

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <http://www.researchgate.net/publication/265851238>

Fluxo das artérias coronárias obtido pelo Doppler transtorácico

ARTICLE *in* REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA · JANUARY 2004

Impact Factor: 0.42

DOWNLOADS

74

VIEWS

24

1 AUTHOR:



[Jose Maria Del Castillo](#)

Universidade de Pernambuco

19 PUBLICATIONS 57 CITATIONS

SEE PROFILE

Fluxo das Artérias Coronárias Obtido pelo Doppler Transtorácico

José Maria Del Castillo, Nathan Herszkowicz, Enilda Meire dos Santos,
Fernando Antônio Masztaler Borges, Jorge Alberto Solórzano, Marcelo Duarte Silva Cortese

Instituição:

Centro de Estudos Fitcor e Hospital Bandeirantes
São Paulo, SP.

Correspondência:

José Maria Del Castillo
Rua Agostinho Gomes, 960/2163
Ipiranga - São Paulo - SP
CEP 04206-000

Descritores:

Angioplastia coronária transluminal percutânea;
Ecocardiografia; Ecocardiografia transesofágica.

Recebido em: 13/12/2003 - Aceito em: 29/01/2004

INTRODUÇÃO

O conhecimento do fluxo coronariano é de grande importância na decisão da revascularização miocárdica, na avaliação dos resultados da angioplastia transluminal percutânea com ou sem a implantação de *stents*, assim como na análise dos resultados da revascularização, principalmente com anastomose mamário-coronária. Também é relevante para a análise da microcirculação em pacientes com dor precordial e coronária normais e para a avaliação de efeitos farmacológicos, entre outros.

A aferição do fluxo coronário pode ser realizada por métodos de clearance do óxido nítrico, por termodiluição, pela implantação cirúrgica de fluxômetros eletromagnéticos ou, durante o cateterismo, pela realização de Doppler intracoronário¹.

A utilização da Ecodopplercardiografia para a obtenção do fluxo coronário por via transtorácica é a consequência do aperfeiçoamento tecnológico, com a introdução da técnica da segunda harmônica e de transdutores de alta frequência e definição de imagens².

O ecocardiograma transesofágico permite a visualização dos óstios, dos terços proximais e de alguns segmentos epicárdicos das coronárias direita e esquerda, possibilitando o registro dos fluxos³. Esta técnica apresenta o inconveniente de ser semi-invasiva, dificultando sua aplicação prática. O contraste ecocardiográfico facilita a detecção dos segmentos distais das artérias coronárias por via transtorácica^{4,5} e foi inicialmente utilizado para este propósito. É possível, entretanto, detectar o fluxo das porções distais das artérias coronárias por via transtorácica sem a utilização de contraste⁶.

O fluxo coronário (Q) é determinado pela relação entre o gradiente pressórico (P) e a resistência (R) dos vasos coronários ($Q = P/R$). A resistência está constituída pela interrelação entre a resistência das coronárias epicárdicas, a resistência arteriolar e a compressão produzida pelo sangue sobre os vasos subendocárdicos durante a sístole ventricular. A resistência e a pressão variam durante o ciclo cardíaco, determinando um padrão peculiar de fluxo sistólico com predomínio do componente diastólico na coronária esquerda e com distribuição uniforme de ambos componentes na coronária direita⁷ (Figura 1).

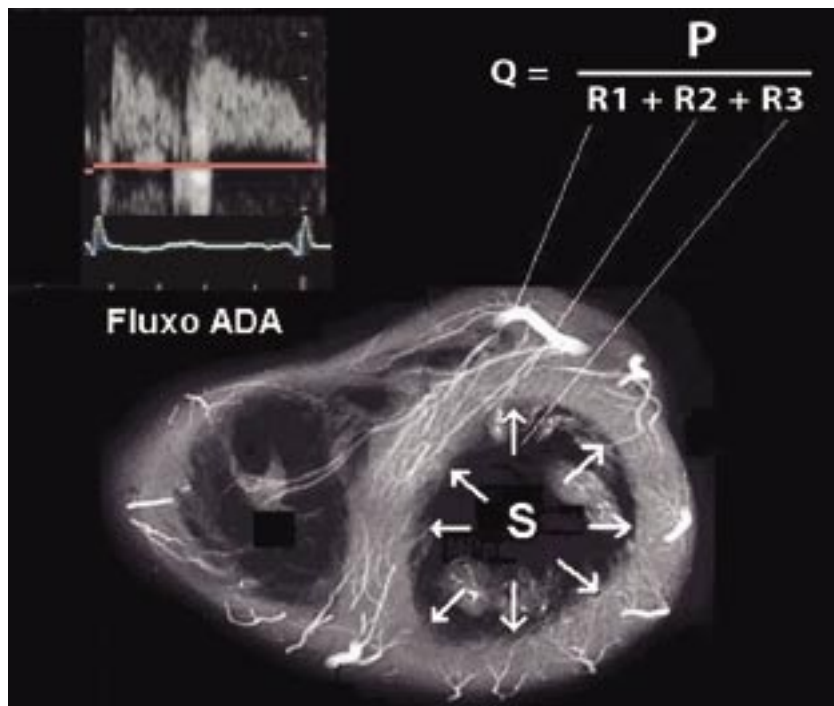


Figura 1. O fluxo coronário (Q) é a consequência da interrelação entre o gradiente pressórico (P) e as resistências oferecidas pelas coronárias epicárdicas (R1), arteríolas (R2) e pela compressão sistólica (S) subendocárdica (R3), resultando em um padrão de fluxo sistólico-diastólico com predomínio diastólico na artéria descendente anterior (ADA).

A vasodilatação arteriolar, desencadeada pelo aumento do consumo de oxigênio e, provavelmente, pela modificação do tônus adrenérgico das paredes dos vasos, como ocorre durante o esforço, diminui a resistência oferecida pelas arteríolas e aumenta o fluxo coronariano⁸. Este aumento do fluxo por vasodilatação denomina-se reserva coronária e pode ser obtida com exercício ou com a utilização de drogas vasodilatadoras como a adenosina e o dipiridamol⁹.

Define-se a reserva coronária como a diferença entre a velocidade do fluxo durante a vasodilatação máxima (pico da estimulação) e a velocidade do fluxo em repouso¹⁰. Normalmente o fluxo aumenta entre três a quatro vezes. Valores inferiores a dois são considerados diminuídos, indicando lesões coronarianas ou da microcirculação de importância funcional¹¹. Valores inferiores a um podem indicar o fenômeno do "roubo de fluxo", que ocorre em lesões coronarianas críticas (estenoses maiores que 90%)¹².

TÉCNICA DO EXAME

Para obter, por via transtorácica, o fluxo das porções distais das artérias coronárias deve-se

dispor de equipamento ecocardiográfico e transdutores adequados. O ecocardiógrafo deve ter segunda harmônica e os transdutores devem ser de alta frequência e definição. Os mais utilizados são os transdutores pediátricos com frequências na faixa de 3 a 5 MHz. Alguns transdutores para uso adulto que operam nas faixas de 2 a 4 MHz também podem ser utilizados. Transdutores lineares para uso vascular que trabalham na faixa de 5 a 7,5 MHz podem ser muito úteis em pacientes com boas condições torácicas e na avaliação de anastomoses mamário-coronárias¹³.

A posição do paciente é a habitual, ou seja, o decúbito lateral esquerdo com o tórax ligeiramente elevado

e o braço esquerdo em extensão. Este último detalhe é importante para manter os espaços intercostais do hemitórax esquerdo afastados durante o exame.

A posição do transdutor varia conforme o vaso a ser estudado. Para avaliar o fluxo da porção distal da artéria descendente anterior, usa-se a posição apical de duas câmaras com o feixe ultrassônico dirigido anteriormente e à direita de forma a visibilizar a região do sulco interventricular anterior, em cujo tecido adiposo encontra-se o vaso mencionado¹⁴. Uma vez detectada a coronária, o fluxo é sistólico-diastólico e de cor vermelha, pois se dirige para o transdutor. Outra técnica consiste em utilizando o eixo transversal, detectar o vaso na região do sulco interventricular anterior para depois posicionar longitudinalmente o transdutor. A coronária direita, se as condições do tórax forem propícias, pode ser visibilizada desde a posição subcostal ou desde a posição paraesternal, terceiro ou quarto espaços intercostais¹⁵. A porção detectada é o ramo descendente posterior, entre a *crux cordis* e o *ápex*. Pela abordagem subcostal o fluxo dirige-se em direção ao transdutor enquanto que pelo corte paraesternal a direção do fluxo é variável.

A artéria circunflexa, principalmente quando está irrigada por anastomose safeno-coronária, é de relativamente fácil visualização segundo alguns autores¹⁶. A análise deste ramo, entretanto, não foi possível na nossa experiência.

A anastomose mamário-coronária pode ser detectada desde a posição paraesternal alta (segundo ou terceiro espaços intercostais) posicionando-se o transdutor linear paralelo ao esterno e afastando o mesmo gradativamente para fora da linha média até visualizar o fluxo da artéria mamária interna¹³. Deve-se tomar cuidado com o fluxo das artérias intercostais que, embora de padrão e profundidade diferentes, podem provocar confusão, principalmente em pacientes obesos.

Como a visualização inicial é realizada com o auxílio do mapeamento de fluxo em cores, deve-se calibrar adequadamente o equipamento. A velocidade de captação da cor (número de Nyquist, situado ao lado da barra de cores) deve ser ajustada para operar entre 20 e 30 cm/s, que corresponde aproximadamente à velocidade do fluxo intracoronário (Figura 2). Usa-se filtragem média para eliminar os ruídos de baixa frequência

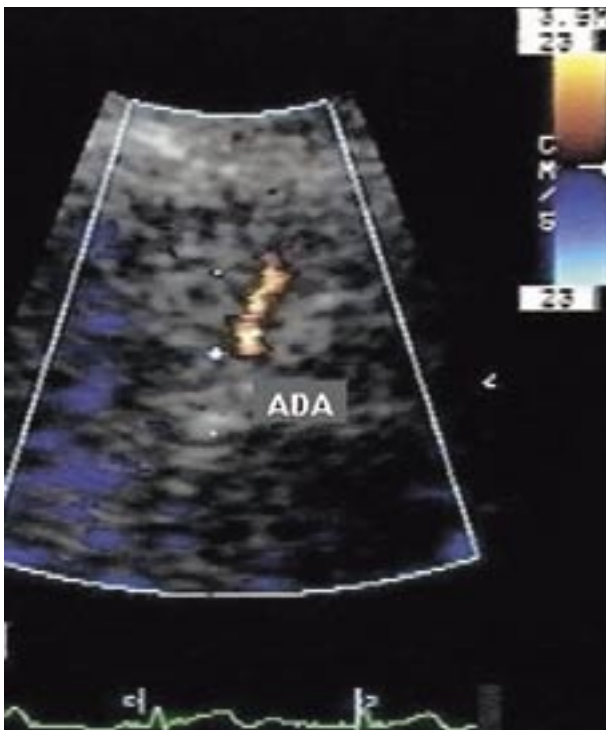


Figura 2. Fluxo da porção distal do ramo descendente anterior (ADA) da artéria coronária esquerda obtida desde a posição apical com transdutor setorial operando na faixa de 2 a 4 MHz. Observe-se a calibração da velocidade da cor para 23 cm/s.

produzidos pelas estruturas musculares intercostais e pela parede anterior do ventrículo direito. A presença de fluido pericárdico movimentando-se durante o ciclo cardíaco produz efeito Doppler bidirecional, tanto em cores como espectral, com aproximadamente a mesma velocidade que a do fluxo intracoronário. Diferencia-se por estar situado anteriormente à coronária e pelo padrão positivo e negativo, parecendo espículas. É conveniente usar algum grau de persistência da cor, para identificar melhor o vaso. Pode-se marcar no tórax, com caneta gordurosa, o ponto em que o vaso foi detectado, principalmente se será realizado o estudo da reserva coronária com vasodilatadores.

Para obter o Doppler espectral, posiciona-se o volume-amostra na coronária com o feixe ultrassônico o mais paralelo possível à direção do fluxo. O volume-amostra deve medir entre 3 e 5 mm de forma a compensar a movimentação da coronária durante o ciclo cardíaco. É indispensável a utilização do eletrocardiograma de referência, para identificar corretamente os componentes sistólico e diastólico do fluxo (Figura 3).

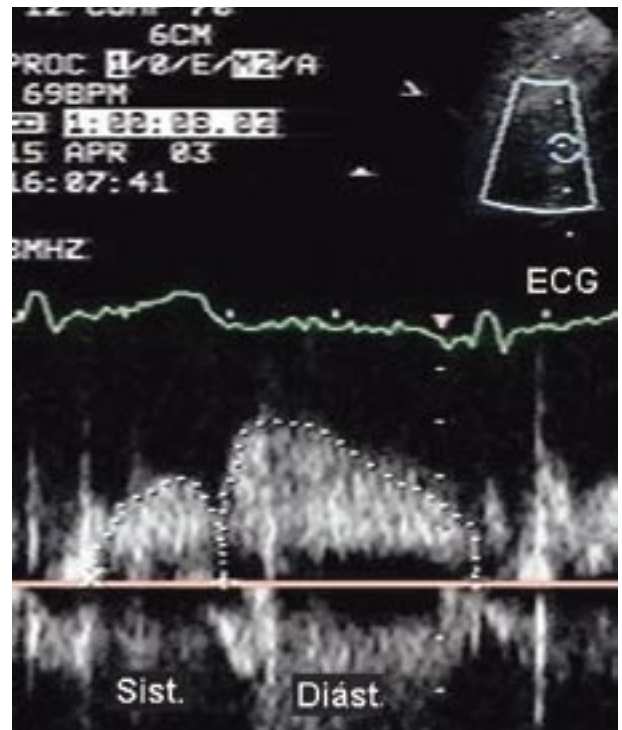


Figura 3. Doppler espectral do fluxo do ramo descendente anterior da artéria coronária esquerda obtida desde a posição apical. Note-se que o componente sistólico é nitidamente maior em velocidade e duração do que o componente diastólico.

PADRÕES DE FLUXO

Os padrões normais do fluxo da artéria coronária esquerda distal (ramo descendente anterior) foram previamente descritos e ilustrados na Figura 3.

O fluxo da porção distal da artéria coronária direita apresenta os componentes sistólico e diastólico aproximadamente iguais, devido à compressão pouco significativa do sangue sobre o endocárdio ventricular direito durante a sístole. (Figura 4).

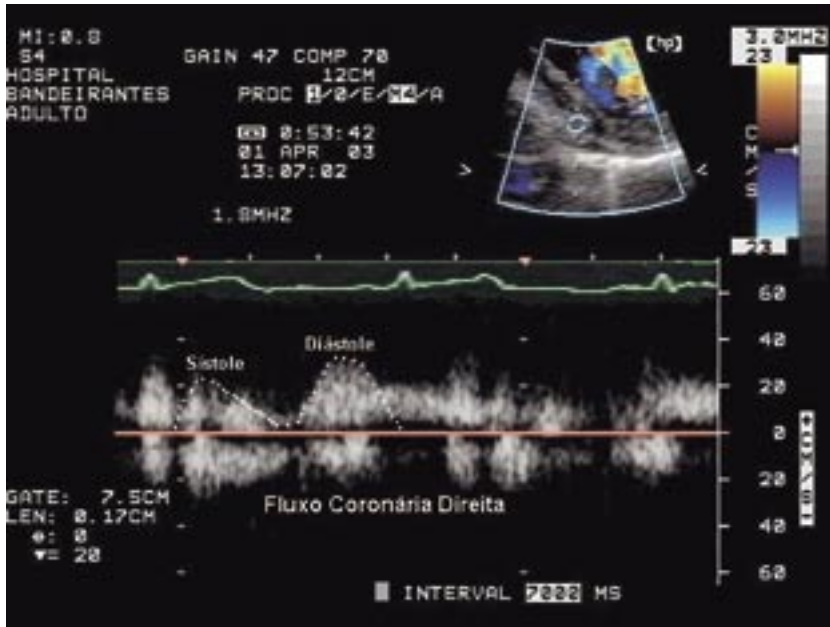


Figura 4. Fluxo da artéria coronária direita, porção descendente posterior, obtida desde de uma posição paraesternal baixa, eixo longitudinal. Os componentes sistólico e diastólico do fluxo são aproximadamente iguais.

O fluxo da anastomose mamário-coronária normofuncionante segue o mesmo padrão da artéria que irriga: sistólico-diastólico com componente diastólico predominante. Se for detectado distalmente o fluxo da artéria irrigada pela anastomose, nota-se um predomínio ainda maior do componente diastólico (Figura 5).

Em casos nos quais é detectada estenose ao nível da anastomose mamário-coronária, pode ser observado mosaico de cores no local da obstrução e fluxo turbulento com velocidade aumentada (Figura 6).

Estenoses coronarianas críticas podem alterar o padrão de fluxo sistólico-diastólico, com diminuição da velocidade diastólica distalmente à obstrução (Figura 7).

Calcula-se a reserva do fluxo coronário comparando-se as velocidades máxima e média, sistólica e diastólica, em condições de repouso, com as velocidades obtidas no pico da estimulação (Figura 8). Pode-se usar adenosina na dose de 0,14 mg/kg/min administrada no intervalo de 5 minutos, ou dipiridamol na dose de 0,56 mg/kg

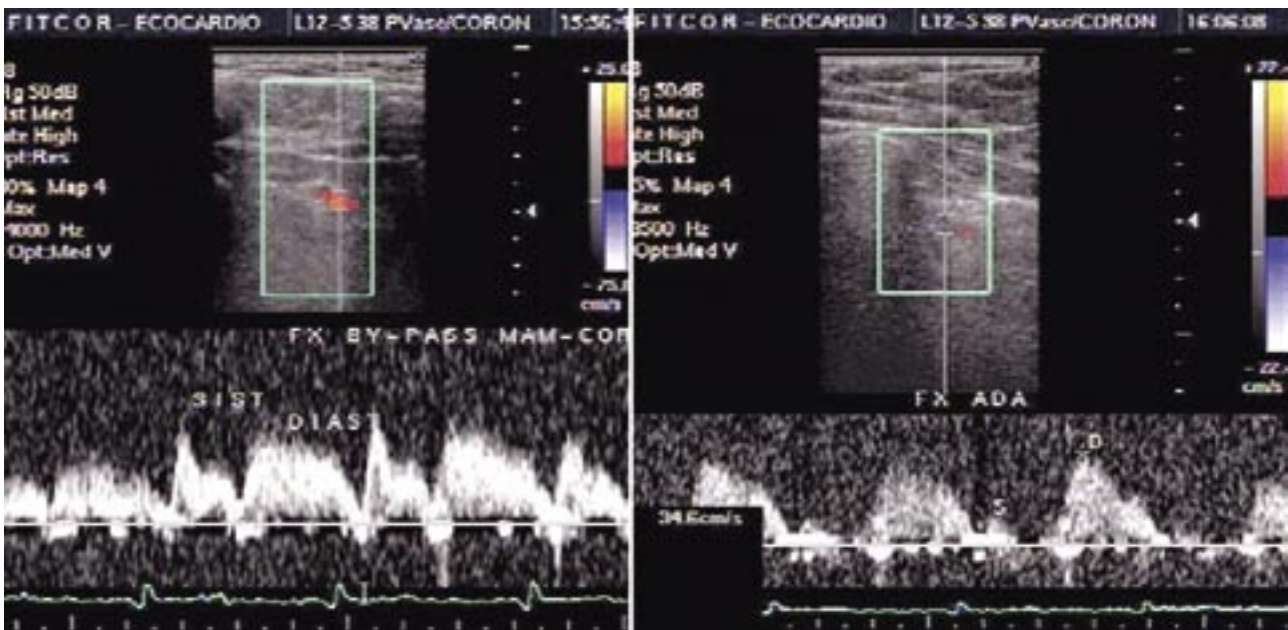


Figura 5. Fluxo de anastomose mamário-coronária normofuncionante para o ramo descendente anterior. À esquerda, fluxo da artéria mamária próxima à anastomose com o padrão característico do fluxo coronariano. À direita, fluxo da artéria irrigada pela anastomose, observando-se o maior predomínio do componente diastólico. Os registros foram obtidos com transdutor linear.

administrada em 4 minutos. Os efeitos máximos são obtidos após 60 segundos do início da infusão para a adenosina e após 2 minutos para o dipiridamol¹⁰.

APLICAÇÕES

Várias são as aplicações do fluxo das artérias coronárias e do cálculo da reserva do fluxo coronário. Entre as mais importantes podemos citar:

a) Avaliação da significância funcional das estenoses dos vasos coronários epicárdicos, principalmente o ramo descendente anterior da artéria coronária esquerda, complementando a avaliação angiocoronariográfica e contribuindo para a indicação de terapêutica intervencionista, cirúrgica ou hemodinâmica. Reserva de fluxo coronário inferior a dois sugere obstrução de importância funcional, mesmo nas estenoses não críticas de vasos epicárdicos (50-70% da luz) avaliadas por angiocoronariografia. Reserva de fluxo coronário normal pode adiar a decisão da intervenção terapêutica, optando-se pelo controle clínico¹¹. A obtenção do fluxo coronário por via transtorácica é bastante conveniente, pois geralmente permite a avaliação do leito distal à estenose.

b) Avaliação a médio e longo prazo dos resultados da angioplastia transluminal percutânea e da implantação de *stents* coronários. Reserva do fluxo coronário inferior a dois sugere re-estenose ou alterações da microcirculação do leito irrigado pelo vaso dilatado. Estas alterações são mais frequentes imediatamente após o procedimento, devido à manipulação mecânica



Figura 6. Anastomose mamário-coronária estenótica. Observa-se turbulência ao Doppler espectral, com velocidade do fluxo aumentada (maior que 60 cm/s).

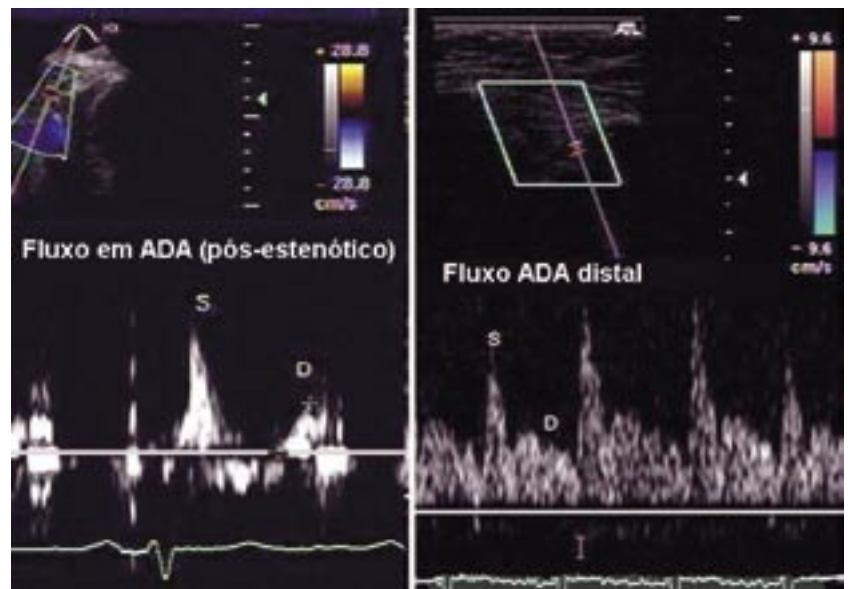


Figura 7. Exemplos de fluxo coronariano distal a estenose crítica (maior que 90%). Nota-se a perda do padrão de fluxo com diminuição do componente diastólico.

que provoca microembolias e vasoconstrição, instabilidade vasomotora produzida pela ação do contraste e efeitos secundários provocados pelas drogas vasoativas utilizadas durante a intervenção. São em geral reversíveis, motivo pelo qual é conveniente realizar o estudo da reserva do fluxo coronário pelo menos 30 dias após a angioplastia ou a implantação de *stents*¹⁷. Este método torna-se mais sensível se complementado com eco de estresse.

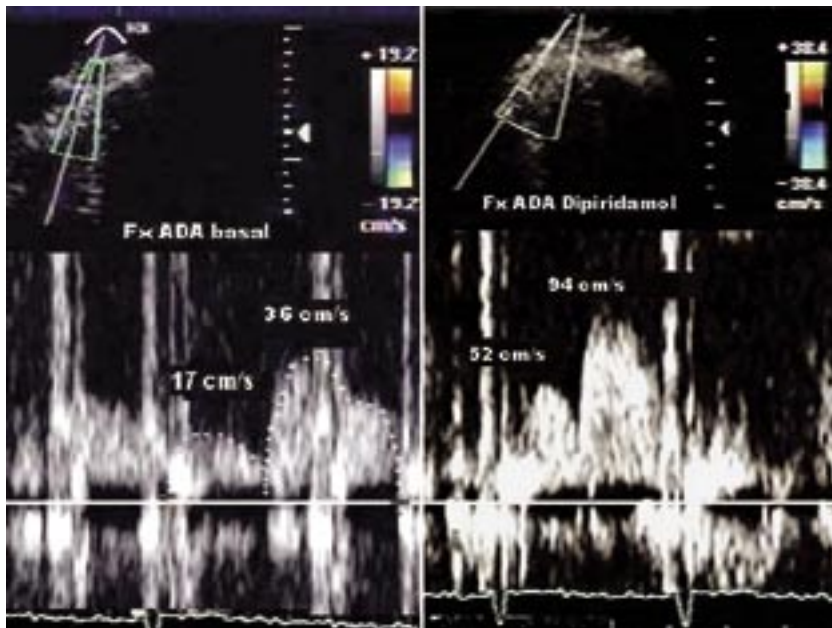


Figura 8. Avaliação da reserva coronária no ramo descendente anterior da coronária esquerda. Observa-se aumento das velocidades sistólica e diastólica (3 e 2,6 vezes, respectivamente) durante o pico da estimulação.

- c) Avaliação da reserva do fluxo coronário após o infarto agudo do miocárdio, principalmente se o paciente foi submetido a procedimentos de reperfusão. Valores de reserva do fluxo coronário inferiores a 1,5 parecem ser indicativos de processo de remodelação com dilatação da câmara ventricular esquerda¹⁸.
- d) Patência das anastomoses mamário-coronárias e safeno-coronárias. Para a identificação das anastomoses mamário-coronárias, a porcentagem dos casos em que o vaso foi identificado variou de 81%¹³ a 100%¹⁶. Para as anastomoses de veia safena-artéria descendente anterior a porcentagem de detecção foi de 91%; para anastomose de veia safena-coronária direita de 96% e para veia safena-artéria circunflexa de 90%¹⁶. Reserva do fluxo coronário inferior a 1,9 apresenta 100% de sensibilidade e 98% de especificidade para predizer estenoses da anastomose mamário-coronária. Para as anastomoses venosas, reserva do fluxo coronário inferior a 1,6 apresenta 91% de sensibilidade e 87% de especificidade para predizer estenoses¹⁶.
- e) Avaliação das alterações da microcirculação coronária. A vasodilatação da microcirculação coronária pode estar alterada mesmo sem alteração significativa das coronárias epicárdicas, em doenças que provocam hipertrofia

ventricular como a cardiomiopatia hipertrófica, estenose aórtica e hipertensão arterial sistêmica. Outras causas que podem alterar a microcirculação são diabetes mellitus, tabagismo e dietas ricas em gorduras saturadas. Estes pacientes podem apresentar dor precordial com coronárias angiograficamente normais. Até pouco tempo atrás as alterações da microcirculação eram subestimadas, mas trabalhos recentes em mulheres¹⁹, fumantes²⁰ e pacientes em geral²¹ demonstraram que quase a metade dos pacientes com precordialgia e coronárias angiograficamente normais apresentavam reserva do

fluxo coronário diminuído. Um interessante estudo em atletas²² demonstrou que a hipertrofia ventricular esquerda fisiológica apresenta reserva do fluxo coronário normal ou supra-normal, o que permite em tese diferenciar a hipertrofia fisiológica da hipertrofia ventricular patológica, onde a reserva do fluxo coronário está diminuída.

LIMITAÇÕES

A principal limitação do método consiste na obtenção de imagens adequadas para realizar as aferições, o que depende da curva de aprendizado, da qualidade do equipamento de ecocardiografia e dos transdutores disponíveis.

Poderia se considerar também a dificuldade para a obtenção do fluxo coronariano absoluto (fluxo volumétrico), onde é necessário conhecer o diâmetro do vaso e a integral do fluxo, mas, conforme alguns estudos comparativos com métodos de medicina nuclear^{23,24}, não parece haver diferença significativa nos resultados, quando se utiliza apenas a velocidade do fluxo.

O tipo de tórax, a obesidade, o sexo ou a idade não parece ser inconveniente para a obtenção do registro adequado do fluxo coronariano.

CONCLUSÃO

Estudos em grandes séries de pacientes e em controles normais irão tornando o método mais seguro e confiável, ampliando gradativamente as possibilidades de sua aplicação. Como exemplos, podemos citar o efeito sobre a reserva do fluxo coronário de drogas inotrópicas, bloqueadoras adrenérgicas, antiarrítmicas e antihipertensivas. Também poderão ter relevância os resultados a médio e longo prazo de procedimentos invasivos e

cirúrgicos sobre as coronárias e o miocárdio, assim como o efeito sobre a microcirculação coronariana de doenças como a hipertensão arterial sistêmica, diabetes mellitus, doenças infiltrativas, nefropatias além dos efeitos de terapêuticas agressivas como a quimioterapia, pulsoterapia, hemodiálise e uso de anticoagulantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Doucette JW, Corl PD, Payne HM, Flynn AE, Goto M, Nassi M, et al. Validation of a Doppler guide wire for intravascular measurement of coronary artery flow velocity. *Circulation* 1992, **85**:1899-911.
- Eleuteri E, Scapellato F, Temporelli PL, Giannuzzi P. Evaluation of the left anterior descending coronary artery flow velocity by transthoracic echo-Doppler without contrast enhancement. *Ital Heart J* 2002, **3**:520-4.
- Kasprzak JD, Pakula MK, Drod J, Peruga JZ, Rafalska K, Marciniak MM. Transesophageal echocardiographic assessment of proximal coronary flow: definitions of normal values. *Kardiol Pol* 1997, **47**:208.
- Bartel T, Muller S, Baumgart D, Mathew BT, Haude M, Erbel R. Improved high-frequency transthoracic flow velocity measurement in the left anterior descending coronary artery after intravenous peripheral injection of Levovist. *J Am Soc Echocardiogr* 1999, **12**:252-6.
- Lambertz H, Tries HP, Stein T, Lethen H. Noninvasive assessment of coronary flow reserve with transthoracic signal-enhanced Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1999, **12**:186-95.
- Del Castillo JM. Detecção, por ecocardiografia transtorácica, do fluxo do by-pass mamário-coronário e do fluxo coronariano. 3rd. Virtual Congress of Cardiology. 2003, september 1st, november 30th.
- Olsson, RA, Bünger, R., Spaan, JAE, "Coronary circulation": The Heart and Cardiovascular System, Second Edition, edited by H.A. Fozzard et al. Raven Press. Ltd., New York 1992.
- Lamping KG. Regulation of coronary blood flow and mechanisms of angina. 2002, october 24, Medicine and Pharmacology Departament. University of Iowa. www.medicine.uiowa.edu.
- Rigo F, Richieri M, Pasanisi E, Cutaia V, Zanella C, Della Valentina P, et al. Usefulness of coronary flow reserve over regional wall motion when added to dual-imaging dipyridamole echocardiography. *Am J Cardiol* 2003, **91**:269-73.
- Nemes A, Forster T, Palinkas A, Vass A, Borthiser A, Ungi I, et al. The clinical value of coronary flow reserve in ischemic heart disease as measured by dipyridamole stress Transesophageal echocardiography. *Orv Hetil* 2000, **141**:2327-31.
- Dimitrow PP. Transthoracic Doppler echocardiography – a noninvasive diagnostic window for coronary flow reserve assessment. *Cardiovasc Ultrasound* 2003, **1**:4.
- Pizzuto F, Voci P, Mariano E, Puddu PE, Sardella G, Nigri A. Assessment of flow velocity reserve by transthoracic Doppler echocardiography and venous adenosine infusion before and after left anterior descending coronary stenting. *J Am Coll Cardiol* 2001, **38**:155-62.
- Orlandi F, Grossmann R, Hublard EL, Cortese M, Nakajima E, Capellini LF, et al. Left mamary artery flow in coronary mamary by-pass. 1st. Virtual Congress of Cardiology. 2000, september 1st 1999, march 31.
- Lowestein Tiano C, Presti C. Feasibility of coronary flow measurements by transthoracic Doppler echocardiography in an every-day practice echo-laboratory. 2nd. Virtual Congress of Cardiology. 2001, september 1st, november 30.
- Tries HP, Lambertz H, Lethen H. Transthoracic echocardiographic visualization of coronary artery blood flow and assessment of coronary flow reserve in the right coronary artery: a first report of 3 patients. *J Am Soc Echocardiogr* 2002, **15**:739-42.
- Chirillo F, Bruni A, Balestra G, Cavallini C, Olivari Z, Thomas JD, et al. Assessment of internal mammary artery and saphenous vein graft patency and flow reserve using transthoracic Doppler echocardiography. *Heart*. 2001, **86**:424-31.
- Ruscasio M, Montisci R, Colonna P, Caiati C, Chen L, Lai G, et al. Detection of coronary restenosis after coronary angioplasty by contrast-enhanced transthoracic echocardiographic Doppler assessment of coronary flow velocity reserve. *J Am Coll Cardiol* 2002, **40**:896-903.
- Ueno Y, Nakamura Y, Kinoshita M, Fujita T, Sakamoto T, Okamura H. Can coronary flow velocity reserve determined by transthoracic Doppler echocardiography predict the recovery of regional left ventricular function in patients with acute myocardial infarction?. *Heart*. 2002, **88**:137-41.
- Reis SE, Holubkov R, Lee JS, Sharaf B, Reichel N, Rogers WJ, et al. Coronary flow velocity response to adenosine characterizes coronary microvascular function in women with chest pain and nonobstructive coronary disease. Results from the pilot phase of the Women's Ischemia Syndrome Evaluation (WISE) study. *J Am Coll Cardiol* 1999, **33**:1469-75.
- Otsuka R, Watanabe H, Hirata K, Tokai K, Muro T, Yoshiyama M, et al. Acute effects of passive smoking on the coronary circulation in healthy young adults. *JAMA* 2001, **286**:436-41.
- Hasdai D, Holmes DR, Higano ST, Burnett JC, Lerman A. Prevalence of coronary blood flow reserve abnormalities among patients with nonobstructive coronary artery disease and chest pain. *Mayo Clin. Proc.* 1998, **73**:1133-40.
- Hildick-Smith DJR, Johnson PJ, Wisbey CR, Winter EM, Shapiro LM. Coronary flow reserve is supranormal in endurance athletes: an adenosine transthoracic echocardiographic study. *Heart*. 2000, **84**:383-9.
- Saraste M, Koskenvuo JW, Knuuti J, Toikka JO, Laine H, Niemi P, et al. Coronary flow reserve: measurement with transthoracic Doppler echocardiography is reproducible and comparable with positron emission tomography. *Clin. Physiol.* 2001, **21**:114-22.
- Daimon M, Watanabe H, Yamagishi H, Muro T, Akioka K, Hirata K, et al. Physiologic assessment of coronary artery stenosis by coronary flow reserve measurements with transthoracic Doppler echocardiography: comparison with exercise thallium-201 single-photon emission computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2001, **37**:1310-5.