

Ligadura dos Ramos da Artéria Torácica Interna Anastomosada na Coronária Descendente Anterior e Efeito nas Velocidades do Fluxo e no Estado Funcional do Enxerto

Ligation of the Branches of the Anastomosed Internal Thoracic Artery in the Anterior Descending Coronary Artery and the Effect on Flow Velocities and Functional Status of the Graft

José Sebastião de Abreu,¹ Tereza Cristina D. Pinheiro,¹ José Acácio Feitosa,² Marília Esther B. Abreu,¹ Ana Gardenia L. P. Farias,³ Marcia Maria Carneiro,³ Sandra Nívea R. Falcão^{2,3}

Clinicárdio e Cardioexata de Fortaleza;¹ Hospital de Messejana;² Hospital das Clínicas da Universidade Federal do Ceará,³ Fortaleza, Ceará - Brasil

Resumo

Fundamento: Ocorre modificação no fluxo da artéria torácica interna, após sua anastomose na artéria coronária descendente anterior.

Objetivo: Avaliar o efeito da ligadura dos ramos proximais da artéria torácica interna anastomosada na artéria coronária descendente anterior, quanto às velocidades e à reserva de velocidade de fluxo coronariano, em pacientes com fração de ejeção do ventrículo esquerdo preservada (> 50%).

Métodos: Estudo prospectivo de pacientes com fração de ejeção do ventrículo esquerdo > 50% revascularizados. O Grupo I foi formado por 25 pacientes com ligadura dos grandes ramos da artéria torácica interna antes de sua anastomose na artéria coronária descendente anterior, e o Grupo II por 28 pacientes sem ligadura. Registrou-se o Doppler em nível proximal da artéria torácica interna no pré-operatório, pós-operatório precoce e no pós-operatório tardio de 6 meses. Foram mensurados os picos de velocidade sistólica e diastólica, e as velocidades médias sistólica e diastólica. A reserva de velocidade de fluxo coronariano foi obtida durante o ecocardiograma sob estresse com dobutamina no pós-operatório tardio de 6 meses.

Resultados: No pós-operatório precoce, o pico de velocidade sistólica e a velocidade média sistólica diminuíram, enquanto aumentaram o pico de velocidade diastólica e a velocidade média diastólica nos dois grupos ($p < 0,05$). Do pós-operatório precoce para o tardio em 6 meses, apenas o pico de velocidade diastólica se modificou, diminuindo nos dois grupos ($p < 0,05$). Durante o ecocardiograma sob estresse com dobutamina, o pico de velocidade diastólica e a velocidade média diastólica aumentaram ($p < 0,05$), e os grupos não diferiram, mas o pico de velocidade sistólica e a velocidade média sistólica aumentaram apenas no Grupo II ($p < 0,05$). A reserva de velocidade de fluxo coronariano dos grupos calculada pelo pico de velocidade diastólica (Grupo I = $2,17 \pm 0,64$ e Grupo II = $2,28 \pm 0,63$) e pela velocidade média diastólica (Grupo I = $2,27 \pm 0,54$ e Grupo II = $2,5 \pm 0,79$) não diferiu.

Conclusão: Em pacientes com fração de ejeção do ventrículo esquerdo preservada, a ligadura dos grandes ramos da artéria torácica interna anastomosada na artéria coronária descendente anterior não compromete a reserva de velocidade de fluxo coronariano, mas determina limitação no aumento das velocidades sistólicas. (Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2018;31(4):258-267)

Palavras-chave: Artéria Torácica Interna/cirurgia; Revascularização Miocárdica; Reserva Fracionada de Fluxo Miocárdio; Anastomose de Artéria Torácica Interna-Coronária; Volume Sistólico; Ecocardiografia Doppler.

Summary

Introduction: Modification of internal thoracic artery flow occurs after its anastomosis in the left anterior descending coronary artery.

Objective: To evaluate the effect of ligation of the proximal branches of anastomosed internal thoracic artery flow on the left anterior descending in relation to velocities and coronary flow velocity reserve in patients with left ventricular ejection fraction preserved (> 50%).

Methods: Prospective study of patients with left ventricular ejection fraction > 50% and revascularized. Group I was composed of 25 patients with ligation of the major branches of the internal thoracic artery before its anastomosis in the left anterior descending coronary artery, and Group II was composed of 28 patients without ligation. Doppler was recorded at the proximal level of internal thoracic artery flow in the preoperative, early postoperative and 6 months later. The systolic peak velocity and diastolic, and systolic mean velocity and diastolic were measured. Coronary flow velocity reserve was obtained during dobutamine stress echocardiography in postoperative period 6 months later.

Results: In the postoperative, the systolic peak velocity and the systolic mean velocity decreased while increasing the diastolic peak velocity and the diastolic mean velocity in the groups ($p < 0.05$). From the postoperative to the postoperative period 6 months later, only the diastolic peak velocity modified, occurring its decrease in the groups ($p < 0.05$). During the dobutamine stress echocardiography, diastolic peak velocity and the diastolic mean velocity increased ($p < 0.05$) and groups did not differ, however, the systolic peak velocity and the systolic mean velocity increased only in Group II ($p < 0.05$). The coronary flow velocity reserve of the groups calculated by diastolic peak velocity (Group I = 2.17 ± 0.64 and Group II = 2.28 ± 0.63) and diastolic mean velocity (Group I = 2.27 ± 0.54 and Group II = 2.5 ± 0.79) did not differ.

Conclusion: In patients with preserved left ventricular ejection fraction, the ligation of the large branches of the anastomosed internal thoracic artery flow into the left anterior descending coronary artery does not compromise the coronary flow velocity reserve, but determines limitation in the increase of the systolic velocities. (Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2018;31(4):258-267)

Keywords: Mammary Arteries/surgery; Myocardial Revascularization; Fractional Flow Reserve; Myocardial; Internal Mammary Coronary Artery Anastomosis; Stroke Volume; Echocardiography, Doppler/methods.

Full texts in English - <http://departamentos.cardiol.br/dic/publicacoes/revistadic/>

Correspondência: José Sebastião de Abreu •

Rua Dr. José Lourenço, 500, apto. 700, Meireles. CEP 60115-280, Fortaleza, CE – Brasil

E-mail: jsabreu@cardiol.br/jsabreu10@yahoo.com.br

Artigo recebido em 26/5/2018; revisado em 1/6/2018; aceito em 27/7/2018.

Introdução

A Artéria Torácica Interna (ATI) é um conduto no qual a patência após a Revascularização Miocárdica (RM) cirúrgica apresenta maior longevidade do que a veia safena.¹ No entanto, a extensão do comprometimento do músculo cardíaco, o estado funcional do leito coronariano e a possibilidade de competição entre o fluxo nativo e do enxerto constituem relevantes condições a serem observadas no planejamento da RM.²⁻⁷ Todavia, quando o conduto selecionado para a RM é a ATI, e esta apresenta importante ramo proximal, a ligadura deste ramo pode ser efetuada ou não, de acordo com a rotina da equipe cirúrgica.⁸⁻¹⁰

A anastomose da ATI no sistema coronariano esquerdo caracteriza-se como um sistema híbrido, em virtude dos distintos impactos hidrodinâmicos dos fluxos das artérias subclávia e coronária esquerda, nas quais ocorre o predomínio do componente sistólico e diastólico, respectivamente. Consequentemente, o registro do Doppler no segmento próximo de sua origem denota a expressiva influência do fluxo da subclávia esquerda, enquanto o segmento mais distal reflete o efeito hidrodinâmico da coronária subjacente, tornando-se importante citar o segmento no qual a ATI foi avaliada.^{4,9,11-14}

O fluxo da ATI, após sua anastomose na Artéria Coronária Descendente Anterior (ADA), apresenta modificação dos componentes sistólico e diastólico, no Pós-Operatório Precoce (POP) e no Tardio (POT).¹⁴⁻¹⁸ Neste período, a avaliação do estado funcional da ATI, após a RM, pode ser efetuada com a utilização de fármaco vasodilatador (dipiridamol ou adenosina) ou de fármaco com efeito inotrópico positivo e vasodilatador durante o Ecocardiograma sob Estresse com Dobutamina (EED).

O ecocardiograma sob estresse farmacológico é um exame seguro, que permite avaliar, por meio de anormalidade da contração segmentar, se o fluxo miocárdico está comprometido, estabelecendo a boa acurácia do método para o diagnóstico da isquemia miocárdica.¹⁹⁻²¹ Por outro lado, a medida do fluxo na coronária e na ATI pode ser efetuada com dificuldade, dada a necessidade de mensurar o calibre do vaso – particularmente durante o EED. Desta forma, a medida da velocidade do fluxo diastólico é utilizada com mais frequência para inferir o estado funcional de ambos os vasos, por meio de cálculo da Reserva de Velocidade de Fluxo Coronariano (RVFC).²²⁻²⁷

O ramo proximal determina o efeito no fluxo da ATI, mas não há publicação analisando as modificações das velocidades neste contexto.

Objetivamos verificar o efeito da ligadura dos importantes ramos proximais da ATI anastomosada na ADA, quanto às velocidades do fluxo e a RVFC, em pacientes com a Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo (FEVE) preservada (>50%).

Métodos

Trata-se de estudo prospectivo realizado em hospital cardiológico, no qual os pacientes foram submetidos à RM com anastomose da ATI *in situ* para ADA. Os critérios de inclusão foram: ritmo sinusal, estenose proximal da ADA > 75% e a decisão clínica de que a RM cirúrgica era a melhor opção para

o caso. A ATI foi anastomosada apenas na ADA, imediatamente após a estenose proximal. Os critérios de exclusão foram: acinesia da parede anterior do Ventrículo Esquerdo (VE) devido a infarto do miocárdio prévio, FEVE < 50%, presença de disfunção diastólica do VE acima de grau II, ATI fina, ausência de ramo importante na ATI de paciente designado para o grupo com ligadura, presença de ramo coronariano calibroso entre o local de estenose da ADA e o sítio anastomótico da ATI, instabilidade hemodinâmica, contraindicação ou limitação para o uso de dobutamina ou atropina, evidência de isquemia na parede anterior do VE ou não atingir a Frequência Cardíaca (FC) submáxima durante o EED. Todos os pacientes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa do Hospital de Messejana Dr. Carlos Alberto Studart Gomes.

Todas as RM foram realizadas pela mesma equipe cirúrgica. Após a esternotomia e a hemostasia, verificava-se se havia ramo proximal com diâmetro aparentemente comparável ao da ATI.

Os pacientes eram alocados de forma sequencial em um grupo para ligadura do ramo proximal da ATI (Grupo I) ou para o grupo sem ligadura (Grupo II). No caso do paciente designado para Grupo I não ter identificado ramo proximal durante o procedimento cirúrgico, o mesmo era excluído do estudo.

O procedimento de RM seguia a sequencia habitual adotada pela equipe cirúrgica e, quando indicada, a revascularização de demais coronárias era realizada com enxertos de veia safena.

Todos os exames foram realizados com o ecocardiógrafo Vivid 7 (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA) equipado com transdutores multifrequenciais. O M4S com frequência de 2 a 4 MHz foi utilizado para o ecocardiograma transtorácico. O transdutor pediátrico 7S, com frequência variando de 3,5 a 6,9 MHz, foi posicionado na fossa supraclavicular esquerda, para o registro bidimensional e o Doppler da ATI (Figura 1). Para a visualização da ATI, o paciente em decúbito dorsal mantinha a região cervical parcialmente estendida e levemente rotacionada para o lado oposto do vaso em estudo. Registrava-se a ATI emergindo da subclávia e, ajustando com pequenas angulações ou rotações do transdutor, a ATI era visualizada em sua maior extensão possível. Em seguida, posicionávamos a amostra-volume do Doppler pulsátil com o menor ângulo possível e selecionávamos a melhor curva espectral, analisando seus componentes sistólicos e diastólicos, sendo registrados e mensurados os Picos de Velocidades Sistólica (PVS) e Diastólica (PVD), e as Velocidades Médias Sistólica (VMS) e Diastólica (VMD).²⁶

Todos os pacientes se submeteram à realização de ecocardiograma transtorácico completo e ao Doppler da ATI com medidas das velocidades no pré-operatório (PRÉ). No POP, o estudo ecocardiográfico era repetido, para efetuar nova medida das velocidades da ATI anastomosada e uma avaliação da dinâmica ventricular. Seis meses após a cirurgia (POT6M), os pacientes se submeteram a outro ecocardiograma transtorácico completo. Logo em seguida, as velocidades da ATI anastomosada foram medidas em condição basal e no pico do EED. A RVFC foi calculada com o PVD (PVD no EED/PVD basal) e com a VMD (VMD no EED/VMD basal).

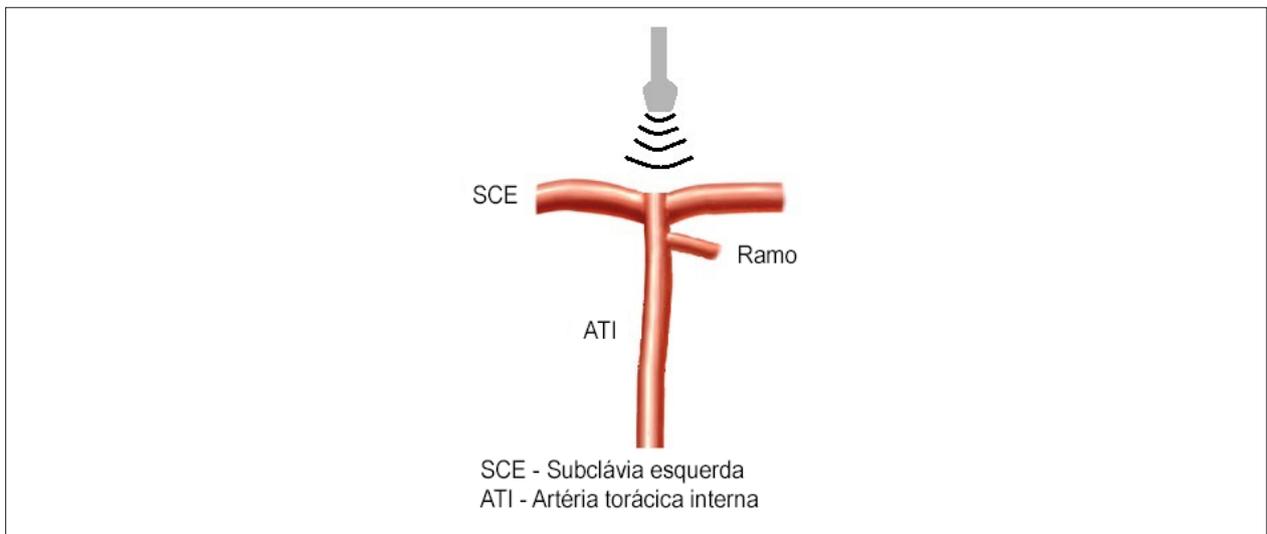


Figura 1 – Desenho esquemático do registro proximal da artéria torácica interna. SCE: subclávia esquerda; ATI: artéria torácica interna.

Após o registro das imagens de repouso em tela quádrupla, iniciava-se a infusão contínua de dobutamina em veia periférica, administrando-a com doses crescentes, em estágios de 3 minutos. A atropina era associada quando necessária. A FC submáxima $[(220 - \text{idade}) \times 85\%]$ deveria ser atingida em todos os casos durante o EED. Considerou-se isquemia o relato de angina típica, depressão do segmento ST maior que 3 mm, nova anormalidade contrátil ou piora de uma preexistente (exceto de acinesia para discinesia). Ao final do EED, um bólus de esmolol endovenoso (2 a 5 mg) era administrado, para reduzir a FC para aproximadamente 100 bpm, sendo o EED concluído com o estágio de recuperação.^{20,21,28,29}

O VE foi dividido em 16 segmentos, verificando-se, na pontuação para contração de cada segmento, os padrões: 1 ponto se normal; 2, hipocinético; 3, acinético; ou 4, discinético. No cálculo do índice de escore da contração segmentar, dividiu-se a pontuação obtida por 16.

Análise estatística

Os dados observados neste estudo são medidas repetidas, em uma sequência temporal de dois grupos de pacientes.

As distribuições de variáveis contínuas foram comparadas por meio do teste *t* Student, quando as variáveis eram aproximadamente normais, ou do teste da soma dos postos de Wilcoxon (Mann-Whitney), quando as variáveis não eram aproximadamente normais. Proporções foram comparadas por meio do teste exato de Fisher.

Os dados foram analisados pelo programa computacional Stata/SE, versão 12.1 (StataCorp LP, College station, Tx, USA)

As variabilidades intraobservador e interobservador das medidas de velocidades obtidas nas ATIs foram verificadas por meio do coeficiente de correlação intraclasse, derivado da Análise de Variância (ANOVA). Os resultados foram obtidos do programa *Statistical Package for Social Science* (SPSS), versão 13, utilizando o módulo Reliability Analysis. Considerou-se nível de significância $p < 0,05$.

Resultados

Dentre os 58 pacientes inicialmente incluídos no estudo, cinco deles (dois no Grupo I) foram excluídos em etapa posterior. Um caso apresentou fibrilação atrial persistente; outro, derrame pericárdico atribuído à síndrome pós-pericardiotomia; um foi perdido no acompanhamento; e os outros dois se recusaram a permanecer no estudo. Assim, um total de 53 pacientes compôs a amostra final da pesquisa, formando o grupo de 25 pacientes com ligadura dos importantes ramos proximais, chamado Grupo I, e o Grupo II foi composto por 28 pacientes sem ligadura de ramos.

As características clínicas e ecocardiográficas dos pacientes estão na tabela 1. Os grupos não diferiram quanto a idade média, sexo, terapia medicamentosa para controle dos fatores de risco cardiovascular, histórico de angina instável ou infarto agudo do miocárdio. A hemoglobina média dos Grupos I e II foi similar ($11,6 \pm 1,4$ g/dL vs. $11,5 \pm 1$ g/dL; $p = 0,673$), e todos os pacientes apresentavam creatinina sérica $< 1,3$ mg/dL. A FEVE estava preservada nos grupos, e não houve diferença significativa entre eles, assim como não houve quanto ao volume atrial esquerdo, à massa indexada e à função diastólica do VE.

Durante a avaliação realizada no POP ($4,6 \pm 1,5$ dias após a RM), o ecocardiograma evidenciou função sistólica global do VE preservada, e nenhum paciente apresentava complicação. A contração segmentar estava normal, inclusive nos três casos com hipocinesia da parede anterior do VE no PRE.

No POT6M, a avaliação em condição basal e durante o EED não mostrou diferença entre os grupos quanto a FC, pressão arterial sistólica, pressão arterial diastólica, duplo produto e índice de escore da contração segmentar (Tabela 2). Os grupos também foram similares quanto às doses cumulativas de dobutamina e atropina administradas durante o EED, sendo a FC submáxima alcançada em todos os casos. Um paciente em cada grupo desenvolveu anormalidade contrátil do VE compatível com isquemia, mas, em ambos os casos, apenas

Tabela 1 – Características clínicas e ecocardiográficas pré-operatórias dos pacientes nos grupos

Variável	Grupo I	Grupo II	Valor de p
Pacientes, n	25	28	
Idade, anos	56,48 ± 9,53	57,21 ± 9,97	ns
Homens	17 (68)	18 (64)	ns
Terapia			
Hipoglicemiante	9 (36)	15 (54)	ns
Estatina	24 (96)	24 (86)	ns
AAS	21 (84)	27 (96)	ns
Betabloqueador	22 (88)	19 (68)	ns
IECA/ARA	18 (72)	22 (79)	ns
Nitrato	11 (44)	10 (36)	ns
Diurético	5 (20)	7 (25)	ns
Antagonista do cálcio	4 (16)	5 (18)	ns
Infarto agudo do miocárdio	8 (32)	6 (21,4)	ns
Angina instável	17 (68)	22(78,6)	ns
FEVE, %	64,2 ± 8,2	66,4 ± 8,8	ns
Volume do AE, mL/m ²	24,2 ± 8,1	24,3 ± 10,4	ns
IMVE, g/m ²	142 ± 39,3	148 ± 32,5	ns
Doppler mitral			
Onda E, (m/s)	0,67 ± 0,15	0,68 ± 0,17	ns
Relação E/A	0,92 ± 0,35	0,98 ± 0,26	ns
Relação E/ e'	10,4 ± 6,02	9,98 ± 5,38	ns

Resultados expressos no n, média ± desvio padrão e n (%). ns: não significativo; AAS: ácido acetilsalicílico; IECA: inibidor da enzima conversora da angiotensina; ARA: antagonista do receptor da angiotensina; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; AE: átrio esquerdo; IMVE: índice de massa do ventrículo esquerdo.

Tabela 2 – Médias das medidas hemodinâmicas e ecocardiográficas após 6 meses de evolução em condição basal e sob estresse com dobutamina

Variável	Grupo I	Grupo II	Valor de p
Frequência cardíaca, bpm			
Repouso	70 ± 12	72 ± 11	ns
EED	155 ± 11	151 ± 7	ns
Pressão arterial sistólica, mmHg			
Repouso	138 ± 25	132 ± 18	ns
EED	162 ± 28	163 ± 35	ns
Pressão arterial diastólica, mmHg			
Repouso	85 ± 7	81 ± 6	ns
EED	82 ± 9	85 ± 12	ns
Duplo produto			
Repouso	9,591 ± 2,249	9,620 ± 2,404	ns
EED	24,983 ± 4,519	24,796 ± 5,726	ns
IECS			
Repouso	1,05 ± 0,09	1,06 ± 0,14	ns
EED	1,04 ± 0,08	1,05 ± 0,14	ns

Resultados expressos em média ± desvio padrão. EED: ecocardiograma sob estresse com dobutamina; IECS: índice de escore da contração segmentar.

a parede inferior foi comprometida. Outras alterações foram ectopias (ventriculares e supraventriculares) isoladas (15% dos casos) e um caso de taquicardia supraventricular em cada grupo e com resolução espontânea. Não houve óbito, infarto do miocárdio ou qualquer complicação maior em nenhum paciente.

Na verificação da reprodutibilidade, as medidas das velocidades foram repetidas em dez pacientes de cada grupo (selecionados aleatoriamente), com intervalo mínimo de 3 meses entre elas. Os coeficientes de correlação intraclassa para PVD, PVS, VMD e VMS indicaram alta concordância intraobservador e interobservador (Tabela 3).

As Figuras 2 e 3 ilustram o Doppler da ATI nos distintos momentos do estudo, evidenciando as modificações nas velocidades sistólicas e diastólicas em pacientes dos Grupos I e II.

As velocidades no fluxo da ATI foram medidas no PRÉ, POP e POT6M em todos os pacientes. As modificações das velocidades durante o estudo podem ser verificadas na Figura 4. No PRÉ, não havia diferença entre as velocidades dos grupos. No POP houve aumento das velocidades diastólicas ($p < 0,05$) e diminuição das sistólicas ($p < 0,05$), sendo que a única diferença entre os grupos ocorreu na VMS (Grupo II > Grupo I; $p < 0,05$). Durante os 6 meses de pós-operatório, não houve modificação nas velocidades sistólicas nem na VMD. Todavia, houve diminuição do PVD nos grupos ($p < 0,05$), mas sem diferença entre eles. Durante o EED, as velocidades diastólicas aumentaram nos grupos ($p < 0,05$), mas não diferiram entre ambos. No entanto, durante o EED, as velocidades sistólicas aumentaram apenas no Grupo II (Grupo II > Grupo I; $p < 0,05$).

Tabela 3 – Coeficiente de correlação intraclassa (CCI) de medidas efetuadas na artéria torácica interna por dois observadores

Variáveis	Avaliador 1 vs. avaliador 1		Primeiro vs. segundo avaliador	
	CCI	IC95%	CCI	IC95%
Velocidade média sistólica	0,990	(0,976-0,996)	0,993	(0,982-0,997)
Velocidade média diastólica	0,998	(0,994-0,999)	0,996	(0,990-0,998)
Pico de velocidade sistólica	0,997	(0,992-0,999)	0,999	(0,997-1,000)
Pico de velocidade diastólica	0,996	(0,990-0,998)	0,999	(0,997-0,999)

IC95%: intervalo de confiança de 95%.

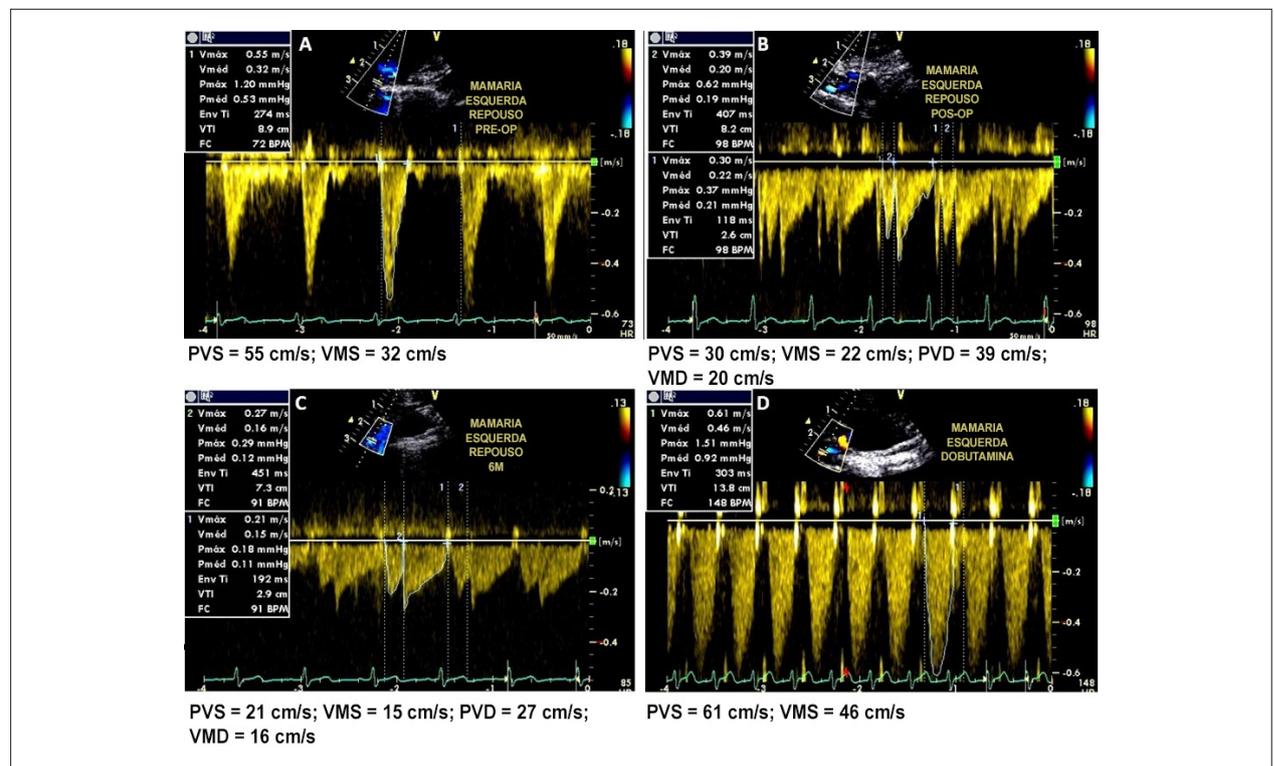


Figura 2 – Paciente do Grupo I com ligadura dos grandes ramos. O Doppler da artéria torácica interna mostra velocidades apenas sistólicas no pré-operatório (A), maiores velocidades diastólicas no pós-operatório (B e C), e apenas velocidades diastólicas durante o estresse com dobutamina (D). PVS: pico de velocidade sistólica; VMS: velocidade média sistólica; PVD: pico de velocidade diastólica; VMD: velocidade média diastólica.

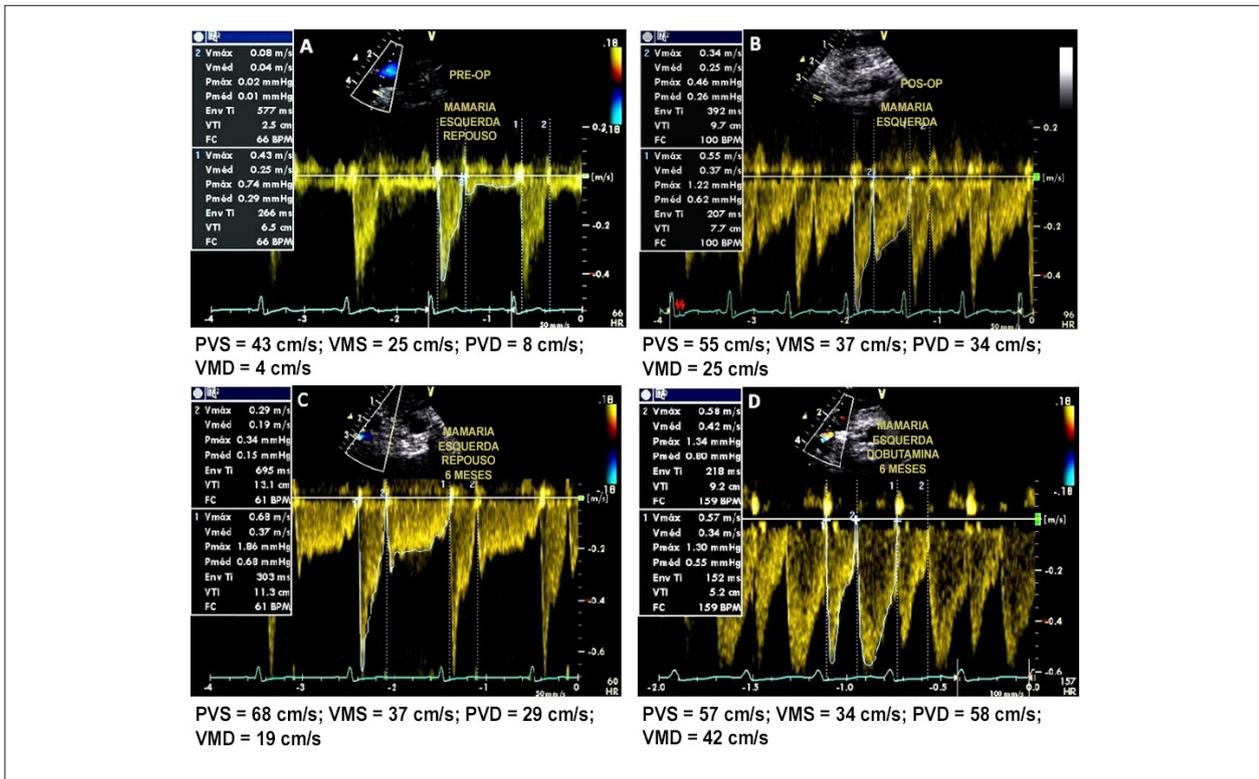


Figura 3 – Paciente do Grupo II sem ligadura dos grandes ramos. O Doppler da artéria torácica interna mostra amplo predomínio das velocidades sistólicas no pré-operatório (A). No pós-operatório precoce (B) e após 6 meses (C), não se observa predomínio de velocidade diastólica neste caso, mas, durante o estresse com dobutamina, tanto o pico como a velocidade diastólica média são predominantes (D). PVS: pico de velocidade sistólica; VMS: velocidade média sistólica; PVD: pico de velocidade diastólica; VMD: velocidade média diastólica.

O estado funcional das ATIs verificado por meio da RVFC (Figura 5) não evidenciou diferença entre os Grupos I e II, quando avaliado com o PVD ($2,17 \pm 0,64$ vs. $2,28 \pm 0,63$; $p = 0,537$) ou com a VMD ($2,27 \pm 0,54$ vs. $2,5 \pm 0,79$).

Discussão

A patência de longo prazo e a capacidade de a ATI adaptar-se às necessidades do leito coronariano subjacente são condições que contribuem de forma importante para indicá-la como o enxerto coronariano preferencial.¹⁻⁷

O predomínio de fluxo sistólico verificado na ATI *in situ* no PRE tende a modificar para diastólico após seu enxerto no sistema coronariano esquerdo, caracterizando padrão híbrido de sua adaptabilidade.^{4,11-14} Podemos verificar esta dinâmica de fluxo de forma rápida e fácil por meio da ATI a nível proximal, denotando excelente exequibilidade (93% a 98%), mesmo quando a FC está elevada.^{12, 30-33}

A ligadura dos importantes ramos proximais da ATI antes de anastomosá-la na ADA determina modificação adicional no fluxo do enxerto.¹⁸ Nosso estudo foi pioneiro em analisar os efeitos nas velocidades do fluxo da ATI enxertada após esta ligadura, tanto em condição basal como durante o EED.

Modificações ocorridas do pré-operatório para o pós-operatório precoce

As modificações nas velocidades de fluxo da ATI verificadas do PRÉ para o POP em ambos os grupos foram acentuadas e distintas, em decorrência da condição híbrida do enxerto, determinando a exacerbação da velocidade diastólica, concomitante à redução da sistólica. Entretanto, parte desta modificação pode ter decorrido da hiperemia reativa, que se observa no fluxo após uma toracotomia.³⁴ As velocidades diastólicas e a VMS não diferiram entre os grupos. Porém, diferiram quanto ao PVS, e este foi menor no GI. Esta condição pode ser relevante para o caso de um pesquisador utilizar a relação entre o PVS e o PVD, quando do estudo da ATI após anastomose na ADA.^{32,35}

Modificações das velocidades ocorridas do pós-operatório precoce para a avaliação de 6 meses em condição basal

Enquanto no POP, as modificações nas velocidades do fluxo da ATI foram acentuadas, constatou-se que, deste momento até o exame realizado 6 meses após a RM em condição basal, as variações nas medidas foram menos expressivas. A única modificação foi a redução do PVD dos grupos. Como a RVFC é uma razão entre velocidades diastólicas (estresse/repouso), um menor PVD basal pode propiciar a obtenção de valor mais elevado de reserva coronariana.

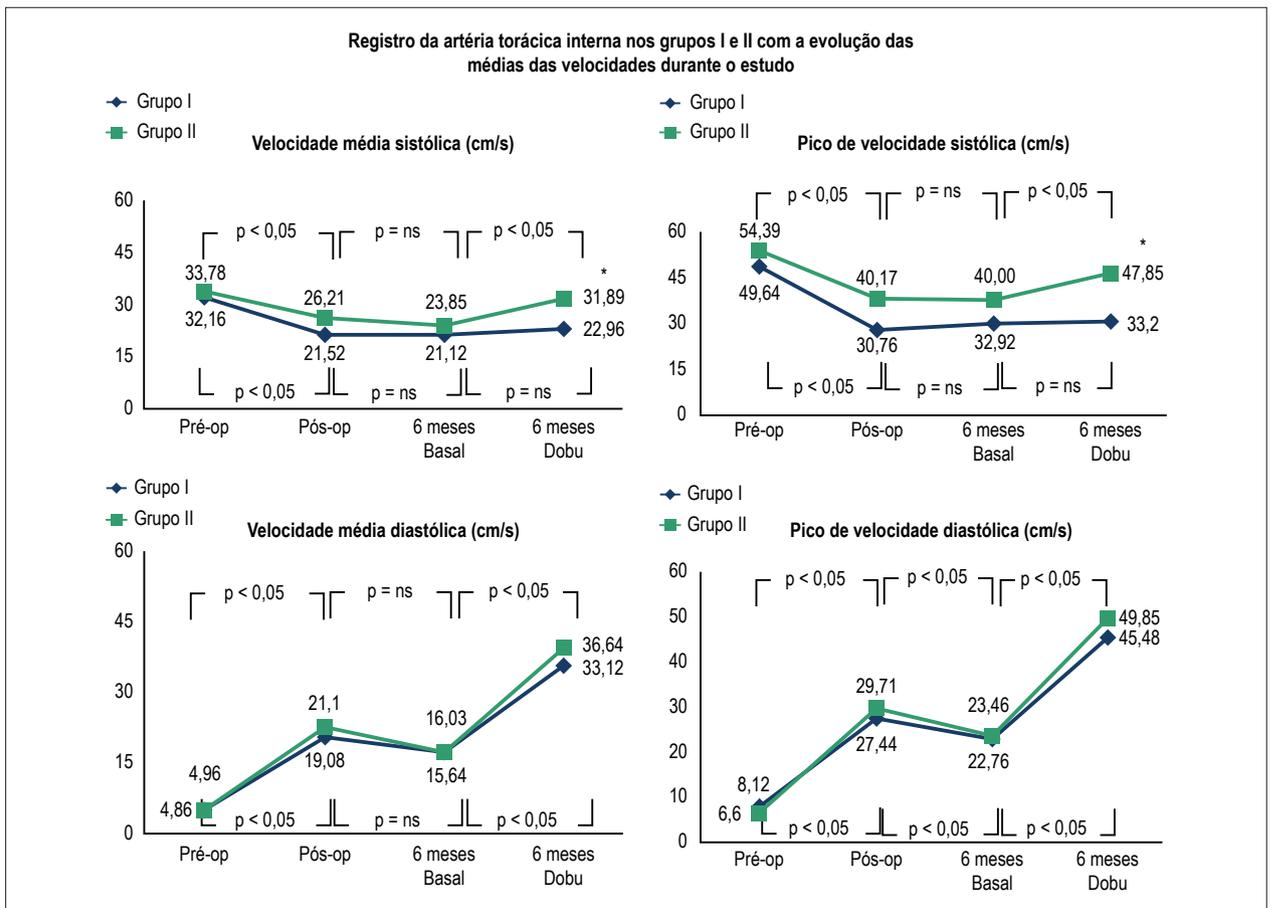


Figura 4 - Registros da artéria torácica interna nos Grupos I e II com a evolução das médias das velocidades durante o estudo. No pré-operatório (Pré-op), no pós-operatório precoce (Pós-op), 6 meses após a cirurgia no exame em condição basal (6 meses basal) e durante o estresse com dobutamina (6 meses dobu). ns: não significativo.

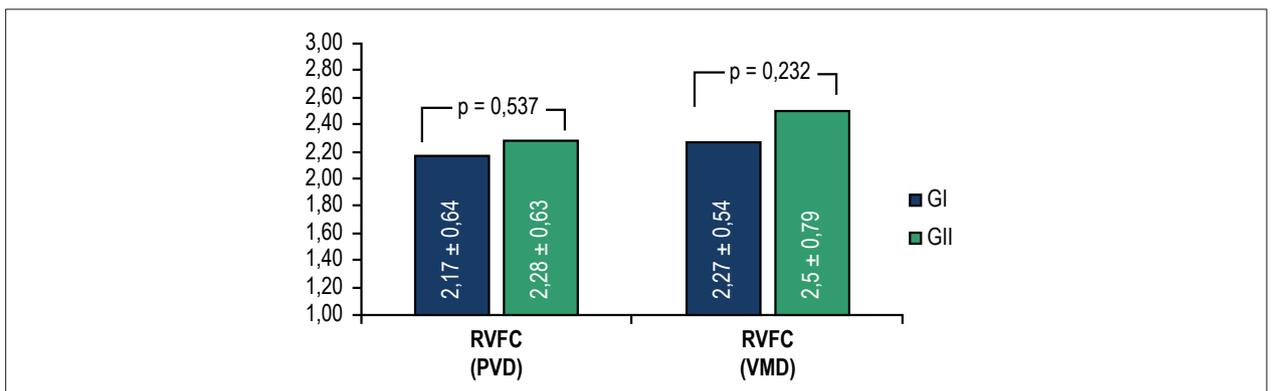


Figura 5 - Reserva de velocidade de fluxo coronariano (RVFC) calculada com o pico de velocidade diastólica (PVD) e com a velocidade média diastólica (VMD).

Modificações das velocidades ocorridas da condição basal para o estresse, na avaliação de 6 meses após a cirurgia.

No POT6M, o enxerto está mais adaptado e, por conseguinte, um estímulo hiperêmico permite obter, por meio da ATI, a RVFC que represente seu estado funcional.^{15,16,36,37} Da condição basal para o estresse, observou-se aumento similar das velocidades diastólicas nos

grupos, determinando que a RVFC, calculada com o PVD ou a VMD, não fosse diferente entre os grupos com ou sem a ligadura dos ramos da ATI.

Quanto às velocidades sistólicas, as modificações foram decorrentes de aumento significativo apenas no Grupo II. Esta observação constata que a ligadura dos ramos da ATI é condição limitante para o aumento do componente sistólico

da velocidade. Foi interessante verificar que em cinco pacientes (quatro no Grupo I) ocorreu total supressão das velocidades sistólicas durante o EED.

Considerações finais

No presente estudo procuramos minimizar os vieses de confusão para a avaliação das velocidades de fluxo da ATI, com ou sem a ligadura de ramo. Além do bom leito distal da ADA, a estenose proximal da artéria nativa maior que 75% reduz a possibilidade de competição de fluxo com a ATI,^{4,38} o que evita subestimar o cálculo e a acurácia da RVFC obtida da ATI, fato ocorrido na publicação de Pizzuto et al.,⁷ na qual constatou-se elevado número de pacientes apresentando estenose proximal da ADA entre 20% e 60%.

Em conformidade com os critérios estabelecidos, o índice de escore da contração sementar basal foi baixo durante todo o estudo, e não houve evidência de isquemia da parede anterior no pós-operatório. Os valores dos duplos produtos foram similares e expressaram o grande aumento das demandas metabólicas durante o estresse, de forma que todos os pacientes atingiram a FC submáxima, sem diferença entre a RVFC dos grupos.

Segundo Van Son et al.,³⁴ a hiperemia reativa praticamente não existe 6 meses após toracotomia, de maneira que, assim como em outros artigos,^{16,17} consideramos este período adequado para avaliar a reserva coronária. O endotélio íntegro pode modular o tônus vasomotor da ATI. Isto pode ocorrer em resposta à mudança no fluxo sanguíneo e ao estresse longitudinal, efetuado no endotélio pelo fluxo laminar com velocidade elevada, favorecendo a remodelação vascular e a liberação de óxido nítrico. Estas modificações são importantes para determinar velocidades basais menores, sugerindo adaptação para menor demanda metabólica e propiciando a obtenção de uma maior reserva coronariana.^{15,16,36,37,39}

Em trabalho que avaliou a ATI anastomosada (sem considerar a questão dos ramos) em nível supraclavicular durante o EED, a curva Característica de Operação do Receptor (COR) mostrou que o ponto de corte para RVFC $\geq 1,8$ conferiu boa acurácia na identificação dos enxertos com estado funcional adequado, embora constatasse, em 20% dos casos, a ocorrência de RVFC $< 1,8$ – na ausência de lesão do conduto ATI-ADA.²⁶

Dentre os 53 pacientes do nosso estudo, 26% deles denotaram RVFC $< 1,8$, ocorrendo sete casos em cada grupo. Foi constatado que estes 14 casos apresentavam o PVD basal médio (27,1 cm/s) acima do PVD basal médio do Grupo I (22,76 cm/s) e do Grupo II (23,46 cm/s), bem como o PVD médio durante o estresse (42,36 cm/s) menor que no Grupo I (45,48 cm/s) e no Grupo II (49,86 cm/s), o que pode explicar a ocorrência de menores valores de RVFC, mas não necessariamente estenose da ATI.

Quando se determina hiperemia com vasodilatadores, como a adenosina ou dipiridamol, constatam-se aumentos expressivos, tanto no componente sistólico como no diastólico do fluxo da ATI anastomosada. Todavia, além do significativo efeito vasodilatador da dobutamina, esta também apresenta acentuado efeito inotrópico positivo, o que, concomitante ao adicional incremento da FC determinado pela associação com

a atropina, pode acarretar a inibição ou até a total supressão do componente sistólico do fluxo.^{11,26,40,41}

Dos 53 casos estudados, cinco (9,4%) apresentaram total supressão do componente sistólico durante o EED, e todos ocorreram com níveis de FC submáxima, sendo quatro casos no Grupo I. A supressão do componente sistólico do fluxo não impediu a elevada demanda metabólica do miocárdio, considerando-se o duplo produto obtido. Isto sugere que, nas circunstâncias do nosso estudo, o componente sistólico do fluxo é dispensável para a manutenção de uma boa performance miocárdica, considerando o critério da resposta contrátil preservada com FC elevada.

As concordâncias intraobservador e interobservador das medidas das velocidades do fluxo da ATI, em nosso estudo, foram elevadas, assim como as de outras publicações,^{30,35,42} tornando nossos achados altamente reprodutíveis e representativos do que, de fato, ocorre na circulação coronária após a RM nas duas estratégias cirúrgicas estudadas.

Limitações

Uma amostra com maior número de casos poderia ser mais elucidativa, ainda que nossa amostra tenha sido maior do que a apresentada em outros estudos não invasivos efetuados para avaliar o efeito dos ramos na ATI anastomosada.

Durante o Doppler da ATI, não efetuamos a correção de ângulo, mas isto perde relevância, em virtude de termos utilizado a mesma estratégia para os dois grupos.

Não podemos descartar a possibilidade de que algum EED tenha apresentado resultado falso-negativo para isquemia miocárdica, por não atingir a FC máxima. Contudo, as diretrizes estabelecem que atingir a FC submáxima corrobora a elevada acurácia da metodologia.

Conclusão

Em pacientes com fração de ejeção do ventrículo esquerdo preservada, a ligadura dos grandes ramos da artéria torácica interna anastomosada na artéria coronária descendente anterior não compromete à reserva de velocidade de fluxo coronariano, mas determina limitação no aumento das velocidades sistólicas. A total supressão das velocidades sistólicas da artéria torácica interna anastomosada pode ocorrer na ausência de alterações isquêmicas durante o ecocardiograma sob estresse com dobutamina.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio do Hospital Prontocárdio nesta pesquisa.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Abreu JS; Obtenção de dados: Abreu JS, Pinheiro TCD, JA Feitosa; Análise e interpretação dos dados: Abreu JS, Farias AGLP, Carneiro MM, Falcão SNR, Redação do manuscrito: Abreu JS, Abreu MEB; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Abreu JS, Falcão SNR.

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de tese de doutorado apresentado à Universidade de São Paulo.

Referências

1. Cameron A, Davis KB, Green G, Schaff HV. Coronary bypass surgery with internal-thoracic-artery grafts - Effects on survival over a 15-year period. *N Engl J Med*. 1996;334(4):216-9.
2. Singh R, Sosa J. Internal mammary artery: a "live" conduit for coronary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1984;87(6):936.
3. Singh RN, Beg RA, Kay EB. Physiological adaptability: the secret of success of the internal mammary artery grafts. *Ann Thorac Surg*. 1986;41(3):247-50.
4. Nasu M, Takagi T, Akasaka T, Shinkai M, Fujiwara H, Sono J, et al. Non-invasive Doppler technique for detection of flow velocity in left internal mammary artery grafts. *Cardiovasc Surg*. 1994;2(2):207-11.
5. Maudiere A, Lacroix P, Cornu E, Aboyans V, Laskar M, Bensaid J, et al. Postoperative transparietal Doppler ultrasonographic study of the internal mammary artery graft flow with respect to quality of the underlying myocardium. *Arch Mal Coeur Vaiss*. 1996;89(11):1343.
6. Mansur AP, Armaganjian D, Amino JG, Sousa AC, Simão AF, Brito AX et al; Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretrizes para a cirurgia de revascularização do miocárdio. *Arq Bras Cardiol*. 2004;82:1-20.
7. Pizzuto F, Voci P, Mariano E, Puddu PE, Aprile A, Romeo F. Evaluation of flow in the left anterior descending coronary artery but not in the left internal mammary artery graft predicts significant stenosis of the arterial conduit. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45(3):424-32.
8. Behranwala AA, Raja SG, Dunning J. Is skeletonised internal mammary harvest better than pedicled internal mammary harvest for patients undergoing coronary artery bypass grafting? *Interact CardioVasc Thorac Surg*. 2005;4(6):577-82.
9. Luise R, Teodori C, Di Giammarco G, D'Annunzio E, Paloscia L, Barsotti A, et al. Persistence of mammary artery branches and blood supply to the left anterior descending artery. *Ann Thorac Surg*. 1997;63(6):1759-64.
10. Sanghvi AB, Fernandez JFD, Menchero AEG. Transradial Occlusion of a Large Intercostal Branch of a Left Internal Mammary Artery Graft with the Novel Amplatzer Vascular Plug 4 Using a 4 French Diagnostic Catheter: Treatment of Coronary Steal Phenomenon. *J Invas Cardiol*. 2011;23:E113-E6.
11. Krams R, Sipkema P, Zegers J, Westerhof N. Contractility is the main determinant of coronary systolic flow impediment. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 1989;257(6):H1936-H44.
12. Krijne R, Lyttwin RM, Holtgen R, Heinrich KW, Marx R, Sons H. Combined two-dimensional and Doppler echographic examination of internal mammary artery grafts from the supraclavicular fossa. *Int J Cardiol*. 1992;37(1):61-4.
13. Bach RG, Kern MJ, Donohue TJ, Aguirre FV, Caracciolo EA. Comparison of phasic blood flow velocity characteristics of arterial and venous coronary artery bypass conduits. *Circulation*. 1993;88(5 II):133-40.
14. Cartier R, Dias OS, Pellerin M, Hebert Y, Leclerc Y. Changing flow pattern of the internal thoracic artery undergoing coronary bypass grafting: continuous-wave Doppler assessment. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1996;112(1):52-8.
15. Akasaka T, Yoshikawa J, Yoshida K, Maeda K, Hozumi T, Nasu M, et al. Flow capacity of internal mammary artery grafts: early restriction and later improvement assessed by Doppler guide wire: comparison with saphenous vein grafts. *J Am Coll Cardiol*. 1995;25(3):640-7.
16. De Paulis R, Tomai F, Gaspardone A, Colagrande L, Nardi P, Ghini A, et al. Coronary flow reserve early and late after minimally invasive coronary artery bypass grafting in patients with totally occluded left anterior descending coronary artery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1999;118(4):604-9.
17. Ichikawa Y, Kajiwara H, Noishiki Y, Yamazaki I, Yamamoto K, Kosuge T, et al. Flow dynamics in internal thoracic artery grafts 10 years after coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg*. 2002;73(1):131-7.
18. Abreu JS, Tsutsui JM, Falcão SNR, Feitosa JA, Rocha EA, Oliveira ÍM, et al. The impact of ligation of proximal side branches on blood flow and functional status of the internal thoracic artery in coronary anastomosis. *Echocardiography*. 2016;33(11):1656-64.
19. Mathias W, Arruda A, Santos FC, Arruda AL, Mattos E, Osório A, et al. Safety of dobutamine-atropine stress echocardiography: a prospective experience of 4033 consecutive studies. *J Am Soc Echocardiogr*. 1999;12(10):785-91.
20. Abreu JSd, Diógenes TCP, Farias AGLP, Morais JMBd, Paes Júnior JN. Safety and feasibility of dobutamine-atropine stress echocardiography in octogenarian patients. *Arq Bras Cardiol*. 2005;85(3):198-204.
21. Vieira MLC CA, Rabischoffsky, Gimenes VML. Recomendações da Sociedade Americana de Ecocardiografia para a realização, interpretação e aplicação da ecocardiografia de estresse. *Rev Bras Ecocardiogr Imagem Cardiovasc*. 2013;26(4):242-26.
22. Saraste M, Koskenvuo J, Knuuti J, Toikka J, 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(1):114-22.
23. Abreu J, Diógenes T, Morais J, Barreto J, Lobo Fo J, Paes Jr J. Avaliação da patência da mamária interna enxertada pelo ecodoppler com e sem uso de dobutamina. *Arq Bras Cardiol*. 1997;69(supl I):119.
24. Arruda A, Campos Filho O, Ribeiro E, Petrizo A, Andrade JL, Carvalho A, et al. Avaliação da anastomose de artéria torácica intrna esquerda com artéria interventricular anterior pela ecodopplercardiografia; Evaluation of left internal thoracic artery anastomosis with left anterior descending coronary artery by Doppler echocardiography. *Arq Bras Cardiol*. 1997;69(6):413-9.
25. Osório AFF, Tsutsui JM, Kowatsch I, Guerra VC, Ramires JAF, Lemos PA, et al. Evaluation of blood flow reserve in left anterior descending coronary artery territory by quantitative myocardial contrast and Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007;20(6):709-16.
26. Abreu JS, Diógenes TCP, Abreu ALC, Barreto JEF, Morais JMB, Abreu MEB, et al. Internal thoracic artery graft (ITAG): patency and functional status at rest and during dobutamine-stress echocardiography. *Arq Bras Cardiol*. 2008;90(1):37-45.
27. Abreu JSd, Lima JWO, Diógenes TCP, Siqueira JM, Pimentel NL, Gomes Neto PS, et al. Coronary flow velocity reserve during dobutamine stress echocardiography. *Arq Bras Cardiol*. 2014;102(2):134-42.

28. Pellikka PA, Nagueh SF, Elhendy AA, Kuehl CA, Sawada SG. American Society of Echocardiography recommendations for performance, interpretation, and application of stress echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2007;20(9):1021-41.
29. Mathias W, Tsutsui JM, Andrade JL, Kowatsch I, Lemos PA, Leal SM, et al. Value of rapid beta-blocker injection at peak dobutamine-atropine stress echocardiography for detection of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol.* 2003;41(9):1583-9.
30. 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(4):424-31.
31. Pezzano MD A, Fusco MD R, Child MD M, Riccobono MD S, Milazzo MD A, Recalcati MD F, et al. Assessment of Left Internal Mammary Artery Grafts Using $< i > < /i >$ Dipyridamole $< /i >$ Doppler Echocardiography. *Am J Cardiol.* 1997;80(12):1603-6.
32. Rombaut E, Vantrimpont P, Gurne O, Chenu P, Schroeder E, Buche M, et al. Noninvasive functional assessment of left internal mammary artery grafts by transcutaneous Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 1998;11(5):403-8.
33. Madaric J, Mistrik A, Riečanský I, Vulev I, Pacak J, Verhamme K, et al. Left internal mammary artery bypass dysfunction after revascularization of moderately narrowed coronary lesions. Colour-duplex ultrasound versus angiography study. *Eur J Echocardiogr.* 2008;9(2):273-7.
34. Van Son JA, Skotnicki SH, Folmer HA, van Asten WN. Reactive hyperemia in the nonused internal mammary artery after median sternotomy. *Ann Thorac Surg.* 1992;54(1):130-3.
35. Mizukami N, Kisanuki A, Hamasaki S, Takasaki K, Yuasa T, Kuwahara E, et al. Different flow patterns between left and right internal thoracic artery grafts influence the evaluation of severe graft stenosis by transthoracic Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24(7):768-74.
36. Hanet C, Schroeder E, Michel X, Cosyns J, Dion R, Verhelst R, et al. Flow-induced vasomotor response to tachycardia of the human internal mammary artery and saphenous vein grafts late following bypass surgery. *Circulation.* 1991;84(5 Suppl):III268.
37. Resnick N, Yahav H, Shay-Salit A, Shushy M, Schubert S, Zilberman LCM, et al. Fluid shear stress and the vascular endothelium: For better and for worse. *Prog Biophys Mol Biol.* 2003;81(3):177-99.
38. Kawasuji M, Sakakibara N, Takemura H, Tedoriya T, Ushijima T, Watanabe Y. Is internal thoracic artery grafting suitable for a moderately stenotic coronary artery? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1996;112(2):253-9.
39. Gurné O, Chenu P, Polidori C, Louagie Y, Buche M, Haxhe JP, et al. Functional evaluation of internal mammary artery bypass grafts in the early and late postoperative periods. *J Am Coll Cardiol.* 1995;25(5):1120-8.
40. Tadamura E, Iida H, Matsumoto K, Mamede M, Kubo S, Toyoda H, et al. Comparison of myocardial blood flow during dobutamine-atropine infusion with that after dipyridamole administration in normal men. *J Am Coll Cardiol.* 2001;37(1):130-6.
41. Meimoun P, Sayah S, Tcheuffa JC, Benali T, Luyck-Bore A, Levy F, et al. Transthoracic coronary flow velocity reserve assessment: comparison between adenosine and dobutamine. *J Am Soc Echocardiogr.* 2006;19(10):1220-8.
42. Hartman JM, Kelder HC, Ackerstaff RGA, Swieten HA, Vermeulen FEE, Bogers AJC. Preserved hyperaemic response in supraclavicular ultrasonography demonstrates function on demand of the LIMA to LAD string sign graft after CABG. *J Cardiovasc Surg.* 2007;48(1):59-66.