

CONTRIBUIÇÃO DO ESTRESSE VENTRICULAR CIRCUNFERENCIAL TELESSISTÓLICO NO ESTUDO DA FUNÇÃO VENTRICULAR ESQUERDA NA INSUFICIÊNCIA MITRAL CRÔNICA

PAULO CESAR DE CARVALHO STUDART, ANTONIO SERGIO CORDEIRO DA ROCHA,
JOSÉ GERALDO DE CASTRO AMINO, EDSON SANDOVAL PEIXOTO, ENIO PORTO DUARTE,
PAULO SERGIO DE OLIVEIRA, IVAN GONÇALVES MAIA, CELSO ABRÃO,
AUGUSTO HEITOR XAVIER DE BRITO, HANS JURGEN FERNANDO DOHMANN

Com o auxílio do computador HP 5600B, calculou-se o estresse ventricular circunferencial na telessístole ($r\theta SF$) e sua relação com o volume sistólico final ($r\theta SF/VSF$) em 11 pacientes portadores de insuficiência mitral crônica angiograficamente importante. Os resultados foram comparados com os de 16 indivíduos normais. Os portadores de IM mostraram maiores valores de $r\theta SF$ ($172,00 \pm 101,49 \text{ g/cm}^2$) que os indivíduos normais ($105,56 \pm 35,19 \text{ g/cm}^2$). No entanto, quando o $r\theta SF$ foi normalizado pelo VSF, os valores encontrados na IM crônica ($2,52 \pm 0,69$) mostraram-se inferiores àqueles obtidos nos indivíduos normais ($3,73 \pm 0,84$) caracterizando queda do rendimento ventricular. Tais resultados adquirem importância se considerarmos ser a IM doença em que, freqüentemente, as variáveis para avaliação da função ventricular esquerda são falhos ou pouco sensíveis. Portanto, a determinação do $r\theta SF$ e da relação $r\theta SF/VSF$, permitindo melhor caracterização dessa função pode ser necessária para a previsão do resultado cirúrgico.

O estresse ventricular pode ser definido como a tensão exercida sobre a parede ventricular durante sua contração e seu relaxamento^{2,1}. É considerado como um dos principais fatores que influem no consumo de oxigênio pelo miocárdio³ (MVO). Nos últimos anos, tem sido muito valorizada essa variável no estabelecimento do prognóstico pré-operatório de cardiopatias que cursam com sobrecarga de pressão⁴ ou de volumes do ventrículo esquerdo (VE).

De modo geral, os resultados imediatos e tardios do tratamento cirúrgico das cardiopatias dependem muito da função ventricular pré-operatória. É, pois, dever do médico, diante da doença passível de correção cirúrgica, utilizar todas as técnicas disponíveis para avaliação da função ventricular.

A insuficiência mitral crônica (IM) é, sabidamente, uma cardiopatia em que os métodos de avaliação habitualmente empregados pelos laboratórios de hemodinâmica falham na detecção adequada do grau de comprometimento da função miocárdica^{6,7}. Essa é uma das principais razões pelas quais, ocasionalmente, os resultados cirúrgicos, nessa cardiopatia, não são os esperados⁸.

O motivo desse trabalho é medir as modificações do estresse ventricular circunferencial em pacientes com IM crônica e determinar até que ponto tais al-

terações podem contribuir para a avaliação do estado contrátil do VE e, conseqüentemente, para o prognóstico da correção cirúrgica da IM.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados 11 pacientes portadores de IM pura, com idades variando entre 11 e 63 anos, 5 do sexo masculino e 6 do feminino. Todos os pacientes apresentavam pela angiografia, regurgitação importante, com opacificação total do átrio esquerdo (AE). Nenhum paciente se encontrava em atividade reumática.

Os pacientes foram cateterizados pela técnica transbraquial. O cateterismo direito foi efetuado com cateter Cournand e o esquerdo com cateter angiográfico os quais, além das medidas da pressão, permitiram a introdução de 30 a 50 ml de contraste (Hypaque a 75%). Foram obtidas, sucessivamente, as pressões de capilar pulmonar (PCP), artéria pulmonar (AP), ventrículo direito (VD), átrio direito (AD), aorta (Ao) e VE. Determinou-se a dP/dt máxima, a velocidade de encurtamento do elemento contrátil em seu pico máximo (V_{pm}) e a velocidade extrapolada para a carga zero ($V_{m\acute{a}x}$) de ambos os ventrículos. As pressões foram obtidas com trans-

dutor HP modelo 1280 com zero de referência (pressão atmosférica) na linha axilar média. As curvas foram processadas através de um computador microprogramável HP 5600 B a partir de uma amostra de 9 batimentos.

O computador determinou, através de um conversor analógico-digital, os valores dos pontos de cada uma das 9 curvas desprezando a cada ponto os 3 maiores e os 3 menores valores e conferindo a cada ponto da curva o valor médio das 3 determinações restantes.

A V_{pm} e a $V_{máx}$ foram conseguidas através da "plotagem" automática da velocidade do elemento contrátil (VCE) (calculada pela fórmula $dP/dt/KP$), contra a pressão isovolumétrica, a partir do modelo de Hill.

A ventriculografia esquerda foi sempre realizada em oblíqua anterior direita (OAD) a 30° com a ampola colocada a distância pré-fixada. Na altura correspondente àquela em que se presumia estivesse o VE, ou seja, a 1/3 da espessura do tórax, com o paciente já em posição, filmava-se uma grade com 25 cm² de superfície que servia para o cálculo da amplificação da imagem. Todos os procedimentos angiográficos foram efetuados utilizando-se intensificador de imagens Phillips de césio e filmado à razão de 30 quadros/s através de uma câmara Arritecno.

Os cálculos de volume foram feitos através do método área-comprimento monopiano em OAD de Kasser e Kennedy⁹ e Kennedy e col.¹⁰, admitindo-se que o VE corresponde a um elipsóide de revolução. O volume foi corrigido por meio da equação: Volume verdadeiro = 0,788 x volume calculado + 8,4, que sofreu nova correção para a magnificação conseqüente à emissão de raios não paralelos.

Para a determinação dos volumes e da massa ventricular foi utilizado, como terminal do computador, um analisador de volume Vanguard. A imagem ventriculográfica teve sua periferia traçada por meio de uma caneta sônica, sendo obtido assim o volume do quadro corresponde à diástole máxima (VDF) e à sístole máxima (VSF). O volume de ejeção (VEj), a fração de ejeção (FE) e a massa do VE foram calculados automaticamente pelo computador: $VEj = VDF - VSF$; $FE = (VEj)/VDF$; massa = 1.05 x volume da parede. O volume da parede, para o cálculo da massa, foi obtido traçando-se, com a caneta sônica, um segmento do limite externo da silhueta cardíaca no quadro correspondente à diástole máxima¹¹.

O cálculo do estresse circunferencial foi efetuado através da seguinte fórmula¹²:

$$\sigma_{\theta} = \left(\frac{P \cdot R_m}{h} \right) \left[\frac{RM^2}{RM} / \left(\frac{RM^2}{RM} + \frac{H}{2} \right) \right]$$

$$\left[1 - 1/2 \left(\frac{RM}{RM} \right)^2 \right]$$

onde P = pressão; Rm = raio menor; RM = raio maior; h = espessura.

Foram obtidos o estresse circunferencial diastólico final ($\sigma_{\theta DF}$) e o estresse circunferencial sistólico final ($\sigma_{\theta SF}$). Tais medidas, também obtidas automaticamente, exigiram que, após a determinação dos volumes e espessuras ventriculares, fossem introduzidas as pressões correspondentes ao VDF, ou seja, a Pd2, e ao VSF, a pressão ventricular correspondente à pressão de incisura obtida a partir da observação da curva pressórica aórtica.

Considerou-se também a relação $\sigma_{\theta SF}/VSF$.

Os valores obtidos foram comparados com os de 16 indivíduos normais que foram submetidos a cateterismo para elucidação de manifestação cardíaca não diagnosticada.

Os dados não emparelhados foram comparados através do teste de médias por meio da distribuição t de Student. Programas de correlação linear e curvilínea foram aplicados no estudo das relações entre o estresse e as demais variáveis. O nível de significância foi 0,05.

RESULTADOS

As médias, os desvios-padrão e os resultados dos testes estatísticos estão anotados na tabela I.

COMENTÁRIOS

O VDF na IM mostrou-se nitidamente superior em relação aos normais. Evidentemente, em se tratando de uma cardiopatia cuja característica fundamental é a sobrecarga de volume, tal achado era esperado. Na realidade, o aumento do VDF é tanto maior quanto mais importante for o volume regurgitado. O VDF é nessa doença indicativo principalmente desse volume regurgitado, informando pouco, no entanto, sobre a disfunção miocárdica.

Na IM, a diferença entre o VDF e o VSF representa o volume sistólico total, ou seja, aquele que realmente alcança a periferia ou débito efetivo, acrescido do volume regurgitante. Teoricamente, se a função ventricular fosse normal, portanto, com débito efetivo mantido, o VSF deveria permanecer dentro da faixa de normalidade. Assim sendo, a constatação do VSF aumentado nos pacientes com IM em relação ao grupo de normais faz supor que haja comprometimento miocárdico no grupo de pacientes por nós estudado, mesmo considerando que um VE aumentado permite que um maior volume sanguíneo seja ejetado com menor grau de encurtamento circunferencial de suas fibras¹².

Se considerarmos que o VE na IM, por apresentar dupla via de esvaziamento, sendo uma delas para cavidade de baixa pressão, tem condições para esvaziar-se melhor, o achado de VSP aumentando e

TABELA I

Variável	Normais	Insuficiência mitral	T	-P
VDF (ml)	95,43 ± 20,64	188,54 ± 57,99	5,94	0,001
VSF (ml)	27,81 ± 5,64	74,45 ± 32,80	5,61	0,001
FE	71,68 ± 5,68	60,78 ± 11,61	3,25	0,01
Massa (g)	87,75 ± 24,30	149,36 ± 52,00	4,15	0,001
Massa/VDF (g/ml)	0,96 ± 0,130	0,80 ± 0,21	1,51	NS
Pd ₂ (mmHg)	8,62 ± 3,05	10,63 ± 5,04	1,29	NS
dP/dt (mmHg/seg)	1739,36 ± 378,50	1591,30 ± 224,15	1,10	NS
V _{máx} (circ/seg)	± 0,34	1,49 ± 0,23	2,06	NS
r Θ DF	32,50 ± 17,85	45,81 ± 19,50	1,83	NS
r Θ SM	289,12 ± 75,86	348,00 ± 99,80	1,74	NS
r Θ SF	105,56 ± 35,19	172,0 ± 101,49	2,43	0,05
r Θ SF	3,73 ± 0,84	2,12 ± 0,69	2,43	0,001

VDF - volume diastólico final; VSF - volume sistólico final; FE - fração de ejeção; Pd₂ - pressão diastólica final; dP/dt - 1.^a derivada de pressão; V_{máx} - velocidade máxima do elemento contrátil; r Θ DF - estresse circunferencial diastólico final; r Θ SM - estresse circunferencial sistólico máximo; r Θ SF - estresse circunferencial sistólico final.

de FE reduzida espelham, certamente, queda do poder contrátil ventricular^{13,14}. No entanto, especialmente no que se refere à FE, a modificação, embora estatisticamente significativa em relação aos indivíduos normais, foi pouco importante. De nossos 11 pacientes, apenas 2 exibiram FE abaixo de 60 (fig. 1) e vários evidenciaram FE normal. A sensibilidade dessa variável para avaliação da função ventricular esquerda na IM é muito pobre, embora sua redução espelhe, com quase certeza, disfunção de VE bastante significativa¹⁵.

A massa ventricular, embora aumentada na IM, teve esse aumento em conseqüência tão-somente do crescimento da própria câmara. A relação massa/volume, na IM, mostrou tendência a reduzir-se. Tal achado difere daquele observado na insuficiência aórtica e, provavelmente, decorre da maior facilidade de escoamento ventricular na IM¹⁶.

A Pd₂ de VE, em conseqüência da alta complacência da cavidade ventricular na IM, nada informou quanto à função ventricular¹⁶. Do mesmo modo, os chamados índices da fase de contração isolométrica e a dP/dt máxima não se mostraram sensíveis na avaliação da função sistólica ventricular.

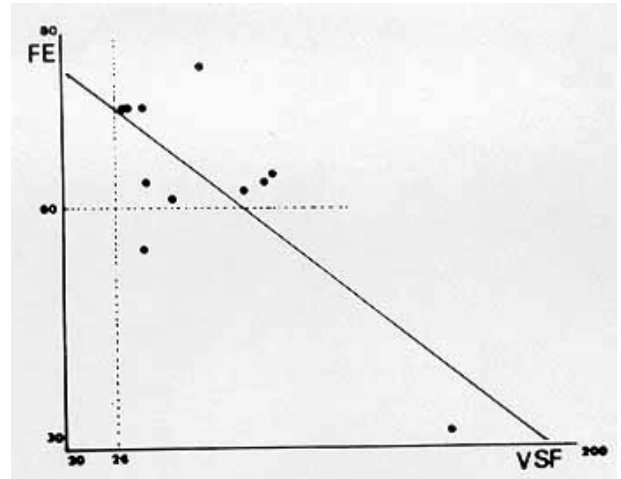


Fig. 1 - Dos 11 pacientes com insuficiência mitral, 2 tinham fração de ejeção (FE) abaixo de 60.

O estresse ventricular, conforme já foi salientado, é um dos determinantes mais importantes do MVO. Quanto maior o estresse, maior também será a tendência à hipoxia miocárdica e suas conseqüências³.

O estresse depende diretamente, em sua expressão mais simples, da pressão desenvolvida pelo ventrículo e do volume com que ele opera e, inversamente, da espessura da parede da cavidade ventricular. Em nosso material, o r Θ DF não mostrou diferença estatisticamente significativa entre os 2 grupos estudados. O r Θ SM não foi considerado, tendo em vista a dificuldade para determinar o volume a ser computado como correspondente ao final da fase de contração isovolumétrica (pressão diastólica da aorta) em se tratando de IM.

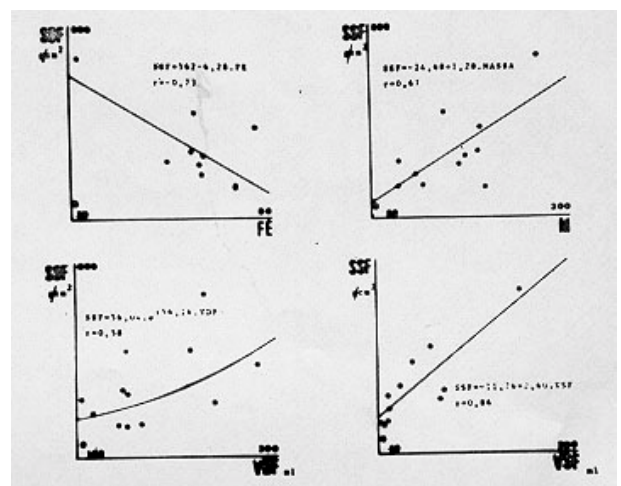


Fig. 2 - Correlações do estresse sistólico final com FE, massa, VDF e VSF. As melhores correlações foram com o VSF.

O r Θ SF mostrou-se significativamente maior na IM em relação aos normais ($p < 0,05$). O aumento do VSF e a redução da espessura da parede ventricular

na telessístole foram o motivo da elevação dos valores do estresse no grupo de pacientes com IM por nós estudado. A hipertrofia miocárdica, que tenderia a corrigir o estresse, parece não ter sido apropriada nesses pacientes, achado já relatado por outros autores¹⁷. O $r\theta SF$ correlacionou-se melhor com o VSF do que com o VDF, massa e FE (fig. 2).

A normalização do $r\theta SF$ pela VSF acrescentou maiores informações no que se refere à capacidade avaliadora daquela variável. Com efeito, no grupo de pacientes com IM, o $r\theta SF$, quando "plotado" contra o VSF, exibiu uma curva desviada para baixo e para a direita em relação à curva de indivíduos normais (fig. 3). Tal achado traduz queda do rendimento ventricular na IM. Em outras palavras, o $r\theta SF$, índice de esforço a que se submete a parede ventricular no final da sístole, mostrou-se aumentado na IM enquanto a relação $r\theta SF/VSF$, índice de rendimento, apresentou-se reduzida (fig. 4).

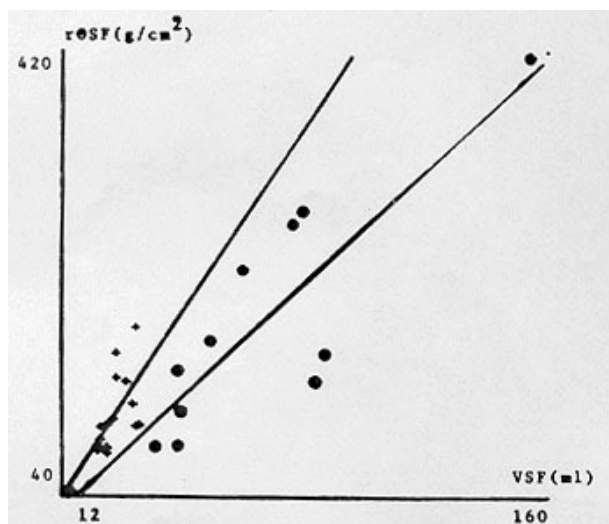


Fig. 3 - A normalização do $r\theta SF$ pelo VSF mostrou que a curva dos pacientes com IM está desviada para a direita e para baixo caracterizando queda do rendimento ventricular. +: normais; Θ : insuficiência mitral.

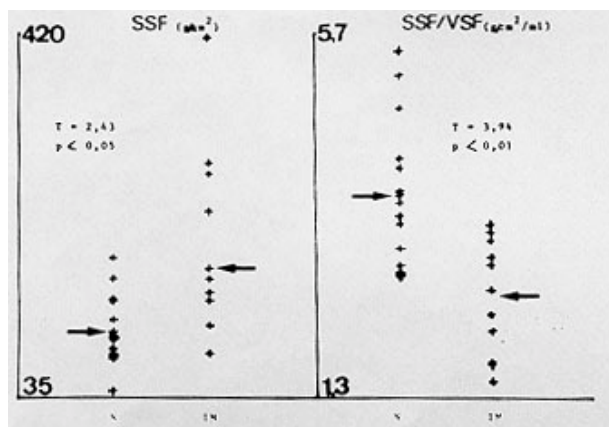


Fig. 4 - Embora, em valores absolutos o $r\theta SF/VSF$ (índice de esforço) se mostrasse maior na IM, a relação $r\theta SF/VSF$ (índice de rendimento) apresentou-se reduzida nos pacientes com essa doença. SSF: estresse sistólico final.

Os pacientes portadores de IM crônica freqüentemente não apresentam sintomas decorrentes de hipertensão capilar pulmonar¹⁸. A redução da capacidade funcional, muitas vezes, é menor do que seria de se esperar para um determinado grau de disfunção miocárdica. As variáveis comumente utilizadas para avaliação da função ventricular, freqüentemente, falham nessa doença¹⁵. Em conseqüência, é da maior conveniência a utilização de índices que possam espelhar, com maior fidedignidade, a deterioração da função ventricular antes que essa se torne importante a ponto de colocar em risco os resultados da correção cirúrgica. A determinação do $r\theta SF$ e da relação $r\theta SF/VSF$ parece contribuir nesse sentido.

SUMMARY

The left ventricular stress represents the effort to which the ventricular wall is submitted in its pumping function.

The bigger the stress, the greater the myocardial oxygen consumption (MVO₂) as well as the possibility of ventricular failure.

The end systolic ventricular loop stress ($r\theta ES$) and its relation with the end-systolic volume ($r\theta ES/ESV$) were calculated in 11 patients with chronic mitral insufficiency (MI) evaluated as important from the angiographic point of view, by the use of a HP-5600B computer.

The results were compared with those of normal individuals.

The patients with MI showed bigger $r\theta ES$ (172.00 ± 101.49 g/cm²) than normal individuals (105.56 ± 35.17 g/cm²).

On the other hand, when the $r\theta ES$ was normalized by the ESV, the values found in chronic MI (2.52 ± 0.69) were lower than those obtained from normal individuals (3.73 ± 0.84), indicating a depressed left ventricular myocardial function.

The values of these tests are important in face of the fact that the parameters currently used to evaluate left ventricular function are less sensitive.

Therefore, the $r\theta ES$ and $r\theta ES/ESV$ may be of held to settle the prognosis when surgical treatment is under consideration.

REFERÊNCIAS

1. Aloia, L. - Stress miocárdico-análise da função ventricular. In: Aloia, L. - Hemodinâmica e Angiocardiografia - Obtenção de Dados, Interpretação e Aplicações Clínicas. Atheneu, Rio de Janeiro, 1982. p. 123.
2. Grossman, W.; Gunther, S.; Carabello, B. A. - Ventricular wall stress: stimulus to hypertrophy and determinant of ejection performance. In: Bleifel, W.; Effert, S.; Henrath, P.; Mathey, D. - Evaluation of Cardiac Function by Echocardiography. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1980. p. 71.
3. Braunwald, E. - Control of myocardial oxygen consumption: physiologic and clinical considerations. Am. J. Cardiol. 29: 416, 1971.

4. Carabello, B. A.; Nolan, S. P.; McGuire, L. B. - Assessment of preoperative left ventricular function in patients with mitral regurgitation's: value of the end-systolic wall stress-end-systolic volume ratio. *Circulation*, 64: 1212, 1981.
5. Borow, K. M.; Green, L. H.; Grossman, W.; Braunwald, E. - Left ventricular and systolic stress-shortening and stress length relations in humans. *Am. J. Cardiol.* 50: 1301, 1982.
6. Munuz, S.; Gallardo, J.; Diaz-Goerrin, J.; Medina, O. - Influence of surgery on the natural history in rheumatic mitral, and aortic valve disease. *Am. J. Cardiol.* 35: 234, 1975.
7. Borow, K. M.; Green, L. H.; Mann, T. et al. - End-systolic as a predictor of post-operative left ventricular performance in volume overload from valvular regurgitation. *Am. J. Med.* 68: 655, 1980.
8. Schuller, G.; Peterson, K. L.; Johnson, A. et al. - Temporal response of left ventricular performance to mitral valve surgery. *Circulation*, 59: 1218, 1979.
9. Kasser, I. S.; Kennedy, J. W. - Measurement of left ventricular volume in man by simple-plane cineangiography. *Invest. Radiol.* 4: 83, 1969.
10. Kennedy, J. W.; Trenholm, S. E.; Kasser, I. S. - Left ventricular volume and mass from single plane cineangiogram. A comparison of anterior-posterior and right anterior oblique methods. *Am. Heart J.* 80: 343, 1970.
11. Rackley, C. E.; Dodge, H. T.; Coble, Jr., I. D. ; Hay, R. E. - A method for determining left ventricular mass in man. *Circulation*, 29: 666, 1964.
12. Yang, S. S.; Lamberto, G. B.; Maranhão, L.; Golberg, H. - From cardiac catheterization data to hemodynamic parameters. F. A. Davis, Philadelphia, 1972. p. 192.
13. Vokonas, P. S.; Gorlin, R.; Cohn, P. F. et al. - Dynamic geometry of the left ventricle in mitral regurgitation. *Circulation*, 48: 786, 1973.
14. Ross, Jr., J. - Left ventricular function and the timing of surgical treatment in valvular heart disease. *Ann. Int. Med.* 94: 498, 1981.
15. Eckberg, D. L.; Gault, J. H.; Bouchard, R. L. et al. - Mechanics of left ventricular contraction in chronic severe mitral regurgitation. *Circulation*, 47: 1252, 1973.
16. Urschel, W.; Covell, J. W.; Sonnenblick, E. H. et al. - Myocardial mechanics in aortic and mitral valvar regurgitation. The concept of instantaneous impedance as a determinant of the performance of the intact heart. *J. Clin. Invest.* 47: 867, 1967.
17. Geasch, W. H. - Left ventricular relative wall thickness in patients with aortic valve disease. In: Elefeld, W.; Effert, S.; Hanrath, P.; Mathey, D. ed. - Evaluation of Cardiac Function by Echocardiography. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1980. p. 71.
18. Braunwald, E. - Mitral regurgitation: physiologic, clinical and surgical considerations. *N. Engl. Med.* 281: 425, 1969.