

Estudo Ecocardiográfico da Função Diastólica em Crianças

Estela Suzana K. Horowitz

Instituições:

Instituto de Cardiologia do Rio Grande do Sul/
Fundação Universitária de Cardiologia.

Correspondência:

Dra. Estela Suzana K. Horowitz
Rua Quintino Bocaiuva, 694 - sala 610
Moinho de Vento
Porto Alegre - RS
CEP 90440-050

Descritores:

Cardiopatias Congênitas, Ecocardiograma, Função diastólica, Crianças.

INTRODUÇÃO

Com a maior sobrevivência das crianças portadoras de cardiopatias congênitas devido aos avanços na terapêutica cirúrgica, a adequada avaliação da função diastólica tem se tornado extremamente importante no manejo terapêutico. Nos últimos anos, a *Doppler*-ecocardiografia tem propiciado uma melhor compreensão da função e da disfunção ventricular em pacientes com cardiopatias congênitas.

A diástole é uma intrincada seqüência de eventos, resultando da interação de uma multiplicidade de fatores como o relaxamento ventricular e seus determinantes e a complacência ventricular. Na criança e especialmente nas cardiopatias congênitas é ainda mais complexa, uma vez que

se deve levar em conta aspectos relacionados ao desenvolvimento, crescimento, adaptação fisiológica da circulação, o estado circulatório, além de outros fatores inerentes às cardiopatias. Além disso, a fisiologia cardiovascular e a estrutura miocárdica da criança variam com a idade, uma das principais variáveis fisiológicas que alteram a função diastólica¹⁻⁴.

Apesar da importância da avaliação da função diastólica em muitas cardiopatias congênitas, esta porção do ciclo cardíaco é muitas vezes esquecida.

CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS

O estudo completo da função diastólica ventricular através da ecocardiografia transtorácica deve incluir a análise dos fluxos através das valvas atrioventriculares e seus respectivos sistemas venosos (veias pulmonares para o ventrículo esquerdo ou veias sistêmicas para o ventrículo direito)⁵.

Para o fluxo transvalvar, mitral ou tricúspide, a amostra volume do *Doppler* pulsado, de no máximo 2mm, deve ser cuidadosamente colocada entre os bordos livres dos folhetos das valvas atrioventriculares, durante sua máxima excursão, num corte apical de 4 câmaras, o mais paralelo possível com a direção do fluxo. O posicionamento da amostra volume deve ser guiado pelo mapeamento de fluxo em cores. Para o fluxo transmitral pode-se utilizar também o corte apical de 2 câmaras^{6,7}. Para o fluxo transtricúspideo

pode-se utilizar um corte paraesternal. A partir do eixo longo paraesternal, o transdutor é rotado medial e inferiormente produzindo o corte da via de entrada ventricular direita⁵.

O fluxo em veias pulmonares é obtido colocando-se a amostra volume 0,5 – 1,0 cm dentro da veia pulmonar do lobo superior direito. Em crianças esta imagem é facilmente obtida num corte de 4 câmaras e distâncias menores são aceitáveis, desde que colocadas dentro da veia. Para o fluxo na veia cava superior utiliza-se um corte supraclavicular ou subcostal em crianças menores. O fluxo nas veias hepáticas pode ser obtido através de um corte subcostal⁷.

As Figuras 1 e 2⁵ demonstram os traçados Doppler-ecocardiográficos característicos dos

fluxos mitral, tricúspide e em seus respectivos vasos sistemas venosos, pulmonar e sistêmico.

O TRIV (tempo de relaxamento isovolumétrico) pode ser obtido através de um corte apical de 5 câmaras, colocando-se a amostra volume entre a via de saída do VE e a via de entrada obtendo-se assim o estalido de fechamento da valva aórtica e o início do fluxo transmitral⁷.

Ao analisarmos o fluxo transvalvar em crianças, muitas vezes as ondas E e A estão “fusionadas” dificultando a obtenção de medidas precisas, especialmente o TD. Assim, quando a velocidade da onda E na intersecção E-A for maior que metade da velocidade do pico da onda E, este batimento é considerado fusionado e o TD e a duração da onda A não devem ser medidos⁵.

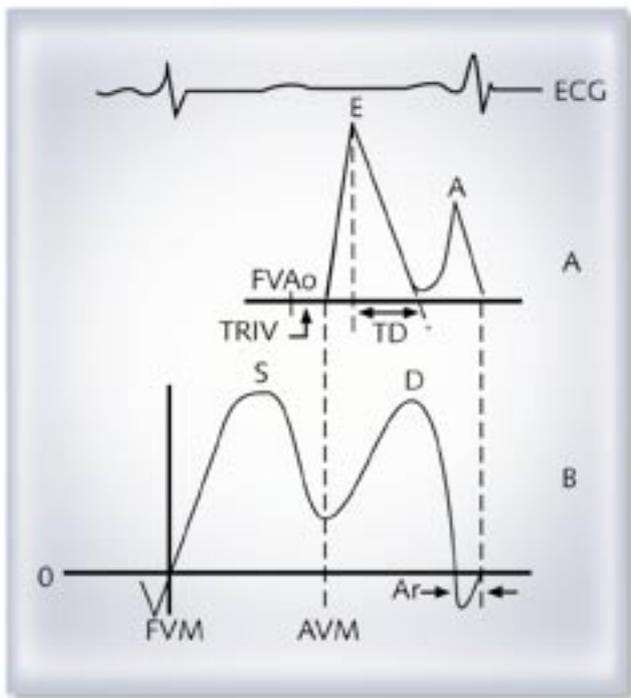


Figura 1. A: Diagrama do fluxo transvalvar mitral, demonstrando uma onda bifásica onde E representa o enchimento ventricular rápido no início da diástole, A representa a contribuição atrial ao enchimento ventricular no final da diástole, TD: Tempo de desaceleração da onda E, ou seja, o tempo necessário para que o pico da onda E caia até a linha de base, TRIV: tempo de relaxamento isovolumétrico, que é o tempo do fechamento da valva aórtica (FVAo) até a abertura da valva mitral (AVM). **B:** Diagrama do fluxo venoso pulmonar normal, demonstrando um padrão bifásico acima da linha de base, com uma onda sistólica (S) discretamente maior que a onda diastólica (D) e um fluxo reverso com a contração atrial (Ar). FVM: fechamento da valva mitral Modificado de Klein & Cohen⁷.

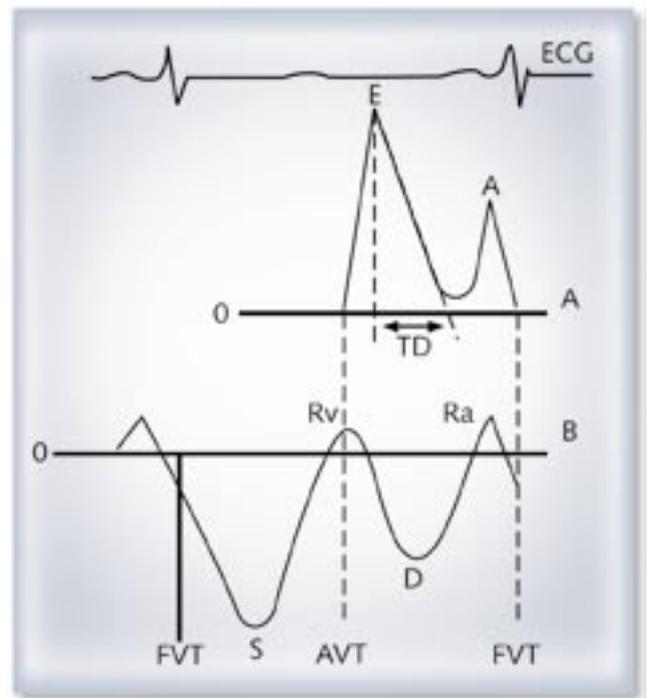


Figura 2. A: Diagrama do fluxo tricúspide, demonstrando uma onda bifásica onde E representa o enchimento ventricular rápido no início da diástole, A representa a contribuição atrial ao enchimento ventricular no final da diástole, TD= Tempo de desaceleração da onda E, ou seja, o tempo necessário para que o pico da onda E caia até a linha de base. **B:** Diagrama do fluxo normal na veia cava superior ou veia hepática, demonstrando um padrão bifásico abaixo da linha de base, com uma onda sistólica (S) discretamente maior que a onda diastólica (D) e um fluxo reverso com a sistole ventricular (Rv) e com a contração atrial (Ra). FVT: fechamento da valva tricúspide. AVT: abertura da valva tricúspide. Em geral as veias hepáticas apresentam fluxos reversos mais exuberantes que a veia cava superior. Modificado de Klein & Cohen⁷.

ÍNDICES DE FUNÇÃO DIASTÓLICA

As medidas podem ser obtidas durante a realização do exame. Segundo as recomendações do Consenso Canadense para medidas e relatórios da disfunção diastólica pela ecocardiografia⁸, as variáveis incluídas na avaliação da função diastólica devem ter aplicabilidade clínica, ser reproduzíveis e ter sido amplamente avaliadas, com correlação hemodinâmica.

Em pediatria, os trabalhos que avaliaram função diastólica são restritos a pequenas casuísticas e geralmente avaliam apenas o ventrículo esquerdo. Portanto, preferimos utilizar os parâmetros que mais freqüentemente são relatados na literatura e estão listados na *Tabela 1*. A avaliação da função diastólica a criança deve considerar sempre a faixa etária³⁻⁵. Os valores normais de acordo com a idade encontram-se na *Tabela 2*.

Tabela 1: PARÂMETROS DE FUNÇÃO DIASTÓLICA VENTRICULAR ESQUERDA MAIS FREQUENTEMENTE UTILIZADOS EM PEDIATRIA

Ventrículo Esquerdo	Ventrículo Direito
<i>Fluxo transmitral</i>	<i>Fluxo transtricuspídeo</i>
Pico onda E (cm/s)	Pico onda E (cm/s)
Pico onda A (cm/s)	Pico onda A (cm/s)
Relação E/A	Relação E/A
TD (ms)	TD (ms)
TRIV (ms)	
Duração onda A (ms)	
<i>Fluxo veias pulmonares</i>	<i>Fluxo VCS ou hepáticas</i>
Pico onda S (cm/s)	Fluxo anteógrado
Pico onda D (cm/s)	Pico onda S (cm/s)
Fluxo reverso atrial	Pico onda D (cm/s)
Pico rA (cm/s)	Fluxo retrógrado
Duração rA (ms)	Pico rA (cm/s)
	Duração rA (ms)
	Dimensão veia cava inferior (cm)

A: enchimento ventricular no final da diástole; **Ar:** fluxo reverso atrial venoso; **D:** fluxo venoso diastólico; **E:** enchimento ventricular no início da diástole; **TD:** tempo de desaceleração; **TRIV:** tempo de relaxamento isovolumétrico; **S:** fluxo venoso sistólico;

Num estudo realizado em recém-nascidos normais nos primeiros dois dias de vida verificou-se que os padrões de enchimento ventricular eram semelhantes àqueles encontrados no final da gestação⁹. A relação E/A para o fluxo tricuspídeo era <1. Entretanto, para o fluxo transmitral era em torno de 1,6¹⁰. Esta diferença no fluxo transmitral provavelmente representa um deslocamento do

Tabela 2: VALORES NORMAIS DE ACORDO COM A FAIXA ETÁRIA [MÉDIA (1 DESVIO PADRÃO)]

IDADE	3 - 8 anos	9 - 12 anos	13 - 17 anos
Fluxo mitral			
Pico onda E (cm/s)	92 (14)	86 (15)	88 (14)
Pico onda A (cm/s)	42 (11)	41 (9)	39 (8)
Duração A (ms)	136 (22)	142 (21)	141 (22)
E/A	2,4 (0,7)	2,2 (0,6)	2,3 (0,6)
TD (ms)	145 (18)	157 (19)	172 (22)
TRIV (ms)	62 (10)	67 (10)	74 (13)
Fluxo veias pulmonares			
Pico onda S (cm/s)	46 (9)	45 (9)	41 (10)
Pico onda D (cm/s)	59 (8)	54 (9)	41 (10)
Ar (cm/s)	21 (4)	21 (5)	21 (7)
Duração A (ms)	130 (20)	125 (20)	140 (28)

Adaptado de O'Leary⁵.

A: enchimento ventricular no final da diástole; **Ar:** fluxo reverso atrial venoso; **D:** fluxo venoso diastólico; **E:** enchimento ventricular no início da diástole; **S:** fluxo venoso sistólico; **TD:** tempo de desaceleração; **TRIV:** tempo de relaxamento isovolumétrico.

enchimento para o início da diástole consistente com o aumento da pré-carga e débito cardíaco ventricular esquerdo que ocorre na circulação de transição. Nos primeiros dois dias de vida, o enchimento ventricular direito é mais dependente da contração atrial que o ventrículo esquerdo, indicando uma redução da complacência do ventrículo direito resultante da dominância direita intra-útero.

Outro estudo em recém-nascidos normais nas primeiras três semanas de vida demonstrou modificações significativas no relaxamento e complacência ventricular esquerda. A relação E/A modificou pouco nas primeiras duas semanas de vida. Entretanto, ao final da terceira semana, a relação aumentou para 1,25 (era 1,08 no primeiro dia). O aumento na relação E/A se deve a um aumento na velocidade da onda E (de 55 para 65 cm/s) com pouca alteração na velocidade da onda A (50 cm/s). Além disso houve um prolongamento do tempo de desaceleração de 62 ± 14 para 87 ± 10 ms do primeiro dia para o final de duas semanas. O TRIV também prolongou-se de 41 ± 12 para 51 ± 8 ms neste mesmo período¹¹. Vários trabalhos foram publicados demonstrando influência da idade e do crescimento somático nos parâmetros de função diastólica em crianças. O trabalho de Holmgren *et al.*¹² avaliou um grupo de 31 pacientes entre 1 e 21 anos e demonstra que o TRIV prolonga com a idade e o TD prolonga com a idade e a superfície corporal. A frequência cardíaca não demonstrou correlação significativa com nenhuma destas variáveis.

Harada *et al.*¹³, estudaram uma série de 226 crianças normais entre 7 dias e 195 meses (± 16 anos) e analisaram a influência da idade e da frequência cardíaca nos índices de função diastólica. Demonstraram que o pico da onda E correlacionava-se com o logaritmo da idade, não tinha influência da frequência cardíaca e que no período neonatal era 70% dos valores encontrados para crianças maiores, atingindo 100% aos 36 meses de idade (3 anos). O pico da onda A, ao contrário, não apresentou alterações com a idade. Este estudo conclui que as alterações da

função diastólica relacionadas à idade ocorrem no processo de relaxamento ventricular.

Em outro estudo realizado por Frommelt *et al.*¹⁴, os índices de função diastólica foram avaliados em 101 crianças entre 3 dias e 16 anos. Os resultados mostraram que o pico da onda E aumenta com a idade. Um grupo de investigadores italianos¹⁵, avaliou os índices de função diastólica em 232 crianças entre 2 dias e 19 anos e demonstrou que o pico da onda E e o TD aumentam com a idade e com a superfície corporal e diminuem com o aumento da frequência cardíaca, enquanto que o pico da onda A se mantém inalterado com a progressão da idade e a superfície corporal, porém aumenta com o aumento da frequência cardíaca. Hayashi *et al.*¹⁶ investigaram as alterações do TRIV, através da ecocardiografia modo M, em um grupo de 187 crianças entre 6 e 15 anos durante 10 anos com intervalos de 3 anos. Observaram que o TRIV e o TRIV/intervalo R-R prolonga-se com a idade, o aumento do volume ventricular e o aumento da pressão arterial diastólica e que são alterações normais relacionadas ao crescimento. A nossa experiência pessoal, em um grupo de crianças normais estudadas com a finalidade de compará-las com crianças hipertensas, demonstra que o pico da onda E aumenta com a idade, o pico da onda A diminui com a idade, a relação E/A aumenta com a idade e diminui com a frequência cardíaca, o TD e o TRIV prolongam com a idade. A *Tabela 3* descreve os valores para o fluxo transmitral da nossa casuística¹⁷. Esses dados se assemelham aos da *Tabela 2*, e incluem crianças abaixo de 3 anos.

É importante ressaltar que em todas as tabelas de normalidade para crianças, os valores são diferentes dos encontrados em adultos acima de 21 anos. Vale ainda chamar atenção que variações da normalidade devido à idade e frequência cardíaca tornam muito difícil designar valores numéricos rígidos como ponto de corte em crianças.

As *Figuras 3 e 4* são exemplos de crianças normais demonstrando as diferenças relacionadas à idade e frequência cardíaca.

Tabela 3: ÍNDICES DE FUNÇÃO DIASTÓLICA DE ACORDO COM A FAIXA ETÁRIA EM CRIANÇAS NORMAIS

IDADE	0,5 – 3 anos (n=11)	3 – 6 anos (n=15)	6-12 anos (n=26)
Pico onda E (cm/s)	89 (18)	95 (14)	94 (16)
Pico onda A (cm/s)	52 (12)	50 (8)	43 (7)
Relação E/A	1,8 (0,3)	1,9 (0,2)	2,3 (0,6)
TRIV (ms)	48 (5)	54 (6)	53 (6)
TD (ms)	121 (25)	141 (25)	144 (30)

Os dados são apresentados como média (1 desvio padrão). Adaptado de Horowitz¹⁷.

A: enchimento ventricular no final da diástole; **Ar:** fluxo reverso atrial venoso; **D:** fluxo venoso diastólico; **E:** enchimento ventricular no início da diástole; **S:** fluxo venoso sistólico; **TD:** tempo de desaceleração; **TRIV:** tempo de relaxamento isovolumétrico;

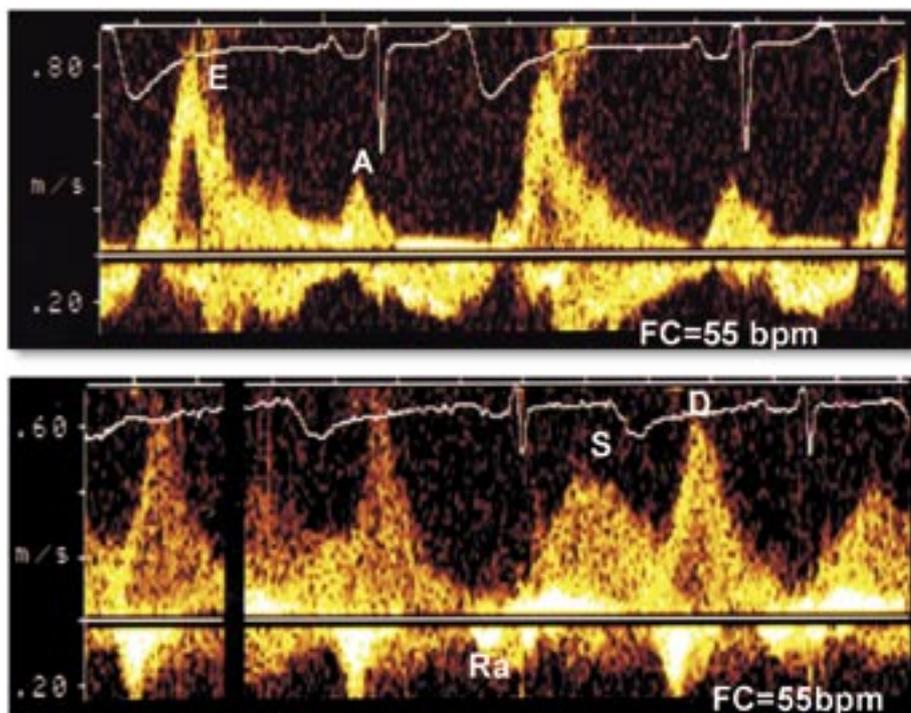


Figura 3: Este é um exemplo de paciente de 14 anos, apresentando bradicardia sinusal. Observe o padrão de fluxo no painel superior, com onda E 80 cm/s, onda A 40 cm/s, relação E/A 2 e TD 196 ms. No painel inferior o padrão normal de fluxo venoso pulmonar em jovens, com onda S < onda D.

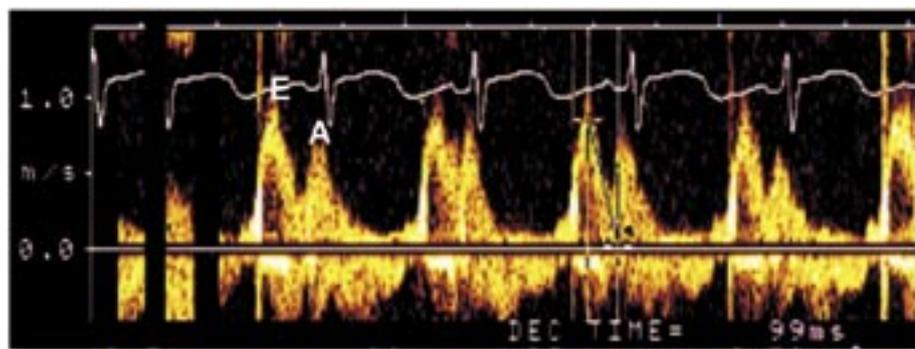


Figura 4: Este é um exemplo de paciente de 6 meses, apresentando FC de 130 bpm. Observe o padrão de fluxo, com onda E 90 cm/s, onda A 70 cm/s, relação E/A 1,4 e TD 99 ms. Este padrão é normal para esta faixa etária, porém poderia ser alterado para um jovem de 16 anos.

PADRÕES DE DISFUNÇÃO DIASTÓLICA

Antes de analisar os dados relacionados ao padrão diastólico de função ventricular, é importante uma avaliação do estado geral do paciente. Na ausência de sintomas ou alterações anatômicas e funcionais, os dados *Doppler*-ecocardiográficos acima dos limites de confiança de 95% podem simplesmente representar uma variação normal. Entretanto, na vigência de sintomas ou alterações estruturais evidentes, estes desvios da "normalidade" provavelmente representam disfunção diastólica clinicamente significativa⁵.

A interpretação dos dados referentes à disfunção diastólica deve focar no padrão de fluxo para idade e frequência cardíaca mais do que em valores numéricos concretos.

Existem dois padrões de anormalidade da função diastólica: relaxamento alterado e enchimento restritivo. Entretanto, as alterações *Doppler*-ecocardiográficas são descritas como uma evolução contínua de alterações do enchimento ventricular, desde o padrão normal até o enchimento restritivo irreversível (*Figura 5*). É possível que um mesmo

paciente passe de um grau de disfunção para outro no decorrer da evolução de sua doença. Com a terapêutica é possível regredir o grau de disfunção, assim como com a progressão da doença pode evoluir para um padrão de disfunção mais severa^{18,19}.

Podemos identificar quatro graus de disfunção diastólica representados na *Figura 5*^{8,5}. Grau O representa o padrão diastólico normal, e os valores exatos dependem da idade e frequência cardíaca. O relaxamento alterado representa o estágio 1/4 de disfunção diastólica. Este padrão é encontrado na maioria das cardiopatias, quando a complacência ventricular ainda é normal. O relaxamento alterado ocorre principalmente nas situações onde existe hipertrofia miocárdica. O enchimento ventricular no início da diástole é reduzido, com maior contribuição da contração atrial (relação E/A < 1). Como o enchimento ventricular é mais lento, o TRIV e o TD prolongam. A velocidade do fluxo venoso diastólico mostra uma onda S >> onda D. O fluxo reverso atrial (Ra) é variável, podendo estar dentro da normalidade (*Figura 5*).

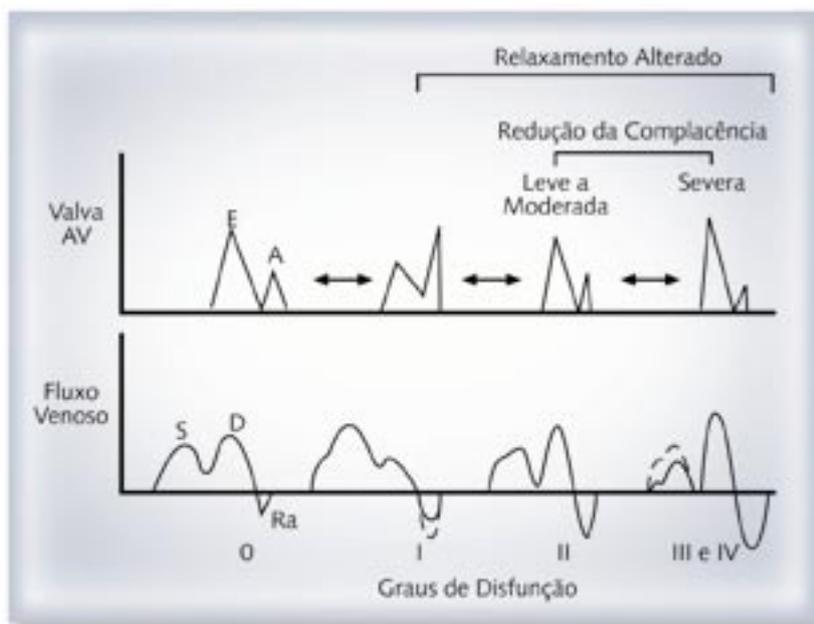
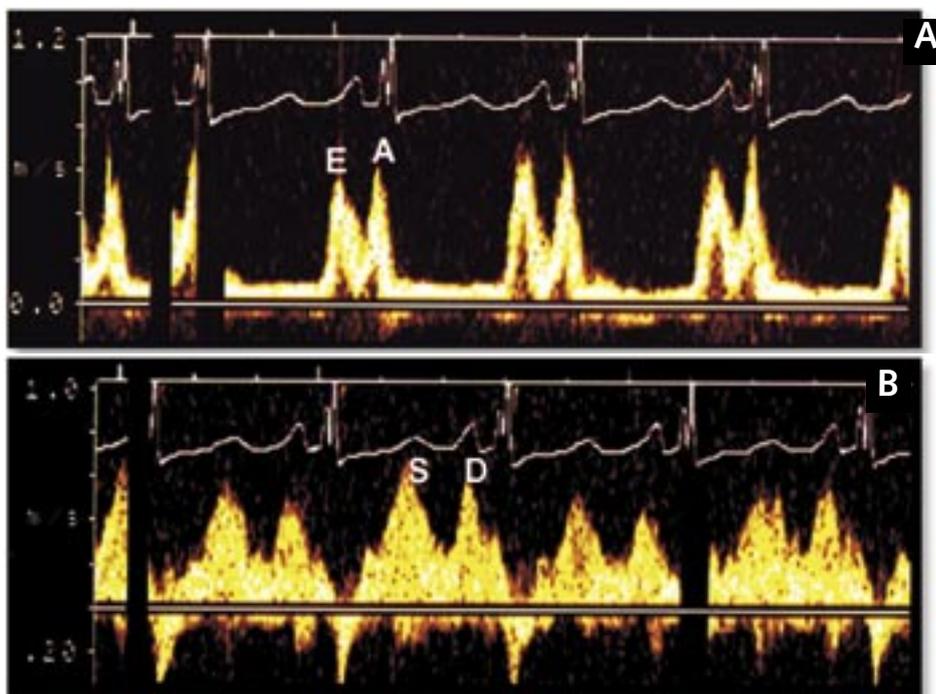


Figura 5: Espectro dos padrões de disfunção diastólica. Estes diagramas demonstram os padrões Doppler-ecocardiográficos observados através das valvas atrioventriculares e fluxos venosos nos vários graus de disfunção diastólica. Grau O é o padrão normal. Grau I é relaxamento alterado, grau II é pseudonormalização e grau III e IV referem-se ao padrão restritivo. Apenas o grau IV é irreversível. De acordo com o estágio da doença e a resposta terapêutica, o mesmo paciente pode evoluir de um grau de disfunção para outro. Adaptado de Appleton⁵.

Quando o paciente passa de um grau leve para um estágio moderado de disfunção diastólica, a velocidade da onda E torna a aumentar, resultante da elevação da pressão atrial por redução da complacência ventricular. Esta elevação da pressão atrial restaura o padrão de fluxo transvalvar que agora se assemelha ao padrão normal: pseudonormalização. Este grau de disfunção 2/4 pode ser diferenciado do padrão normal de duas maneiras. A primeira é através da avaliação do padrão de fluxo venoso que demonstra uma onda S < onda D e a velocidade do reverso atrial (Ra) maior e com tempo mais prolongado que a onda A transvalvar. Este padrão está associado com disfunção diastólica moderada, elevação da pressão atrial e da pressão diastólica final ventricular. A

Figura 6: Exemplo de um paciente de 6 meses de idade com cardiomiopatia dilatada. **A:** Fluxo transmitral em paciente com miocardiopatia dilatada. O pico da onda A é > que o pico da onda E, sugerindo padrão de relaxamento alterado, porém o TD é curto. **B:** Fluxo em veias pulmonares no mesmo paciente, onda S e D tem a mesma velocidade, pequena onda A reversa.



segunda maneira é reduzindo a pré-carga através de uma manobra de Valsalva, que se houver disfunção reduz a velocidade da onda E, aumenta a velocidade da onda A e prolonga o TD. Se for normal, há uma redução das velocidades, porém mantém o padrão normal (E>A).

O padrão de enchimento associado a estágios mais avançados da doença diastólica é o padrão restritivo. Nestes, a onda E exibe uma velocidade muito elevada, com TD muito curto e mínima contribuição atrial. Os fluxos venosos são reduzidos na sístole devido à elevação da pressão atrial. A velocidade diastólica inicial é elevada por elevação da pressão venosa, porém sua duração é curta, refletindo uma onda E alta e estreita com marcada redução da complacência ventricular. O fluxo reverso atrial (Ra) é proeminente quando o ritmo for sinusal e a contração atrial adequada.

Há um prolongamento do Ra com relação à duração da onda A transvalvar. Os graus 3/4 e 4/4 são caracterizados por padrão restritivo (Figura 5). A diferença entre estes dois graus é a reversibilidade. Aquele que apresenta um padrão restritivo e que melhora com a terapêutica, demonstrando um grau 2/4 ou 1/4, ou que melhora com uma manobra de Valsalva tem grau 3/4. Aqueles que mantêm padrão restritivo apesar do tratamento ou manobras apresentam a forma mais severa de disfunção diastólica. Este padrão é geralmente associado a mau prognóstico, ou seja forma restritiva irreversível.

As Figuras 6 e 7 são exemplos de pacientes com cardiomiopatia dilatada e disfunção diastólica grau 2/4. A Figura 8 é um exemplo de um paciente com cardiomiopatia dilatada em lista de transplante cardíaco e com disfunção diastólica grau 4/4.

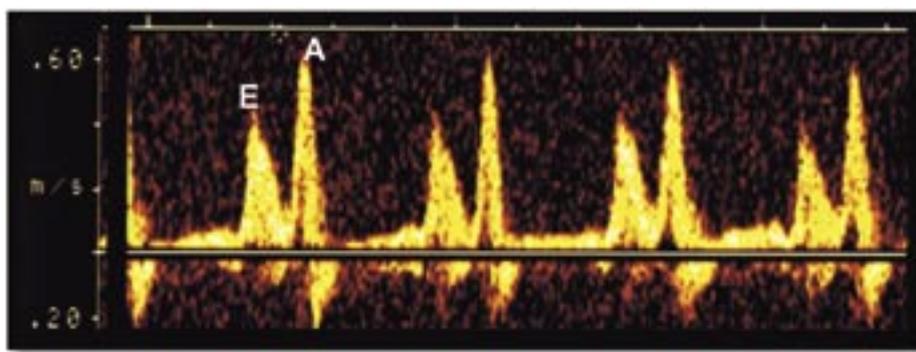


Figura 7: Exemplo de um paciente com miocardiopatia dilatada e padrão diastólico tipo relaxamento alterado. A onda A é >> onda E, apesar do TD curto.

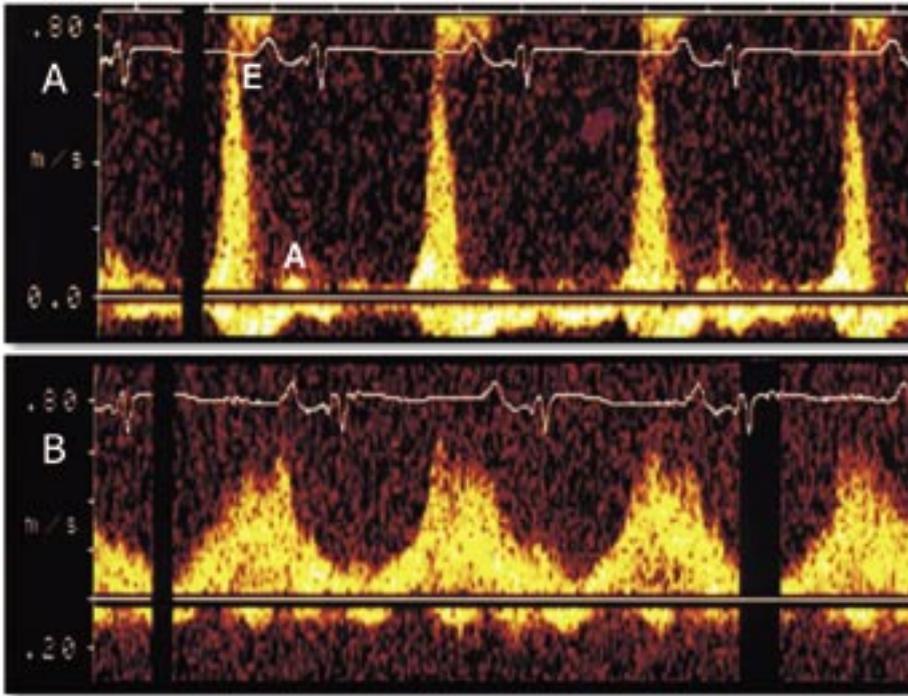


Figura 8: **A:** Fluxo transmitral em paciente com miocardiopatia dilatada. O pico da onda E é >>> que o pico da onda A, sugerindo padrão de restritivo severo, o TD é extremamente curto. **B:** Fluxo em veias pulmonares no mesmo paciente, praticamente só existe onda D e uma pequena onda A reversa.

DISFUNÇÃO DIASTÓLICA E INSUFICIÊNCIA CARDÍACA

Na insuficiência cardíaca diastólica há uma redução da complacência ventricular com conseqüente elevação das pressões venosas para manter um adequado débito cardíaco. Esta definição inclui a maioria das condições clínicas encontrada em pacientes adultos, porém não se aplica adequadamente a muitas situações anatômicas e fisiológicas das cardiopatias congênitas. Elevação das pressões venosas pode ocorrer com função sistólica e complacência ventricular normais. Lesões obstrutivas das valvas mitral e tricúspide podem resultar em elevação das pressões venosas. Pacientes com fisiologia univentricular com elevação da resistência vascular pulmonar podem apresentar disfunção diastólica mesmo com relaxamento ventricular pouco alterado. Na drenagem anômala pulmonar total obstrutiva existe obrigatoriamente disfunção diastólica. Pode-se argumentar que estas alterações não são doenças primárias do miocárdio e sim lesões obstrutivas. De qualquer forma, existe um comprometimento do enchimento ventricular por redução da complacência ou obstrução do fluxo venoso que afeta a habilidade de encher o ventrículo. A compreensão da disfunção

diastólica nestas cardiopatias é importante para o manejo pós-operatório, uma vez que após removida a causa da obstrução, as alterações ventriculares não recuperam imediatamente e por vezes complicam a recuperação²⁰. A Tabela 4 lista as principais causas de disfunção diastólica nas cardiopatias em crianças.

PARTICULARIDADES DA FUNÇÃO DIASTÓLICA VENTRICULAR DIREITA

O fluxo transtricuspídeo sofre maior influência da respiração do que o fluxo transmitral. Assim, recomenda-se que as medidas de fluxo através da valva tricúspide sejam obtidas ao final da inspiração e ao final da expiração^{21,22}. Ao final da inspiração o pico da onda E e o pico da onda A aumentam em torno de 12%.

Quando houver redução significativa da complacência ventricular direita (ventrículo rígido) ou elevação da pré-carga é possível que a própria contração atrial abra a valva pulmonar e ocasione um fluxo diastólico anterógrado na artéria pulmonar. Este fenômeno pode ser observado com *Doppler* contínuo ou pulsátil. Este tipo de fisiologia é mais freqüentemente observado em lesões obstrutivas crônicas da via de saída do ventrículo direito^{20,23-25}, mas também pode ser

observado em lesões que combinam obstrução com sobrecarga volumétrica. Quando presente, este padrão pode levar a uma situação de baixo débito em pacientes em ventilação mecânica. A pressão positiva intratorácica gerada pela ventilação impede o átrio direito de contribuir para o fluxo anterógrado. Paradoxalmente, este tipo de padrão contribui para uma melhor tolerância aos exercícios no pós-operatório tardio²⁴. Isto pode ser explicado pelo fato de que um ventrículo direito pouco complacente aceita menos fluxo regurgitante e tem um débito anterógrado mais eficiente. De qualquer forma, a presença de fluxo anterógrado atrial na artéria pulmonar representa uma disfunção diastólica de grau 2/4 ou maior. Este achado é semelhante a abertura prematura da valva pulmonar observada tanto ao modo-M quanto no bidimensional, causada pela elevação da pressão diastólica ventricular direita^{5,26}.

A presença de fluxo atrial anterógrado no tronco pulmonar quando existe sobrecarga volumétrica isolada do ventrículo direito sugere que este ventrículo ultrapassou o limite da lei de Starling. Esta situação pode ser observada em pacientes com grandes sobrecargas volumétricas à direita como ocorre na drenagem venosa anômala pulmonar total supracardiaca. A complacência ventricular direita pode ser normal, porém a grande sobrecarga de volume produz uma elevação extrema da pressão atrial direita. Quando a pressão de enchimento ultrapassa a pressão arterial diastólica, a valva pulmonar se abre durante a contração atrial e resulta um padrão de fluxo anterógrado atrial.

LIMITAÇÕES

Apesar da grande contribuição da *Doppler*-ecocardiografia na avaliação da função e disfunção diastólica, existem inúmeras limitações. Dentre elas, as alterações do ritmo cardíaco e as variações da pré-carga são as mais significativas. Pacientes com ritmo juncional ou com ritmos ventriculares (marcapassos ventriculares) tornam a avaliação da contração atrial impossível. A presença de regurgitação das valvas atrioventriculares, muito frequente

Tabela 4: CAUSAS DE DISFUNÇÃO DIASTÓLICA PRIMÁRIA EM CRIANÇAS

1. Obstrução ao enchimento ventricular

- (a) estenose de valva AV
- (b) obstrução venosa pulmonar
- (c) cor *triatritum*
- (d) drenagem venosa anômala pulmonar total obstrutiva

2. Obstrução do retorno venoso sistêmico pós Mustard

3. Má hemodinâmica pós Fontan

- (a) disfunção ventricular
- (b) regurgitação de valva AV
- (c) elevação da resistência vascular pulmonar
- (d) doença parenquimatosa pulmonar
- (e) obstrução venosa sistêmica

4. Restrição pericárdica ou extrínseca

5. Redução da complacência ventricular

- (a) hipertrofia ventricular esquerda
- (b) hipertensão
- (c) cardiomiopatia
- (d) rejeição pós-transplante

Adaptado de Auslender²⁰.

em pós-operatório ou *shunts* esquerda-direita produzindo sobrecarga volumétrica, podem alterar significativamente a pré-carga e produzir padrões de disfunção diastólica mesmo com complacência ventricular normal. Na vigência de estenose de valva atrioventricular, é virtualmente impossível distinguir o fluxo transvalvar turbulento causado pela lesão obstrutiva da alteração ventricular. Outro aspecto importante é que nem sempre se consegue caracterizar a disfunção diastólica nas categorias descritas, uma vez que a disfunção diastólica é uma evolução contínua. É importante, entretanto, distinguir normal do anormal. Outra limitação é que nem sempre se obtém um traçado perfeito. Nestas situações é melhor não avaliar a função diastólica do que concluir por uma alteração que pode não existir.

APLICAÇÕES CLÍNICAS

A compreensão da disfunção diastólica através da *Doppler*-ecocardiografia pode ser uma importante ferramenta na avaliação evolutiva de crianças submetidas à correção cirúrgica de cardiopatias congênitas.



Muitas alterações encontradas e classificadas como disfunção decorrem de aspectos relacionados ao tipo de cardiopatia e sua fisiologia. Hoje já se sabe que pacientes submetidos à correção de tetralogia de Fallot que apresentam fisiologia restritiva no pós-operatório imediato tem melhor evolução tardia. Como avaliar um paciente portador de fisiologia univentricular e compará-lo com pacientes normais com dois ventrículos?

Assim, a avaliação *Doppler*-ecocardiográfica da função diastólica deve fazer parte da rotina de seguimento de pacientes submetidos à correção cirúrgica de cardiopatias congênitas, sendo eles seus próprios controles para avaliações seriadas e manejo terapêutico.

NOVAS MODALIDADES

Tanto o *Doppler* tissular como o modo-M colorido ainda não foram amplamente validados para utilização clínica em pacientes pediátricos. Essas duas

novas modalidades diagnósticas parecem promissoras na avaliação das anormalidades do relaxamento ventricular, uma vez que não são afetados pela complacência ou pré-carga. Ainda faltam estudos maiores incluindo crianças e integração do *software* para facilitar seu uso rotineiro²⁷.

CONCLUSÕES

A diastologia pediátrica tem progredido nos últimos anos. Os recentes avanços na compreensão da insuficiência cardíaca e suas múltiplas etiologias nos mostram que o impacto da disfunção diastólica não pode ser ignorado.

As novas modalidades de avaliação ecocardiográfica da função diastólica abrem um novo campo de pesquisa em cardiopatias congênitas que deve ser explorado para que possamos melhor compreender as alterações evolutivas dos resíduos e seqüelas das intervenções cirúrgicas, otimizando assim a abordagem terapêutica.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. Klein AL, Burstow DJ, Tajik AJ, Zachariah PK, Bailey KR, Seward JB. Effects of age on left ventricular dimensions and filling dynamics in 117 normal persons. *Mayo Clin Proc* 1994; **69**:212-24.
02. Stewart RAH, Joshi J, Alexander N, Nihoyannopoulos P, Oakley CM. Adjustment for the influence of age and heart rate on Doppler measurements of left ventricular filling. *Br Heart J* 1992; **68**:608-12.
03. O'Leary PW, Durongpisitkul K, Cordes TM, Bailey KR, Hagler DJ, Tajik J et al. Diastolic ventricular function in children: a Doppler echocardiographic study establishing normal values and predictors of increased ventricular end-diastolic pressure. *Mayo Clin Proc* 1998; **73**(7):616-28.
04. Schmitz L, Koch H, Bein G, Brockmeier K. Left ventricular diastolic function in infants, children, and adolescents. Reference values and analysis of morphologic and physiologic determinants of echocardiographic Doppler flow signals during growth and maturation. *J Am Coll Cardiol* 1998; **32**(5):1441-8.
05. O'Leary PW. Pediatric diastology: use and limitations of Doppler echocardiography in the evaluation of ventricular diastolic function in children. *Prog Pediatr Cardiol*. **10**, 83-93. 1999.
06. Appleton CP, Jensen JL, Hatle LK, Oh JK. Doppler evaluation of left and right ventricular diastolic function: A technical guide for obtaining optimal flow velocity recordings. *J Am Soc Echocardiogr* 1997; **10**:271-91.
07. Klein AL, Cohen GL. Clinical applications of doppler echocardiography in the assessment of diastolic function. In: Sutton MG St J, Oldershaw PJ, Kettler MN, ed. *Textbook of echocardiography and doppler in adults and children*. Cambridge, MA: Blackwell Science, 1996: 83-96.
08. Rakowski H, Appleton C, Chang K-L, Dumesnil JG, Honos G, Jue J et al. Canadian consensus recommendations for the measurement and reporting of diastolic dysfunction by echocardiography. *J Am Soc Echocardiography* 1996; **9**:736-60.
09. Reed KL, Sahn DJ, Scagnelli S, Anderson CF, Shenker L. Doppler echocardiographic studies of diastolic function in the human fetal heart: Changes during gestation. *J Am Coll Cardiol* 1986; **8**:391-5.
10. Riggs TW, Rodriguez R, Snider AR, Batton D. Doppler echocardiographic evaluation of right and left ventricular diastolic function in normal neonates. *J Am Coll Cardiol* 1989; **13**:700-5.
11. Areias J, Meyer R, Scott WA, Goldberg SJ. Serial echocardiographic and doppler evaluation of left ventricular diastolic filling in full-term neonates. *Am J Cardiol* 1990; **66**:198-11.
12. Holmgren SM, Goldberg SJ, Donnerstein RL. Influence of age, body size and heart rate on left ventricular diastolic indexes in young subjects. *Am J Cardiol* 1991; **68**:1245-7.
13. Harada K, Suzuki T, Tamura M, Ito T, Takahashi Y, Shimada K et al. Role of age on transmitral flow velocity patterns in assessing left ventricular diastolic function in normal infants and children. *Am J Cardiol* 1995; **76**:530-2.
14. Frommelt PC, Lovejoy PS, Frommelt MA, Berger S. Age-related changes of left heart filling patterns in normal children using doppler echocardiography. *Circulation* 1993; **88**(Suppl I), I-533.
15. Calabrò R, Pacileo G, Pisacane C. Funzione diastolica ventricolare sinistra in età pediatrica: Valori di normalità. *G Ital Cardiol* 1994; **24**:1137-49.
16. Hayashi Y, Watanabe K, Kishida K, Haneda N, Iwatani H, Nishio T. Changes of left ventricular isovolumic relaxation time with growth in children. *Acta Paediatr Jpn* 1990; **32**:282-90.
17. Horowitz ESK. Função diastólica ventricular esquerda: Hipertensão arterial sistêmica e nefropatia de refluxo: Um estudo controlado Doppler-ecocardiográfico (dissertação). Rio Grande do Sul: Instituto de Cardiologia do RGS, 1997.
18. Appleton CP, Hatle LK, Popp RL. Relation of transmitral flow velocity patterns to left ventricular diastolic function: New insights from a combined hemodynamic and Doppler echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* 1988; **12**:426-40.
19. Appleton CP, Hatle LK. The Natural history of left ventricular filling abnormalities: Assessment by two-dimensional and Doppler echocardiography. *Echocardiography* 1992; **9**:437-63.
20. Auslender M. Pathophysiology of pediatric heart failure. *Prog Pediatr Cardiol* 2000; **11**:175-84.
21. Zhendong Y. Effects of age and respiration on right ventricular diastolic filling patterns in normal children. *Pediatr Cardiol* 1998; **19**(3):218-20.
22. Snider AR, Serwer GA, Ritter SB. Methods for obtaining quantitative information from the Echocardiographic examination. In: Snider AR, Serwer GA, Ritter SB, eds. *Echocardiography in Pediatric Heart Disease*. St. Louis: Mosby, 1997: 133-234.
23. Norgard G, Gatzoulis MA, Josen M, Cullen S, Redington AN. Does restrictive right ventricular physiology in the early postoperative period predict subsequent right ventricular restriction after repair of tetralogy of Fallot? *Heart* 1998; **79**:481-4.
24. Gatzoulis MA, Clarck AL, Cullen S, Newman CG, Redington AN. Right ventricular diastolic function 15 to 35 years after repair of Tetralogy of Fallot. Restrictive physiology predicts superior exercise performance. *Circulation* 1995; **91**(6):1775-81.
25. Cullen S, Shore D, Redington AN. Characterization of right ventricular diastolic performance after complete repair of Tetralogy of Fallot. Restrictive physiology predicts slow postoperative recovery. *Circulation* 1995; **91**(6):1782-9.
26. Okada Y, Ono S, Inoue Y, Tomomasa T, Morikawa A. Doppler echocardiographic evaluation of right ventricular diastolic function in children. *Pediatr Cardiol* 2000; **21**(4):358-62.
27. Pasquet A, Garcia MJ, Thomas JD. New approaches to the Doppler echocardiographic assessment of diastolic function: from research laboratory to clinical practice. *Prog Pediatr Cardiol* 1999; **10**:105-12.