

Insuficiência cardíaca diastólica analisada por ecocardiografia com Doppler

Diastolic heart failure assessed by Doppler echocardiography

SINOPSE

A síndrome de insuficiência cardíaca congestiva está, para a maioria dos médicos, agregada à idéia causal de disfunção contrátil miocárdica. Porém, aproximadamente 30 a 50% desses pacientes apresentam função sistólica normal e somente disfunção na diástole. Esta situação clínica tem sido denominada insuficiência cardíaca diastólica.

A ecocardiografia com Doppler analisando o fluxo transmitral tem sido o método mais utilizado para avaliação diastólica do ventrículo esquerdo em razão da sua praticidade e relativo baixo custo. Porém, a enorme quantidade de variáveis que podem influir na aferição diastólica por este método contrapõe-se à praticidade do mesmo para o diagnóstico da disfunção diastólica. O Doppler Tecidual surge como um método capaz de oferecer informações adicionais com menor influência da pré-carga ao ventrículo esquerdo, melhorando a performance diagnóstica do Doppler.

UNITERMOS: Diástole/Fisiologia, Disfunção Ventricular Esquerda, Hipertensão, Hemodinâmica, Ecocardiografia Doppler de Pulso, Insuficiência Cardíaca Congestiva, Velocidade do Fluxo Sangüíneo, Estudo Comparativo, Humano.

ABSTRACT

The congestive heart failure is, for the most of the phisicians, associated to systolic disfunction. However, approximately 30 to 50% of these pacients presents normal systolic heart function with diastolic disfunction. This syndrome has been called diastolic heart failure.

Doppler echocardiography to assess the diastolic transmitral flow has been the most frequently used method to assess the left ventricle diastolic function, because it represents relatively low costs and praticity. But, in another way, a lot of hemodinamic variables can modify the values of the mitral flow index. The Tissue Doppler Imaging appears to add informations without preload influence, improving the diagnostic power of the Doppler.

KEY WORDS: LV Function; High Blood Pressure; Blood Flow Velocity; Tissue Doppler Imaging.

INTRODUÇÃO

A insuficiência cardíaca congestiva (ICC) apresenta uma prevalência consideravelmente elevada. Nos Estados Unidos, aproximadamente 4,6 milhões de pessoas são portadoras dessa síndrome, sendo, ainda, 550 mil os novos casos diagnosticados anualmente. Deste total, 30 a 50% apresentam normalidade ou quase normalidade da função sistólica (1). Nas últimas duas

décadas, a disfunção diastólica foi reconhecida como uma das principais causas primárias da insuficiência cardíaca congestiva naquele país (2) e, neste contexto, passou a ser chamada, por alguns, de insuficiência cardíaca diastólica. Relata-se sua prevalência particularmente maior em idosos e mulheres. Séries de casos sugerem, ainda, uma frequência maior em populações negras do que em outras populações (3), mas esta distribuição por gru-

LUIZ C. DANZMANN – Mestre em Cardiologia pela UFRGS. Médico Cardiologista da Unidade de Tratamento Coronariano do Hospital São Lucas da PUCRS e da Unidade de Cardiologia do Hospital de Pronto Socorro de Porto Alegre.

MARCO A. R. TORRES – Doutor em Cardiologia pela UFRGS. Professor da Faculdade de Medicina e do Programa de Pós-Graduação em Cardiologia da UFRGS.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Hospital de Clínicas de Porto Alegre

✉ Endereço para correspondência:

Luiz C. Danzmann

Rua Prof. Clemente Pinto, 264/301

90870-220 – Porto Alegre – RS – Brasil

☎ (51) 3219-1640; (51)3321-2385

✉ danzmann@terra.com.br

pos não está definitivamente estabelecida. Dados sobre mortalidade anual de pacientes com insuficiência cardíaca diastólica também são incertos, possuindo larga variação de estimativa – entre 9 e 28% (4, 5).

A associação da insuficiência cardíaca diastólica com cardiopatia isquêmica, cardiomiopatias, diabetes melito, idade avançada e insuficiência renal está bem estabelecida (1). Além disso, sua associação com a hipertensão arterial sistêmica lhe confere uma importância epidemiológica considerável, embasando investigações sobre sua fisiopatologia, métodos de avaliação e tratamento.

A insuficiência cardíaca diastólica tem sido objeto de vários artigos científicos após a confirmação das evidências de sua relevância clínica. O conceito fisiopatológico aceito por pesquisadores diz que a disfunção diastólica está presente quando é necessária uma elevada pressão de enchimento para alcançar um volume diastólico normal do ventrículo esquerdo (VE) (6). Entretanto, apesar de tentativas de caracterização de um critério uniforme para este diagnóstico, não existe uma escala de critérios predeterminada, testada e aceita de maneira universal para aplicação clínica (7).

A metodologia utilizada para diagnosticar a disfunção diastólica consis-

te na estimação de volumes e pressões ventriculares, bem como de índices de relaxamento miocárdico e enchimento da câmara ventricular, em suas diversas fases, através de ventriculografia radioisotópica, ecocardiografia, ressonância magnética e cateterismo. O método mais freqüentemente utilizado, no entanto, é a ecocardiografia, devido à sua praticidade e ao relativo baixo custo. Por isso, a aferição das variáveis do fluxo diastólico da válvula mitral, na via de entrada do ventrículo esquerdo, passou a ser avaliada rotineiramente no exame ecocardiográfico pela análise do Doppler espectral (8). Embora tal método tenha estabelecido inicialmente o que seria chamado padrão de medida diastólica, logo se verificou que os resultados das avaliações variavam muito e nem sempre eram reproduzíveis (9). Alguns estudos mostraram, inclusive, ausência de um padrão de anormalidade diante de um quadro clínico evidente de disfunção diastólica e insuficiência cardíaca, o que passou a ser denominado padrão "pseudonormal" (10).

O fato é que a análise do Doppler transmitral (DTM) é dependente da variação de pré-carga do ventrículo esquerdo, e pacientes com um relaxamento ventricular deficitário podem demonstrar um padrão normalizado, mesmo com pressão atrial esquerda elevada (11).

O Doppler pulsátil tecidual (DPT) consiste numa adaptação, para estudo dos sinais de alta amplitude e baixa velocidade derivados do miocárdio, do Doppler convencional, o qual tem sido empregado para avaliar a diástole (12). Aquele recurso tem se mostrado útil por permitir a obtenção de parâmetros da função segmentar do VE, tanto para o estudo da diástole como para o da sístole (13, 14). Em estudos de disfunção diastólica, demonstrou-se que tal exame apresentava relativa independência da pré-carga (15), sendo, dessa forma, pouco provável que mostrasse o padrão de "pseudonormalização", observado no estudo do fluxo transmitral. A avaliação da função diastólica pelo DPT pode, inclusive, ser utilizada para

a análise diastólica segmentar com um alto nível de acurácia, conforme demonstrado em recente estudo (16).

As evidências da relevância epidemiológica da insuficiência cardíaca diastólica, bem como da existência de lacunas de conhecimento sobre metodologia diagnóstica ideal para caracterização e acompanhamento dessas alterações, suportam uma revisão bibliográfica, além de estimularem pesquisas originais sobre o tema.

INSUFICIÊNCIA CARDÍACA DIASTÓLICA

A maioria dos pacientes que apresentam insuficiência cardíaca têm função sistólica ventricular esquerda reduzida e graus variáveis de disfunção diastólica desta câmara, mas um número significativo de indivíduos apresenta predomínio de alteração na diástole (17), configurando a insuficiência cardíaca diastólica. A hipertensão arterial sistêmica (HAS) é a situação clínica mais freqüentemente associada a isso (18).

A insuficiência cardíaca diastólica pode estar relacionada à cardiopatia isquêmica, à doença cardíaca reumática, às valvulopatias, às cardiomiopatias, ao diabetes mélico, à doença renal crônica e a diversas outras doenças sistêmicas (19) (Tabela 1).

Tabela 1 – Situações clínicas associadas à ICC diastólica

Hipertensão arterial sistêmica
Cardiopatia isquêmica
Cardiomiopatias (hipertrofica, dilatadas e restritivas)
Valvulopatias
Doença pericárdica
Arritmias
Insuficiência renal crônica

Em recente publicação, Vasan (7) sugere um conjunto de critérios objetivos para estabelecer uma classificação de graus de certeza no diagnóstico de insuficiência cardíaca diastólica. Para tanto, baseia-se em três ações se-

qüenciais: (a) estabelecer o diagnóstico clínico-radiológico de ICC; (b) comprovar a função sistólica normal do VE; e (c) documentar a disfunção diastólica do VE. A partir desses critérios, o autor propõe a caracterização dos pacientes em três diagnósticos, a saber: definitivo, provável e possível de insuficiência cardíaca diastólica. Essa categorização requer mais estudos para ser tida como uma verdade, mas funciona como ponto de partida para o estabelecimento do diagnóstico de uma condição clínica onde não existe consenso.

Este tipo de padrão de disfunção cardíaca está associado à baixa mortalidade e à alta morbidade (20), e seu tratamento consiste no controle dos agentes causadores, geralmente através da utilização de medicamentos como beta-bloqueadores, inibidores da enzima de conversão da angiotensina, bloqueadores dos canais de cálcio e bloqueadores da angiotensina II.

Fisiologia da diástole normal

Para o entendimento da fisiopatologia da ICC diastólica, é fundamental a revisão das fases da diástole, bem como das modificações hemodinâmicas que ocorrem em cada uma delas. A relação entre o VE, o átrio esquerdo (AE), as pressões aórticas e o *status* volumétrico sistêmico (volemia) é determinante para o resultado dessa fase do ciclo cardíaco.

a) Fase de relaxamento isovolumétrico: consiste no intervalo de tempo entre o fechamento da válvula aórtica e a abertura da válvula mitral, durante o qual não há alteração volumétrica na câmara ventricular esquerda. Varia conforme a taxa de relaxamento miocárdico, o tempo de fechamento valvular aórtico e a pressão atrial esquerda (21); ou seja, quanto maior a pressão em AE, mais precoce será a abertura da válvula mitral, encurtando-se a fase isovolumétrica (22).

b) Fase de enchimento precoce do VE: ao final da fase de relaxamento isovolumétrico, ocorre uma queda de

pressão que produz um gradiente VE/AE, determinando a abertura da válvula mitral e o rápido enchimento ventricular precoce. Os fatores primordiais que influenciam este processo são o processo de relaxamento miocárdico e a pressão atrial esquerda (19). Sob condições normais, mais de dois terços do enchimento ventricular ocorrem nesta fase.

c) *Diastasis* ou diástase: com o aumento do volume na câmara do VE, há tendência de equalização das pressões AE/VE, e o fluxo transmitral é reduzido até praticamente cessar, na porção média da diástole. Esta fase, na qual o enchimento ventricular é mínimo, denomina-se diástase.

d) Fase de contração atrial: a contração atrial eleva a pressão da câmara, suplantando a pressão de VE e permitindo o fluxo diastólico tardio complementar para o ventrículo esquerdo.

Fisiopatologia da diástole alterada

A disfunção do enchimento diastólico do ventrículo esquerdo está relacionada a anormalidades do relaxamento ativo do miocárdio durante a fase precoce da diástole, bem como das propriedades elásticas passivas do mesmo, como resultado de hipertrofia, isquemia miocárdica, decréscimo no tônus adrenérgico ou aumento no tecido conectivo miocárdico. A piora do relaxamento gera um aumento da tensão miocárdica na diástole. A perda das propriedades elásticas determina redução da complacência cardíaca, elevando as pressões venosas pulmonares. Na insuficiência cardíaca diastólica, portanto, a congestão venosa pulmonar e a diminuição do débito cardíaco ocorrem, ou como resultado de uma piora no enchimento ventricular *energia-dependente*, ou devido a um aumento na rigidez da câmara VE (23). É pertinente salientar, ainda, a importância de fatores não-ventriculares adjuvantes na diástole, a saber: pré-carga, resistência vascular sistêmica, função de contração-complacência atrial esquerda

(6), ritmo cardíaco anormal, função da válvula mitral e distensibilidade pericárdica.

Do início da fase de relaxamento isovolumétrico até o enchimento precoce do VE, a queda continuada da pressão intraventricular cria um efeito de sucção, o qual reforça o enchimento diastólico passivo. Assim, um retardo no relaxamento diastólico do VE resulta em uma piora no enchimento da câmara. Isso pode não determinar alteração hemodinâmica relevante em condições basais, porém gera uma incapacidade de aumentar o volume diastólico final, quando necessário, numa situação de taquicardia, causando diminuição do volume diastólico final. O prolongamento do tônus miocárdico diastólico, portanto, acarreta um aumento na pressão diastólica do VE e na relação pressão-volume do VE, principalmente durante o exercício (24).

Fisiopatologia da insuficiência cardíaca diastólica na cardiopatia hipertensiva

A hipertrofia ventricular esquerda, compensatoriamente, ocorre como um mecanismo adaptativo na doença cardíaca hipertensiva, servindo para restituir o estresse aumentado da parede. Com a sobrecarga crônica de pressão, o incremento na massa cardíaca leva à progressiva piora no enchimento diastólico, provocando um aumento significativo na pressão diastólica, até como consequência de uma elevação relativamente pequena do volume sanguíneo circulante. Neste estágio, a fase diastólica tardia passa a ter uma importância maior, sendo necessária uma participação atrial mais efetiva, com aumento no vigor da contração. A resposta exagerada a um pequeno acréscimo do volume de enchimento ventricular pode elevar a pressão venosa pulmonar, o que tende a resultar em edema intersticial. Isso gera o incremento da tensão miocárdica, devido à associação do aumento do conteúdo do colágeno cardíaco e à maior

concentração da enzima de conversão da angiotensina no miocárdio. Conseqüentemente, haverá o desenvolvimento da disfunção diastólica da doença cardíaca hipertensiva (23).

Metodologias para estudo da diástole

A avaliação da função diastólica pode ser realizada utilizando-se técnicas não-invasivas – como a ecocardiografia, a ventriculografia radioisotópica e a ressonância magnética – ou por métodos invasivos, através do cateterismo cardíaco direito e esquerdo. Enquanto o cateterismo cardíaco direito permite avaliar as pressões do circuito pulmonar com o encunhamento capilar pulmonar, o esquerdo permite a determinação das pressões de enchimento ventricular esquerdo, se possível com cateteres com manômetros implantados na sua extremidade.

O Doppler transmitral, analisando os fluxos da via de entrada do VE e das veias pulmonares, apresenta-se como a técnica mais utilizada devido à sua praticidade e ao baixo custo, sendo que os resultados obtidos apresentam boa correlação com a ventriculografia esquerda e a ventriculografia radioisotópica. Estes parâmetros, porém, podem ser eventualmente alterados por variações pressóricas e volumétricas do átrio esquerdo e da aorta.

Doppler do fluxo transmitral e veias pulmonares

Desde 1980 a técnica do Doppler pulsado para a análise do enchimento do ventrículo esquerdo vem possibilitando o estudo da diástole, de forma não-invasiva, inicialmente em animais e depois em humanos (23). Como resultado, obtiveram-se informações que permitiram uma padronização, dentro de variações aceitáveis, do que é a diástole normal e a diástole alterada em termos da ecocardiografia.

Vários estudos fizeram uso do Doppler transmitral, reconhecendo padrões

da diástole normal e alterada. Tais publicações têm ressaltado a importância da onda E (enchimento ventricular precoce), da onda A (enchimento ventricular tardio) e da relação E/A. Não menos importantes são as seguintes variáveis: tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV), velocidade do pico da onda E, tempo de desaceleração da onda E (TDE) e velocidade de pico da onda A, as quais são obtidas com este exame e também fornecem informações úteis. Por fim, o padrão de fluxo das veias pulmonares: pico sistólico de fluxo (PVS) – dividido em S1 e S2 –, pico diastólico de fluxo (PVD), pico de fluxo reverso atrial (PVA) e taxa de duração deste fluxo reverso (DVA) também podem ser obtidos, o que ocorre em 70 a 90% dos casos (19). Informações importantes para a caracterização dos padrões diastólicos são obtidas, pois, através da análise detalhada do conjunto destes parâmetros disponíveis, fazendo uso do método do Doppler transmitral (Tabela 2).

Os padrões de função diastólica, pois, são:

a) *Função normal*: comumente observada em jovens; o enchimento precoce é dominante, com relação E/A >1. Há leve predomínio da PVD e mínima amplitude de PVA e DVA.

b) *Relaxamento deficitário*: existe um pico menor de velocidade do en-

chimento precoce; logo a relação E/A é < 1. O TRIV e o TDE são maiores. Nas veias pulmonares, o PVD, de acordo com a onda E, está diminuído, sendo compensado pelo fluxo sistólico PVS. O PVA e o DVA usualmente permanecem inalterados, mas podem aumentar de acordo com a elevação da pressão diastólica final de VE. Este padrão está relacionado com a isquemia, a hipertrofia ou até as miocardiopatias infiltrativas em fase inicial (25).

c) *Padrão pseudonormal*: apresenta relação E/A >1, a exemplo do padrão normal, porém reflete um aumento da velocidade de fluxo da onda E secundário à elevação da pressão em átrio esquerdo, um déficit de relaxamento e uma diminuição inicial da complacência de VE (25). O TRIV está diminuído em consequência do gradiente transmitral inicial mais alto. O fluxo venoso pulmonar apresenta uma predominância anormal do PVD, pois este concorda com o aumento do fluxo mitral precoce (onda E). Esta situação representa uma progressão da disfunção isquêmica, hipertensiva ou de sobrecarga ao VE, sendo eventualmente de difícil diferenciação em relação ao padrão normal.

d) *Padrão restritivo*: a velocidade de enchimento diastólico precoce está aumentada, o que resulta numa relação E/A > 2 e num decréscimo do

TRIV e do TDE. Neste caso, o rápido fluxo de sangue para o ventrículo pouco complacente resulta numa rápida elevação na pressão de VE, suplantando a pressão atrial, o que pode acarretar, inclusive, regurgitação ventrículo-atrial na fase diastólica. A exemplo do que se observa no padrão anterior, neste existe um aumento diastólico do fluxo venoso pulmonar, o qual concorda com a elevação da onda E transmitral. O PVA e o DVA estão aumentados e guardam correlação positiva com a pressão diastólica final de VE. O padrão restritivo está relacionado com estágios avançados de insuficiência cardíaca e com pior prognóstico clínico.

As dificuldades e as limitações inerentes aos métodos que se baseiam na análise das velocidades do Doppler transmitral são muitas. Investigadores diversos ressaltam que as alterações reportadas nas velocidades do DTM poderiam ser atribuíveis ao relaxamento anormal pela presença de isquemia miocárdica concomitante, já que a isquemia induz um retardo do relaxamento em preparações isoladas de músculo cardíaco (26). Diversos estudos, fazendo uso de agentes estressores tais como *pacing* (27), dipiridamol (28), dobutamina (29, 30) e exercício (31), confirmaram um padrão de fluxo transmitral consistente com um atraso no relaxamento ventricular na presença da isquemia induzida.

Entretanto – ainda e apenas neste subitem da isquemia – enquanto alguns estudos reportaram modificações no relaxamento anormal do ventrículo esquerdo, outros não demonstraram nenhum padrão de anormalidade (32).

Esta variabilidade nos achados de tais estudos reflete apenas os efeitos compostos do incremento da pressão atrial esquerda sobre os diferentes graus de variação da pré-carga, devido à presença ou ao aparecimento de isquemia miocárdica, produzindo “pseudonormalização” ou mesmo um padrão do tipo restritivo. A determinação adequada de muitas particularidades da disfunção diastólica foi dificultada, tendo em vista que o DTM

sofre influência de uma quantidade muito grande de variáveis habitualmente presentes no contexto clínico.

Doppler pulsátil tecidual

Até o início da década passada, a análise combinada do tempo de relaxamento isovolumétrico, da velocidade da onda E e de outras variáveis derivadas das velocidades dos fluxos transmitral e venoso pulmonar era considerada a modalidade ecocardiográfica disponível para estimar não-invasivamente as pressões de enchimento ventricular esquerdo (33). A análise do padrão de disfunção diastólica, porém, pode ser afetada por diferentes graus de compensação de pré-carga, o que imprime a necessidade de outros recursos ecocardiográficos para auxiliar nesta diferenciação. Um deles, de acordo com o referido artigo, é a análise dos fluxos das veias pulmonares, através do Doppler pulsátil. Em alguns casos, entretanto, a obtenção de imagens dessas estruturas é difícil, o que diminui a praticidade de tal alternativa ecocardiográfica. Novos recursos têm sido desenvolvidos e testados com sucesso inicial. Destacam-se entre eles o DPT, o qual é um método que permite a aquisição das velocidades miocárdicas durante o exame ecocardiográfico (32). Esta técnica encontra-se disponível em equipamentos de ecocardiografia de última geração e representa um campo fértil para estudos de estadiamento da função diastólica em várias condições clínicas.

O DPT foi aplicado pela primeira vez há dez anos e proporcionou a obtenção de informações sobre a função regional, com análise quantitativa das velocidades miocárdicas, representando um avanço em oposição aos dados de caráter global, qualitativos ou semi-quantitativos, até então fornecidos pela análise ecocardiográfica com Doppler pulsátil do fluxo mitral (34, 35). O estudo das velocidades dos fluxos miocárdicos pode ser feito sob três formas: bidimensional codificado por cor, modo-M (“Monodimensional mode”)

codificado por cor e, mais tradicionalmente, modo espectral pulsátil – com o qual podem ser registradas as ondas E’ e A’, tradicionalmente registradas abaixo da linha de base. A modalidade espectral é a que apresenta a mais alta resolução de tempo e velocidade (31).

A partir de então, estudos ecocardiográficos vêm sendo desenvolvidos a fim de detalhar as propriedades de tal método. Oki et al. (36) estudaram as velocidades diastólicas em voluntários saudáveis, nos eixos cardíacos longitudinal e transversal, observando uma expansão diastólica da parede posterior de VE significativamente maior no eixo transversal na fase precoce da diástole. Na fase tardia, por outro lado, ocorreu maior expansão no eixo longitudinal, o que sugere uma predominância das fibras circunferenciais sobre as longitudinais durante a fase precoce da diástole de VE – em indivíduos sãos.

Ainda sobre informações fisiológicas do DPT, recente estudo (37) demonstrou que a onda E’ (ou seja, o relaxamento precoce ventricular no eixo longitudinal em direção ao átrio esquerdo) é mais elevada nas paredes lateral e posterior, sendo ainda maior nos segmentos basais.

Sohn et al. (11) demonstraram uma das grandes vantagens deste método em relação ao do fluxo transmitral, que é a influência reduzida da pré-carga na variável E’ do DPT. Analisando pacientes com disfunção diastólica por relaxamento alterado – detectada pelo método do Doppler transmitral –, observaram modificação do padrão diastólico para “pseudonormalizado” após a infusão de 500 a 700 ml de solução fisiológica, ao passo que a análise do padrão diastólico pelo DPT não apresentou alteração significativa (11). Este comportamento foi confirmado por Shimizu et al. (38), os quais utilizaram a elevação dos membros inferiores de pacientes com padrão de relaxamento deficitário ao DTM como manobra fisiológica passiva para elevação da pré-carga do VE. Constataram, após, que o pico negativo de gradiente das velocidades miocárdicas pelo DPT não

variou significativamente, ao contrário dos índices do DTM (38), os quais se transformaram num padrão diastólico “pseudonormal”.

Estudos clínico-ecocardiográficos também têm sido delineados. Em recente publicação, Vezù et al. (39) compararam o Doppler tecidual com o estudo do fluxo transmitral em pacientes com hipertrofia ventricular esquerda e observaram que os valores da onda E’ obtidos pelo DPT podem oferecer informações adicionais independentes dos dados derivados do enchimento ventricular esquerdo (39). Em outra série, analisando Doppler tecidual com modo-M a cores para medir a velocidade de propagação do fluxo transmitral, em pacientes com infarto agudo do miocárdio (IAM), observaram um atraso na velocidade precoce significativamente maior no grupo com infarto, e este retardo teve correlação positiva com a área de IAM e a idade (40).

No exemplo a seguir (Figura 1), observa-se o comportamento das ondas E, obtidas pelo DTM, e E’, obtidas pelo DPT, em situação basal e após incremento da pré-carga, no mesmo indivíduo portador de hipertrofia ventricular esquerda, secundária à HAS.

Com relação aos pacientes portadores de HAS, Oki et al. (41) verificaram a aplicabilidade do DPT na análise da disfunção diastólica, utilizando dois grupos de indivíduos: cinquenta pacientes hipertensos e trinta e seis voluntários normais foram submetidos à análise de DTM e DPT nos eixos cardíacos longitudinal e transversal. Foi observada uma velocidade de relaxamento diastólico significativamente maior no grupo dos indivíduos hipertensos. Além disso, constatou-se uma correlação negativa ($r = -0,8$) entre a velocidade de deslocamento precoce do miocárdio e o índice *Tau* (constante de tempo de queda de pressão de VE durante a fase isovolumétrica da diástole), inclusive em pacientes com o padrão “pseudonormal”. Contrariamente, a relação E/A do fluxo transmitral correlacionou-se com o índice *Tau* em quase todos os pacientes, à exceção da-

Tabela 2 – Valores diastólicos normais para índices diastólicos*

Variáveis (DTM)	Grupo etário			
	2 – 20 (anos)	21 – 40 (anos)	41 – 60 (anos)	>60 (anos)
E (cm/s)	88 ± 14	75 ± 13	71 ± 13	71 ± 11
TRIV (ms)	50 ± 9	67 ± 8	74 ± 7	87 ± 7
A (cm/s)	49 ± 12	51 ± 11	57 ± 13	75 ± 12
E/A	1,88 ± 0,45	1,53 ± 0,40	1,28 ± 0,25	0,96 ± 0,18
TD (ms)	142 ± 19	166 ± 14	181 ± 19	200 ± 29
PVs (cm/s)	48 ± 10	44 ± 10	49 ± 8	52 ± 11
PVd (cm/s)	60 ± 10	47 ± 11	41 ± 8	39 ± 11
Pva (cm/s)	16 ± 10	21 ± 8	23 ± 3	25 ± 9
Dva (ms)	66 ± 39	96 ± 33	112 ± 15	113 ± 30
PVs/PVd	0,82 ± 0,18	0,98 ± 0,32	1,21 ± 0,20	1,39 ± 0,47

* Valores normais para índices de fluxo transmitral, fluxo nas veias pulmonares e outros índices diastólicos medidos por Doppler em diferentes grupos etários (25). E: pico de velocidade do enchimento ventricular precoce de VE; TRIV: tempo de relaxamento isovolumétrico; A: pico de velocidade de enchimento tardio de VE; E/A: relação E/A; TD: tempo de desaceleração da onda E; PVs: velocidade de pico sistólico do fluxo nas veias pulmonares; PVd: velocidade de pico diastólico do fluxo nas veias pulmonares; Pva: pico de velocidade de fluxo reverso atrial para as veias pulmonares; PDA: duração do pico de fluxo reverso atrial nas veias pulmonares; PVs/PVd: relação Pvs/Pvd.

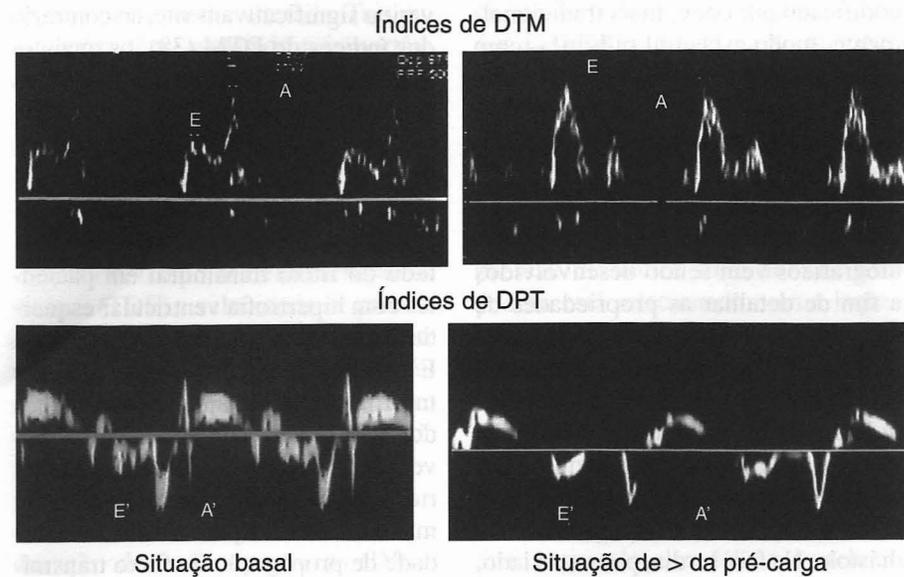


Figura 1 – Padrão ilustrativo de registros de Doppler: velocidade de fluxo transmitral DTM, identificando as ondas E e A (acima) e velocidade de motilidade miocárdica DPT junto à válvula mitral, identificando as ondas E' e A' (abaixo), antes e depois de manobra para elevação de pré-carga. Após a elevação, o DTM (direita) apresenta um padrão de “pseudonormalização”, enquanto o DPT não varia significativamente.

queles com padrão “pseudonormal”. Este achado demonstra independência da velocidade de relaxamento precoce da onda E' diante de alterações na pré-carga ventricular em pacientes hipertensos, o que nos leva a inferir a utilidade deste método para determinação, bem como acompanhamento, das anormalidades do relaxamento e enchimento ventricular precoce nesta população.

Limitações da análise baseada no Doppler transmitral e no Doppler tecidual

A técnica do DTM tem seus índices afetados por modificações da pré e pós-carga (11, 38, 42), da pressão atrial esquerda e do cronotropismo cardíaco. Além disso, incrementos na frequência cardíaca acima de cem batimentos por minuto alteram as velocidades e o padrão das ondas E e A (43).

O DPT analisa a motilidade miocárdica diastólica, portanto não pode ser utilizado em pacientes com dissinergias de VE (42). Shimizu et al. (38) comentam que referidos pacientes apresentam limitação na interpretação

dos resultados da movimentação miocárdica no VE. Tendo em vista ser segregar a análise da função diastólica, ela não reflete o comportamento global do VE.

Outras limitações devem ser relacionadas, tais como o movimento translacional do coração, a influência da disfunção ventricular direita, secundária à hipertensão pulmonar (11), as arritmias, as valvulopatias e a janela acústica inadequada (44) (Tabela 3).

CONCLUSÃO

Sintetizando o acima exposto, tem-se que a ICC diastólica é uma síndrome clínica na qual a detecção e a cate-

Tabela 3 – Limitações das técnicas baseadas no Doppler para análise da insuficiência cardíaca diastólica

DTM	DPT
Influência da pré-carga ao VE	Influência da pré-carga ao VE insignificante
Influência da frequência cardíaca	Influência da frequência cardíaca
Influência da janela acústica	Menor influência da janela acústica
Movimento translacional cardíaco	Movimento translacional cardíaco
Menor influência de dissinergias do VE	Grande influência das dissinergias do VE
Inadequação se o ritmo não é o sinusal	Inadequação se o ritmo não é o sinusal

gorização são tarefas difíceis e não-padroneizadas. O estudo da disfunção diastólica pelo Doppler é uma alternativa não-invasiva, de baixo custo, cuja aplicabilidade é justificada por estudos. Há algumas desvantagens técnicas, as quais podem ser contornadas pelo emprego do Doppler pulsado tecidual, que acrescenta informações sem apresentar tantos problemas como aqueles observados com o fluxo transmitral e os fluxos das veias pulmonares ao Doppler convencional. Há, contudo, muitas lacunas diagnósticas que devem ser preenchidas com estudos suplementares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- VASAN RS, BENJAMIN EJ. Diastolic heart failure – no time to relax. Editorials. *N Engl J Med* 2001; 344(1):56-59.
- GROSSMAN W. Diastolic dysfunction and congestive heart failure. *Circulation* 1990; 81 Suppl III:III-1-7.
- TOPOL EJ, TRAILL TA, FORTUIN NJ. Hypertensive hypertrophic cardiomyopathy of the elderly. *N Engl J Med* 1985; 312:277-83.
- VASAN RS, LARSON MG, BENJAMIN EJ, EVANS JC, REISS CK, LEVY D. Congestive heart failure in subjects with normal versus reduced left ventricular ejection fraction: prevalence and mortality in a population-based cohort. *J Am Coll Cardiol* 1999; 33:1948-55.
- PERNENKIL R, VINSON JM, SHAH AS, BECKHAM V, WITTENBERG C, RICH MW. Course and prognosis in patients > or = 70 years of age with congestive heart failure and normal versus abnormal left ventricular ejection fraction. *Am J Cardiol* 1997; 79:216-9.
- GROSSMAN W. Defining diastolic dysfunction. Editorials. *Circulation* 2000; 101:2020-2021.
- Vasan RS, Levy D. Defining diastolic heart failure. A call for standardized diag-

- nostic criteria. *Circulation* 2000; 101:2118-2121.
- NISHIMURA RA, ABEL MD, HATLE LK, TAJIK AJ. Assessment of the diastolic function of the heart: background and current application of Doppler echocardiography. Part II. Clinical studies. *Mayo Clin Proc* 1989; 64:977-90.
- APPLETON CP, FIRSTENBERG MS, GARCIA MJ, THOMAS JD. The echocardiographic evaluation of left ventricular diastolic function. A current perspective. *Cardiol Clin* 2000; 18:513-46.
- NAGUEH SF, MIDDLETON KJ, KOPELEN HA, et al. Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluating left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol* 1997; 30:1527-33.
- SOHN D, CHAI I, LEE D, et al. Assessment of mitral annulus velocity by doppler tissue imaging in the evaluation of left ventricular diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 1997; 30(2):474-80.
- HATLE L, SUTHERLAND GR. Regional myocardial function—a new approach. *Eur Heart J* 2000; 21:1337-57.
- WILKENSCHOFF U, SOVANY A, WIGSTRÖM L, et al. Regional mean systolic myocardial velocity estimation by real time color Doppler myocardial imaging: a new technique for quantifying regional systolic function. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; 11:683-692.
- PASQUET A, ARMSTRONG G, BEACHLER L, LAUER M, MARWICK T. Use of segmental tissue Doppler velocity to quantitate exercise echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1999; 12:901-120.
- NAGUEH S, MIKATI I, KOPELEN H, et al. Doppler estimation of left ventricular filling pressure in sinus tachycardia, a new application of tissue Doppler imaging. *Circulation* 1998; 98:1644-1650.
- VON BIBRA H, TUCHNITZ A, KLEIN A, et al. Regional diastolic function by pulsed Doppler myocardial mapping for the detection of left ventricular ischemia during pharmacologic stress testing. *J Am Coll Cardiol* 2000; 36:444-452.
- Guidelines for evaluation and management of heart failure: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee on Evaluation and Management of Heart Failure) *J Am Coll Cardiol* 1995; 26:1376-98.
- KESSLER K. Heart failure with normal systolic function. Editorials. *Arch Int Med* 1988; 148:2109-2111.
- RAKOWSKI H, APPLETON C, CHAN K et al. Canadian Consensus Recommendation for the Measurement and Reporting of Diastolic Dysfunction by Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1996; 9:736-60.
- MANDINOV L, EBERLI FR, SEILER C, HESS OM. Diastolic heart failure. *Cardiovasc. Res.* 2000; 45:813-25.
- APPLETON CP, HATLE LK. The natural history of left ventricular filling abnormalities: assessment by two-dimensional and Doppler echocardiography. *Echocardiography* 1992; 9:473-57.
- ISHIDA RA, MEISNER JS, TSUJIOKA K, et al. Left ventricular filling dynamics influence of left ventricular relaxation and left atrial pressure. *Circulation* 1986; 74:187-96.
- VITARELLI A, GHEORGHIADE M. Diastolic heart failure: standard doppler approach and beyond. *Am J Cardiol* 1998; 81(12A):115G-121G.
- BRUTSAERT D, STANISLAS U, GIL-LEBERT T. Diastolic failure: pathophysiology and therapeutic implications. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22:318-25.
- OH JK, APPLETON CP, HATLE LK, et al. The noninvasive assessment of left ventricular diastolic function with two-dimensional and Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1997; 10:246-70.
- SOEI LK, DE ZEEUW S, KRAMS R, DUNCKER DJ, VERDOUW PD. Ca²⁺ sensitization and diastolic function of normal and stunned porcine myocardium. *Eur J Pharmacol* 1999; 386:55-67.
- ILICETO S, AMICO A, MARANGELLI V, D'AMBROSIO G, RIZZON P. Doppler echocardiographic evaluation of the effect of atrial pacing-induced ischemia on left ventricular filling in patients with coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1988; 11:953-961.
- LABOVITZ A, PEARSON A, Chaitman B. Doppler and two-dimensional echocardiographic assessment of left ventricular function before and after intravenous dipyridamole stress testing for detection of coronary artery disease. *Am J Cardiol* 1988; 62:1180-1185.
- MAZEIKA P, NADAZDIN A, OAKLEY C. Influence of haemodynamics and myocardial ischaemia on Doppler transmitral flow in patients undergoing dobutamine echocardiography. *Am Heart J* 1994; 15:17-25.
- EL-SAID M, FIORETTI P, MCNEILL A, BOERSMA H, LINKER D. Abnormal left ventricular early diastolic filling during dobutamine stress Doppler echocardiography is a sensitive indicator of significant coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1994; 24:1618-24.
- PRESTI CF, WALLING AD, MONTE-MAYOR I, CAMPBELL JM, CRAWFORD, M. Influence of exercise-induced myocardial ischemia on the pattern of left ventricular diastolic filling: a Doppler echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* 1991; 18:75-82.
- GARCIA MJ, THOMAS JD, KLEIN AL. New echocardiographic applications for the study of diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32:865-75.
- NISHIMURA RA, ABEL MD, HATLE LK, TAJIK AJ. Relation of pulmonary vein to mitral flow velocities by transeptal Doppler echocardiography. Effect of different loading conditions. *Circulation* 1990; 81:1488-1497.
- VEYRAT C, PELLERIND, LAZZARET F. Myocardial doppler tissue imaging: past, present and future [Abstract]. *Arch Mal Coer Vaiss* 1997; 90(10):1391-402.
- BRODIN LA, VAN DER LINDEN J, OLSTAD B. Echocardiographic functional images based on tissue velocity information [Abstract]. *Herz* 1998; 8:491-8.
- OKI T, TABATA T, MISHIRO Y, et al. Pulsed tissue doppler imaging of left ventricular systolic and diastolic wall motion velocities to evaluate differences between long and short axes in healthy subjects. *J Am Soc Echocardiogr* 1999; 12(5):308-13.
- GALIUTO L, IGNONE G, DEMARIA A. Contraction and relation velocities of the ventricle using wave tissue doppler echocardiography. *Am J Cardiol* 1998; 81:609-14.
- SHIMIZU Y, MASAOKI U, SHIMIZU H, et al. Peak negative myocardial velocity gradient in early diastole as a non-invasive indicator of left ventricular diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 1998; 32(5):1418-25.
- VEZÜ L, BILARDO G, COLLET L, et al. Doppler tissue imaging: a new method in the study of diastolic function in left ventricular hypertrophy [Abstract]. *G Ital Cardiol* 1999; 29(1):63-71.
- STEINE K, FLOGSTAD T, STUGARD M, et al. Early diastolic intraventricular filling pattern in acute myocardial infarction by color M-mode doppler echocardiography. *J Am Echocardiogr* 1998; 11(2):119-25.
- OKI T, TABATA T, YAMADA H, et al. Left ventricular diastolic properties of hypertensive patients measured by pulsed tissue doppler imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; 11(12):1106-12.
- OKI T, FUKUDA K, TABATA T, et al. Effect of an acute increase in afterload on left ventricular regional wall motion velocity in healthy subjects. *J Am Soc Echocardiogr* 1999; 12:476-83.
- GILLAM LD, et al. The influence of heart rate on mitral inflow patterns (abstract). *Circulation* 1997; (Suppl. 4):iv-123.
- COHEN G, PIETROLUNGO J, THOMAS J, et al. A practical guide to assessment of ventricular diastolic function using doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1996; 27:1753-60.