução intra-ventricular (definida como QRS superior ou igual a 150 ms no ECG de superfície) e insuficiência cardíaca classe funcional III ou IV da New York Heart Association, refractária à terapêutica médica otimizada. A miocardiopatia dilatada associava-se à presença de doença coronária em quatro doentes e era idiopática nos restantes. Todos os dts tinham indicação para implantação de cardioversor-desfibrilhador (CDI) com ressincronização ventricular. O eléctrodo para estimulação do ventrículo esquerdo foi colocado na veia lateral ou postero-lateral. As características dos dts estão sumarizadas no *Quadro I*. As medições para determinar o intervalo AV óptimo foram realizadas com os dts em repouso e decúbito dorsal, pelo menos 10 minutos antes do estudo, e após consentimento informado dos mesmos. Todos os doentes estavam em ritmo sinusal.

*Quadro I*  
Características dos doentes estudados

Doente Nº	Sexo	Idade	Etiologia Miocardiopatia
1	Masculino	56	Isquémica
2	Feminino	59	Isquémica
3	Masculino	60	Idiopática
4	Feminino	79	Isquémica
5	Masculino	65	Idiopática
6	Masculino	47	Idiopática
7	Masculino	64	Isquémica

oidal alternating current that crosses the thorax, the resulting voltage reduction enabling transthoracic impedance to be calculated. This relates to changes in volume and acceleration of blood in the heart and great vessels, enabling ejection volume and hence cardiac output (CO) to be estimated<sup>(6)</sup>. Based on the latter, the ideal AV interval can be determined, which would reflect the various mechanisms involved in improved systolic function in pts with VRT, not being solely dependent on preload.

The aim of this work is to assess in pts with VRT the optimal AV interval determined by impedance cardiography and compare it to that previously obtained by Doppler echocardiography.

## METHODS

Seven patients were evaluated, five of them male, mean age of  $61 \pm 11$  years, with dilated cardiomyopathy, intra-ventricular conduction disturbances (defined as QRS of 150 ms or more on surface ECG) and heart failure, New York Heart Association (NYHA) functional class III or IV, refractory to optimized medical therapy. The dilated cardiomyopathy was associated with coronary artery disease in four patients, and was idiopathic in the others. All pts had indication for an implantable cardioverter-defibrillator (ICD) with ventricular resynchronization. The left ventricular stimulation electrode was placed in the lateral or posterolateral vein. The patients' characteristics are summarized in *Table I*. The measurements to determine the optimal AV interval were performed with the pts at rest in dorsal decubitus for at least 10 minutes before the study, for which they had given their informed consent. All patients were in sinus rhythm.

*Table I*  
Patient characteristics

Patient no.	Gender	Age	Etiology of cardiomyopathy
1	Male	56	Ischemic
2	Female	59	Ischemic
3	Male	60	Idiopathic
4	Female	79	Ischemic
5	Male	65	Idiopathic
6	Male	47	Idiopathic
7	Male	64	Ischemic

The optimal AV interval was estimated using transmitral flow pulsed Doppler, as originally described by Ritter<sup>(6)</sup>. Thus, initially a

O intervalo AV óptimo foi estimado utilizando o fluxo Doppler pulsado transmitral, como proposto originalmente por Ritter<sup>(1)</sup>. Assim, inicialmente foi programado um intervalo AV curto de modo a obter um encerramento precoce da válvula mitral, o que produz a interrupção da onda A do fluxo Doppler pulsado transmitral. O intervalo entre o artefacto da estimulação ventricular e o fim da onda A foi definido como «a». Posteriormente programou-se um intervalo AV longo de modo a conseguir um encerramento tardio, preferencialmente espontâneo, da válvula mitral. O intervalo entre o encerramento da válvula e o artefacto da estimulação ventricular foi definido como «b». O intervalo AV óptimo (AVed) foi assim determinado pela correcção do AV longo menos a diferença entre o intervalo «a» e «b» (AV longo - [a-b]).

Posteriormente, o intervalo AV óptimo foi calculado pela medição seriada do DC por cardiografia de impedância, em diferentes intervalos AV, iniciando-se em 80 ms e com aumentos de 10 ms, até ao máximo de 220 ms ou aparecimento de complexos QRS de fusão no ECG. Foi utilizado o *Task Force Monitor*<sup>®</sup>, que permitiu monitorização ECG simultânea. Este aparelho dispõe de *software* que permite estimar o DC médio durante uma fracção de tempo definida pelo operador. Assim, 10 segundos após o incremento do intervalo AV, foi adquirida a média das medições durante um minuto. O intervalo AV óptimo foi definido como o intervalo correspondente ao DC médio mais elevado (AVci).

Em cada doente, verificou-se qual o DC, determinado por cardiografia de impedância, correspondente ao intervalo AVed. Este foi comparado com o DC do intervalo AVci (DCci), para avaliar a variação do mesmo entre os intervalos determinados por ambos os métodos.

Os resultados foram apresentados recorrendo a métodos descritivos. O intervalo AVed foi correlacionado com o AVci, considerando-se os resultados estatisticamente significativos se  $r^2 > 0,5$  e  $p < 0,05$ . O programa estatístico utilizado foi o SPSS versão 10.0.

## RESULTADOS

O intervalo AVed foi de  $134 \pm 17$  ms, tendo variado entre um mínimo de 120 e máximo de 170 ms. O DC para o intervalo óptimo, determinado posteriormente por cardiografia de im-

short AV interval was programmed in order to obtain early closure of the mitral valve, which interrupts the A wave of the transmitral flow pulsed Doppler. The interval between the ventricular stimulus artifact and the end of the A wave was defined as "a". A long AV interval was then programmed in order to achieve late, preferably spontaneous, closure of the mitral valve. The interval between valve closure and the ventricular stimulus artifact was defined as "b". The optimal AV interval by Doppler echocardiography (AVde) was thus determined by correcting the long AV by subtracting the difference between the "a" and "b" intervals (long AV - [a-b]).

Subsequently, the optimal AV interval was calculated through a series of CO measurements by impedance cardiography, for different AV intervals, beginning with 80 ms, increasing at intervals of 10 ms, up to a maximum of 220 ms or the appearance of fusion QRS complexes on the ECG. A *Task Force Monitor*<sup>®</sup> was used with simultaneous ECG monitoring. This equipment has software that enables mean CO to be estimated during a time period defined by the operator. Thus, 10 seconds after the AV interval increment, the mean of measurements over a one-minute period was obtained. The optimal AV interval by impedance cardiography (AVic) was defined as the value corresponding to the highest mean CO.

The CO value by impedance cardiography that corresponded to the AVde interval was determined for each patient. This was compared to the CO of the AVic interval (COic) in order to assess the variation in CO between the intervals as determined by the two methods.

The results were analyzed using descriptive methods. The AVde interval was correlated with AVic, the results being considered statistically significant when  $r^2 > 0.5$  and  $p < 0.05$ . The statistical program used was SPSS version 10.0.

## RESULTS

The AVde interval was  $134 \pm 17$  ms, varying from a minimum of 120 to a maximum of 170 ms. CO for the optimal interval, determined subsequently by impedance cardiography, was  $4.03 \pm 1.2$  L/min, ranging between 2.5 and 5.9 L/min (*Table II*).

The CO determined by impedance cardiography for each patient and for each AV interval is shown in *Table III* and *Fig. 1*. CO was

pedância, foi de  $4,03 \pm 1,2$  L/min, variando entre 2,5 e 5,9 L/min (*Quadro II*).

O DC determinado por cardiografia de impedância para cada doente e em cada intervalo AV está apresentado no *Quadro III* e *Fig. 1*.

serially measured for a minimum AV interval of 80 ms and a maximum of 200 ms in three pts and of 220 ms in four. The maximum CO obtained was  $4.1 \pm 1.17$  L/min, ranging between 2.62 and 5.9 L/min. The optimal AV interval

**Quadro II**  
Intervalo AV ótimo e DC correspondente

Doente N°	AVed (ms)*	AVei (ms)*	DCel (L/min)	DCe (L/min)	Varição do DC (%)
1	130	130	5,17	5,17	0%
2	130	110	3,48	3,51	+0,8%
3	140	130	3,19	3,28	+2,8%
4	170	190	2,5	2,62	+4,8%
5	120	130	4,49	4,65	+0,76%
6	120	120	5,9	5,9	0%
7	130	150	3,49	3,57	+2,2%
	134±17	137±26	4,03±1,2	4,1±1,17	

\* AVed Vs AVei:  $r=0,844$ ;  $p=0,017$

**Table II**  
Optimal AV interval and corresponding (CO)

Patient no.	AVde (ms)*	AVie (ms)*	COde (L/min)	COie (L/min)	Variation in CO (%)
1	130	130	5.17	5.17	0%
2	130	110	3.48	3.51	+0.8%
3	140	130	3.19	3.28	+2.8%
4	170	190	2.5	2.62	+4.8%
5	120	130	4.49	4.65	+0.76%
6	120	120	5.9	5.9	0%
7	130	150	3.49	3.57	+2.2%
	134±17	137±26	4.03±1.2	4.1±1.17	

\* AVde vs. AVie:  $r=0,844$ ;  $p=0,017$

**Quadro III**  
Débito Cardíaco (L/min) nos diferentes Intervalos AV como determinado por cardiografia de impedância

Doente N°	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
1	4,16	4,18	4,22	4,37	4,89	5,17	5,06	4,79	4,44	4,29	4,17	4,18	4,13	4,13	4,10
2	3,35	3,40	3,42	3,51	3,50	3,48	3,45	3,42	3,34	3,23	3,20	3,19	3,15	-	-
3	3,16	3,18	3,23	3,26	3,27	3,28	3,19	3,18	3,20	3,21	3,08	2,94	2,90	2,88	2,87
4	2,45	2,48	2,47	2,47	2,43	2,37	2,42	2,46	2,44	2,50	2,59	2,62	2,61	2,59	2,60
5	4,30	4,32	4,36	4,38	4,49	4,65	3,87	3,51	3,16	2,99	3,30	3,15	3,01	2,88	2,87
6	5,25	5,29	5,33	5,32	5,90	5,11	3,51	2,61	3,34	3,33	3,30	3,30	3,28	-	-
7	3,15	3,20	3,22	3,22	3,45	3,49	3,54	3,57	3,45	3,54	3,52	3,52	3,50	3,43	-

\* Em destaque os valores de DC máximo

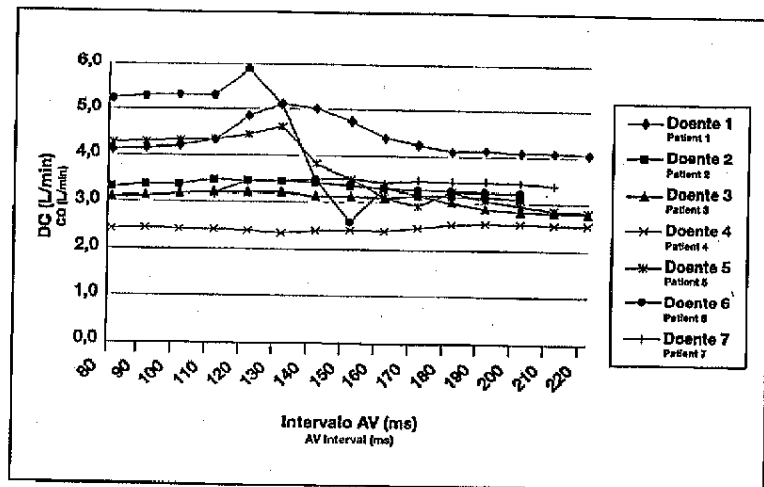
**Table III**  
Cardiac output (L/min) for different AV intervals as determined by impedance cardiography

Patient no.	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
1	4.16	4.18	4.22	4.37	4.89	5.17	5.06	4.79	4.44	4.29	4.17	4.18	4.13	4.13	4.10
2	3.35	3.40	3.42	3.51	3.50	3.48	3.45	3.42	3.34	3.23	3.20	3.19	3.15	-	-
3	3.16	3.18	3.23	3.26	3.27	3.28	3.19	3.18	3.20	3.21	3.08	2.94	2.90	2.88	2.87
4	2.45	2.48	2.47	2.47	2.43	2.37	2.42	2.46	2.44	2.50	2.59	2.62	2.61	2.59	2.60
5	4.30	4.32	4.36	4.38	4.49	4.65	3.87	3.51	3.16	2.99	3.30	3.15	3.01	2.88	2.87
6	5.25	5.29	5.33	5.32	5.90	5.11	3.51	2.61	3.34	3.33	3.30	3.30	3.28	-	-
7	3.15	3.20	3.22	3.22	3.45	3.49	3.54	3.57	3.45	3.54	3.52	3.52	3.50	3.43	-

\* Note: Maximum CO values in bold

Fig. 1 Variação do débito cardíaco determinado por cardiografia de impedância nos diferentes intervalos AV.

Fig. 1 Variation in cardiac output as determined by impedance cardiography for different AV intervals.



Foi realizada a determinação seriada do DC para um intervalo AV mínimo de 80 ms e máximo de 200 ms em três dias e de 220 ms em quatro. O DC máximo obtido foi  $4,1 \pm 1,17$  L/min, variando entre 2,62 e 5,9 L/min. O intervalo AV ótimo determinado por cardiografia de impedância foi de  $137 \pm 26$  ms, com mínimo de 110 e máximo de 190 ms (Quadro II).

Relativamente ao intervalo AV ótimo determinado por cardiografia de impedância este foi igual ao determinado por ecocardiografia em dois dias, inferior em dois e superior em três. Os intervalos AVed e AVci correlacionaram-se com significado estatístico ( $r=0,844$ ;  $p=0,017$ ). O intervalo AVci associou-se a DC mais elevado em cinco dos sete doentes, traduzindo um incremento médio de 2%, mínimo de 0,76 e máximo de 4,8.

## DISCUSSÃO

A otimização do intervalo AV parece ser essencial para o sucesso da TRV, devendo ser individualizada para se obter o benefício máximo da mesma<sup>(2)</sup>. A monitorização hemodinâmica invasiva permite determinar, com eficácia, o intervalo AV ótimo, no entanto, um modo simples, eficaz e não invasivo permanece ainda por descrever<sup>(6)</sup>. Os métodos mais frequentemente utilizados, na prática clínica, são a determinação empírica, o estudo do fluxo Doppler pulsado transmitral ou da câmara de saída do ventrículo esquerdo e a cardiografia de impedância<sup>(4, 6, 9, 10)</sup>. Existem outras técnicas menos utilizadas e que requerem validação adequada.

determined by impedance cardiography was  $137 \pm 26$  ms, with a minimum of 110 and a maximum of 190 ms (Table II).

The optimal AV interval as determined by impedance cardiography was the same as that measured by echocardiography in two pts, lower in two and higher in three. The correlation of the AVde and AVci intervals was statistically significant ( $r=0.844$ ;  $p=0.017$ ). The AVci interval was associated with higher CO in five of the seven patients, with a mean increase of 2%, minimum of 0.76 and maximum of 4.8.

## DISCUSSION

Optimization of the AV interval appears to be essential for the success of VRT, and should be individually tailored in order to obtain the maximum benefit<sup>(2)</sup>. Invasive hemodynamic monitoring enables optimal AV intervals to be determined efficaciously, but a simple, effective, non-invasive method has yet to be described<sup>(6)</sup>. The most common methods used in clinical practice are empirical determination, pulsed Doppler study of transmitral flow or of the left ventricular outflow tract, and impedance cardiography<sup>(4, 6, 9, 10)</sup>. There are other, less commonly used, techniques that require appropriate validation.

Impedance cardiography as a technique to determine optimal AV intervals has been validated in various studies. Besides enabling CO to be determined non-invasively, it has the advantage of correlating well with invasive assessment and of being reproducible, and can thus detect variations in continuous measurements<sup>(6)</sup>. Its efficacy can be compromised in

A cardiografia de impedância é uma tecnologia que tem sido validada em diversos estudos para a determinação do intervalo AV ótimo. Além de permitir a determinação do DC de forma não invasiva, tem a vantagem de apresentar uma boa correlação com a medição invasiva do DC e de ser reprodutível permitindo detectar variações nas medições, realizadas de forma contínua<sup>(6)</sup>. A sua eficácia pode ser comprometida por DC muito baixos, *shunts* intra-cardíacos e regurgitações valvulares graves<sup>(6)</sup>. Quando comparada com a programação empírica do intervalo AV, no trabalho de Crystal et al em dts com sistemas de dupla câmara, otimizados posteriormente com cardiografia de impedância, o DC aumentou em média 12% em 84% dos indivíduos<sup>(6)</sup>. A utilização da ecocardiografia com Doppler pulsado transmitral para otimização do intervalo AV em dts com *pacing* de dupla câmara está bem documentada<sup>(4,10)</sup>. Não existem estudos comparativos entre cardiografia de impedância e Doppler na determinação do intervalo AV ideal em dts com TRV. No nosso estudo não se verificaram diferenças significativas no intervalo determinado pelos dois métodos, tal como constatado por outros autores em dts com *pacing* de dupla câmara<sup>(4)</sup>. A cardiografia de impedância apresenta a vantagem de ser mais objectiva e de maior facilidade de execução. Algumas situações podem condicionar estimativas errôneas do intervalo AV, avaliado por Doppler, como sejam a função auricular esquerda deprimida e o padrão restritivo do ventrículo esquerdo, por alterarem os efeitos da pré-carga. Ambas as situações surgem em dts com miocardiopatia dilatada e nestes casos, um intervalo AV mais curto que o habitualmente estimado pelo Doppler, tende a ser mais favorável<sup>(4)</sup>.

O aumento do débito cardíaco verificado após a optimização do intervalo AV, em dts com sistemas de dupla câmara, parece dever-se a dois mecanismos, aumento da pré-carga e coordenação do encerramento da válvula mitral minimizando a regurgitação pré-sistólica<sup>(4)</sup>. No entanto, a importância do primeiro mecanismo em dts com TRV permanece por confirmar. Conforme sugerido por Auricchio et al, no seu estudo em agudo, a determinação do intervalo AV ideal pelo fluxo Doppler transmitral pode ser inadequada, devendo colocar-se a ênfase no grau de ressincronização ventricular, avaliado pela eficácia do  $dp/dtMax$ <sup>(2)</sup>. Nestes dts a ressincronização da contração inter e intra-

cases of very low CO, intra-cardiac shunt and severe valve regurgitation<sup>(6)</sup>. In the work of Crystal et al. in pts with dual-chamber systems, subsequently optimized with impedance cardiography, CO increased by an average of 12% in 84% of the subjects compared with empirically programmed AV intervals<sup>(6)</sup>. The use of transmitral pulsed Doppler echocardiography to optimize the AV interval in pts with dual-chamber pacing is well documented<sup>(4,10)</sup>. There are no studies comparing impedance cardiography with Doppler echocardiography to determine the ideal AV interval in pts undergoing VRT. As observed by other authors in pts with dual-chamber pacing<sup>(4)</sup>, our study found no significant differences in the interval when determined by the two methods. Impedance cardiography has the advantage of being more objective and simpler to perform. Certain situations may lead to inaccurate estimates of AV intervals assessed by Doppler, such as impaired left atrial function and a left ventricular restrictive pattern, since they alter the effects of preload. Both occur in pts with dilated cardiomyopathy and in these cases, a shorter AV interval than that estimated by Doppler tends to be more favorable<sup>(4)</sup>.

The increase in cardiac output observed following optimization of the AV interval in pts with dual-chamber systems appears to be due to two mechanisms: an increase in preload and coordination of mitral valve closure, thus minimizing presystolic regurgitation<sup>(4)</sup>. However, the importance of the first mechanism in pts with VRT has yet to be confirmed. Auricchio et al., in their study of acute cases, suggest that determination of the ideal AV interval by transmitral flow Doppler may be inappropriate, and that the emphasis should be placed on the degree of ventricular resynchronization, as assessed by the efficacy of  $dp/dtMax$ <sup>(2)</sup>. In these pts resynchronization of inter- and intra-ventricular contraction appears to play a fundamental role in the hemodynamic response<sup>(2,8)</sup>. The  $dp/dtMax$  is related to CO and in theory, AV optimization techniques based on determining CO, as is the case with impedance cardiography, may be more advantageous by preventing the programming of inappropriate intervals.

#### LIMITATIONS

A second assessment of CO by impedance cardiography was not performed in order to test its reproducibility in this type of patients. The correlation between the AV intervals determin-

-ventricular parecem desempenhar o papel fundamental na resposta hemodinâmica<sup>(2,3)</sup>. O  $dp/dt_{Max}$  relaciona-se com o DC e em teoria as técnicas de optimização AV baseadas na determinação deste último, como é o caso da cardiografia de impedância, poderão ser mais vantajosas impedindo a programação de um intervalo inadequado.

### LIMITAÇÕES

Não se realizou uma segunda determinação do DC pela cardiografia de impedância de modo a testar a sua reprodutibilidade neste tipo de dts. Não foi feita uma correlação entre os intervalos AV determinados por estes dois métodos e a medição hemodinâmica invasiva, pelo que não é possível prever se os valores encontrados se relacionam de facto com melhoria efectiva. Será necessário um estudo com maior número de indivíduos e com seguimento a longo prazo de modo a validar a optimização do intervalo AV por este método em dts com TRV.

### CONCLUSÃO

A optimização do intervalo AV, em dts com terapêutica de ressincronização ventricular, recorrendo à medição do débito cardíaco por cardiografia de impedância é comparável à realizada por Doppler pulsado do fluxo transmitral. Quando utilizada naquele tipo de dts parece associar-se a um aumento do débito cardíaco na maioria dos casos. A cardiografia de impedância é uma técnica mais objectiva e de mais fácil execução.

ed by these two methods and those obtained by invasive hemodynamic measurement was not studied, and it is therefore not possible to state whether the values found are in fact associated with effective improvement. A larger study with a long-term follow-up would be necessary in order to validate AV interval optimization with this method in pts with VRT.

### CONCLUSION

In pts with ventricular resynchronization therapy, AV interval optimization based on cardiac output determined by impedance cardiography is comparable to that obtained by transmitral flow pulsed Doppler. When used with this type of patient it appears to lead to an increase in cardiac output in the majority of cases. Impedance cardiography is a more objective and simpler technique.

Pedido de separatas para:

Address for reprints:

JOSÉ FERREIRA SANTOS

Serviço de Cardiologia

Hospital de São Bernardo

Rua Camilo Castelo Branco

2910-146 SETÚBAL

Tel./Fax: 265 549 082

e-mail: jferreirasantos@netvisão.pt

### BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

1. Abraham W, Fisher W, Smith A, et al. Cardiac Resynchronization in Chronic Heart Failure. *N Engl J Med* 2002;346: 1845-53.
2. Auricchio A, Ding J, Spinelli J, et al. Cardiac Resynchronization Therapy Restores Optimal Atrioventricular Timing in Heart Failure Patients With Ventricular Conduction Delay. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:1163-9.
3. Kerwin WF, Botvinick EH, O'Connell JW, et al. Ventricular contraction abnormalities in dilated cardiomyopathy: effect of biventricular pacing to correct interventricular dyssynchrony. *J Am Coll Cardiol* 2000;35:1221-7.
4. Kindermann M, Frohlig G, Doerr T, Schieffer H. Optimizing the AV Delay in DDD Pacemaker Patients with High Degree AV Block: Mitral Valve Doppler Versus Impedance Cardiography. *Pacing Clin Electrophysiol* 1997;20:2453-62.
5. Ovsyshcher I, Zimlichman R, Katz A, et al. Furman S. Measurements of Cardiac Output by Impedance Cardiography in Pacemaker Patients at Rest: Effects of Various Atrioventricular Delays. *J Am Coll Cardiol* 1993;21:761-7.
6. Ovsyshcher I, Furman S. Impedance cardiography for cardiac output estimation in pacemaker patients: review of the literature. *Pacing Clin Electrophysiol* 1993;16:1412-22.
7. Breithardt O, Stellbrink C, Franke A, et al. Acute effects of cardiac resynchronization therapy on left ventricular Doppler indices in patients with congestive heart failure. *Am Heart J* 2002;143:34-44.
8. Auricchio A, Stellbrink C, Block M, et al. Effect of Pacing Chamber and Atrioventricular Delay on Acute Systolic Function of Paced Patients With Congestive Heart Failure. *Circulation* 1999;99:2993-3001.
9. Crystal E, Ovsyshcher IE. Cardiac output-based versus empirically programmed AV interval - how different are they? *Europace* 1999;1:121-5.
10. Leonelli FM, Wang K, Youssef M, et al. Systolic and diastolic effects of variable atrioventricular delay in patients with complete heart block and normal ventricular function. *Am J Cardiol* 1997;80:291-8.