

Introdução

As Diretrizes das Indicações de Ecocardiografia foram elaboradas no sentido de orientar o cardiologista para o uso racional da ecocardiografia. Utilizando os dados mais recentes da literatura, este documento visa abordar de forma sucinta as diversas situações em que o ecocardiograma (eco), nas suas várias modalidades, pode apresentar o melhor custo benefício para o paciente e seu tratamento.

Este documento não tem como finalidade descrever os métodos ecocardiográficos ou sua interpretação, mas sim abordar suas várias indicações na cardiologia, apontando, sempre que possível, a classe da indicação, conforme descrição abaixo.

Classe I: Condição na qual há evidência ou aceitação geral de que um determinado procedimento ou tratamento é útil e efetivo.

Classe II: Condições nas quais há conflito de evidências e/ou divergência de opinião sobre a utilidade/eficácia de um procedimento ou tratamento.

Ia: Peso da evidência/opinião é a favor da utilidade/eficácia.

Ib: Utilidade/eficácia é bem menos estabelecida por evidência/opinião.

Classe III: Condições nas quais há evidência e/ou aceitação geral de que o procedimento/tratamento não é útil/efetivo e que, em alguns casos, pode ser prejudicial.

1. Avaliação da função e estrutura ventricular esquerda

1.1 - Análise da função sistólica

A indicação do estudo ecocardiográfico com o objetivo de avaliar a função sistólica do ventrículo esquerdo (VE) corresponde a uma das principais aplicações clínicas deste método diagnóstico. A técnica unidimensional permite medidas precisas e padronizadas^{1,2} das dimensões da cavidade e da espessura das paredes do VE ao final da sístole e da diástole, a partir das quais são calculados índices de função sistólica da fase de ejeção: 1) percentagem de encurtamento sistólico da dimensão ventricular esquerda (% ΔD), como a diferença entre a dimensão diastólica final (D_{fd}) e a dimensão sistólica final (D_{fs}) dividida pela dimensão diastólica final; 2) velocidade média de encurtamento circunferencial corrigida (Vcf_c), correspondente à relação entre a percentagem de encurtamento sistólico da dimensão do VE dividida pelo tempo de ejeção corrigido pelo intervalo R-R precedente (tempo de ejeção dividido pela raiz quadrada do intervalo R-R); 3) volumes ventriculares ao final da sístole e da diástole, calculados a partir do método de Teichholz e cols.³; 4) fração de ejeção (FE) do VE, obtida a partir da diferença entre os volumes ventriculares diastólico e sistólico (volume ejetado por sístole) dividida pelo volume diastólico. As medidas unidimensionais do ΔD , da Vcf_c e da FE expressam adequadamente a função sistólica global apenas quando não existem alterações segmentares de mobilidade ventricular ou de remodelamento do VE.

Com a técnica bidimensional, que apresenta melhor resolução espacial, é possível caracterizar mais precisamente a FE do VE que apresenta forma anormal. Na prática clínica, a estimativa visual da FE do VE é frequentemente utilizada, de modo semiquantitativo, mas deve-se registrar que esta abordagem, pela sua natureza subjetiva, é menos reprodutível que os métodos quantitativos. O método mais aceito para avaliação do volume do VE é o método biplanar de discos (regra de Simpson modificada), em que o volume total é calculado com base no somatório do volume de pequenos discos cilíndricos, o que minimiza eventuais efeitos de modificação da geometria ventricular⁴. Ainda que, tradicionalmente, o limite inferior de normalidade para a FE do VE seja considerado em 50%, recentemente a Sociedade Americana de Ecocardiografia definiu este limite em 55%⁵.

Mais recentemente, várias técnicas ecocardiográficas tridimensionais (3D) tornaram-se disponíveis para quantificação dos volumes ventriculares e da FE, incluindo algumas que permitem a avaliação em tempo real⁶. Estudos comparando a quantificação de volumes ventriculares pela ecocardiografia 3D com a ressonância magnética demonstram elevado nível de concordância entre os métodos, bem como boa reprodutibilidade e acurácia, além de menores dispersão e variabilidade intra e interobservador em relação à ecocardiografia bidimensional⁷.

A análise da contratilidade segmentar do VE pela ecocardiografia bidimensional representa uma técnica semiquantitativa de avaliação da função sistólica regional, que tem se mostrado de grande valor na prática clínica, em especial na ecocardiografia sob estresse. Essa técnica depende da análise de espessamento da parede ventricular e da mobilidade endocárdica. Para análise da função regional, um consenso recente uniformizou critérios ecocardiográficos aplicáveis à medicina nuclear e à ressonância magnética cardíaca. Recomenda-se a divisão do VE em 17 segmentos, sendo 6 deles basais, 6 medioventriculares, 4 apicais e o 17º segmento na ponta do VE⁸. Essa segmentação, a rigor, é mais justificável para análise de perfusão do que de função ventricular. Desse modo, define-se uma gradação semiquantitativa que estabelece diferentes níveis de mobilidade segmentar: 1) normal; 2) hipocinesia; 3) acinesia; 4) discinesia; e 5) aneurisma.

O volume ejetado por sístole pode ser estimado a partir da medida da integral velocidade-tempo obtida por Doppler pulsátil registrado na via de saída do VE e multiplicado pela área transversal desta região. Esse valor multiplicado pela frequência cardíaca permite obter o valor do débito cardíaco. A técnica de Doppler tecidual também é promissora na investigação da função sistólica global e segmentar. A velocidade sistólica do miocárdio ventricular, quando medida na região do anel valvar mitral, reflete o encurtamento sistólico miocárdico longitudinal e pode se mostrar reduzida precocemente em pacientes com disfunção diastólica e FE ainda normal⁹, o que sugere que essa variável possa ser uma medida mais sensível da função sistólica que a FE. Essa metodologia é bastante útil em análise de sincronismo ventricular e como método complementar em ecocardiografia sob estresse, embora não ofereça avaliação adequada da função sistólica nos segmentos apicais do VE.

Diretrizes

As técnicas de *strain* e *strain rate* derivadas das medidas de velocidade do Doppler tecidual têm sido usadas para avaliar a deformação miocárdica, apresentando grande sensibilidade mesmo na detecção de alterações subclínicas da função sistólica segmentar. Recentemente, foi introduzida a técnica de *speckle tracking*, que identifica pontos intramiocárdicos brilhantes (*speckles*) e os acompanha durante o ciclo cardíaco, o que permite quantificar a deformação miocárdica em duas dimensões, medindo velocidade tecidual, torção ventricular, *strain* e *strain rate*, sem dependência de ângulo entre feixe de ultrassom e movimento miocárdico ou da orientação do transdutor, com boa acuracidade e sensibilidade para uso clínico¹⁰, incluindo os segmentos ventriculares apicais. Em que pese o elevado potencial do Doppler tecidual e do *speckle tracking* para uso clínico, tais metodologias ainda estão em evolução e sua utilização ainda é bastante limitada.

O índice de desempenho ventricular (índice de Tei) é definido como a razão entre a soma dos tempos de contração e relaxamento isovolumétrico pelo tempo de ejeção, variáveis que podem ser obtidas pela técnica de Doppler. Pelo fato de integrar elementos das funções sistólica e diastólica, é considerado como índice de função sistodiastólica global, independente da frequência cardíaca e da pressão arterial, não se baseando em inferências geométricas e com boa reprodutibilidade¹¹. Entretanto, ele é influenciado por variações da pré e pós-carga ventricular e não apresenta elementos que permitam distinguir o mecanismo de disfunção ventricular. Embora seja uma medida de obtenção relativamente simples, testada em diversas condições clínicas e que, potencialmente, pode expressar a função de ambos os ventrículos, existem questionamentos quanto à sua sensibilidade e valor prognóstico¹².

Referências

- Schiller NB, Shah PM, Crawford M, et al. Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography. American Society of Echocardiography Committee on Standards, Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms. J Am Soc Echocardiogr. 1989; 2: 358-67.
- Sahn DJ, DeMaria A, Kisslo J, Weyman A. Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. Circulation. 1978; 58: 1072-83.
- Teichholz LE, Kreulen T, Herman MV, Gorlin R. Problems in echocardiographic volume determinations: echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. Am J Cardiol. 1976; 37: 7-11.
- Ciampi Q, Villari B. Role of echocardiography in diagnosis and risk stratification in heart failure with left ventricular systolic dysfunction. Cardiovascular Ultrasound. 2007; 5: 34.
- Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Chamber Quantification Writing Group; American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee; European Association of Echocardiography. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. J Am Soc Echocardiogr. 2005; 18: 1440-63.
- Yang HS, Bansal RC, Mookadam F, Khandheria BK, Tajik AJ, Chandrasekaran K; American Society of Echocardiography. Practical guide for three-dimensional transthoracic echocardiography using a fully sampled matrix array transducer. J Am Soc Echocardiogr. 2008; 21: 979-89.
- Mor-Avi V, Sugeng L, Weinert L, MacEneaney P, Caiani EG, Koch R, et al. Fast measurement of left ventricular mass with real-time three-dimensional echocardiography: comparison with magnetic resonance imaging. Circulation. 2004; 110: 1814-8.
- Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: a statement for healthcare professionals from the cardiac imaging committee of the council on clinical cardiology of the American Heart Association. Circulation. 2002; 105: 539-42.
- Yu CM, Lin H, Yang H, Kong SL, Zhang Q, Lee SW. Progression of systolic abnormalities in patients with "isolated" diastolic heart failure and diastolic dysfunction. Circulation. 2002; 105: 1195-201.
- Amundsen BH, Helle-Valle T, Edvardsen T, Torp H, Crosby J, Lyseggen E, et al. Noninvasive myocardial strain measurement by speckle tracking echocardiography: validation against sonomicrometry and tagged magnetic resonance imaging. J Am Coll Cardiol. 2006; 47: 789-93.
- Tei C, Ling LH, Hodge DO, Bailey KR, Oh JK, Rodeheffer RJ, et al. New index of combined systolic and diastolic myocardial performance: a simple and reproducible measure of cardiac function – a study in normal and dilated cardiomyopathy. J Cardiol. 1995; 26: 357-66.
- Mishra RK, Kizer JR, Palmieri V, Roman MJ, Galloway JM, Fabsitz RR, et al. Utility of the myocardial performance index in a population with high prevalences of obesity, diabetes and hypertension: the strong heart study. Echocardiography. 2007; 24: 340-6.

1.2 - Análise da função diastólica

Devido à alta prevalência de insuficiência cardíaca diastólica, a avaliação da função diastólica do VE deve fazer parte da rotina ecocardiográfica, especialmente em pacientes que apresentam dispneia ou insuficiência cardíaca. Além disso, em várias condições clínicas, a disfunção diastólica precede a sistólica.

A diástole é uma parte complexa do ciclo cardíaco, sendo dependente do relaxamento miocárdio ativo, complacência

ventricular, sincronismo ventricular, sucção diastólica ventricular, viscoelasticidade do miocárdio, contração atrial, restrição pericárdica, interação ventricular e do efeito erétil das coronárias¹.

A elevação das pressões de enchimento do VE é a principal consequência hemodinâmica da disfunção diastólica. Quando a pressão capilar pulmonar excede 12 mmHg ou a pressão diastólica final do VE excede 16 mmHg, as pressões de enchimento são consideradas elevadas².

A análise da função diastólica não invasiva constitui um importante elemento da ecocardiografia e pode ser feita pela integração de várias técnicas: análise do fluxo mitral (repouso e após manobra de Valsalva), do fluxo de veias pulmonares, do Doppler tecidual, da velocidade de propagação do fluxo pelo modo-M em cores e da medida do volume do átrio esquerdo (AE). O uso integrado dessas modalidades permite a definição de 4 padrões de disfunção diastólica, que são, em ordem crescente de gravidade: relaxamento diastólico anormal (grau I de disfunção diastólica), pseudonormal (grau II) e padrões restritivos reversível e irreversível (grau III e IV). A inversão da relação $E/A > 1$ do fluxo mitral normal para $E/A < 1$ com a manobra de Valsalva, assim como uma velocidade de reverso pulmonar > 35 cm/s na veia pulmonar, podem diferenciar o padrão normal do padrão pseudonormal. Também uma duração da onda A mitral > 30 ms do que a duração do reverso pulmonar é indicativa de pressão diastólica final elevada de VE.

Em pacientes com miocardiopatia dilatada e infarto, o Doppler pulsátil do fluxo mitral (ondas E, A, tempo de desaceleração) se correlaciona melhor com as pressões de enchimento do VE, classe funcional e prognóstico do que a FE^{3,4,5}. Pacientes com grau I de disfunção diastólica são os menos sintomáticos, enquanto o padrão restritivo se caracteriza por um pior prognóstico, especialmente se persiste após a redução da pré-carga a partir de tratamento medicamentoso otimizado. Em pacientes com doença coronária e miocardiopatia hipertrófica com FE $\geq 50\%$, as variáveis do fluxo mitral se correlacionam pobremente com a hemodinâmica, e a associação de outros métodos, como o Doppler tecidual, é imprescindível^{6,7}.

Devido à influência que os índices de função diastólica obtidos do fluxo mitral e mesmo do pulmonar sofrem de vários fatores (pressão atrial esquerda, relaxamento ventricular, pré e pós-carga, frequência cardíaca, idade etc.), outros parâmetros têm sido testados com o objetivo de se estimar as pressões de enchimento do VE.

Inúmeros estudos têm demonstrado a importância das velocidades do anel mitral obtidas com o Doppler tecidual para determinação das ondas "s" (sistólica), "e" (início da diástole) e "a" (contração atrial). O uso de letras minúsculas para designar essas ondas foi preconizado nas Diretrizes da Sociedade Americana de Ecocardiografia⁸ de 2008. Tais diretrizes também advogam que essas ondas devem ser medidas nas paredes septal e lateral (lateral geralmente maior do que a septal) e o valor médio das duas deve ser usado devido à influência da função miocárdica regional nestas velocidades. Obtendo-se um índice da onda E do fluxo mitral dividida pela "e" do Doppler tecidual, diminui-se a influência das condições de pré e pós-carga sobre a onda E. O índice E/e' tem se mostrado extremamente útil na previsão das pressões

de enchimento do VE ($E/e' < 8$ normalmente associado a pressões de enchimento normais e $E/e' > 15$ associado a pressões de enchimento elevadas)⁹. Contudo, E/e' não é um índice acurado de pressões de enchimento em indivíduos normais, pacientes com calcificação do anel mitral, doença valvar mitral e pericardite constritiva.

Também a velocidade de propagação do fluxo mitral avaliado em relação ao modo-M em cores (V_p) pode ajudar na detecção de pressões elevadas. Uma velocidade ≥ 50 cm/s é considerada normal e, na maioria dos pacientes com FE reduzida, o índice $E/V_p \geq 2,5$ prediz uma pressão capilar > 15 . Pacientes com volume e FE de VE normais, mas com pressões de enchimento elevadas, podem ter valores não confiáveis de V_p ⁸. Além disso, existe variabilidade na obtenção da V_p .

A habilidade do E/e' em prever as pressões de enchimento na presença de regurgitação mitral \geq moderada depende da função sistólica do VE. Esse índice, quando elevado em pacientes com regurgitação mitral e FE reduzida, correlaciona-se com as pressões de enchimento e prediz hospitalização e morte, não sendo, porém, útil em pacientes com FE preservada^{10,11,12}.

Enquanto essas velocidades ao Doppler pulsátil e tecidual refletem as pressões de enchimento instantâneas do VE, a medida do volume do AE reflete o efeito cumulativo das pressões de enchimento ao longo do tempo e, portanto, este índice é a expressão crônica da disfunção diastólica. Existem várias técnicas para se medir o volume do AE, incluindo: $VAE = 0,85 \times A1 \times A2$; $L (A1 = \text{área no corte apical 4 câmaras}; A2 = \text{área no corte apical duas câmaras}; L = \text{menor diâmetro})$, indexado para superfície corpórea¹³. Estudos observacionais mostram que um volume de AE ≥ 34 ml/m² é um preditor independente de morte, insuficiência cardíaca, fibrilação atrial e AVC isquêmico¹⁴. Contudo, é importante que outras causas de aumento do AE sejam afastadas e este dado levado em consideração junto à clínica do paciente, tamanho das câmaras e índices ao Doppler de função diastólica. Estudos recentes analisaram o *strain* e *strain rate* atriais e suas associações com a fibrilação atrial¹⁵; contudo, estudos futuros são necessários para se definir a aplicabilidade clínica de tais índices.

Muitos pacientes tornam-se sintomáticos com o exercício e por isso é útil se analisar as pressões de enchimento com o estresse físico. Em pacientes normais, as velocidades de E e "e" aumentam proporcionalmente e o índice permanece constante ou diminuído. Nos cardiopatas, a onda "e" aumenta muito menos, resultando, portanto, no aumento da relação E/e' ¹⁶.

Finalmente, a avaliação da função diastólica pelas técnicas de *strain* e *strain rate* é promissora, mas necessita de novos estudos para se estabelecer seu valor clínico adicional. Até o momento, parâmetros ao Doppler pulsátil e ao Doppler tecidual são os dados ecocardiográficos mais fidedignos para se analisar a função diastólica.

Referências

- Nishimura RA, Abel MD, Hatle LK, Tajik AJ. Assessment of diastolic function of the heart: background and current applications of Doppler echocardiography. Part II. Clinical studies. *Mayo Clin Proc.* 1989; 64: 181-204.
- Paulus WJ, Tschope C, Sanderson JE, Rusconi C, Flachskampf FA, Rademakers FE, et al. How to diagnose diastolic heart failure: a consensus statement on the diagnosis of heart failure with normal left ventricular ejection fraction by the Heart Failure and Echocardiography Associations of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J.* 2007; 28: 2539-50.
- Pozzoli M, Traversi E, Cioffi G, Stenner R, Sanarico M, Tavazzi L. Loading manipulations improve the prognostic value of Doppler evaluation of mitral flow in patients with chronic heart failure. *Circulation.* 1997; 95: 1222-30.
- Temporelli PL, Corra U, Imparato A, Bosimini E, Scapellato F, Giannuzzi P. Reversible restrictive left ventricular diastolic filling with optimized oral therapy predicts a more favorable prognosis in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 1998; 31: 1591-7.
- Somarathne JB, Whalley GA, Gamble GD, Doughty RN. Restrictive filling pattern is a powerful predictor of heart failure events post acute myocardial infarction and in established heart failure: a literature-based meta-analysis. *J Card Fail.* 2007; 13: 346-52.
- Nishimura RA, Appleton CP, Redfield MM, Ilstrup DM, Holmes DR Jr, Tajik AJ. Noninvasive Doppler echocardiographic evaluation of left ventricular filling pressures in patients with cardiomyopathies: a simultaneous Doppler echocardiographic and cardiac catheterization study. *J Am Coll Cardiol.* 1996; 28: 1226-33.
- Nagueh SF, Lakkis NM, Middleton KJ, Spencer WH III, Zoghbi WA, Quinones hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation.* 1999; 99: 254-61.
- Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, Marino P, Oh JK, Smiseth OA, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009; 22 (2): 107-33.
- Ommen SR, Nishimura RA, Appleton CP, Miller FA, Oh JK, Redfield MM, et al. Clinical utility of Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging in the estimation of left ventricular filling pressures: a comparative simultaneous Doppler-catheterization study. *Circulation.* 2000; 102: 1788-94.
- Diwan A, McCulloch M, Lawrie GM, Reardon MJ, Nagueh SF. Doppler estimation of left ventricular filling pressures in patients with mitral valve disease. *Circulation.* 2005; 111: 3281-9.
- Olson JJ, Costa SP, Young CE, Palac RT. Early mitral filling/diastolic mitral annular velocity ratio is not a reliable predictor of left ventricular filling pressure in the setting of severe mitral regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr.* 2006; 19: 83-7.
- Bruch C, Stypmann J, Gradaus R, Breithardt G, Wichter T. Usefulness of tissue Doppler imaging for estimation of filling pressures in patients with primary or secondary pure mitral regurgitation. *Am J Cardiol.* 2004; 93: 324-8.
- Abhayaratna WP, Seward JB, Appleton CP, Douglas PS, Oh JK, Tajik AJ, et al. Left atrial size: physiologic determinants and clinical applications. *J Am Coll Cardiol.* 2006; 47: 2357-63.
- Di Salvo G, Caso P, Lo Piccolo R, Fusco A, Martiniello AR, Russo MG, et al. Atrial myocardial deformation properties predict maintenance of sinus rhythm after external cardioversion of recent-onset lone atrial fibrillation. A color Doppler myocardial imaging and transthoracic and transesophageal echocardiographic study. *Circulation.* 2005; 112: 387-95.
- Ha JW, Oh JK, Pellikka PA, Ommen SR, Stussy VL, Bailey KR, et al. Diastolic stress echocardiography: a novel noninvasive diagnostic test for diastolic dysfunction using supine bicycle exercise Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2005; 18: 63-8.

1.3 - Cardiomiopatias

Apesar de constituírem um grupo heterogêneo de doenças, são atualmente classificadas, conforme o mecanismo fisiopatológico predominante ou fator etiológico-patogênico, como sendo dos seguintes tipos: dilatadas, hipertróficas, restritivas e cardiomiopatia (ou displasia) arritmogênica do ventrículo direito (VD). A não compactação do miocárdio ventricular é outra forma de cardiomiopatia, mas ainda não classificada como uma entidade distinta pela *World Health Organization*¹.

1.3.1 - Cardiomiopatia dilatada (CMD)

Caracteriza-se pela dilatação do VE associada à disfunção sistólica global, podendo haver anormalidades segmentares superimpostas. Com a dilatação gradual maior no eixo curto, a cavidade do VE torna-se mais esférica, com o índice de esfericidade (dimensão ao eixo longo/eixo curto) próximo de 1,0 (VN \geq 1,5). A espessura parietal geralmente está normal, porém a massa miocárdica está aumentada.

Características secundárias da CMD incluem dilatação do VD, regurgitação mitral funcional, aumento dos átrios, trombos intracavitários, graus variáveis de disfunção diastólica e evidências de baixo débito cardíaco. Portadores de CMD apresentam ampla variação na apresentação clínica e hemodinâmica, dependendo do padrão de função diastólica. Algumas variáveis de função diastólica, como o tempo de

desaceleração da onda E e a relação E/e', apresentam boa correlação com a pressão capilar pulmonar e têm valor prognóstico adicional à FE do VE.

Recomenda-se a realização do ecocardiograma nos parentes de 1º grau de pacientes com CMD em virtude da elevada incidência (20%-50%) de cardiomiopatia dilatada familiar.

O bloqueio de ramo esquerdo é comum em pacientes com CMD, causando dissincronia intraventricular. Doppler tecidual e outras técnicas, incluindo *tissue tracking*, *tissue synchronization imaging* e *strain* permitem quantificar o grau de dissincronia^{2,3}. Entretanto, existe grande variabilidade de medidas e ainda não está definido quais variáveis ecocardiográficas identificam melhor os pacientes que responderão à ressincronização. O ecocardiograma é também empregado após implante de marca-passo biventricular para otimizar o intervalo PR, por meio da análise empírica do fluxo mitral ou do método de Ritter⁴.

1.3.2 - Cardiomiopatia dilatada chagásica (CMD)

A CMC apresenta características semelhantes à CMD idiopática, com dilatação e disfunção ventricular. A análise da mobilidade segmentar das paredes do VE evidencia um conjunto de alterações bastante variável em cardiopatas chagásicos crônicos. A discinesia apical (aneurisma apical) pode ocorrer em 50%-65% dos cardiopatas com insuficiência

cardíaca e hipo ou acinesia da parede pósterio-inferior em 15%-20% dos pacientes⁵. Disfunção do VD associada apresenta valor prognóstico⁶. Recentemente, demonstrou-se que o volume do AE e a relação E/e' foram preditores de morte na CMC, independente da classe funcional, FE do VE e da função ventricular direita⁷.

1.3.3 - Avaliação pós-transplante cardíaco

O ecocardiograma tem sido utilizado no acompanhamento de pacientes submetidos a transplante cardíaco em diferentes contextos. Algumas variáveis ecocardiográficas convencionais, como massado VE, tempo de relaxamento isovolumétrico e índices de função sistólica apresentam um valor limitado na identificação da rejeição em pacientes transplantados. Embora a disfunção diastólica seja frequentemente empregada como um marcador de rejeição, não há dados atuais na literatura que apoiem o uso dos índices de função diastólica como testes de *screening* na predição de rejeição⁸. O Doppler tecidual, o *strain* e o *strain rate* parecem ser técnicas promissoras na monitorização da rejeição pós-transplante⁹.

A doença coronariana do coração transplantado é a causa mais comum de complicação tardia, podendo determinar a morte ou um novo transplante. A ecocardiografia sob estresse¹⁰ tem se mostrado um método seguro e acurado para identificar os pacientes de alto risco para eventos cardíacos.

1.3.4 - Avaliação durante quimioterapia

Os antracíclicos são altamente efetivos no tratamento de alguns tumores, porém têm o uso limitado pelo potencial cardiotoxíco. Estudos relatam uma ampla variação na incidência da cardiotoxicidade, dependendo das definições empregadas, regimes de quimioterapia e população de pacientes. A ocorrência de insuficiência cardíaca varia de 1%-5% e a redução da função sistólica do VE assintomática de 5%-20%¹¹.

Tradicionalmente, a cardiotoxicidade induzida pela quimioterapia é detectada pela monitorização da função do VE antes e durante o período de tratamento, medindo-se a FE do VE. Esse parâmetro, entretanto, apresenta sensibilidade limitada para detectar alterações precoces e novos métodos estão sendo investigados¹². Parâmetros derivados do Doppler tecidual, como *strain* e *strain rate* podem detectar disfunção incipiente do VE, quando o ecocardiograma convencional é ainda normal. Além disso, esses marcadores foram preditores de desenvolvimento tardio de disfunção ventricular e mortalidade após tratamento com a doxorubicina¹².

1.4 - Cardiomiopatia hipertrófica (CMH)

O ecocardiograma bidimensional é o método de escolha para se estabelecer o diagnóstico da CMH, identificando o grau da hipertrofia ventricular, sua distribuição e classificando os diversos tipos: septal assimétrica, apical, concêntrica ou mesoventricular¹³.

O Doppler é utilizado para localizar e quantificar a obstrução intraventricular. A avaliação do gradiente por meio do ecocardiograma sob esforço deve fazer parte da avaliação dos pacientes com CMH com obstrução < 50 mmHg em

repouso. Em mais de 70% dos casos, detecta-se obstrução quando se complementa o ecocardiograma em repouso com o exame sob esforço. A manobra de Valsalva isolada subestima a presença e a magnitude da obstrução¹⁴.

O padrão de função diastólica predominante é o relaxamento diastólico anormal (grau I). Entretanto, porque o DT está muito prolongado, a elevação das pressões de enchimento não altera o fluxo mitral. Assim, diferente da CMD, o DT não apresenta significativa correlação com as pressões de enchimento na CMH. A onda e' encontra-se reduzida e a relação E/e' pode ser mais confiável para se estimar as pressões de enchimento do VE. Classicamente, o padrão do fluxo mitral é compatível com grau I de disfunção diastólica (E/A < 1 e DT > 240 ms) com relação E/e' > 15, caracterizando o grau IA de disfunção diastólica. Da mesma forma, a velocidade de propagação do modo-M em cores pode também estar falsamente elevada, a despeito da disfunção diastólica.

O ecocardiograma com injeção seletiva de contraste em ramos coronários septais está indicado antes de se fazer a alcoolização septal para se identificar a área do septo que deverá ser infartada. O ecocardiograma 3D é útil para melhor delineamento da área da via de saída do VE. A ecocardiografia transesofágica (ETE) está indicada no transoperatório de miectomia e para avaliar a valva mitral na suspeita de ruptura de cordoalha.

Dado o caráter hereditário da CMH, justificam-se estudos de *screening* com eco que demonstram alta prevalência da doença em parentes de 1º grau de portadores da CMH.

1.5 - Cardiomiopatias restritivas (CMR)

As CMR constituem um grupo de entidades caracterizadas por apresentar alteração no padrão de enchimento ventricular com paredes espessadas e rígidas e função sistólica geralmente preservada. Várias causas de CMR têm sido descritas, podendo ser idiopática, familiar ou associada a várias doenças sistêmicas¹⁵.

O diagnóstico pelo ecocardiograma baseia-se nas alterações anatômicas e funcionais comuns: cavidades ventriculares de dimensão normal ou reduzida, geralmente com disfunção diastólica do tipo restritivo ao Doppler, função sistólica global, em geral preservada, e átrios dilatados. A onda e' obtida no anel mitral septal está usualmente inferior a 7,0 cm/s.

Na CMR idiopática, o diagnóstico é feito por exclusão, e o diagnóstico diferencial principal é a pericardite constritiva (nesta, a onda e' no anel septal está normal ou até elevada e nas restritivas está diminuída). Na amiloidose, há espessamento das valvas AV, das paredes miocárdicas e, eventualmente, do septo atrial, com reflexão mais intensa e aspecto granuloso do miocárdio. Medidas do *strain* e *strain rate* ao eco bidimensional encontram-se significativamente reduzidas, permitindo o diagnóstico diferencial com outras doenças¹⁶.

Na endomiocardiofibrose (EMF), observam-se obliteração do ápice pela fibrose, sinais de restrição ventricular, envolvimento das valvas atrioventriculares (AV) e sinais subsequentes. Diferencia-se a fibrose de trombos apicais porque não há acinesia ou discinesia na EMF esquerda.

Diretrizes

Outro diagnóstico diferencial é a cardiomiopatia hipertrófica apical, que não apresenta espessamento endocárdico ou padrão restritivo e tem alterações eletrocardiográficas específicas.

A ETE está indicada quando existem dificuldades técnicas ao exame transtorácico e na monitorização transoperatória

Tabela 1 – Recomendações do ecocardiograma na avaliação das cardiomiopatias dilatadas, chagásica e por drogas

Recomendações	Classe
Avaliação em pacientes com suspeita de cardiomiopatia ou insuficiência cardíaca	I
Avaliação de dispneia ou edema com suspeita clínica de envolvimento cardíaco	I
Uso de drogas cardiotóxicas, para avaliação ou orientação terapêutica	I
Reavaliação em pacientes com cardiomiopatia conhecida se há mudança na clínica ou terapêutica	I
Pacientes com sorologia positiva para doença de Chagas para diagnóstico e estratificação de risco	I
Pacientes com suspeita de displasia arritmogênica do VD	I
Reavaliação de rotina em pacientes com cardiomiopatia estável, sem mudança clínica ou terapêutica	III

Tabela 2 – Recomendações do ecocardiograma na CMH

Recomendações	Classe
Diagnóstico e classificação da CMH, avaliação da repercussão hemodinâmica (obstrução subaórtica, função diastólica, regurgitação mitral)	I
Reavaliação de pacientes com diagnóstico de CMH quando ocorre mudança documentada da sintomatologia	I
Avaliação de resultados terapêuticos de tratamento farmacológico, cirúrgico (miectomia), procedimentos intervencionistas (oclusão alcoólica de artéria septal) ou marca-passo	I
Estudo de familiares do 1º grau	I
Avaliação periódica de familiares durante a infância e adolescência	IIa
Avaliação periódica de familiares adultos	IIb
Reavaliação em pacientes com diagnóstico estabelecido de CMH e que estejam clinicamente estáveis	IIb
Reavaliação rotineira em paciente clinicamente estável quando não se contempla uma mudança do manuseio	III

da ressecção da fibrose e correção dos defeitos valvares por via apical.

1.6 - Displasia (cardiomiopatia) arritmogênica do ventrículo direito (DAVD)

A DAVD é uma cardiomiopatia caracterizada pela infiltração fibrogordurosa das paredes do VD, causando arritmia ventricular, dilatação e disfunção ventricular direita. Representa uma significativa causa de morte súbita em jovens. A doença parece ter transmissão autossômica dominante, justificando o *screening* de parentes de 1º grau¹⁷.

O ecocardiograma constitui um dos métodos frequentemente empregados para o diagnóstico, apesar da falta de critérios ecocardiográficos padronizados para identificar esta patologia. Os critérios maiores ao ecocardiograma descritos são dilatação importante com disfunção sistólica do VD, associada a leve ou ausente comprometimento do VE. Aneurismas localizados e grave dilatação segmentar do VD também são critérios maiores. Os critérios menores incluem hiper-refringência da banda moderadora e trabeculações grosseiras do VD. A pressão sistólica da artéria pulmonar é tipicamente normal.

1.7 - Cardiomiopatia não compactada (não compactação isolada do VE)

A não compactação isolada do miocárdio ventricular (NCMV) é uma cardiomiopatia não classificada. Ocorre devido à interrupção embrionária da compactação miocárdica. Caracteriza-se por espessamento segmentar das paredes do VE, consistindo de duas camadas: uma camada epicárdica compactada e uma camada endocárdica com marcadas trabeculações e recessos intratrabeculares profundos. Os espaços são preenchidos pelo fluxo sanguíneo, visibilizados a partir do Doppler em cores. A cavidade ventricular esquerda está usualmente aumentada com FE diminuída. A relação miocárdio não compactado/

Tabela 3 – Recomendações da ETE sob esforço e contraste na CMH

Recomendações	Classe
Ecocardiograma transesofágico	
Monitoração intraoperatória da miectomia	I
Monitoração da ablação septal por oclusão alcoólica da artéria coronária septal com ETT inadequado	I
Ecocardiograma de contraste	
Suspeita clínica da forma apical sem definição ao ETT	IIa
Monitoração da ablação septal por oclusão alcoólica da artéria coronária septal	IIa
Ecocardiograma sob esforço	
Pacientes sintomáticos com obstrução leve em condições basais	IIa

Tabela 4 – Recomendações do ecocardiograma nas CMR

Recomendações	Classe
Investigação diagnóstica de pacientes com quadro de ICC sem etiologia esclarecida	I
Diagnóstico diferencial de pacientes com síndrome restritiva	I
Portadores de doenças sistêmicas potencialmente causadoras de CMR (forma associada) com clínica de ICC	I
Pacientes com síndrome hipereosinofílica, ascite e turgência das veias jugulares	I
Pacientes com ascite e edema de membros inferiores, sem diagnóstico estabelecido	I
Pacientes submetidos à radioterapia com sinais de hipertensão venosa sistêmica	I
Reavaliação de pacientes com diagnóstico prévio de CMR quando há mudança do curso clínico da doença	I
Portadores de EMF para planejamento terapêutico e avaliação prognóstica	Ila
Pacientes com edema e ascite, com evidências de pressão venosa sistêmica normal e sem qualquer evidência de cardiopatia	III

Referências

1. Maron BJ, Towbin JA, Thiene G, Antzelevitch C, Corrado D, Arnett D, et al; American Heart Association, Council on Clinical Cardiology, Heart Failure and Transplantation Committee, Quality of Care and Outcomes Research and Functional Genomics and Translational Biology Interdisciplinary Working Groups, Council on Epidemiology and Prevention. Contemporary definitions and classification of the cardiomyopathies: an American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology, Heart Failure and Transplantation Committee; Quality of Care and Outcomes Research and Functional Genomics and Translational Biology Interdisciplinary Working Groups; and Council on Epidemiology and Prevention. *Circulation*. 2006; 113: 1807-16.
2. Yu CM, Fung WH, Lin H, Zhang Q, Sanderson JE, Lau CP. Predictors of left ventricular reverse remodeling after cardiac resynchronization therapy for heart failure secondary to idiopathic dilated or ischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol*. 2003; 91: 684-8.
3. Gorcsan J 3rd, Abraham T, Agler DA, Bax JJ, Derumeaux G, Grimm RA, et al; American Society of Echocardiography Dyssynchrony Writing Group. Echocardiography for cardiac resynchronization therapy: recommendations for performance and reporting—a report from the American Society of Echocardiography Dyssynchrony Writing Group Endorsed by the Heart Rhythm Society. *J Am Soc Echocardiogr*. 2008; 21: 191-213.
4. Oh JK, Seward JB, Tajik AJ. *The echo manual*. 3th ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
5. Acquatella H, Schiller NB, Puigbó JJ, et al. M-mode and two-dimensional echocardiography in chronic Chagas' heart disease. A clinical and pathologic study. *Circulation*. 1980; 62: 787-99.
6. Nunes M do C, Rocha MO, Ribeiro AL, et al. Right ventricular dysfunction is an independent predictor of survival in patients with dilated chronic Chagas' cardiomyopathy. *Int J Cardiol*. 2008; 127: 372-9.
7. Nunes MC, Barbosa MM, Ribeiro AL, Colosimo EA, Rocha MOC. Left atrial volume provides independent prognostic value in patients with Chagas cardiomyopathy. *Am Soc Echocardiogr*. 2009; 22: 82-8.
8. Mena C, Wencker D, Krumholz HM, McNamara RL. Detection of heart transplant rejection in adults by echocardiographic diastolic indices: a systematic review of the literature. *J Am Soc Echocardiogr*. 2006; 19(10): 1295-300.
9. Marciniak A, Eroglu E, Marciniak M, Sirbu C, Herbots L, Droogne W, et al. The potential clinical role of ultrasonic strain and strain rate imaging in diagnosing acute rejection after heart transplantation. *Eur J Echocardiogr*. 2007; 8: 213-21.
10. Rodrigues AC, Frimm C de C, Bacal F, Andreolli V, Tsutsui JM, Bocchi EA, et al. Coronary flow reserve impairment predicts cardiac events in heart transplant patients with preserved left ventricular function. *Int J Cardiol*. 2005; 103: 201-6.
11. Granger CB. Prediction and prevention of chemotherapy-induced cardiomyopathy: can it be done? *Circulation*. 2006; 114: 2432-3.
12. Jurcut R, Wildiers H, Ganame J, D'hooge J, Paridaens R, Voigt JU. Detection and monitoring of cardiotoxicity—what does modern cardiology offer? *Support Care Cancer*. 2008; 16: 437-45.
13. Maron MS, Olivetto I, Zenovich AG, Link MS, Pandian NG, Kuvlin JT, et al. Hypertrophic cardiomyopathy is predominantly a disease of left ventricular outflow tract obstruction. *Circulation*. 2006; 114: 2232-9.
14. Maron MS, Finley JJ, Bos M, et al. Prevalence, clinical significance, and natural history of left ventricular apical aneurysms in hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*. 2008; 118: 1541-9.
15. Elliott P, Andersson B, Arbustini E, Bilinska Z, Cecchi F, Charron P, et al. Classification of the cardiomyopathies: a position statement from the European Society of Cardiology Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases. *European Heart Journal*. 2008; 29: 270-6.
16. Sun JP, Stewart WJ, Yang XS, Donnell RO, Leon AR, Felner JM, et al. Differentiation of hypertrophic cardiomyopathy and cardiac amyloidosis from other causes of ventricular wall thickening by two-dimensional strain imaging echocardiography. *Am J Cardiol*. 2009; 103: 411-5.
17. Yoerger DM, Marcus F, Sherrill D, et al. Echocardiographic findings in patients meeting task force criteria for arrhythmogenic right ventricular dysplasia: new insights from the multidisciplinary study of right ventricular dysplasia. *J Am Coll Cardiol*. 2005; 45: 860-5.

compactado ao final da sístole > 2 sugere NCMV. O ecocardiograma com contraste pode diferenciar melhor as camadas de miocárdio não compactado e compactado⁴.

1.8 - Hipertrofia miocárdica, hipertensão arterial e atletas

A hipertrofia miocárdica é considerada como uma resposta adaptativa do coração à prática de exercícios físicos, ou em situações de doença, como hipertensão arterial sistêmica (HAS), diabetes e obesidade.

A maior aplicação da ecocardiografia em estudos epidemiológicos e estudos de tratamento tem sido o cálculo da massa miocárdica do VE e sua modificação com o tratamento anti-hipertensivo¹.

1.8.1 - Cálculo da massa miocárdica do VE

As fórmulas empregadas para o cálculo da massa miocárdica do VE são variações do mesmo princípio e, mesmo utilizando qualquer modalidade, como eco unidimensional, bi ou 3D, o cálculo é baseado na subtração do volume da cavidade do VE do volume contido no epicárdio ventricular a fim de se obter o volume do músculo. Tal volume resultante é então convertido em massa miocárdica, multiplicando-o

pela densidade do miocárdio. A estimativa da massa do VE é muito mais acurada em ventrículos com forma normal, assumindo-se que as dimensões do eixo curto serão medidas em região livre de alterações da contratilidade das paredes. A grande aceitação das medidas obtidas com o modo-M se deve ao fato de que este método é relativamente simples e foi o primeiro validado, embora os erros de mensuração possam ser elevados ao cubo.

A Sociedade Americana de Ecocardiografia propôs (Convenção da ASE) que as bordas endocárdicas sejam incluídas nas medidas (borda a borda). Essa convenção utiliza as medidas no início do complexo QRS e vem sendo a mais aceita e empregada.

Diferentes fórmulas são utilizadas para o cálculo da massa miocárdica: a Convenção de Penn utilizou fórmula com fator corretor para a gravidade específica do músculo cardíaco de 1,04, subtraindo-se 13,6 g (fórmula 1)²:

Fórmula 1:

$$\text{Massa VE (g)} = 1,04 \{[(Dd + Pp + SIV)^3] - [(Dd)^3]\} - 13,6 \text{ g}$$

Dd – diâmetro diastólico do VE; g – gramas; Pp – espessura da parede posterior em diástole do VE; SIV – espessura diastólica do septo interventricular.

A fórmula proposta pela Sociedade Americana de Ecocardiografia, descrita abaixo, considera a gravidade específica do músculo cardíaco como 1,04 e não subtrai o valor de 13,6 (fórmula 2):

Fórmula 2:

$$\text{Massa VE (g)} = 1,04 \{[(Dd + Pp + SIV)^3] - [(Dd)^3]\}$$

Dd – diâmetro diastólico do VE; g – gramas; Pp – espessura da parede posterior em diástole do VE; SIV – espessura diastólica do septo interventricular.

A fórmula 3, também chamada anatômica ou de Devereux³, passou a ser a recomendada para o cálculo da massa miocárdica e a validação com achados de necropsia atingiu boa correlação (r = 0,90). Atualmente, vem sendo recomendada pela Sociedade Americana de Ecocardiografia como a fórmula mais adequada.

Fórmula 3:

$$\text{Massa VE (g)} = 0,8 \{1,04 \{[(Dd + Pp + SIV)^3] - [(Dd)^3]\} + 0,6 \text{ g}\}$$

Dd – diâmetro diastólico do VE; g – gramas; Pp – espessura da parede posterior em diástole do VE; SIV – espessura diastólica do septo interventricular.

Os métodos mais utilizados para a medida da massa miocárdica a partir do exame bidimensional são baseados na fórmula área-comprimento e no modelo do elipsoide truncado⁴.

1.8.2 - Avaliação dos padrões geométricos estruturais do VE

A geometria e o tipo de hipertrofia do VE podem dar informações diretas a respeito da fisiopatologia da doença hipertensiva e conferir informação prognóstica aparentemente independente da medida absoluta da massa miocárdica. A Figura 1 apresenta os índices utilizados para essa determinação.

Tabela 5 – Valores de referência da massa miocárdica derivados do eco unidimensional

Sexo	Convenção ASE (Fórmula de Penn) Valores normais		Convenção ASE (Fórmula de Devereux ou anatômica) Valores normais	
	MVE	IMVE	MVE	IMVE
Masculino	≤ 294 g	≤ 134 g/m ²	≤ 224 g	≤ 115 g/m ²
Feminino	≤ 198 g	≤ 110 g/m ²	≤ 162 g	≤ 95 g/m ²

ASE – Sociedade Americana de Ecocardiografia; IMVE – índice de massa ventricular esquerda; MVE – massa ventricular esquerda.

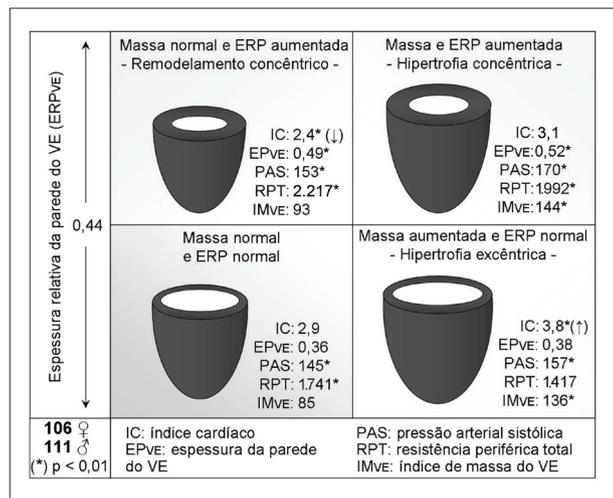


Figura 1 - Espessura relativa da parede do VE. Pacientes com massa ventricular normal podem apresentar remodelamento concêntrico ou geometria normal, enquanto pacientes com aumento da massa apresentam hipertrofia concêntrica ou excêntrica.

O índice de espessura relativa da parede (ERP) é o mais utilizado e diferentes pesquisadores demonstraram que no VE normal ou compensado a ERP aumenta em proporção direta à elevação da pressão arterial sistólica, constituindo o que se chama hipertrofia apropriada ou adaptada. A ERP pode ser medida pela seguinte fórmula: duas vezes a espessura da parede posterior do VE, dividido pelo diâmetro diastólico do VE. A relação é relativamente independente do tamanho absoluto da câmara.

O ponto de corte para considerar que a ERP está aumentada é 0,44, de forma independente da fórmula empregada para o seu cálculo⁵.

Recentemente, os comitês da ASE e da Sociedade Europeia de Ecocardiografia sugeriram 0,42 como ponto de corte⁴.

1.8.3 - Atletas

O treinamento físico prolongado e intenso está frequentemente associado com alterações morfológicas do coração, como os aumentos da cavidade do VE, da espessura de suas paredes e de sua massa miocárdica. O aumento da massa miocárdica do VE resultante do treinamento físico é chamado de “coração de atleta”⁶. Duas formas morfológicas do coração de atleta podem ser distinguidas: resistência ou isotônica e de força ou isométrica. Muitos autores preferem focar nas formas básicas do exercício praticado, distinguindo dinâmico, estático ou misto.

Atletas praticantes de exercício dinâmico demonstram hipertrofia excêntrica do VE, sem modificação da ERP. Atletas praticantes de exercício estático ou isométrico apresentam hipertrofia concêntrica do VE, caracterizada pelo aumento da ERP.

Muitos atletas praticam exercício misto, que combina padrões estáticos e dinâmicos. A função sistólica convencional, obtida pela FE e fração de encurtamento sistólico da fibra, não difere os atletas dos indivíduos normais. O estudo da função subendocárdica permite distinguir a hipertrofia dos atletas e hipertensos. A velocidade sistólica do movimento do anel mitral (onda S), obtida pelo Doppler tecidual, com

Tabela 6 – Recomendações para ecocardiografia na avaliação do paciente hipertenso

Recomendações	Classe
Pacientes hipertensos para detecção de hipertrofia miocárdica	I
Pacientes hipertensos com suspeita clínica de insuficiência cardíaca para avaliação da função sistólica e diastólica	I
Pacientes hipertensos com três ou mais fatores de risco cardiovascular, para avaliar se há lesão de órgão-alvo	I
Reavaliação de paciente hipertenso sem alteração no seu quadro clínico	IIb
Avaliação de familiares de 1º grau	III

Tabela 7 – Recomendações do ecocardiograma na avaliação do atleta⁸

Recomendações	Classe
Avaliação em atleta profissional assintomático	I
Avaliação em atletas cujo ECG basal ou Holter demonstrou anormalidades	I
Avaliação de possível doença estrutural cardíaca em atleta assintomático com história familiar positiva para cardiopatias geneticamente transmissíveis	I
Avaliação de atletas com sopro cardíaco ou outras alterações ao exame físico cardiovascular	I
Crianças maiores e adolescentes que realizarão exercícios fortemente competitivos e extenuantes, mas não profissionais	IIb

valor < 9,0 cm/s, indica que a hipertrofia não é fisiológica. Os índices de deformação miocárdica (*strain/strain rate*) parecem ser a técnica ideal para essa análise, já que não estão sujeitos ao efeito de tracionamento dos tecidos adjacentes. Alguns trabalhos demonstram que a redução do *strain* e *strain rate* no segmento basal da parede septal apresenta correlação direta com a pressão arterial média⁷.

Referências

- Devereux RB, Wachtell K, Gerds E, Boman K, Nieminen MS, Papademetriou V, et al. Prognostic significance of left ventricular mass change during treatment of hypertension. *JAMA*. 2004; 14: 601-11.
- Lantelme P, Bouchayer D, Gayet C, Lievre M, Gessek J, Milon H. Influence of a rapid change of left ventricular dimensions on the echocardiographic measurement of left ventricular mass by the Penn convention. *J Hypertens*. 1999; 17: 1323-8.
- Devereux RB, Reichek N. Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. Anatomic validation of the method. *Circulation*. 1977; 55: 602-11.
- Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's guidelines and standards committee and the chamber quantification writing group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005; 18: 1440-63.
- Ganau A, Devereux RB, Roman MJ, de Simone G, Pickering TG, Saba PS, et al. Patterns of left ventricular hypertrophy and geometric remodeling in essential hypertension. *J Am Coll Cardiol*. 1992; 19: 1550-8.
- Pluim BM, Zwinderman AH, Van der Laarse A, Van der Wall EE. The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation*. 1999; 100: 336-44.
- Baltabaeva A, Marciniak M, Bijmans B, Moggridge J, He FJ, Antonios T F, et al. Regional left ventricular deformation and geometry analysis provides insights in myocardial remodelling in mild to moderate hypertension. *Eur J Echocardiogr*. 2008; 9: 501-8.
- Maron BJ, Zipes DP. Eligibility recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities-general considerations. *J Am Coll Cardiol*. 2005; 45: 1318-21.