

OSVALDO MASSAYOSHI UETI

***ÍNDICES DERIVADOS DA MOVIMENTAÇÃO DO PLANO
TRICÚSPIDE COM DOPPLER PULSADO E SUA RELAÇÃO
COM A FUNÇÃO DO VENTRÍCULO DIREITO***

CAMPINAS

2001

**UNICAMP
BIBLIOTECA CC**

**UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE**

OSVALDO MASSAYOSHI UETI

**ÍNDICES DERIVADOS DA MOVIMENTAÇÃO DO PLANO
TRICÚSPIDE COM DOPPLER PULSADO E SUA RELAÇÃO
COM A FUNÇÃO DO VENTRÍCULO DIREITO**

*Dissertação de Mestrado apresentada à Pós-Graduação
da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade
Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre
em Clínica Médica, área de Clínica Médica.*

Orientador : *Prof. Dr. Eduardo Arantes Nogueira*

CAMPINAS

2001

ii

UNICAMP
BIBLIOTECA

**UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE**

UNIDADE	SP
Nº CHAMADA	T/UNICAMP
	Ue7i
V	
TOMBO	48092
PROC.	16.837/02
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	
Nº CPD	

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
UNICAMP**

CM00165789-3

B ID 23 5718

Ue7i

Ueti, Osvaldo Massayoshi

Índices derivados da movimentação do plano tricúspide com Doppler pulsado e função do ventrículo direito/ Osvaldo Massayoshi Ueti. Campinas, SP : [s.n.], 2001.

Orientador : Eduardo Arantes Nogueira

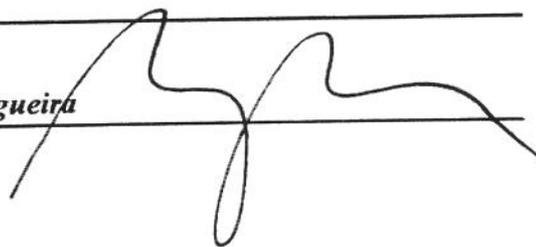
Tese (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas.

1. Ecocardiografia. 2. Medicina nuclear. 3. Ventrículo cardíaco. I. Eduardo Arantes Nogueira. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. III. Título.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SERVIÇO DE CATALOGAÇÃO

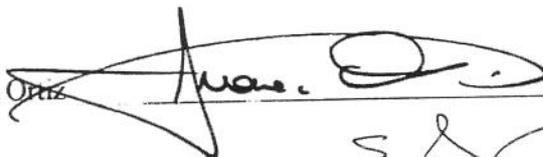
Banca Examinadora da Dissertação de Mestrado

Orientador(a): Prof.Dr. Eduardo Arantes Nogueira



Membros:

Prof.Dr. Juarez Ortiz



Prof.Dr. Edwaldo Eduardo Camargo



Curso de Pós-Graduação em Clínica Médica, área de concentração Clínica Médica, da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas.

Data: 26/07/01

06/11/2008

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Jorge (in memorian) e Rosa, e irmãos .

A minha mulher, Adriana

AGRADECIMENTOS

Não somos ilhas neste mundo; isoladamente, nada somos e a cada momento, devemos reverenciar a todos que nos ajudam ou ajudaram em nossa trajetória terrena.

De modo geral, sou grato a tudo que me cerca, a todos os seres; e, em particular nesta oportunidade, aos seres humanos que me proporcionaram meios de levar a bom termo esta empreitada.

Meus ideais jamais se concretizariam se não pudesse contar com seus conhecimentos, suas experiências e seus conselhos.

Sei que estes assuntos não se resolvem com retórica, oratória ou citação de nomes. O que realizamos em conjunto, com a maior ou menor colaboração de cada um, é do domínio das consciências e é, justamente, de minha consciência que sempre emergirá a mais profunda gratidão por tudo.

Obrigado a todos.

Ao Prof. Dr. Eduardo Arantes Nogueira, pelo incentivo, orientação, competência nas análises estatísticas e construção das representações gráficas.

Ao Prof. Dr. Jarbas José Rodrigues Rohwedder, pelo grande auxílio no desenvolvimento de um programa computadorizado, que permitiu a análise das ondas do Doppler tecidual.

	<i>Pág</i>
RESUMO	xiii
1. INTRODUÇÃO	15
2. JUSTIFICATIVA	31
3. OBJETIVO	33
4. METODOS	35
4.1. População estudada.....	36
4.2. Aquisição dos dados da ventriculografia radioisotópica.....	36
4.3. Processamento dos dados da ventriculografia radioisotópica.....	37
4.4. Dados e análises da ecocardiografia bidimensional e modo M.....	37
4.5. Movimentação do plano tricúspide pelo Doppler pulsado.....	38
4.6. Análise dos dados do doppler pulsado.....	39
4.7. Análise estatística.....	40
5. RESULTADOS	41
5.1. Tabela 1. Dados clínicos, demográficos, eletrocardiográficos, ecocardiográficos e da ventriculografia radioisotópica do grupo 1.....	43
5.2. Tabela 2. Dados clínicos, demográficos, eletrocardiográficos, ecocardiográficos e da ventriculografia radioisotópica do grupo 2.....	44

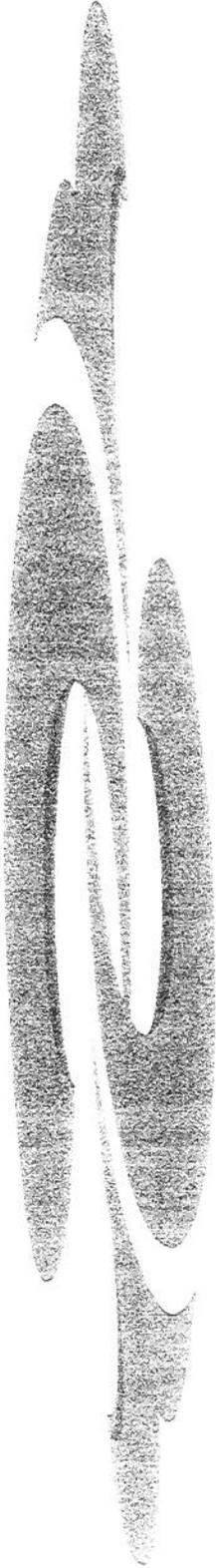
5.3. Tabela 3. Análise dos dados clínicos e dos índices ecocardiográficos entre os grupos 1 e 2.....	45
5.4. Tabela 4. Análise de regressão linear entre fração de ejeção do ventrículo direito e índices derivados do Doppler pulsado e modo M.....	45
5.5. Tabela 5. Análise de regressão discriminante dos índices derivados da movimentação do plano tricúspide e classificação dos grupos.....	46
6. DISCUSSÃO.....	52
6.1. Limitações do estudo.....	56
7. CONCLUSÕES.....	58
8. SUMMARY.....	60
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62

	<i>Pág</i>
TABELA 1 : Dados clínicos, demográficos, eletrocardiográficos, ecocardiográficos e da ventriculografia radioisotópica do grupo 1.....	43
TABELA 2 : Dados clínicos, demográficos, eletrocardiográficos, ecocardiográficos e da ventriculografia radioisotópica do grupo 2.....	44
TABELA 3 : Análise dos dados clínicos e dos índices ecocardiográficos entre os grupos 1 e 2.....	45
TABELA 4 : Análise de regressão linear entre fração de ejeção do ventrículo direito e índices derivados do Doppler pulsado e modo M.....	45
TABELA 5 : Análise de regressão discriminante dos índices derivados da movimentação do plano tricúspide e classificação dos grupos.....	46

	Pág
FIGURA 1 : Região da via de entrada do ventrículo direito.....	17
FIGURA 2 : Imagem cardíaca no ecocardiograma bidimensional, em corte para-esternal eixo curto. As setas indicam a movimentação do septo e da parede livre.....	20
FIGURA 3 : Alças PV e Emax: estado contrátil basal (linhas sólidas) e infusão de epinefrina (linhas pontilhadas).....	22
FIGURA 4 : Imagem cardíaca no ecocardiograma bidimensional, em corte para-esternal eixo longo (A) e em corte apical de quatro câmaras (B).....	28
FIGURA 5 : Dinâmica do plano atrioventricular direito, segundo estudo com Doppler pulsado (A). Representação esquemática da movimentação do plano atrioventricular pelo Doppler pulsado (B).....	30
FIGURA 6 : Cursor do modo M localizado na junção do plano tricúspide com a parede lateral do ventrículo direito. B. Movimentação do plano tricúspide derivada do modo M.....	37
FIGURA 7 : A. Volume amostra do Doppler pulsado localizado na margem lateral do plano tricúspide. B. Representação esquemática da integral da onda D. C. A seta indica a velocidade de pico da onda D.....	38
FIGURA 8 : Ilustração do sistema computadorizado, idealizado para realização do cálculo da integral da onda D.....	40

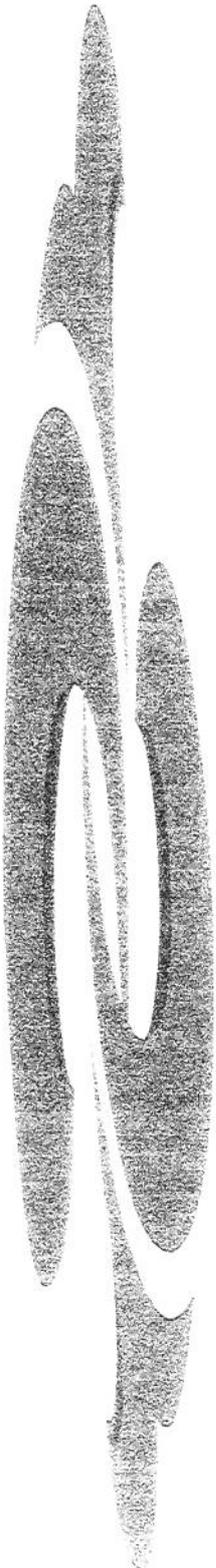
FIGURA 9 : Representação gráfica dos valores da mediana, 1º e 3º quartis, mínimo, máximo e valores extremos da distribuição da idade entre os grupos 1 e 2.....	46
FIGURA 10 : Representação gráfica dos valores da mediana, 1º e 3º quartis, mínimo, máximo e valores extremos da distribuição da frequência cardíaca entre os grupos 1 e 2.....	47
FIGURA 11 : Representação gráfica dos valores da mediana, 1º e 3º quartis, mínimo, máximo e valores extremos da distribuição da pressão arterial sistólica entre os grupos 1 e 2.....	47
FIGURA 12 : Representação gráfica dos valores da mediana, 1º e 3º quartis, mínimo, máximo e valores extremos da distribuição da pressão arterial diastólica entre os grupos 1 e 2.....	48
FIGURA 13 : Representação gráfica da análise de regressão, entre dois observadores, em relação à medida da integral da onda D. As linhas pontilhadas representam os intervalos de confiança (95%) para a média (banda interna), e para os valores previstos (banda externa).....	48
FIGURA 14 : Representação gráfica da análise de regressão entre integral da onda D e fração de ejeção do ventrículo direito. As linhas pontilhadas representam os intervalos de confiança (95%) para a média (banda interna), e para os valores previstos (banda externa).....	49
FIGURA 15 : Representação gráfica da análise de regressão entre excursão sistólica do plano tricúspide e fração de ejeção do ventrículo direito. As linhas pontilhadas representam os intervalos de confiança (95%) para a média (banda interna), e para os valores previstos (banda externa).....	49

FIGURA 16 : Representação gráfica da análise de regressão entre velocidade de pico da onda D e fração de ejeção do ventrículo direito. As linhas pontilhadas representam os intervalos de confiança (95%) para a média (banda interna), e para os valores previstos (banda externa).....	50
FIGURA 17 : Representação gráfica dos valores da mediana, 1º e 3º quartis, mínimo, máximo e valores extremos da integral da onda D entre os grupos 1 e 2.....	50
FIGURA 18 : Representação gráfica dos valores da mediana, 1º e 3º quartis, mínimo, máximo e valores extremos da excursão sistólica do plano tricúspide entre os grupos 1 e 2.....	51
FIGURA 19 : Representação gráfica dos valores da mediana, 1º e 3º quartis, mínimo, máximo e valores extremos da velocidade de pico da onda D entre os grupos 1 e 2.....	51



RESUMO

Os índices derivados da movimentação do plano tricúspide foram comparados à fração de ejeção do ventrículo direito, derivada da ventriculografia radioisotópica. Foram analisados 30 indivíduos, agrupados em dois grupos, segundo a fração de ejeção. Não houve diferença significativa entre os dois grupos, em relação à idade, pressão arterial sistólica e frequência cardíaca. Houve íntima correlação entre os índices derivados da movimentação do plano tricúspide, integral da onda D, excursão sistólica do plano tricúspide e velocidade de pico, com a fração de ejeção do ventrículo direito ($r = 0,72, 0,79$ e $0,82$, respectivamente). A integral da onda D e a excursão sistólica do plano tricúspide foram significativamente maiores no grupo 1. A velocidade de pico discriminou adequadamente pacientes com fração de ejeção normal daqueles com anormalidades funcionais do ventrículo direito. A sensibilidade e a especificidade dos índices derivados da movimentação do plano tricúspide foram muito boas. Para concluir, os índices derivados da movimentação do plano tricúspide se apresentam como uma importante ferramenta clínica para avaliação da função sistólica do ventrículo direito.



1. INTRODUÇÃO

A avaliação da função do ventrículo direito é freqüentemente complicada, devido a sua complexidade estrutural e forma assimétrica. Diferentemente do ventrículo esquerdo, a cavidade ventricular direita não se assemelha a uma figura geométrica tridimensional claramente definida, que sirva como modelo para cálculo de seus volumes. Conseqüentemente, enquanto a função do ventrículo esquerdo tem sido amplamente determinada por métodos baseados em sólidos geométricos, seu papel na avaliação da função do ventrículo direito permanece incerto. Quanto mais distorções ocorrem na cavidade ventricular, tornando-a ainda mais complexa, maiores são as falhas dos modelos propostos para avaliação funcional do ventrículo direito. Pela independência das considerações geométricas, a fração de ejeção, derivada da ventriculografia radioisotópica, tornou-se o método de escolha para determinação da função sistólica do ventrículo direito⁽¹⁾⁽²⁾. Entretanto, a fração de ejeção pode não ser um índice seguro, em vigência de sobrecargas⁽³⁾. Nestas condições, verifica-se uma queda na fração de ejeção do ventrículo direito, que não significa necessariamente uma redução em sua função contrátil. Mas, os parâmetros para quantificar a eficiência mecânica não estão bem estabelecidos. Alguns índices não são lineares e de difícil quantificação⁽⁴⁾⁽⁵⁾. Contribui para isto, a forma assimétrica do ventrículo direito, que sofre estresse de variada intensidade ao longo de seus diferentes segmentos⁽⁶⁾. Enfim, a avaliação da função sistólica do ventrículo direito tem seus limites impostos por uma cavidade sem geometria similar, capaz de modificações ainda mais complexas, face a extrema dependência da pós-carga.

Aspectos anatômicos

A região do fluxo de entrada é composta por valva tricúspide, cordas tendíneas, músculos papilares e um miocárdio intensamente trabeculado. Diferentemente, a região do fluxo de saída, denominada infundíbulo, é composta de miocárdio liso. As duas regiões, a do fluxo de entrada e a de saída, são separadas por quatro bandas musculares: o septo infundibular, a banda parietal, a banda septal anterior e posterior e a banda moderadora. O septo infundibular e a banda parietal constituem a crista supraventricular. A banda septal estende-se em sentido apical, tornando-se contínua com a banda moderadora. As cordas tendíneas dos folhetos anterior e posterior da valva tricúspide unem-se ao músculo papilar anterior. É um músculo grande e único, que se origina da parede anterior do ventrículo

direito e se funde com a banda moderadora. À parede posterior, estão ligados os músculos papilares posteriores. São músculos pequenos e múltiplos que, também, recebem cordas tendíneas dos folhetos anterior e posterior. As cordas tendíneas dos folhetos septal e anterior inserem-se diretamente no septo interventricular, quando os músculos papilares septais são rudimentares ou mesmo ausentes. Este conjunto de conexões, na região do fluxo de entrada, define uma câmara extremamente trabeculada, circunscrita pelo septo interventricular, pela parede livre e pela crista supraventricular (figura 1)⁽⁷⁾.

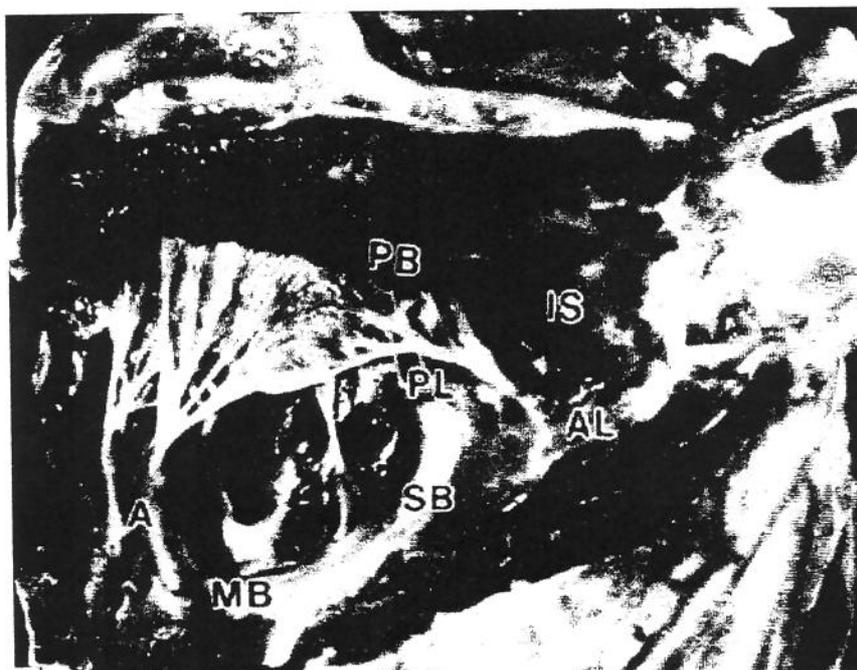


FIGURA 1. Região da via de entrada do ventrículo direito. IS: septo infundibular; PB: banda parietal; SB: banda septal; AL: banda septal anterior; PL: banda septal posterior; MB: banda moderadora; A: músculo papilar anterior.

Circulação coronária

Em até 90% dos corações, as paredes posteriores dos ventrículos direito e esquerdo e o terço superior do septo são irrigados pela artéria descendente posterior, um dos ramos principais da artéria coronária direita. Esta é responsável pela nutrição, quase

exclusiva, da metade superior do ventrículo direito. É a única fonte de suprimento sangüíneo para o músculo papilar posterior da valva tricúspide. A artéria coronária direita pode suprir os nodos sinusal e atrioventricular em 50% e 90% das vezes, respectivamente⁽⁸⁾.

Aos ramos marginais agudos da artéria coronária direita coube a função de irrigar a parede livre do ventrículo direito. Esta, principalmente a margem anterior, recebe adicionalmente o suprimento sangüíneo da artéria descendente anterior esquerda e dos ramos conais⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾.

No ventrículo direito, devido à baixa pressão, o sangue flui através da artéria coronária e suas colaterais durante a sístole e a diástole.

Aspectos funcionais

O ventrículo direito, conforme geralmente é descrito, assemelha-se a uma figura geométrica piramidal. O plano da valva tricúspide constitui uma base triangular. O septo interventricular, a parede livre anterior e posterior do ventrículo direito compreendem as três outras faces. A parede livre abrange a maior parte do ventrículo direito e ancora-se na porção anterior e posterior do septo interventricular. A forma “em crescente” do ventrículo direito, numa secção transversal, é conferida pela convexidade do septo interventricular⁽¹¹⁾.

A configuração anatômica do septo interventricular implicou em vantagens mecânicas às contrações do ventrículo esquerdo. Até os movimentos e os espessamentos do septo foram descritos em relação aos eventos sistólicos e diastólicos do ventrículo esquerdo⁽¹²⁾. Este comportamento fisiológico do septo pode dar a impressão que somente as contrações da parede livre contribuem para a geração de pressão sistólica e ejeção do ventrículo direito.

No ventrículo direito, a área de superfície, composta principalmente pela parede livre, é muito maior que o volume. Tal relação faz supor que alterações pequenas no sentido radial ou tensão relativamente baixa determinam quantidade razoável de volumes ejetados⁽¹³⁾, provavelmente pela ação da parede livre, desde que trabalhando em série com um circuito pulmonar de baixa pressão. Entretanto, frente à pós-carga elevada, o ventrículo

direito apresenta um desempenho reduzido, a despeito de acomodar grandes volumes sob pressões fisiológicas⁽¹⁴⁾. Isto deve resultar em diminuição da relação área de superfície/volume, que a parede livre não poderia compensar através de maiores alterações ou tensões no sentido radial para permitir uma ejeção adequada. Portanto, o encurtamento radial parece contribuir pouco para garantir uma ejeção normal. Aliás, quando houve cauterização extensa da parede livre do ventrículo direito, em estudos experimentais, foram observados somente distúrbios hemodinâmicos leves e nenhuma elevação das pressões venosas sistêmicas⁽¹⁵⁾. Tal fato pode sugerir a discreta participação da parede livre na geração de pressão e ejeção. Todavia, a parede livre lesada, porém intacta, poderia servir como um suporte à cavidade do ventrículo direito, no sentido de permitir o acoplamento das contrações sistólicas para o trabalho de ejeção do ventrículo esquerdo⁽¹⁶⁾.

Então, em que sentido deveria ocorrer o encurtamento do ventrículo direito para garantir uma ejeção normal?

Não parece o sentido radial, considerando as contribuições da parede livre e do septo descritas anteriormente. Mesmo porque, Kaul e colaboradores⁽¹³⁾ verificaram que o encurtamento radial não era significativo, nem se correlacionou com a fração de ejeção do ventrículo direito. Ainda, a análise em modo M, de um corte eixo curto (figura 2), pode insinuar que quase não ocorre encurtamento radial, desde que as distâncias da parede livre ao septo, durante a sístole e diástole permanecem praticamente as mesmas. Isto tudo faz supor que para a ejeção normal do ventrículo direito, o encurtamento deve ocorrer em outro sentido.

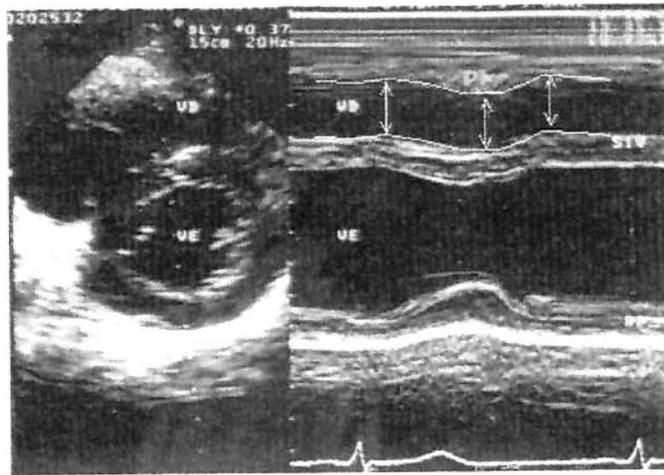


FIGURA 2. Imagem cardíaca no ecocardiograma bidimensional, em corte para-esternal eixo curto. As setas indicam a movimentação do septo e da parede livre. VD, ventrículo direito; VE, ventrículo esquerdo; PL, parede livre do ventrículo direito; SIV, septo interventricular; PP, parede posterior.

O encurtamento meridional do ventrículo direito é muito pronunciado, segundo relatos de Rushmer e colaboradores⁽¹⁷⁾. A confirmação da acentuada movimentação do plano atrioventricular direito, principalmente na ausência de significativo aumento da pressão na artéria pulmonar, foi realizada com ressonância magnética⁽⁵⁾. Kaul e colaboradores⁽¹³⁾ mostraram que tal movimentação poderia ser capaz de refletir a função sistólica do ventrículo direito. Mais recentemente, Isaaq e colaboradores⁽¹⁸⁾ descreveram a dinâmica do plano atrioventricular com Doppler pulsado, permitindo a avaliação do desempenho dos ventrículos no plano meridional.

O estado contrátil do ventrículo direito

Alguns aspectos anatômicos e funcionais têm dificultado a caracterização do estado contrátil e da eficiência mecânica do ventrículo direito.

Primeiro, além da conhecida complexidade geométrica, o ventrículo direito demonstra um espessamento de variada intensidade em diferentes segmentos de sua parede⁽¹³⁾. Isto resulta, durante a sístole, na geração de uma menor pressão intraventricular, que sofre uma queda considerável, mesmo antes do término da ejeção, distintamente do

ventrículo esquerdo⁽⁶⁾. Segundo, a determinação da pré-carga do ventrículo direito é muito complicada e repleta de limitações, principalmente frente às imposições estruturais e funcionais de uma sobrecarga. Nesta condição, pode ocorrer variação do volume fisiológico não submetido a estresse⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾. Abaixo de certos limites, as alterações do volume não acarretam elevação da pressão, apenas provocam modificações em sua geometria. Num dado momento, suas paredes tornam-se suscetíveis a graus variados de estresses. A relação pressão de distensão/estresse regional pode ser muito heterogênea ao longo de toda a parede livre. O deslocamento anormal do septo, as variações no raio de curvatura da cavidade, o déficit de relaxamento, a restrição do pericárdio, o enchimento diastólico do ventrículo esquerdo e a hiperinsuflação pulmonar, interferem na distensão e no estresse parietal, modificando a geometria do ventrículo direito⁽¹²⁾⁽²¹⁾⁽²²⁾. Por último, a fração de ejeção do ventrículo direito tem relação inversa com elevações agudas da pressão na artéria pulmonar, diferentemente do ventrículo esquerdo, que mantém o desempenho normal frente a um aumento moderado da pós-carga. Isto pode sugerir que a fração de ejeção não seja um índice seguro para avaliar a função sistólica do ventrículo direito, em vigência de sobrecargas⁽³⁾.

O estado contrátil do ventrículo direito, apesar da dificuldade anatômica e funcional, tem sido investigado através de índices como dp/dt , relação pressão/volume, durante a sístole final, e elastância máxima (E_{max}). Entretanto, nenhum dos parâmetros é muito sensível, causando sérios obstáculos à quantificação do desempenho miocárdico do ventrículo direito⁽⁵⁾.

Informações quantitativas sobre a capacidade de bombear do ventrículo direito e seu estado contrátil são relativamente escassas, quando se comparam aos dados disponíveis sobre o ventrículo esquerdo. Anteriormente, havia o conceito que o ventrículo direito não era essencial para a manutenção do estado hemodinâmico, visto que o trabalho para geração do fluxo sanguíneo poderia ser exercido, quase exclusivamente, pelo ventrículo esquerdo⁽⁶⁾. Mais recentemente, vem ocorrendo um interesse crescente no papel do ventrículo direito para a manutenção da função cardíaca normal. Há claras evidências que a disfunção do ventrículo direito é o maior determinante dos sintomas cardíacos e proporciona, aos pacientes com insuficiência cardíaca, uma baixa tolerância ao exercício⁽⁵⁾.

A construção da alça pressão/volume depende da pressão obtida através de cateteres de fibra óptica, localizados no interior do ventrículo direito. Tais cateteres são calibrados eletronicamente, inseridos pela veia femoral e conectados a um sistema de manômetros. Para a determinação do volume, têm sido empregadas a angiografia de contraste ou as técnicas radionuclídeas. Comparado aos trabalhos de Suga e colaboradores⁽²³⁾ sobre o ventrículo esquerdo, o ventrículo direito demonstrou, coincidentemente, uma relação linear entre pressão e volume, para qualquer tempo especificado dentro do ciclo cardíaco, independente de alterações na pré-carga e pós-carga.

A Emax, que corresponde a máxima inclinação da linha ligando pontos da alça pressão/volume do ventrículo direito, no mesmo intervalo de tempo do ciclo cardíaco, foi sensível às mudanças do estado inotrópico, como no ventrículo esquerdo (figura 3)⁽⁶⁾.

As alças pressão/volume do ventrículo direito adquiriram um aspecto mais triangular, em que a ejeção terminou bem depois da pressão de pico, dificultando a definição do final da sístole. Distintamente, a configuração das alças pressão/volume do ventrículo esquerdo assemelhou-se a um retângulo, de forma que a sístole final e o fim da ejeção ocorreram em momentos muito próximos um do outro⁽⁶⁾.

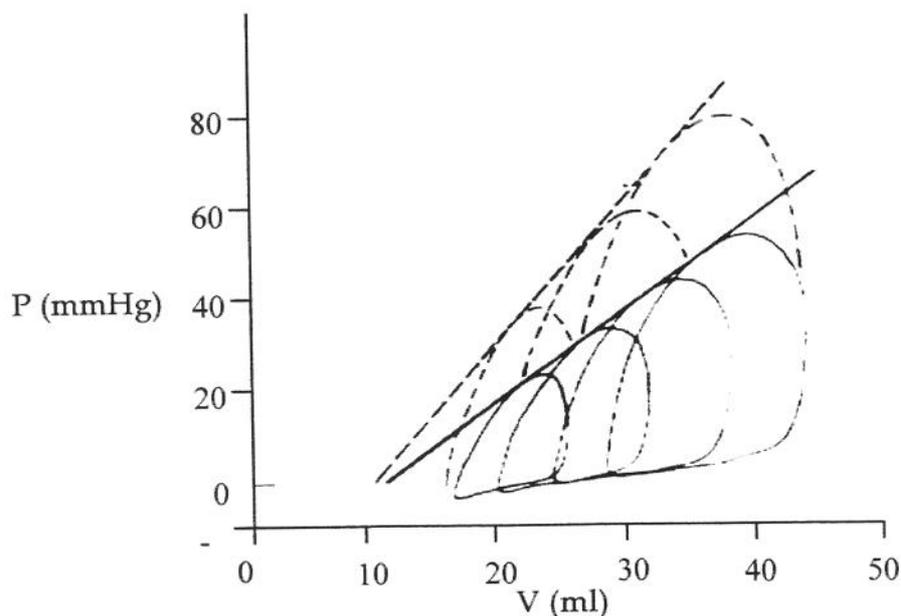


FIGURA 3. Alças PV e Emax: estado contrátil basal (linhas sólidas) e infusão de epinefrina (linhas pontilhadas). P, pressão; V, volume.

A despeito das diferenças qualitativas e quantitativas entre os dois ventrículos, a relação pressão/volume não deixou de ser um índice conveniente de avaliação do estado contrátil do ventrículo direito.

O máximo valor da primeira derivada da pressão intraventricular (dP/dt) deve corresponder a um índice muito útil para avaliação funcional dos ventrículos. A dP/dt de pico significa a máxima variação da pressão, que ocorre antes do início da ejeção (segundo à diástole final), durante breve período de contração isovolumétrica do ventrículo. Mas, a validade do índice isovolumétrico, como indicador do estado contrátil, pode ser questionada em vigência de regurgitação tricúspide e aumento da pós-carga, que estão presentes quando o ventrículo direito está comprometido em seu desempenho. Além disto, as determinações das pressões instantâneas do ventrículo exigem um sistema de manômetros de alta fidelidade, durante o cateterismo cardíaco, dificultando e limitando as avaliações repetidas⁽²⁴⁾.

Desempenho do ventrículo direito em relação à sobrecarga de pressão

Quando a pressão na artéria pulmonar se eleva, o desempenho do ventrículo direito torna-se importante para a manutenção da função cardíaca global⁽²⁵⁾. O ventrículo direito passa por um remodelamento, com hipertrofia e dilatação⁽²⁶⁾. A dilatação conduz ao aumento da pré-carga, conforme o mecanismo de Frank-Starling, a fim de manter o débito cardíaco⁽²⁷⁾. A hipertrofia determina a normalização do estresse da parede e, como conseqüência, um melhor desempenho do ventrículo direito⁽²⁸⁾. Em função da menor massa muscular, o ventrículo direito responde às alterações de uma dada carga com estresse parietal mais alto. Entretanto, o remodelamento desenvolvido pelo aumento da pressão na artéria pulmonar, tanto em doença pulmonar obstrutiva crônica⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾, quanto em doença arterial coronária e valvar⁽³¹⁾, não impediu um decréscimo na fração de ejeção. Houve uma correlação inversa e significativa entre fração de ejeção do ventrículo direito e pressão média da artéria pulmonar. Tal fato pode sugerir que a pós-carga seja o melhor determinante da fração de ejeção do ventrículo direito, até mais que a contratilidade. Por outro lado, o desempenho do ventrículo direito foi otimizado, quando se melhorou a contratilidade, mesmo frente a uma pós-carga elevada⁽³²⁾. Para uma determinada pré-carga e pós-carga, as catecolaminas provocaram um aumento do volume por batimento⁽³³⁾, auxiliando no desempenho do ventrículo direito⁽²⁷⁾.

Desempenho do ventrículo direito frente à sobrecarga de volume

Em decorrência da elevação da pós-carga, ocorre dilatação da cavidade e queda da fração de ejeção do ventrículo direito. Conseqüentemente, o anel valvar tricúspide pode se dilatar e induzir regurgitação⁽³⁴⁾, promovendo uma sobrecarga de volume ao ventrículo direito. Em geral, é muito difícil distinguir sobrecarga de pressão daquela de volume, principalmente em hipertensão pulmonar secundária à doença ventricular esquerda. O volume diastólico (ou pressão de enchimento ventricular) poderia se elevar anormalmente, em conseqüência do desempenho sistólico inadequado e regurgitação tricúspide funcional. Este aumento da pré-carga agiria no sentido de melhorar a função sistólica, conforme a lei de Frank-Starling⁽³⁵⁾. Entretanto, não foi o que se verificou em pacientes com sobrecarga de volume secundária à regurgitação tricúspide, nos quais a pressão na artéria pulmonar era mais alta e fração de ejeção do ventrículo direito, mais baixa⁽³⁶⁾.

Avaliação funcional do ventrículo direito

Devido à geometria complexa, não tem sido possível a reprodução de um modelo similar ao ventrículo direito⁽³⁷⁾⁽³⁸⁾. Diferentes modelos⁽³⁹⁾⁽⁴⁰⁾ não se prestaram à aplicação de equações matemáticas, como as de Simpson⁽⁴¹⁾, da pirâmide⁽⁴²⁾, do cilindro⁽⁴¹⁾ ou da elipse⁽⁴³⁾. Esta indefinição geométrica e as margens imprecisas do endocárdio da parede livre⁽³⁹⁾⁽⁴⁰⁾, que dificultam o cálculo da área, limitam o uso do ecocardiograma bidimensional, mas não, das técnicas radionuclídeas, na análise da função do ventrículo direito.

Técnicas radionuclídeas

As técnicas nucleares de formação de imagem são métodos baseados em contagens radioativas, relativamente independentes de modelos ou figuras, e, portanto, não sujeitas às limitações geométricas.

A ventriculografia radioisotópica de primeira passagem, uma das técnicas de formação de imagem, é um método ideal para estudar a movimentação e a fração de ejeção do ventrículo direito⁽¹⁾⁽⁴⁴⁾. Possibilita a separação anatômica e temporal da atividade dentro do coração direito e esquerdo. Uma curva tempo-atividade dos radioisótopos reflete o

volume ventricular durante as diferentes fases do ciclo cardíaco⁽¹⁾⁽⁴⁴⁾. A fração de ejeção do ventrículo direito pode ser calculada, dividindo-se diferença das contagens, nos quadros diastólico e sistólico finais, pelas contagens diastólicas finais⁽²⁾.

Outra técnica de formação de imagem, o estudo “gated”, utiliza ventriculografia radioisotópica de primeira passagem acoplado a um eletrocardiográfico⁽¹⁾. Permite a separação temporal e anatômica do ventrículo direito, porém considera a média de vários batimentos para reduzir o ruído e melhorar as contagens. A imagem é representada como uma alça de cineventriculografia, sendo gerada uma curva de atividade em relação ao tempo, da qual se pode calcular a fração de ejeção. A escolha deste método é ideal para o cálculo da fração de ejeção do ventrículo direito, considerando a simplicidade da técnica e a rapidez no processamento dos dados⁽⁴⁵⁾.

A ventriculografia radioisotópica demonstrou uma forte correlação inversa entre fração de ejeção do ventrículo direito e pressão na artéria pulmonar, em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica⁽⁴⁶⁾. A fração de ejeção do ventrículo direito foi anormal, em todos pacientes com cor pulmonale⁽²⁾. De tal maneira que a presença de hipertensão pulmonar implicava numa fração de ejeção igual ou menor a 40%, no estudo de primeira passagem⁽²⁾⁽³⁾. Por outro lado, ao provocar um declínio da pressão na artéria pulmonar, verificava-se uma melhora do volume por batimento e da fração de ejeção do ventrículo direito⁽⁴⁷⁾, demonstrando uma clara dependência da pós-carga. Durante o esforço, foram observados uma resposta anormal da fração de ejeção e um aumento do volume diastólico final do ventrículo direito, em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. Tais anormalidades se relacionaram diretamente com a gravidade funcional da doença pulmonar subjacente⁽⁴⁷⁾⁽⁴⁸⁾.

A fração de ejeção do ventrículo direito se alterou em até 50% dos pacientes com infarto agudo do miocárdio de parede inferior, nos estudos de formação de imagens por radioisótopos⁽⁴⁹⁾⁽⁵⁰⁾⁽⁵¹⁾. E, tanto a fração de ejeção igual ou menor a 40%, no estudo de primeira passagem, quanto as anormalidades do movimento da parede se relacionaram com as alterações hemodinâmicas do ventrículo direito, durante a monitorização invasiva⁽⁵²⁾. A trombólise bem sucedida, em oclusão proximal da artéria coronária direita, determinou uma melhora significativa da fração de ejeção do ventrículo direito⁽⁵³⁾. Todavia, tal melhora foi

verificada mesmo naqueles pacientes com infarto agudo de parede inferior, não submetidos a tratamento trombolítico, e com função inicialmente alterada⁽⁵⁴⁾. Tais fatos têm gerado dúvidas sobre as contribuições da isquemia e necrose para a disfunção do ventrículo direito. Em indivíduos normais, o exercício provoca a elevação do volume por batimento, do volume diastólico final e da fração de ejeção do ventrículo direito, com mínima ou nenhuma alteração da pressão na artéria pulmonar⁽⁴⁴⁾. Nos pacientes com doença coronária, o esforço determinou uma resposta anormal da fração de ejeção do ventrículo direito⁽⁴⁴⁾, correlacionando-se mais intensamente à disfunção do ventrículo esquerdo que à estenose proximal da artéria coronária direita⁽⁵⁵⁾. Entretanto, em estudos com ventriculografia radioisotópica⁽⁵⁶⁾⁽⁵⁷⁾, houve uma participação significativa da doença obstrutiva da coronária direita na incapacidade do ventrículo direito gerar uma fração de ejeção adequada, durante o esforço. Portanto, a doença aterosclerótica da coronária direita e a disfunção do ventrículo esquerdo parecem atuar no mesmo sentido para determinar uma redução da fração de ejeção do ventrículo direito⁽⁵⁵⁾.

Em insuficiência cardíaca congestiva grave e crônica, foi demonstrada uma boa correlação entre fração de ejeção do ventrículo direito e a capacidade ao esforço. Contrariamente, não se observou qualquer correlação entre a fração de ejeção do ventrículo esquerdo e o desempenho com o exercício⁽⁵⁸⁾. Quando se considerou o consumo de oxigênio e a fração de ejeção do ventrículo direito, a doença coronária teve uma correlação um pouco mais forte que miocardiopatia dilatada. Na doença coronária, a função do ventrículo direito estava preservada, mas havia disfunção do ventrículo esquerdo. Em miocardiopatia dilatada, ambos ventrículos tinham comprometimentos de suas funções⁽⁵⁹⁾. Estes resultados poderiam sugerir uma importância substancial do ventrículo direito na manutenção da função cardíaca global.

Em cardiopatia congênita, a sobrecarga de pressão pode levar à hipertrofia compensadora, diminuindo os índices dos volumes diastólico e sistólico finais, porém aumentando a fração de ejeção do ventrículo direito. Em condições associadas à sobrecarga de volume, como o defeito do septo interatrial, ocorreram aumentos dos volumes e adequada fração de ejeção do ventrículo direito⁽⁶⁰⁾. Tais estudos demonstraram que, pelo menos em fase inicial, o remodelamento manteria a fração de ejeção do ventrículo direito dentro da normalidade.

Ecocardiograma bidimensional com doppler

A ecocardiografia é um método que tem sido pouco considerado na avaliação funcional do ventrículo direito. Utiliza transdutores que emitem ondas de ultrassom com frequência de milhões de ciclos por segundo ou megahertz. Após refletirem, retornam e são captadas. Conhecendo a velocidade da onda ultrassônica nos tecidos biológicos, o tempo de ir até determinada estrutura e o seu retorno ao transdutor, pode-se calcular a distância percorrida e, com recursos eletrônicos, construir uma imagem da estrutura, apresentando-a num monitor de vídeo⁽⁶¹⁾⁽⁶¹⁾.

Os recursos do ecocardiograma para a apresentação da imagem cardíaca são o modo M e o bidimensional, enquanto para o estudo do fluxo sanguíneo e movimentação da parede, o Doppler e o mapeamento de fluxo a cores. O modo M, ou unidimensional, é muito útil para aferir distâncias lineares, como diâmetros de câmaras cardíacas e espessura miocárdica. O bidimensional facilita a observação do coração em dois planos e em tempo real. Através de um feixe de ultrassom emitido, que atinge uma estrutura em movimento (células sanguíneas, parede ventricular), o Doppler capta uma onda refletida, alterada em sua frequência antes de retornar ao transdutor. Desta maneira, quando um feixe de ultrassom atinge estruturas que se movimentam em direção ao transdutor, a frequência da onda refletida aumenta e, portanto, será maior que a onda originalmente emitida. Do contrário, quando as estruturas se afastam do transdutor, a onda refletida é menor porque tem frequência inferior à emitida. A variação da frequência, que pode ser medida pelo equipamento, é proporcional à velocidade da estrutura considerada. A disposição gráfica do sinal do Doppler definem as características do fluxo ou movimento da parede, a fase de ocorrência dentro do ciclo cardíaco, sua direção e velocidade. O mapeamento de fluxo a cores, ou Doppler em cores, permite a observação do fluxo sanguíneo no interior do coração e dos vasos. Conforme codificação eletrônica, quando o fluxo sanguíneo se dirige ao transdutor, é vermelho, enquanto aquele que se afasta, é azul. Quanto mais elevada a velocidade do sangue, mais evidentes se tornam as cores vermelha ou azul. O mapeamento de fluxo a cores torna possível, com muito mais rapidez e precisão, a detecção e a quantificação de “shunts” e refluxos valvares⁽⁶¹⁾⁽⁶²⁾.

O ecocardiograma bidimensional foi capaz de diferenciar o ventrículo direito normal daquele com sobrecarga de volume⁽³⁹⁾⁽⁴⁰⁾. Na sobrecarga de volume, verificou-se que a dilatação poderia transformar o ventrículo direito numa forma elíptica, em corte apical de quatro câmaras, e retificar o septo interventricular, normalmente abaulado para o lado direito⁽⁶³⁾, inclusive provocar sua movimentação paradoxal.

Face à sobrecarga de pressão, observou-se hipertrofia e, eventualmente, dilatação do ventrículo direito. As dimensões da cavidade ventricular direita foram obtidas entre a parede anterior e o septo, em cortes paraesternais (figura 4 A), e entre o septo e a parede lateral, em corte apical de 4 câmaras (figura 4 B).

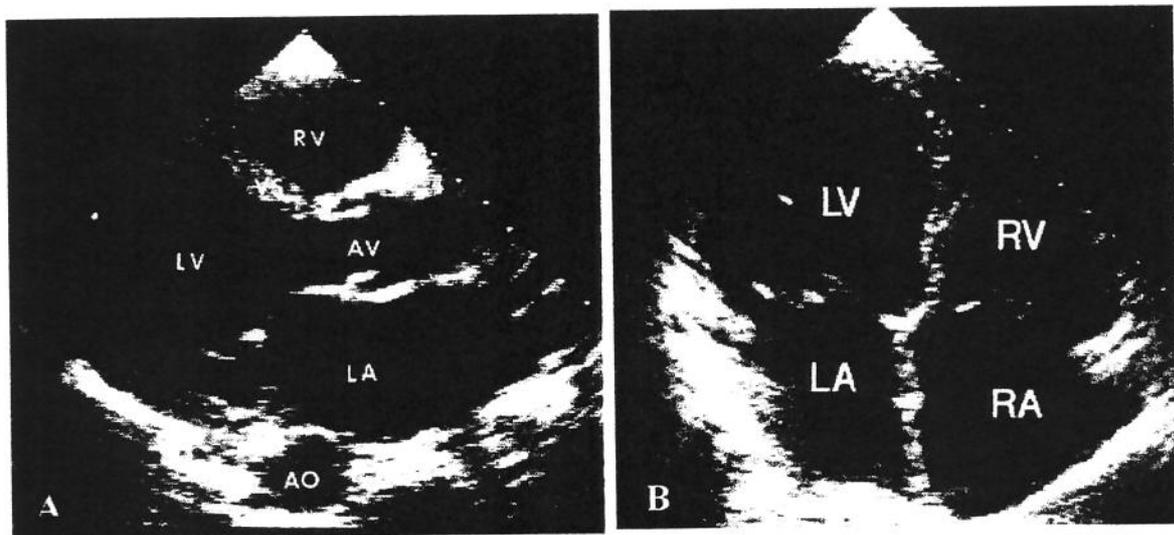


FIGURA 4. Imagem cardíaca no ecocardiograma bidimensional, em corte para-esternal eixo longo (A) e em corte apical de quatro câmaras (B). RV, Ventrículo direito; LV, ventrículo esquerdo; AV, valva aórtica; LA, átrio esquerdo; AO, aorta; RA, átrio direito.

O Doppler pode avaliar a pré-carga e a pós-carga. São fatores que afetam a função do ventrículo. A regurgitação tricúspide visualizada até as veias cava inferior e porta, principalmente pelo Doppler colorido, sugere uma sobrecarga de volume do átrio e do ventrículo direito. Conforme a regurgitação tricúspide pode se inferir a pressão sistólica da artéria pulmonar. Considerando que não haja obstrução da via de saída do ventrículo direito, a velocidade (v) máxima do jato de regurgitação tricúspide na equação modificada de Bernoulli determina o gradiente transvalvar tricúspide (GTT), segundo a fórmula: $GTT = 4 (v)^2$. A pressão sistólica máxima da artéria pulmonar é resultado da soma do gradiente transvalvar tricúspide mais a pressão atrial direita⁽⁶⁴⁾. Igualmente, a característica do fluxo pulmonar, analisada diretamente com o Doppler, pode sugerir uma elevação da pressão na artéria pulmonar.

O fluxo acelera rapidamente até o máximo, no início da sístole (tempo de aceleração $\leq 88 \pm 25$ ms), seguido por uma rápida desaceleração⁽⁶⁵⁾. Embora os métodos com Doppler não avaliem com exatidão a pressão na artéria pulmonar, pelo menos, são capazes de separar os normais daqueles com valores elevados⁽⁶⁶⁾. Entretanto, o papel do Doppler não se resume apenas à avaliação do fluxo sanguíneo. Mais recentemente, houve a caracterização da dinâmica do plano atrioventricular, em cada ciclo cardíaco, com o Doppler pulsado. Em indivíduos normais, o sinal Doppler mostrou uma sucessão de ondas com velocidades positivas, dirigidas para o ápice, e negativas, dirigidas para os átrios (figura 5 A e B). Diferenças na dinâmica do plano atrioventricular foram demonstradas entre o lado direito e o esquerdo, provavelmente relacionadas às condições de pós-carga e às propriedades mecânicas do miocárdio. A velocidade de pico e a excursão foram maiores no ventrículo direito. O método trouxe informações valiosas sobre a movimentação do plano atrioventricular, pois considerou, não somente a excursão, mas também a velocidade e a aceleração. Portanto, tal método pode oferecer uma valiosa informação sobre o desempenho dos ventrículos na direção meridional⁽¹⁸⁾.

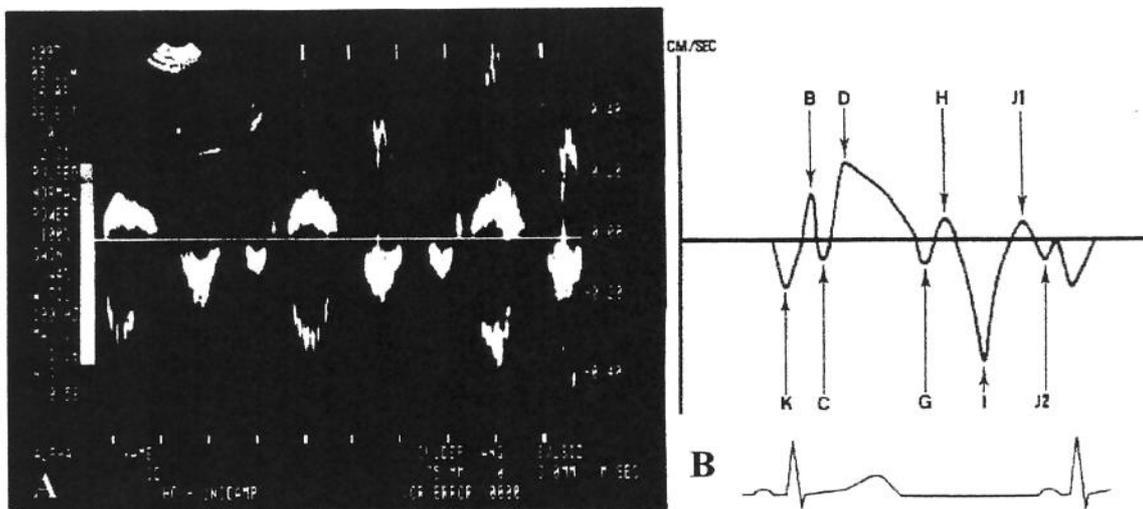
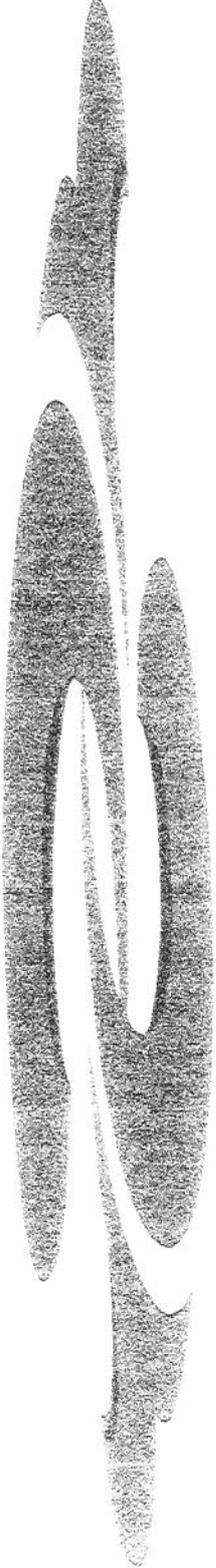


FIGURA 5. Dinâmica do plano atrioventricular direito, segundo estudo com Doppler pulsado (A). Representação esquemática da movimentação do plano atrioventricular pelo Doppler pulsado (B).

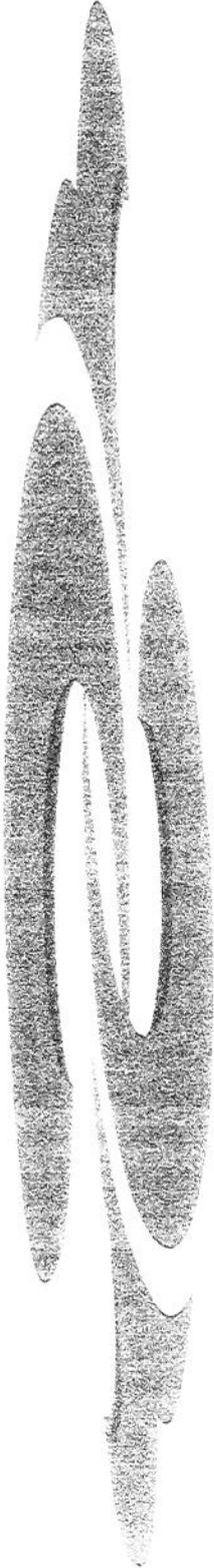
Para finalizar, as técnicas nucleares de imagens tornaram-se o método de escolha para a avaliação da função sistólica do ventrículo direito, porque não necessitou levar em consideração a complexidade geométrica e a indefinição endocárdica da cavidade ventricular. Como independe da limitação destes fatores, os índices derivados da movimentação do plano atrioventricular, obtidos do ecocardiograma bidimensional com doppler, podem oferecer um método simples e rápido para avaliar o desempenho do ventrículo direito.



2. JUSTIFICATIVA

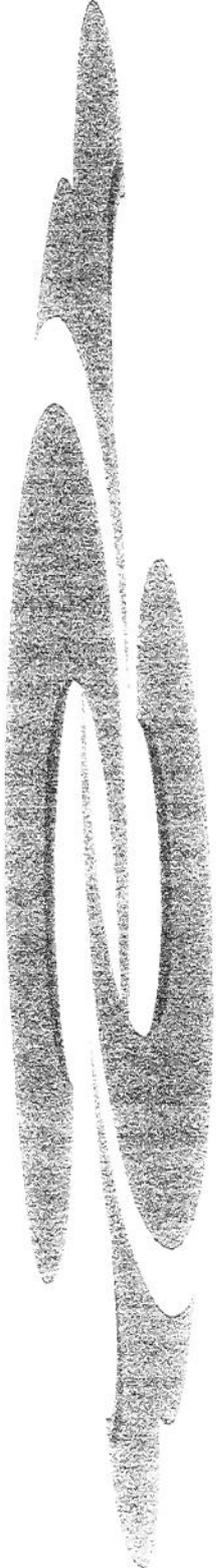
Desde a documentação elegante de Rushmer⁽¹⁷⁾ sobre o acentuado encurtamento meridional do ventrículo direito, vários autores têm estudado a movimentação do plano atrioventricular e sua relação com a função do ventrículo. Do lado esquerdo, Nogueira e colaboradores⁽⁶⁷⁾ demonstraram a movimentação da base em direção ao ápice, que permanece praticamente imóvel, durante a sístole. Simonson e Schiller⁽⁶⁸⁾ mostraram uma relação linear entre a excursão sistólica da base cardíaca e fração de ejeção do ventrículo esquerdo. No ventrículo direito, Kaul e colaboradores⁽¹³⁾ observaram uma boa correlação entre fração de ejeção e excursão do plano valvar tricúspide. E, recentemente, o método de Isaz e colaboradores⁽¹⁸⁾ possibilitou, através da quantificação da dinâmica do plano atrioventricular, durante a sístole e a diástole, a avaliação do desempenho dos ventrículos na direção meridional.

Utilizando o Doppler pulsado, conforme descrito por Isaz e colaboradores⁽¹⁸⁾, almejo estudar os índices derivados da movimentação do plano tricúspide e sua relação com a função do ventrículo direito. Dentro da sucessão de ondas com velocidades positivas e negativas do sinal Doppler (Figura 5 A e B), a onda D representa a sístole do ventrículo direito. A inscrição da onda D se faz num eixo da velocidade (em ordenada) em relação ao tempo (em abscissa). Portanto, a integral da onda D representa a distância percorrida, ou seja, a excursão do plano tricúspide durante a sístole.



OBJETIVO

Avaliar a função do ventrículo direito com índices derivados da movimentação do plano tricúspide, comparando-os à fração de ejeção do ventrículo direito derivada da ventriculografia radioisotópica.



3. MÉTODOS

4.1. POPULAÇÃO ESTUDADA

Para avaliar a função do ventrículo direito, a ventriculografia radioisotópica foi realizada em 30 pacientes. Todos foram submetidos à ecocardiografia bidimensional com Doppler pulsado imediatamente após a angiocardiorrafia radioisotópica, numa seqüência aleatória e independente da patologia de base que motivou a solicitação do exame. Antes do exame ecocardiográfico, foram obtidas a pressão arterial e a freqüência cardíaca.

Vinte pacientes eram homens (29 a 77 anos) e dez, mulheres (20 a 64 anos). Os pacientes do estudo foram agrupados de acordo com a fração de ejeção derivada da ventriculografia radioisotópica. Grupo 1 consistiu de 10 pacientes (3 mulheres e 7 homens), com idade média de $47,4 \pm 13,1$ anos e fração de ejeção do ventrículo direito normal ($\geq 45\%$)⁽⁴²⁾ (tabela 1). Este grupo foi constituído por pacientes sem evidência clínica, eletrocardiográfica e ecocardiográfica de doença cardíaca. Grupo 2 consistiu de 20 pacientes (7 mulheres e 13 homens), com idade média de $51,7 \pm 16,2$ anos e fração de ejeção do ventrículo direito inferior a 45% ⁽⁴²⁾ (tabela 2). Este grupo foi composto por 9 pacientes com hipertensão pulmonar, 6 pacientes com miocardiopatia dilatada, 3 pacientes com cirrose hepática e insuficiência tricúspide, 1 paciente com hipertensão arterial sistêmica grave e 1 paciente com comunicação interatrial corrigida.

Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética do Hospital de Clínicas da Universidade Estadual de Campinas.

4.2. AQUISIÇÃO DOS DADOS DA VENTRICULOGRAFIA RADIOISOTÓPICA

Todos os pacientes passaram pela ventriculografia radioisotópica, após a ligação das hemácias ao pirofosfato de tecnécio-99m. Nenhum dos pacientes tinha fibrilação atrial ou extra-sístoles ventriculares freqüentes. As imagens cardíacas foram obtidas com câmara gama equipada com um colimador, possibilitando uma melhor separação entre os átrios e os ventrículos. A câmara foi posicionada na projeção oblíqua anterior esquerda a 45° , inclinada em sentido caudal, permitindo uma ótima separação dos ventrículos. A imagem "gated" foi coletada com computador e um eletrocardiógrafo sincronizado, numa matriz 64×64 e freqüência de, pelo menos, 16 quadros por segundos. A totalidade das contagens por quadro e o tempo total requerido para a aquisição dos dados variaram de acordo com a necessidade de se atingir uma ótima definição das imagens.

4.3. PROCESSAMENTO DE DADOS DA VENTRICULOGRAFIA RADIOISOTÓPICA

A técnica de análise envolveu delimitar o contorno do ventrículo direito, durante os quadros sistólico final e diastólico final do ciclo cardíaco. A partir da média dos batimentos resultantes do “gating” eletrocardiográfico, a fração de ejeção foi calculada dividindo-se a diferença das contagens diastólica e sistólica finais pela contagem diastólica final⁽⁴⁵⁾. Considerou-se o valor de 45%, limite inferior de normalidade para a fração de ejeção do ventrículo direito.

4.4. DADOS E ANÁLISES DA ECOCARDIOGRAFIA BIDIMENSIONAL E MODO M

Da imagem bidimensional, do apical de quatro câmaras (figura 6A), um feixe ultrassônico, dirigido à junção da parede livre com o plano da valva tricúspide, gera ecos que são captados e registrados como movimentação do plano atrioventricular direito. A diferença do deslocamento entre a diástole e a sístole representou a excursão do plano valvar tricúspide⁽¹³⁾⁽⁶⁹⁾ (figura 6B).

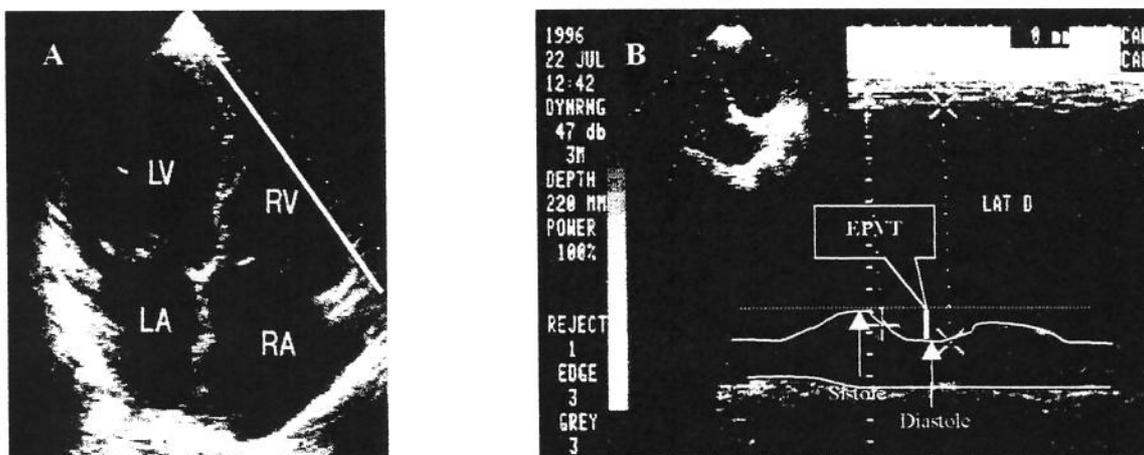


FIGURA 6. A. O cursor do modo M foi localizado na junção do plano tricúspide com a parede lateral do ventrículo direito. B. Movimentação do plano tricúspide derivada do modo M. LV, ventrículo esquerdo; RV, ventrículo direito; LA, átrio esquerdo; RA, átrio direito; EPVT, excursão sistólica do plano tricúspide.

4.5. MOVIMENTAÇÃO DO PLANO TRICÚSPIDE PELO DOPPLER PULSADO

Todos os pacientes foram examinados em decúbito lateral esquerdo, utilizando um ATL UltraMark 4 (Advanced Technology Laboratories). A partir da imagem cardíaca em apical de 4 câmaras, o volume amostra do Doppler pulsado, com comprimento de onda fixado em 10 mm, foi localizado na margem lateral do plano tricúspide (figura 7 A). O transdutor orientou-se de forma que estivesse em paralelo com a direção da movimentação do plano tricúspide. A gravação da movimentação do plano tricúspide utilizou filtro de 100 Hz e, para melhorar a qualidade do sinal gráfico, redução do ganho. Os sinais foram diferenciados do fluxo tricúspide por sua direção oposta, energia mais alta, tempo e sinal de áudio únicos⁽¹⁸⁾. Foram considerados três batimentos, durante expiração sustentada, para que um valor médio fosse calculado.

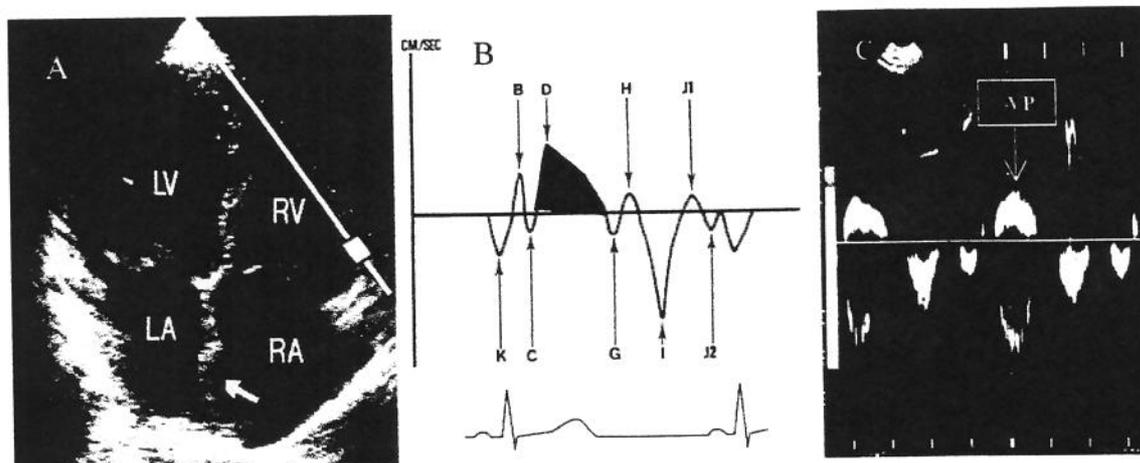


FIGURA 7. A. Volume amostra do Doppler pulsado localizado na margem lateral do plano tricúspide. B. Representação esquemática da integral da onda D. C. A seta indica a velocidade de pico da onda D. LV, ventrículo esquerdo; RV, ventrículo direito; LA, átrio esquerdo; RA, Átrio direito; VP, velocidade de pico.

4.6. ANÁLISE DOS DADOS DO DOPPLER PULSADO

Durante a movimentação do plano valvar tricúspide, os sinais do Doppler mostraram uma sucessão de ondas com velocidades positivas e negativas⁽¹⁸⁾ (figura 7 B). A onda positiva correspondeu a um deslocamento do plano tricúspide em direção ao ápice, enquanto a onda negativa, uma movimentação em direção ao átrio. No período sistólico, o sinal Doppler evidenciou uma onda grande, positiva e relacionada ao deslocamento apical do plano tricúspide, que foi intitulada onda D (figura 7 B). A integral da velocidade em relação ao tempo da onda D, ou seja, a área sob a curva, permitiu uma estimativa da excursão do plano tricúspide. A onda D foi digitalizada, através de um “scanner” e um microcomputador, e analisada, observando-se o contorno externo do envelope obtido pelo sinal gráfico, segundo um programa do Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas (figura 8). Tal método foi desenvolvido, porque a planimetria do aparelho de ecocardiografia não possuía precisão até os milímetros.

O programa levou em consideração o eixo X e Y (a onda D estava inscrita num eixo da velocidade em relação ao tempo), necessitou ser calibrado nos dois eixos para cada figura analisada e usou a contagem de cores, considerando a diferença entre o branco e o preto, com todas as tonalidades intermediárias do cinza, para obter o contorno externo do envelope. A integral da onda D resultou de uma matriz gerada pelos pontos que determinaram o contorno externo do envelope, com precisão de até 3 casas decimais, representando a distância percorrida pelo plano valvar tricúspide (figura 7 B). A velocidade de pico da onda D correspondeu à máxima velocidade do deslocamento sistólico do plano tricúspide (figura 7 C).

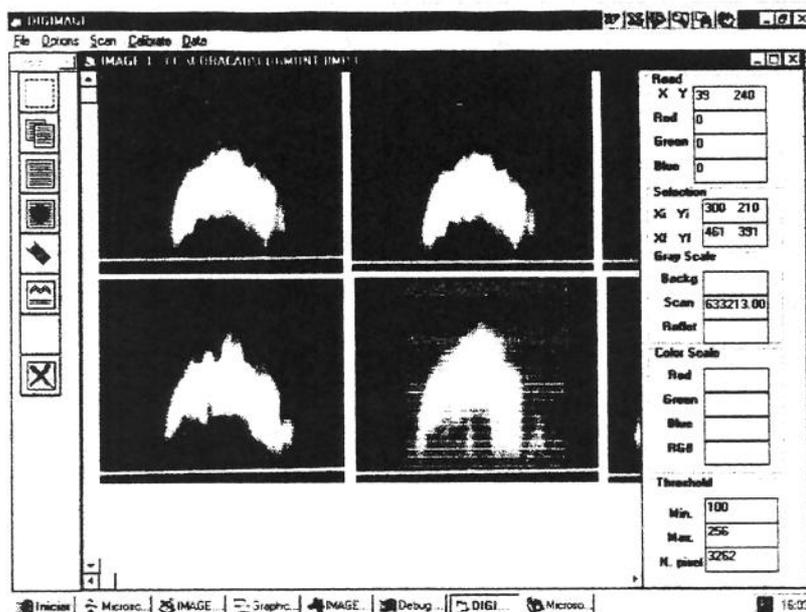
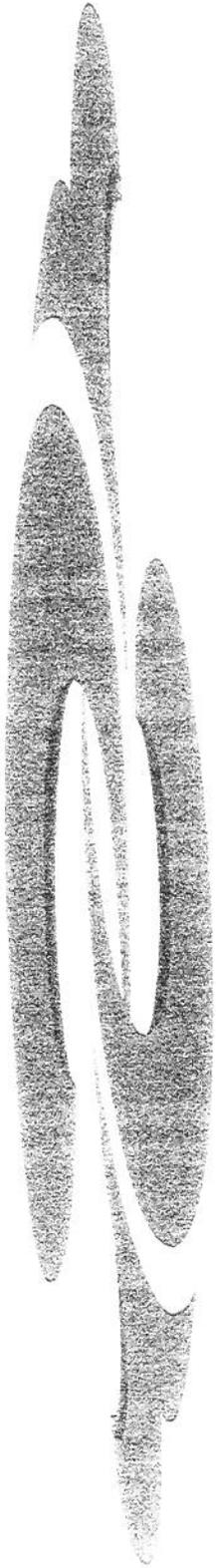


FIGURA 8. Ilustração do sistema computadorizado, idealizado para realização do cálculo da integral da onda D.

4.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os dados foram expressos como valor médio \pm desvio padrão. Concordância entre observadores foi analisada por regressão linear. A análise de regressão linear foi utilizada para a comparação entre os índices ecocardiográficos e a fração de ejeção derivada da ventriculografia radioisotópica. A análise discriminante foi usada para verificar a sensibilidade e especificidade dos índices ecocardiográficos. Diferença entre dois grupos foi examinada com o teste t, sendo considerada significativa para $p < 0.05$. Os cálculos foram realizados através dos programas S-PLUS⁽⁷⁰⁾ e STATA⁽⁷¹⁾. Os valores das variáveis também foram registrados em “boxplots” especificando a mediana, o 1^o e o 3^o quartis, o máximo, o mínimo e os valores extremos. Foi registrado, nestes gráficos, o limite de confiança da mediana (95%). A não sobreposição (não-transvariação) das áreas hachuradas denotou significado estatístico.



4. RESULTADOS

Os dados clínicos, demográficos, eletrocardiográficos, ecocardiográficos e radionuclídeos estão representados nas tabelas 1 e 2. Não houve diferença significativa em relação a idade, frequência cardíaca e pressão arterial sistólica entre os grupos 1 e 2 (tabela 3 e figuras 9, 10 e 11). Entretanto, a pressão arterial diastólica foi significativamente diferente entre os grupos, sendo maior no segundo (tabela 3 e figura 12).

A fração de ejeção média do ventrículo direito foi $51,7 \pm 5,4\%$ no grupo 1 e $22,7 \pm 10,4\%$ no grupo 2. A concordância entre observadores na medida da onda D foi expressiva ($r = 0,834$, $p < 0,0001$) (figura 13). Foi observada uma boa correlação entre integral de onda D e fração de ejeção do ventrículo direito (tabela 4 e figura 14). Uma forte correlação foi encontrada entre excursão do plano valvar tricúspide e fração de ejeção do ventrículo direito (tabela 4 e figura 15). Houve uma íntima correlação entre velocidade de pico da onda D e fração de ejeção do ventrículo direito (tabela 4 e figura 16). A integral da onda D foi significativamente maior no grupo 1 (tabela 3 e figura 17). Houve uma significativa diferença na excursão sistólica do plano tricúspide entre os grupos 1 e 2 (tabela 3 e figura 18). A velocidade de pico da onda D também foi significativamente maior no grupo 1 (tabela 3 e figura 19).

A sensibilidade, a especificidade e o teste de acurácia, segundo a análise de regressão discriminante, foi 80, 85 e 83,33%, respectivamente, tanto para a integral quanto para a velocidade de pico da onda D. A sensibilidade da excursão sistólica do plano tricúspide foi 80%, a especificidade e o teste de acurácia foram mais baixos, 75 e 76,67%, respectivamente (tabela 5).

5.1. TABELA 1. Dados clínicos, demográficos, eletrocardiográficos, ecocardiográficos e da ventriculografia radioisotópica do grupo 1.

Caso	Doença cardíaca	Sexo	idade	PAS	PAD	FC	ECG	IOD	VP	EPVT	FEVD
1	0	m	58	130	80	66	1	22,13	15	16	0,5
2	0	m	65	130	80	88	1	23,06	16	17	0,55
3	0	m	58	132	82	88	1	27,88	14	23	0,56
4	0	f	39	120	80	100	1	25,59	13	24	0,46
5	0	m	34	120	80	92	1	35,65	16	25	0,47
6	0	m	33	122	70	72	1	27,55	18	26	0,46
7	0	f	56	120	70	78	1	33,86	19	27	0,51
8	0	m	59	134	72	84	1	27,68	18	23	0,6
9	0	m	29	140	90	68	1	27,49	17	25	0,47
10	0	f	43	90	60	74	1	28,64	20	22	0,59

Doença cardíaca: 0 (não); idade (anos); PAS – pressão arterial sistólica (mmHg); PAD – pressão arterial diastólica (mmHg); FC - frequência cardíaca (bpm); ECG - eletrocardiograma: 1 (normal); EPVT – excursão sistólica do plano tricúspide (mm); IOD - integral da onda D (mm); VP - velocidade de pico da onda D (cm/s); FEVD – fração de ejeção do ventrículo direito.

5.2. TABELA 2. Dados clínicos, demográficos, eletrocardiográficos, ecocardiográficos e da ventriculografia radioisotópica do grupo 2.

Caso	Doença cardíaca	Sexo	Idade	PAS	PAD	FC	ECG	IOD	VP	EPVT	FEVD
11	1	m	31	130	100	100	2	17,34	10	10	0,13
12	2	m	58	130	90	100	3	11,74	9	7	0,15
13	1	f	60	126	86	75	1	16,75	12	13	0,28
14	4	f	20	90	60	72	2	20,56	12	17	0,44
15	1	m	66	130	100	75	2	15,73	13	12	0,34
16	2	m	33	120	90	84	6	14,22	9	14	0,14
17	1	m	76	140	80	80	1	14,96	10	11	0,25
18	2	f	47	130	100	80	4	11,83	10	12	0,16
19	2	m	36	110	90	108	6	14,76	10	11	0,13
20	2	m	54	130	90	88	3	17,12	12	12	0,25
21	2	m	35	110	70	80	4	17,09	10	10	0,17
22	5	f	48	130	80	82	1	27,78	14	19	0,43
23	1	m	77	120	80	86	2	13,72	10	11	0,18
24	3	m	52	132	84	84	1	19,27	20	22	0,42
25	1	f	64	130	70	86	1	20,35	11	21	0,35
26	1	m	58	130	90	104	2	13,04	14	18	0,43
27	3	m	50	150	100	68	1	36,92	15	25	0,39
28	1	f	74	160	120	80	6	18,03	11	15	0,25
29	3	m	34	124	82	72	5	32,45	19	26	0,43
30	1	f	60	120	90	76	4	18,76	11	13	0,35

Doença cardíaca: 1 (hipertensão pulmonar); 2 (miocardiopatia dilatada); 3 (insuficiência tricúspide); 4 (comunicação interatrial corrigida); 5 (hipertensão arterial sistêmica); PAS – pressão arterial sistólica (mmHg); idade (anos); PAD – pressão arterial diastólica (mmHg); FC – frequência cardíaca (bpm); ECG - eletrocardiograma: 2 (sobrecarga ventricular esquerda); 3 (sobrecarga ventricular direita); 4 (bloqueio de ramo esquerdo); 5 (hemibloqueio antero-superior); 6 (área inativa antero-septal); EPVT – excursão sistólica do plano tricúspide (mm); IOD – integral da onda D (mm); VP – velocidade de pico da onda D (cm/s); FEVD – fração de ejeção do ventrículo direito

5.3. TABELA 3. Análise dos dados clínicos e dos índices ecocardiográficos entre os grupos 1 e 2.

Variável	Grupo 1	Grupo 2	T	p
Idade (anos)	47,40 ± 13,15	51,65 ± 16,16	- 0,718	0,2391
PAS (mmHg)	123,8 ± 13,74	127,1 ± 14,48	- 0,597	0,2774
PAD (mmHg)	76,4 ± 8,4	87,6 ± 13,1	- 2,430	0,0107
FC (bpm)	81,0 ± 11,1	84,0 ± 11,1	- 0,695	0,2462
IOD (mm)	27,95 ± 4,19	18,62 ± 6,61	4,050	0,0002
IODI (mm)	20,86 ± 2,81	15,76 ± 4,50	3,260	0,0015
EPVT (mm)	22,80 ± 3,64	14,95 ± 5,29	4,190	0,0001
VP (cm/s)	16,60 ± 0,02	12,10 ± 0,03	4,140	0,0001

AS – pressão arterial sistólica; PAD – pressão arterial diastólica; FC – frequência cardíaca; IOD – integral da onda D; EPVT – excursão sistólica do plano tricúspide; VP – velocidade de pico da onda D

5.4. TABELA 4. Análise de regressão linear entre fração de ejeção do ventrículo direito e índices derivados do Doppler pulsado e modo M.

Variável	Intersecção	Coefficiente angular	r ²	p
IOD (mm)	8,9	35	0,5271	< 0,0001
EPVT (mm)	5,9	32	0,6320	< 0,0001
VP (cm/s)	6,6	19,3	0,6844	< 0,0001

IOD – integral da onda D; EPVT – excursão sistólica do plano tricúspide; VP – velocidade de pico da onda D

5.5. TABELA 5. Análise de regressão discriminante dos índices derivados da movimentação do plano tricúspide e classificação dos grupos.

Variável	Intersecção	Coefficiente angular	r ²	p	Acurácia	S	E
IOD (mm)	- 6.143	2.638	0.3696	0.0004	83.33	80	85
IOD1 (mm)	- 5.726	3.126	0.2754	0.0029	76.67	80	75
EPVT (mm)	- 6.357	0.336	0.3863	0.0002	76.67	80	75
VP (cm/s)	- 8.211	57.220	0.3801	0.0003	83.33	80	85

IOD – integral da onda D; EPVT – excursão sistólica do plano tricúspide; VP – velocidade de pico da onda D; Acurácia (%); S – sensibilidade (%); E – especificidade (%)

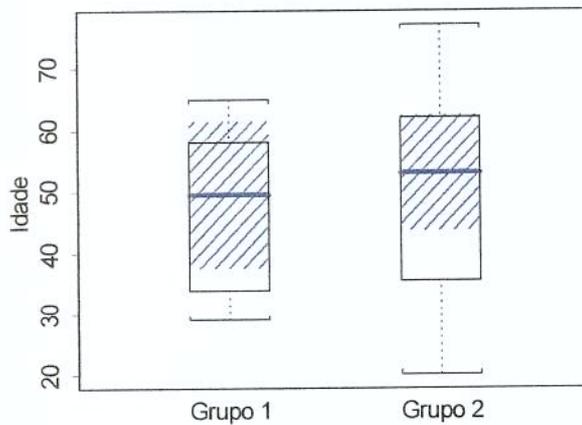


FIGURA 9. Representação gráfica dos valores da mediana, 1º e 3º quartis, mínimo, máximo e valores extremos da distribuição da idade entre os grupos 1 e 2.

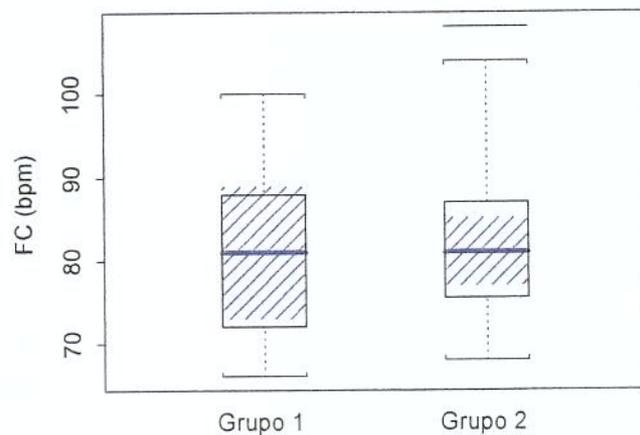


FIGURA 10. Representação gráfica dos valores da mediana, 1º e 3º quartis, mínimo, máximo e valores extremos da distribuição da frequência cardíaca entre os grupos 1 e 2.

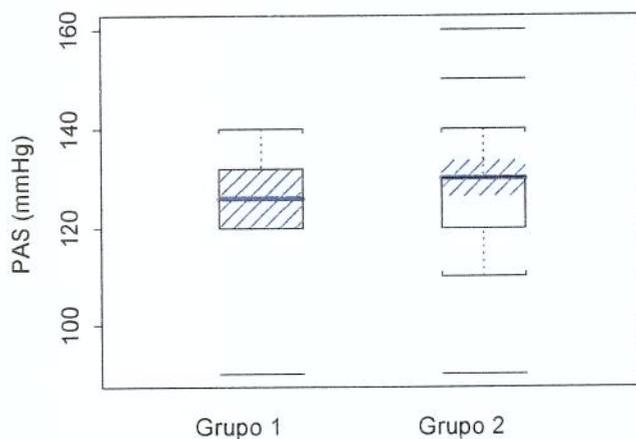


FIGURA 11. Representação gráfica dos valores da mediana, 1º e 3º quartis, mínimo, máximo e valores extremos da distribuição da pressão arterial sistólica entre os grupos 1 e 2.

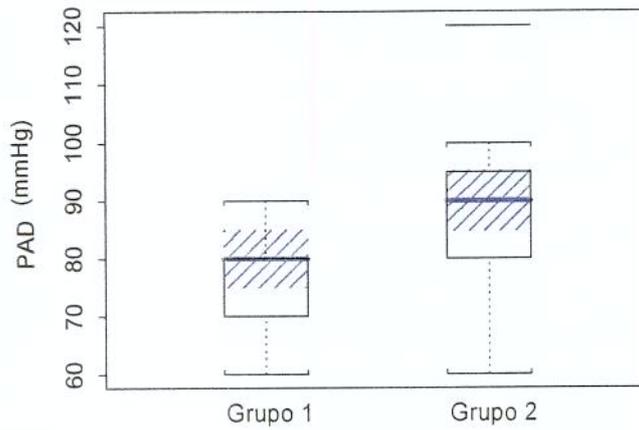


FIGURA 12. Representação gráfica dos valores da mediana, 1º e 3º quartis, mínimo, máximo e valores extremos da distribuição da pressão arterial diastólica entre os grupos 1 e 2.

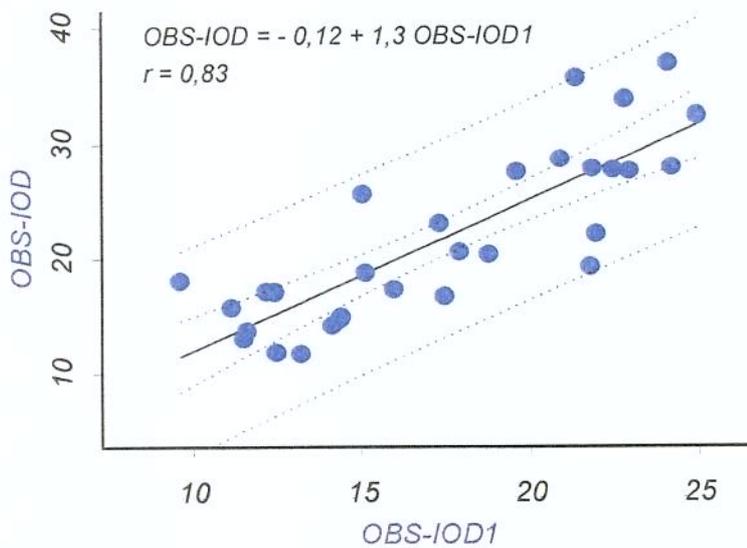


FIGURA 13. Representação gráfica da análise de regressão, entre dois observadores, em relação à medida da integral da onda D. As linhas pontilhadas representam os intervalos de confiança (95%) para a média (banda interna), e para os valores previstos (banda externa).

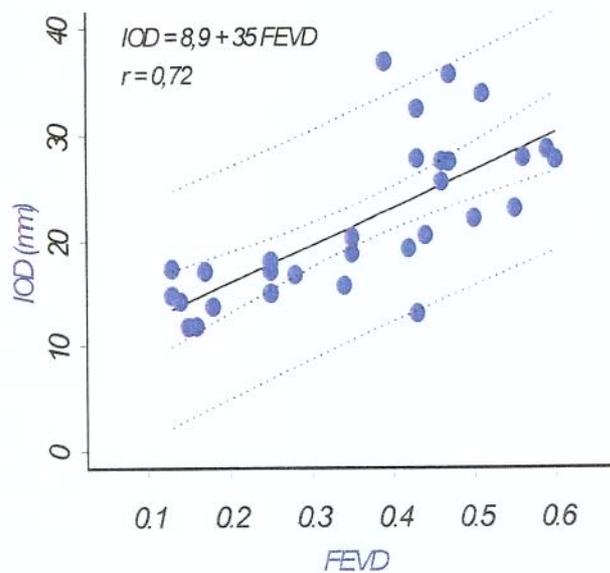


FIGURA 14. Representação gráfica da análise de regressão entre a integral da onda D e fração de ejeção do ventrículo direito. As linhas pontilhadas representam os intervalos de confiança (95%) para a média (banda interna), e para os valores previstos (banda externa).

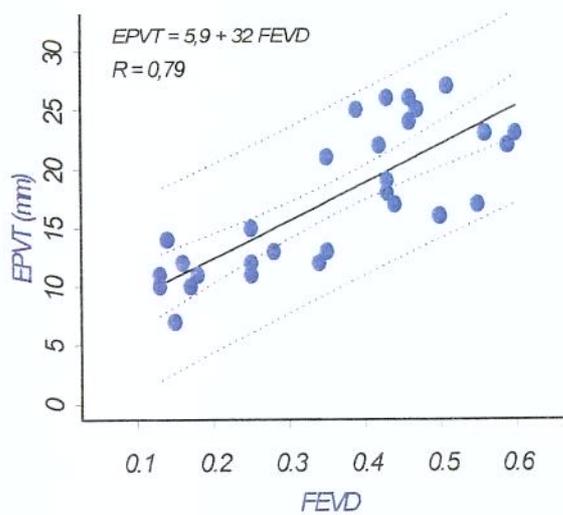


FIGURA 15. Representação gráfica da análise de regressão entre excursão sistólica do plano tricúspide e fração de ejeção do ventrículo direito. As linhas pontilhadas representam os intervalos de confiança (95%) para a média (banda interna), e para os valores previstos (banda externa).

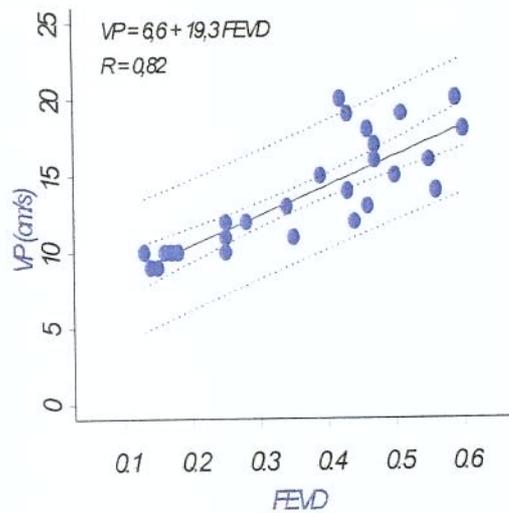


FIGURA 16. Representação gráfica da análise de regressão entre velocidade de pico da onda D e fração de ejeção do ventrículo direito. As linhas pontilhadas representam os intervalos de confiança (95%) para a média (banda interna), e para os valores previstos (banda externa).

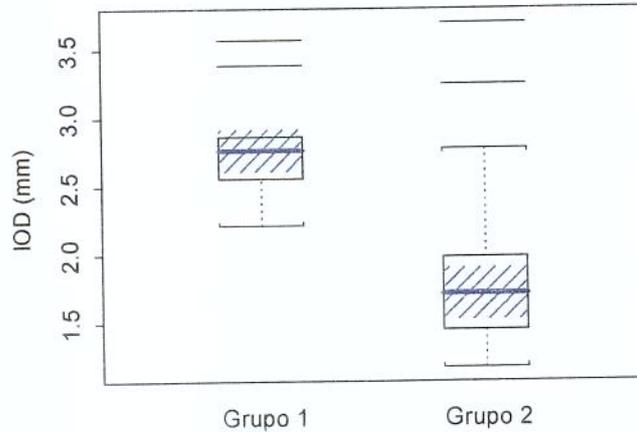


FIGURA 17. Representação gráfica dos valores da mediana, 1º e 3º quartis, mínimo, máximo e valores extremos da integral da onda D entre os grupos 1 e 2.

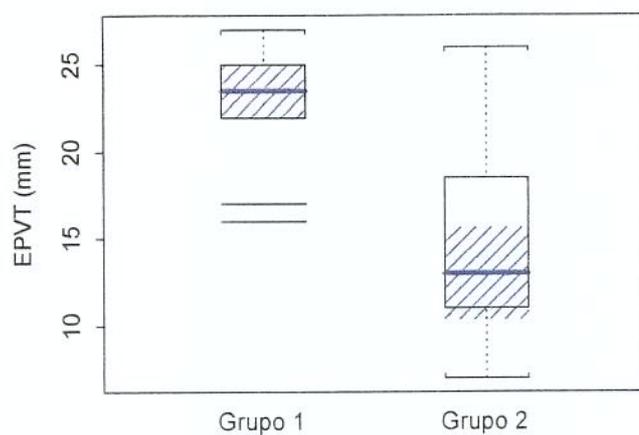


FIGURA 18. Representação gráfica dos valores da mediana, 1º e 3º quartis, mínimo, máximo e valores extremos da excursão sistólica do plano tricúspide entre os grupos 1 e 2.

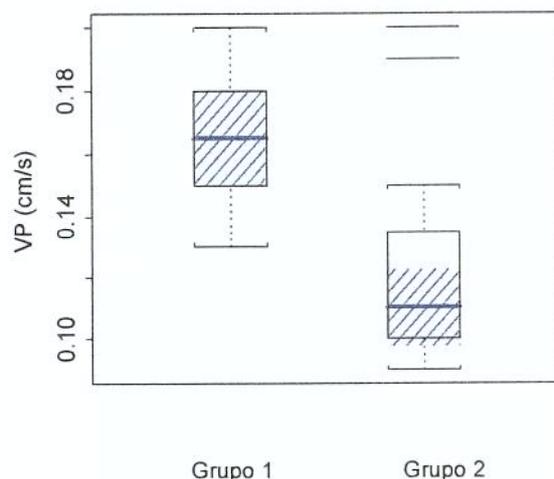
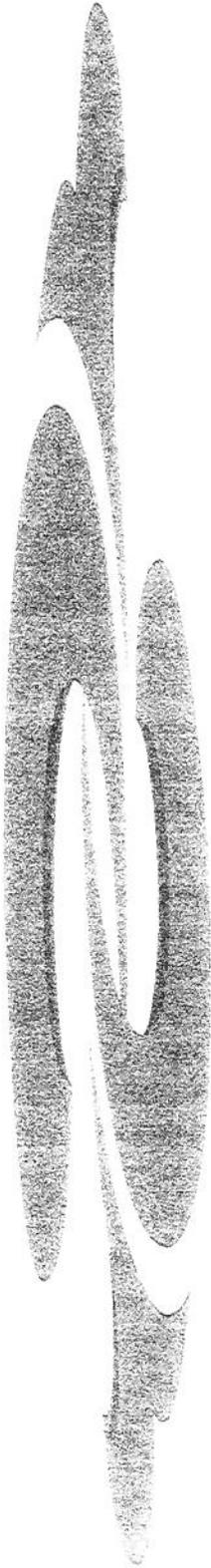


FIGURA 19. Representação gráfica dos valores da mediana, 1º e 3º quartis, mínimo, máximo e valores extremos da velocidade de pico da onda D entre os grupos 1 e 2.



5. DISCUSSÃO

Poucos estudos têm avaliado o significado clínico e fisiológico da movimentação do plano tricúspide⁽¹³⁾⁽⁶⁹⁾. Durante a sístole, o plano tricúspide move-se em direção ao ápice cardíaco, que permanece praticamente imóvel⁽⁶⁷⁾. Este encurtamento meridional do ventrículo direito é muito pronunciado⁽¹⁷⁾ e deve representar um importante componente para a função sistólica do ventrículo direito. Mesmo porque, o encurtamento radial, que tem limitações impostas pela geometria complexa do ventrículo direito, não se correlacionou com a sua fração de ejeção⁽¹³⁾.

Nosso estudo demonstrou que os índices derivados da movimentação do plano tricúspide (integral da onda D, velocidade de pico e excursão sistólica do plano tricúspide) tiveram uma forte correlação com a fração de ejeção do ventrículo direito derivada da ventriculografia radioisotópica, um procedimento considerado padrão. Estes índices, que foram independentes de geometria complexa, refletiram a função sistólica do ventrículo direito, considerando exclusivamente sua movimentação no plano meridional. A correlação foi mais intensa com a velocidade de pico da onda D. Provavelmente porque a velocidade de movimentação do plano tricúspide, assim como foi relatada para o plano mitral⁽⁷⁴⁾, tem a vantagem de representar a soma do deslocamento longitudinal de todas as fibras miocárdicas, que é muito acentuado no ventrículo direito. Além disto, em relação à integral da onda D e à excursão sistólica do plano tricúspide, é o índice de aquisição direta, rápida e de fácil reprodução, estando menos sujeito a erros.

Considerando a nossa população estudada, os índices derivados da movimentação do plano tricúspide foram significativamente menores no grupo com fração de ejeção rebaixada, composto principalmente por pacientes com hipertensão pulmonar e miocardiopatia dilatada. Os índices reduzidos refletiram uma fração de ejeção severamente deprimida. Assim, tanto a velocidade quanto a excursão sistólica do plano tricúspide forneceram informações não somente da ejeção do ventrículo direito, mas também da pós-carga, representada pelas pressão da artéria pulmonar e pressão de enchimento dos átrio e ventrículo esquerdos. Este conceito também tem sido demonstrado por outros estudos com ventriculografia radioisotópica⁽⁴⁶⁾⁽⁵⁹⁾.

Cada modelo referente aos índices foi capaz de distinguir grupo com fração de ejeção normal daqueles com anormalidades funcionais do ventrículo direito. A especificidade dos índices derivados do Doppler pulsado foi maior que a excursão sistólica do plano tricúspide, obtida do modo M, (85 e 75%, respectivamente), mas a sensibilidade foi igual a 80%, para todos os índices derivados da movimentação tricúspide. Portanto, a integral da onda D e velocidade de pico foram melhores que a excursão sistólica do plano tricúspide, obtida pelo modo M, para prever uma fração de ejeção do ventrículo direito normal.

Os dados disponíveis sobre a movimentação do plano tricúspide foram obtidas com ecocardiografia bidimensional e modo M, porém sem a análise do Doppler pulsado. Kaul e colaboradores⁽¹³⁾, usando ecocardiografia bidimensional e ventriculografia radioisotópica, estudaram indivíduos normais e pacientes com doença arterial coronária. Não houve diferença significativa entre os pacientes com infarto ântero-septal e os indivíduos normais, em relação à fração de ejeção. Nos pacientes com infarto inferior, a fração de ejeção estava deprimida e a excursão sistólica do plano tricúspide, reduzida. Então, a excursão sistólica do plano tricúspide separou claramente indivíduos normais dos pacientes com anormalidades funcionais. Além disto, foi considerada uma medida da integridade das paredes do ventrículo direito. O comprometimento da parede livre, devido a infarto inferior, implicava numa menor excursão sistólica do plano tricúspide. Em nosso estudo, não houve a participação de pacientes com história prévia de infarto do miocárdio, impossibilitando qualquer comparação dos dados. Ghio e colaboradores⁽⁶⁹⁾ utilizaram ecocardiografia bidimensional, modo M e fração de ejeção derivada da termodiluição, para estudar pacientes com miocardiopatia dilatada, insuficiência cardíaca e fração de ejeção do ventrículo esquerdo menor que 35%. A correlação entre a excursão sistólica do plano tricúspide e fração de ejeção foi mais fraca que a observada em nosso estudo ($r=0,62$ e $0,79$, respectivamente). Uma medida inferior a 14 mm foi capaz de prever eventos, como morte ou transplante cardíaco, no estudo de Ghio e colaboradores⁽⁶⁹⁾. Todos os pacientes com miocardiopatia dilatada, em nosso estudo, apresentaram excursão sistólica do plano tricúspide, obtida do modo M, menor que 14 mm. Quando a excursão foi representada pela integral da onda D, 66% daqueles mesmos pacientes com miocardiopatia dilatada apresentaram medida superior a 14 mm. Entretanto, o significado prognóstico de cada

índice não foi avaliado, porque não era a proposta do trabalho. De qualquer forma, este parâmetro pode ser considerado um índice fisiológico de função sistólica do ventrículo direito, que necessita ser testado melhor.

Nosso e outros estudos⁽¹³⁾⁽¹⁷⁾⁽¹⁸⁾, considerados em conjunto, acrescentam novo significado clínico ao comportamento fisiológico da movimentação do plano tricúspide. O deslocamento sistólico do plano tricúspide é muito significativo e não sofre influências de geometria complexa e forma assimétrica. Conforme documentado inicialmente por Rushmer e colaboradores⁽¹⁷⁾, no ventrículo direito, o encurtamento meridional do plano atrioventricular é muito pronunciado. Isto, também, foi mostrado por métodos baseados em ressonância magnética, associada às técnicas radionuclídeas⁽⁵⁾, e Doppler tecidual pulsado⁽¹⁸⁾. Contribuiria para esta movimentação no plano meridional, durante sua contração, a disposição dos músculos e outras estruturas da região de influxo do ventrículo direito⁽⁷²⁾. É bem conhecido que, na região de influxo, os miócitos estão dispostos longitudinalmente e portanto são mais sensíveis ao estresse meridional⁽⁷²⁾.

No presente estudo, não obtivemos as áreas e os volumes sistólicos e diastólicos, devido às restrições técnicas. O uso do ecocardiograma bidimensional, para avaliação da função do ventrículo direito, tem sido limitado⁽³⁹⁾⁽⁴⁰⁾. A determinação do volume ventricular direito é mais difícil que a do ventrículo esquerdo. Enquanto o ventrículo esquerdo se assemelha ao elipsóide, um modelo volumétrico conveniente, o ventrículo direito tem a forma crescêntica e complexa, desafiando uma descrição simples⁽¹¹⁾. Dificultam a avaliação, a indefinição da parede livre e as variações da forma do ventrículo direito com as alteradas condições da pós-carga⁽⁵⁾⁽⁴¹⁾⁽⁴³⁾⁽⁷⁰⁾. Portanto, os cálculos ecocardiográficos dos volumes e fração de ejeção são prejudicados pela geometria complexa do ventrículo direito. Em nossos pacientes sujeitos aos aumentos da pós-carga, a cavidade ventricular direita se tornou geometricamente mais complexa, impedindo sua precisa visualização. Dificuldades semelhantes têm sido relatadas por outros observadores⁽³⁹⁾⁽⁴⁰⁾.

Outros métodos, que admitiram uma forma geométrica, para medir o volume ventricular e a fração de ejeção do ventrículo direito, não têm sido empregados rotineiramente. A ventriculografia contrastada utilizou diferentes modelos, que não se

prestaram à aplicação da equação de Simpson⁽⁴¹⁾ ou dos cálculos baseados na geometria da pirâmide⁽⁴²⁾, do cilindro⁽⁴¹⁾ e da elipse⁽⁴³⁾. Portanto, parece não haver um modelo que simule adequadamente a geometria do ventrículo direito.

Por outro lado, a ventriculografia radioisotópica tem sido considerada o método padrão para avaliação da fração de ejeção do ventrículo direito, justamente porque independe de considerações geométricas⁽²⁾⁽⁵¹⁾. A maioria dos estudos clínicos, baseados em função do ventrículo direito, foi realizada com ventriculografia radionuclídea⁽⁷⁵⁾⁽⁷⁶⁾. Em nosso estudo, inclusive, foi utilizado para separar pacientes com fração de ejeção normal e rebaixada. Em todos pacientes com hipertensão pulmonar e miocardiopatia dilatada, a fração de ejeção do ventrículo direito, derivada da ventriculografia radioisotópica, foi anormal, corroborando os dados da literatura⁽²⁾⁽⁵⁹⁾. Entretanto, este procedimento também apresenta limitações. Requer a injeção de marcadores radionuclídeos e pode ser limitado por baixa resolução espacial. Esta técnica experimenta os artefatos de atenuação, dificultando a diferenciação entre o átrio e o ventrículo direito⁽³³⁾⁽⁷³⁾. Além da exposição do paciente à radiação, o custo das técnicas radionuclídeas é consideravelmente maior que o estudo ecocardiográfico.

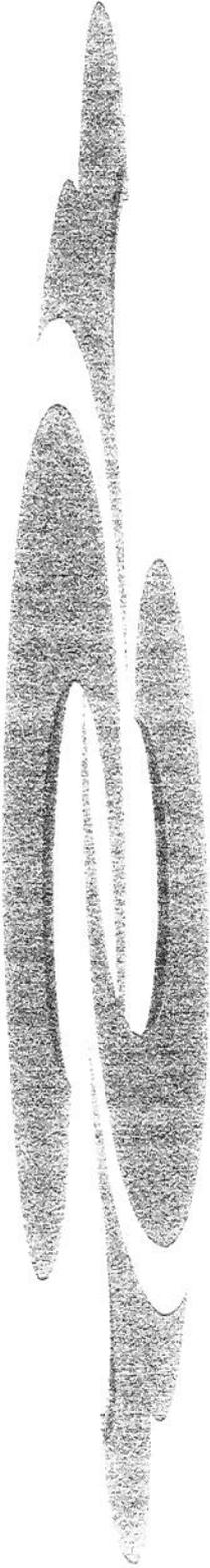
Para finalizar, a sensibilidade e especificidade dos índices derivados da movimentação do plano tricúspide permite-nos propor-lhes para a aplicação clínica. Isto é mais relevante quando se considera o baixo custo, facilidade na aquisição das imagens, simplicidade e rapidez na análise, diferentemente das técnicas radionuclídeas.

6.1. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Nossos índices levaram em consideração somente a excursão meridional durante a sístole. Teoricamente, a influência de toda movimentação do coração deveria ser considerada. Entretanto, outros parâmetros ecocardiográficos não têm sido usados pelas dificuldades técnicas⁽¹³⁾⁽⁶⁹⁾. O encurtamento radial e a redução da área regional são dependentes da forma complexa do ventrículo direito. O pronunciado movimento de translação do coração é ainda outra causa de resultados conflitantes⁽⁵⁾.

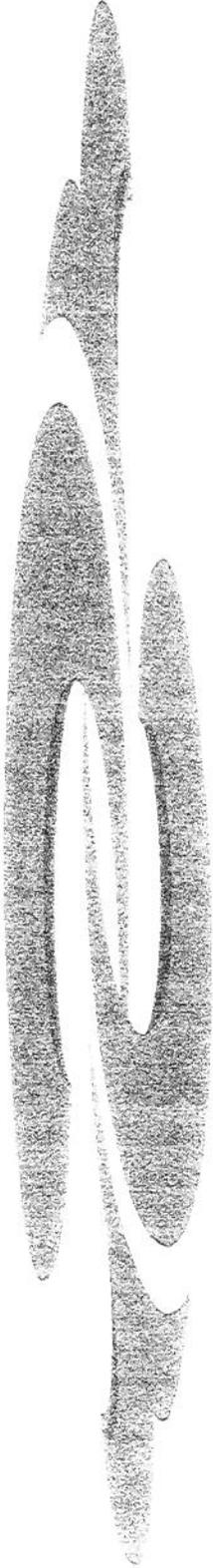
Dificuldade em delimitar precisamente os limites da onda D tem sido considerada outra limitação⁽⁷⁴⁾, de forma que sua integral e velocidade de pico podem ser superestimadas.

A sensibilidade, especificidade e acurácia do método foi baseada na forte correlação com a ventriculografia radioisotópica, mas em pequeno número de pacientes. Portanto, sua reprodutibilidade necessitaria ser melhor estudada e demonstrada em uma população maior.



6. CONCLUSÕES

1. O deslocamento meridional do plano tricúspide foi significativo e capaz de refletir a função sistólica do ventrículo direito.
2. Os índices derivados da movimentação do plano tricúspide foram capazes de discriminar pacientes com função ventricular direita normal daqueles com anormalidades, com boa sensibilidade e especificidade.
3. Os índices derivados do Doppler pulsado, integral da onda D e velocidade de pico, foram melhores que a excursão sistólica do plano tricúspide, medida pelo modo M, para prever uma fração de ejeção do ventrículo direito normal.
4. Os índices derivados da movimentação do plano tricúspide apresentam-se como importante ferramenta clínica para avaliação da função sistólica do ventrículo direito.



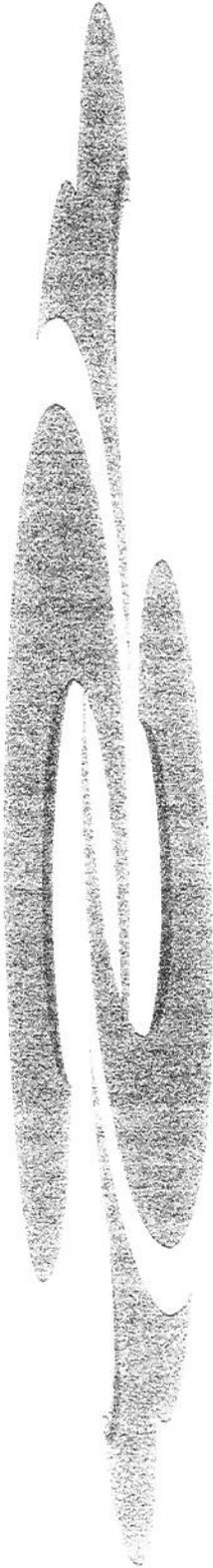
7. SUMMARY

Objective-Assess right ventricular systolic function with tricuspid annular motion derived indices, comparing the results with right ventricular ejection fraction calculated from radionuclide angiography.

Design-Pulsed Doppler echocardiography indices was obtained from twenty patients whose right ventricular ejection fraction was lower than 45% and from a group of ten patients with normal right ventricular ejection fraction.

Results-Patients were similar in relation to age, systolic blood pressure and heart rate. There was a close correlation between tricuspid annular motion derived indices, D wave integral, peak velocity and tricuspid plane systolic excursion with right ventricular ejection fraction ($r = 0.72, 0.82, \text{ and } 0.79$, respectively). D wave integral was significantly higher in group 1 than in group 2. Peak velocity of the D wave discriminated adequately individuals with abnormal and normal right ventricular ejection fraction. Sensitivity and specificity of tricuspid annular motion derived indices were very good.

Conclusions-Indices derived from tricuspid annular motion appear to be important tools for assessment of right ventricular systolic function.



8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KAUL, S.; BOUCHER, C.A.; OKADA, R.D.; et al - Sources of variability in the radionuclide angiographic assessment of ejection fraction: A comparison of first-pass and gated equilibrium techniques. **Am J Cardiol**, **53**:823, 1984.
2. BERGER, H.J.; MATTHAY, R.A.; LOKE, J.; et al - Assessment of cardiac performance with quantitative radionuclide angiography: Right ventricular ejection fraction with reference to findings in chronic obstructive pulmonary disease. **Am J Cardiol**, **41**:897-905, 1978.
3. BRENT, B.N.; BERGER, H.J.; MATTHAY, R.A.; et al - Physiologic correlates of right ventricular ejection fraction in chronic obstructive pulmonary disease: A combined radionuclide and hemodynamic study. **Am J Cardiol**, **50**:255-262, 1982 .
4. FINNEGAN, P.; FORBES, M.V.; BISHOP, J.M. - Evaluation of pressure-derived indices of right ventricular contractility. **Eur J Cardiol**, **6** :139-155, 1977.
5. NAGEL, E.; STUBER, M.; HESS, O.M. - Importance of the right ventricle in valvular heart disease. **Eur Heart J**, **17**:829-836, 1986.
6. MAUGHAN, W.L.; SHOUKAS, A.A.; SAGAWA, K.; et al - Instantaneous pressure-volume relationship of the canine right ventricle. **Circ Res**, **44**:309-315, 1979.
7. HURFORD, W.; ZAPOL, W. - The right ventricle and critical illness: a review of anatomy, physiology and clinical evaluation of function. **Intensive Care Med**, **14**:448-457, 1988.
8. JAMES, T.N. - The arteries of the free ventricular walls in man. **Anat Rec**, **136**:371, 1960.
9. ERHARDT, L.R.; SJOGREN, A. WAHLBERG, I. Single right-sided precordial lead in the diagnosis of right ventricular involvement in inferior myocardial infarction. **Am Heart J**, **91**:571, 1976.
10. FARRER-BROWN, G. - Vascular pattern of myocardium of right ventricle of human heart. **Br Heart J**, **30**:679, 1978.

11. LEVINE, R.A.; GIBSON, T.C.; ARETZ, T.; et al - Echocardiographic measurement of right ventricular volume. **Circulation**, **69**:497-505, 1984.
12. BRINCKER, J.; WEISS, J.; LAPPE, D.; et al - Leftward septal displacement during right ventricular loading in man. **Circulation**, **61**:626-632, 1980.
13. KAUL, S.; TEL, C.; HOPKINS, J.M.; et al - Assessment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography. **Am Heart J**, **107**:526-531, 1984.
14. SCHLANT, R.C.; NUTTER, D.O. - Heart failure in valvular heart disease. **Medicine**, **50**:50:421, 1971.
15. STARR, J.; JEFFERS, W.A.; MEADE, R.H.Jr. - The absence of conspicuous increments of venous pressure after severe damage to the right ventricle of the dog, with a discussion of the relation between clinical congestive heart failure and heart disease. **Am Heart J**, **26**:291-301, 1943.
16. FUREY, S.A.; ZIESKE, H.A.; LEVY, M.N. - The essential function of the right ventricle. **Am Heart J**, **107**:404, 1984.
17. RUSHMER, R.F.; CRYSTAL, D.K.; WAGNER, C. - The functional anatomy of ventricular contraction. **Cir Res**, **1**:162-182, 1953.
18. ISAAZ, K.; DEL ROMERAL, L.M.; LEE, E.; et al - Quantitation of the motion of the cardiac base in normal subjects by Doppler echocardiographic. **J Am Soc Echocardiogr**, **6**:166-176, 1993.
19. RYAN, T.; PETROVIC, O.; DILLON, J.; et al - An echocardiographic index for separation of right ventricular volume and pressure overload. **J Am Coll Cardiol**, **5**:918-924, 1985.
20. FENELEY, M.; GAVAGHAN, T. - Paradoxical and pseudoparadoxical interventricular septal motion in patients with right ventricular volume overload. **Circulation**, **74**:230-238, 1986.

21. STOOL, E.; MULLINS, C.; LESHIN, S.; et al - Dimensional changes of the left ventricle during acute pulmonary arterial hypertension in dogs. **Am J Cardiol**,33:498-504, 1974.
22. GOLDSTEIN, J.; VLAHAKER, G.; VERRIER, E.; et al - The role of right ventricle systolic dysfunction and elevated intra-pericardial pressure in the genesis of low output in experimental right ventricle infarction. **Circulation**,65:513-522, 1982.
23. SUGA, H.; SAGAWA, K.; SHOUKAS, A.A. - Load independence of the instantaneous pressure-volume ratio of the canine left ventricle and effects of epinephrine and heart rate on the ratio. **Circ Res**, 32:314-322, 1973.
24. IMANISHI, T.; NAKATANI, S.; YAMADA, S.; et al - Validation of continuous wave Doppler-determined right ventricular peak positive and negative dP/dt: effect of right atrial pressure on measurement. **J Am Coll Cardiol**, 23:1638-1643,1994.
25. BROOKS, H.; KIRK, E.; VOKONAS, P.; et al - Performance of the right ventricle under stress: Relation to right coronary flow. **J Clin Invest**, 50:2176-2182, 1971.
26. HORAN, L.; FLOWERS, N.; HAVELDA, C.; Relation between right ventricular mass and cavity size: An analysis of 1500 hearts. **Circulation**, 64:135-138, 1981.
27. SIBBALD, W.; DRIEDGER, A. - Right ventricular function in acute disease states: Pathophysiologic considerations. **Crit Care Med**, 11:339-345, 1983.
28. BELIK, J.; LIGHT, R. - Effect of increased afterload on right ventricular function in newborn pigs. **J Appl Physiol**, 66:863-869, 1989.
29. KRAMER, M.R.; VALANTINE, H.A.; MARSHALL, S.E.; et al - Recovery of the right ventricle after single-lung transplantation in pulmonary hypertension. **Am J Cardiol**, 73:494-500, 1994.
30. LAZAR, J.M.; FLORES, A.R.; GRANDIS, D.J.; et al - Effects of chronic right ventricular pressure overload on left ventricular diastolic function. **Am J Cardiol**, 72:1179-1182, 1993.

31. HEYWOOD, J.T.; GRIMM, J.; HESS, O.M.; et al - Right ventricular systolic function during exercise with and without significant coronary artery disease. **Am J Cardiol**, 67:681-686, 1991.
32. WEBER, K.; JANICKI, J.; SHROFF, S.; et al - The right ventricle: Physiologic and pathophysiologic considerations. **Crit Care Med**, 11:323-328, 1983.
33. BENOTTI, J.; DALEN, J. - The natural history of pulmonary embolism. **Clin Chest Med**, 5:403-410, 1984.
34. UBAGO, J.L.; FIGUEROA, A.; OCHOTECO, A. et al - Analysis of the amount of tricuspid valve annular dilatation required to produce functional tricuspid regurgitation. **Am J Cardiol**, 52:155-158, 1983.
35. KONSTAM, M.A.; LEVINE, H.J. - Effects of afterload and preload on right ventricular systolic performance. In Konstam MA, Isner JM (eds): **The Right Ventricle**. Boston, Kluwer Academic Publishers, 1988, p 17.
36. MORRISON, D.A.; OVITT, T.; HAMMERMEISTER, K.E. - Functional tricuspid regurgitation and right ventricular dysfunction in pulmonary hypertension. **Am J Cardiol**, 62:108-112, 1988.
37. DELL'ITÁLIA, L.J.; STARLING, M.R.; WALSH, R.A.; et al - Validation of attenuation-corrected equilibrium radionuclide angiographic determinations of right ventricular volume: Comparison with cast-validated biplane cineventriculography. **Circulation**, 72:317-326, 1985.
38. JAFFE, C.C.; ELLIS, K. - Angiographic determination of ventricular volume, shape and mass. **Curr Probl Radiol**, 4:1, 1974.
39. BOMMER, W.; WEINERT, L.; NEWMAN, A.; et al - Determination of right atrial and right ventricular size by two-dimensional echocardiography. **Circulation**, 60:91-100, 1979.

40. WATANABE, T.; KATSUME, H.; MATSUKUBO, H.; et al - Estimation of right ventricle volume with two-dimensional echocardiography. **Am J Cardiol**, **49**:1946-1953, 1982.
41. GENTZLER, R.D.; BRISELLI, M.F.; GAULT, J.H. - Angiographic estimation of right ventricular volume in man. **Circulation**, **50**:324-330, 1974.
42. FERLINZ, J.; GORLIN, R.; COHN, P.F.; et al - Right ventricular performance in patients with coronary artery disease. **Circulation**, **52**:608-615, 1975.
43. GRAHAN, T.P.; JARMAKANI, J.M.; ATWOOD, G.F.; et al - Right ventricular volume determinations in children: Normal values and observations with volume or pressure overload. **Circulation**, **47**:144-153, 1973.
44. BERGER, H.J.; JOHNSTONE, D.E.; SANDS, J.M.; et al - Response of right ventricular ejection fraction to upright bicycle exercise in coronary artery disease. **Circulation**, **60**:1292-1300, 1979.
45. MORRISON, D.L.; TURGEON, J.; OVITT, T. - Right ventricular ejection fraction measurement: Contrast ventriculography versus gated blood pool and gated first-pass radionuclide methods. **Am J Cardiol**, **54**:651-653, 1984.
46. BRENT, B.N.; MAHLER, D.; MATTHAY, R.A.; et al - Noninvasive diagnosis of pulmonary arterial hypertension in chronic obstructive pulmonary disease: Right ventricular ejection fraction at rest. **Am J Cardiol**, **53**:1349, 1984.
47. BRENT, B.N.; MAHLER, D.; BERGER, H.J.; et al - Augmentation of right ventricular performance in chronic obstructive pulmonary disease by terbutaline: A combined radionuclide and hemodynamic study. **Am J Cardiol**, **50**:313, 1982.
48. MATTHAY, R.A.; BERGER, H.J.; DAVIES, R.A.; et al - Right and left ventricular exercise performance in chronic obstructive pulmonary disease: Radionuclide assessment. **Ann Intern Med**, **93**:234, 1980.

49. HIRSOWITZ, G.S.; LAKIER, J.B.; GOLDSTEIN, S. - Right ventricular function evaluated by radionuclide angiography in acute myocardial infarction. **Am Heart J**, **108**:949, 1984.
50. REDUTO, L.A.; BERGER, H.J.; COHEN, L.S.; et al - Sequential radionuclide assessment of left and right ventricular performance after acute transmural myocardial infarction. **Ann Intern Med**, **89**:441, 1978.
51. TOBINICK, E.; SCHELBERT, H.R.; HENNING, H. et al - Right ventricular ejection fraction in patients with acute inferior and anterior myocardial infarction assessed by radionuclide angiography. **Circulation**, **57**:1078-1084, 1978.
52. STARLING, M.R.; DELL'ITALIA, L.J.; CHAUDHURI, T.K.; et al - First transit and equilibrium radionuclide angiography in patients with inferior transmural myocardial infarction: Criteria for the diagnosis of associated hemodynamically significant right ventricular infarction. **J Am Coll Cardiol**, **4**:923, 1984.
53. SCHULER, G.; HOFMAN, M.; SCHWARZ, F.; et al - Effects of successful thrombolytic therapy on right ventricular function in acute inferior wall myocardial infarction. **Am J Cardiol**, **54**:951, 1984.
54. VERANI, M.S.; TORTOLEDO, F.E.; BATTY, J.W.; et al - Effects of coronary artery recanalization on right ventricular function in patients with acute myocardial infarction. **J Am Coll Cardiol**, **5**:1029, 1985.
55. BROWN, K.A.; OKADA, R.D.; BOUTCHER, C.A.; et al - Right ventricular ejection fraction response to exercise in patients with coronary artery disease: Influence of both right coronary artery disease and exercise induced changes in right ventricular afterload. **J Am Coll Cardiol**, **3**:895, 1984.
56. JOHNSON, L.L.; MCCARTHY, D.M.; SCIACCA, R.R.; et al - Right ventricular ejection fraction during exercise in patients with coronary artery disease. **Circulation**, **60**:1284, 1979.

57. MADDAHI, J.; BERMAN, D.S.; MATSUOKA, D.T.; et al - Right ventricular ejection fraction during exercise in normal subjects and in coronary artery disease patients: Assessment by multigated equilibrium scintigraphy. **Circulation**, **62**:133, 1980.
58. BAKER, B.J.; WILEN, M.M.; BOYD, C.M.; et al - Relationship of right ventricular ejection fraction to exercise capacity in chronic left ventricular failure. **Am J Cardiol**, **54**:596, 1984.
59. FRANCIOSA, J.A.; PARK, M.; LEVINE, T.B.; et al - Lack of correlation between exercise capacity and indexes of resting left ventricular performance in heart failure. **Am J Cardiol**, **47**:33, 1981.
60. FISHER, E.; DUBROW, R.A.; HASTREITER, A.R. - Right ventricular volumes in congenital heart disease. **Am J Cardiol**, **36**:67, 1975.
61. ORTIZ, J. - **O Ecocardiograma no apoio à decisão clínica**, 2^a ed. São Paulo: Revinter, 1997.
62. FEIGENBAUM, H. - **Echocardiography**, ed 4. Philadelphia, 1986, Lea & Febiger, publishers.
63. AGATA, Y.; HIRAISHI, S.; MISAWA, H.; et al - Two-dimensional echocardiographic determinants of interventricular septal configurations in right or left ventricular overload. **Am Heart J**, **110**:819-825, 1985.
64. TORRES, F.; TYE, T.; GIBBONS, R.; et al - Echocardiographic contrast increases the yield for right ventricular pressure measurement by Doppler echocardiography. **J Am Soc Echocardiogr**, **2**:419-424, 1989.
65. DABESTANI, A.; MAHAN, G.; GARDIN, JM.; et al - Evaluation of pulmonary artery pressure and resistance by pulsed Doppler echocardiography. **Am J Cardiol**, **59**:662-668, 1987.

66. GRAETTINGER, W.F.; GREENE, E.R.; VOYLES, W.F. - Doppler predictions of pulmonary artery pressure, flow, and resistance in adults. **Am Heart J**, **113**:1426-1437, 1987.
67. NOGUEIRA, E.A.; CARVALHAL, S.S.; MACMILLAN, R.M.; et al - Analysis of the position of the left ventricular apex and base during systole. **Cath Cardiovasc Diag**, **13**:253-261, 1987.
68. SIMONSON, J.S.; SCHILLER, N.B. - Descent of the base of the left ventricle: an echocardiographic index of left ventricular function. **J Am Soc Echocardiogr**, **2**:25-35, 1989.
69. GHIO, S.; RECUSANI, F.; KLERSY, C.; et al - Prognostic usefulness of the tricuspid annular plane systolic excursion in patients with congestive heart failure secondary to idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy. **Am J Cardiol**, **85**:837-842, 2000.
70. S-PLUS 2000 Guide to Statistics, Volume 2, Data Analysis Products Division, MathSoft, Seattle, WA.
71. STATA CORP. 1999. Stata Statistical Software: Release 6.0. College Station, TX: Stata Corporation.
72. SQUARA, P.; JOURNOIS, D.; ESTAGNASIÉ, P.; et al - Elastic energy an index of right ventricular filling. **Chest**, **111**:351-358, 1997.
73. MARVING, J.; HOILUND-CARLSEN, P.F.; CHRAEMMER-JORGENSEN, B.; et al - Are right and left ventricular ejection fraction equal? Ejection fractions in normal subjects and in patients with first acute myocardial infarction. **Circulation**, **72**:502-514, 1985.
74. GARCIA, M.; RODRIGUES, L.; ARES, M.; et al - Differentiation of constrictive pericarditis from restrictive cardiomyopathy: assessment of left ventricular diastolic velocities in longitudinal axis by Doppler tissue imaging. **J Am Coll Cardiol**, **27**:108-114, 1996.

75. MADDAHI, J.; BERMAN, D.S.; MATSUOKA, D.T.; et al - A new technique for assessing right ventricular ejection fraction using rapid multiple gated equilibrium cardiac blood pool scintigraphy. **Circulation**, **60**:581-589, 1979.
76. GODBERG, H.L.; HERROLD, E.M.; HOCHREITER, C. et al - Videodensitometric determination of right ventricular and left ventricular ejection fraction. **Am J Noninv Cardiol**, **1**:18-23, 1987.
77. FUKUDA, K.; OKI, T.; TABATA, T.; et al - Regional left ventricular wall motion abnormalities in myocardial infarction and mitral annular descent velocities studied with pulsed tissue Doppler imaging. **J Am Soc Echocardiogr**, **1**

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE