

Cirurgia de Revascularização Miocárdica: Uso de Enxerto Bilateral de Artéria Torácica Interna sem Circulação Extracorpórea

Surgical Myocardial Revascularization: Off-Pump Use of Bilateral Internal Thoracic Artery Grafting

Walter José Gomes, Rodrigo P. Paez, Francisco A. Alves

Hospital Geral de Pirajussara, OSS/SPDM - Taboão da Serra, SP - Brasil

Resumo

Fundamento: Avanços na cirurgia de revascularização miocárdica (RM) introduziram benefícios adicionais, como a técnica sem uso da circulação extracorpórea (CEC) e a utilização do enxerto bilateral de artéria torácica interna (ATI). A cirurgia de RM sem uso da CEC tem sido associada a melhora dos resultados imediatos e a redução da incidência de complicações perioperatórias, e o uso bilateral de enxertos de ATI oferece aumento de sobrevida e redução de eventos cardiovasculares a longo prazo.

Objetivo: Apresentar a experiência inicial com o emprego combinado desses avanços na cirurgia de RM.

Métodos: Foram estudados 35 pacientes consecutivos submetidos a RM sem CEC, com enxertos bilaterais de ATIs, sendo a ATI esquerda dirigida para a artéria descendente anterior e a ATI direita anastomosada aos ramos da artéria circunflexa. As co-morbidades predominantes foram infarto do miocárdio prévio em 71,4% dos pacientes, diabetes melito em 34,2% e insuficiência renal em 14,2%.

Resultados: Nenhum paciente apresentou alteração do eletrocardiograma ou elevação enzimática no pós-operatório. O número de pontes por paciente variou de 2 a 4 (mediana de 3 pontes/paciente). A permanência hospitalar pós-operatória esteve entre 3 e 12 dias (média de 4,7 ± 1,7 dias). Não houve casos de infecção ou deiscência esternal, mas um paciente apresentou acidente vascular cerebral no quarto dia de pós-operatório e faleceu. A duração do seguimento tardio foi de 4 a 48 meses. Não houve óbitos tardios, 31 pacientes estão assintomáticos e 3 têm angina residual.

Conclusão: A combinação desses avanços técnicos na cirurgia de revascularização cirúrgica mostrou-se eficaz e pode contribuir para a melhora dos benefícios a longo prazo. (Arq Bras Cardiol 2008;90(1):18-23)

Palavras-chave: Revascularização miocárdica, artérias torácicas, circulação extracorpórea.

Summary

Background: Advances in surgical myocardial revascularization (MR) have introduced additional benefits with the off-pump (OP) technique and the use of bilateral internal thoracic artery (ITA) grafting. Off-pump surgical MR has been associated with improved immediate outcomes and reduced incidence of perioperative complications, and the use of bilateral ITA grafts provides increased survival and decreased cardiovascular events in the long term.

Objective: To present the initial experience with the combined use of these advances in surgical MR.

Methods: A total of 35 consecutive patients undergoing off-pump MR with bilateral ITA grafting were studied; the left ITA was directed toward the anterior descending artery and the right ITA was anastomosed to the circumflex artery branches. The predominant comorbidities were previous myocardial infarction in 71.4% of the patients, diabetes mellitus in 34.2%, and renal failure in 14.2%.

Results: No patients presented electrocardiographic changes or enzyme elevation in the postoperative period. The number of bypasses per patient ranged from two to four (median of three bypasses/patient). Postoperative hospital stay ranged from three to 12 days (mean of 4.7 ± 1.7 days). No cases of sternal dehiscence or infection were observed, but one patient suffered a stroke on the fourth postoperative day and died. Late follow-up lasted from four to 48 months. No late deaths occurred, 31 patients are asymptomatic, and three have residual angina.

Conclusion: The combination of these technical advances in surgical myocardial revascularization proved efficient and able to contribute to improved benefits in the long term. (Arq Bras Cardiol 2008;90(1):18-23)

Key words: Myocardial revascularization; thoracic arteries; extracorporeal circulation.

Full English text available from www.arquivosonline.com.br

Correspondência: Walter José Gomes •

Rua Borges Lagoa, 1080/608 - 04038-002 - São Paulo, SP - Brasil

E-mail: wjgomes@cardiol.br / wjgomes.dcir@epm.br

Artigo recebido em 13/02/07; revisado recebido em 03/05/07; aceito em 04/06/07.

Introdução

A cirurgia de revascularização miocárdica (RM) é o método terapêutico mais eficaz de tratamento da doença arterial coronariana em determinados subgrupos de pacientes, particularmente os de maior risco¹. Avanços na cirurgia de RM introduziram benefícios adicionais, como a técnica sem uso da circulação extracorpórea (CEC) e a utilização do enxerto bilateral de artéria torácica interna (ATI).

A cirurgia de RM sem uso da CEC tem sido associada a melhora dos resultados imediatos e a redução da incidência de complicações perioperatórias²⁻⁴. Ademais, estudos observacionais na última década demonstraram que o uso bilateral de enxertos de ATI oferece benefícios adicionais ao paciente, melhorando os resultados a longo prazo. Há aumento da sobrevida e diminuição do risco de eventos cardiovasculares, quando comparado ao enxerto único de ATI e de veia safena^{5,6}. Esses benefícios são observados quando os enxertos bilaterais de ATI são dirigidos para sistema da artéria coronária esquerda e demonstrados mesmo em pacientes de maior risco, como diabéticos, idosos e aqueles com disfunção ventricular esquerda⁵⁻⁸. Além disso, a introdução da técnica de dissecação eskeletonizada das ATIs permitiu a expansão da utilização de ambos os enxertos de ATI, reduzindo os riscos de complicações infecciosas e de deiscência do esterno^{9,10}.

A combinação dessas técnicas, portanto, pode prover vantagens adicionais ao tratamento cirúrgico, reduzindo a morbidade perioperatória e melhorando os resultados tardios. A seguir é apresentada a experiência inicial com o emprego combinado desses avanços na cirurgia de RM.

Métodos

Pacientes - Nesta série foram analisados 35 pacientes consecutivamente submetidos a cirurgia de RM sem uso de CEC, com utilização de enxertos bilaterais de ATIs, sendo a ATI esquerda dirigida para a artéria descendente anterior (DA) e a ATI direita, passada retroaórtica através do seio transvers, anastomosada aos ramos da artéria circunflexa (Cx). A casuística compreende 28 pacientes do sexo masculino e 7 do sexo feminino, com idade variando entre 41 e 76 anos (média de $56,0 \pm 8,6$ anos). As co-morbidades associadas foram infarto do miocárdio prévio em 25 pacientes (71,4%), diabetes melito em 12 (34,2%), insuficiência renal em 5 (14,2%), sendo 2 em hemodiálise crônica, doença arterial periférica em 3 (8,5%), e cirrose hepática, doença de Chagas e AIDS em um paciente cada (2,8%).

A fração de ejeção, medida por ecocardiografia (método de Teichholz), variou entre 42% e 73% (média de $62,5 \pm 9,4\%$). Todos os pacientes estão em acompanhamento clínico ambulatorial continuado. O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética Institucional.

Técnica - A técnica cirúrgica empregada foi previamente descrita¹¹. Em síntese, no início da operação é realizada expansão plasmática com uso de soluções cristalóides e colóides sintéticos, para otimizar a pré-carga e permitir a estabilidade hemodinâmica nos deslocamentos do coração para exposição das artérias coronárias e realização das anastomoses. Suporte inotrópico, quando necessário, é

obtido com o uso temporário de dobutamina administrada por bombas de infusão. A anticoagulação é feita com heparina em dose para manter o tempo de coagulação ativado acima de 250 segundos.

As operações foram realizadas por esternotomia mediana e ambas as ATIs foram dissecadas de forma eskeletonizada, usando técnica meticulosa para clipagem e secção dos ramos arteriais, desde a origem até a bifurcação. Em todos os casos, a ATI esquerda foi usada para revascularizar a DA e a ATI direita, passada retroaórtica através do seio transvers, foi anastomosada à artéria marginal (fig. 1).

Como estratégia operatória, a ATI esquerda é sempre anastomosada inicialmente à DA e, a seguir, é revascularizada à artéria descendente posterior. Essa seqüência é seguida porque o deslocamento do coração necessário para conseguir a exposição dessas duas artérias é de pequena magnitude e bem tolerado hemodinamicamente. Essas duas artérias revascularizadas e a conseqüente perfusão adequada das paredes anterior e inferior do coração permitem, a seguir, a luxação medial do coração para exposição da parede lateral e anastomose da ATI direita com a artéria marginal. Artérias diagonais foram revascularizadas sempre que possível com enxerto seqüencial de ATI esquerda ou de veia safena (fig. 1). Na revascularização da artéria descendente posterior, foram utilizados enxertos de veia safena ou de artéria gastroepiplóica direita. Em um paciente foi realizada, simultaneamente, plicatura fechada de aneurisma apical de ventrículo esquerdo.

A exposição e a estabilização das artérias coronárias são obtidas com ajuda do estabilizador de sucção Octopus®3 (Medtronic, Inc.), uso do ponto de Lima único e algumas vezes do posicionador Starfish® (Medtronic, Inc.), fixados no afastador OctoBase® (Medtronic, Inc.). Recentemente, na última metade dessa série, tem sido utilizado um sistema de autotransfusão para recuperação intra-operatória de sangue.

Resultados

No intra-operatório, todos os pacientes toleraram bem as manobras de luxação do coração para a construção das anastomoses, com 6 pacientes necessitando suporte inotrópico temporário com dobutamina para realização da anastomose com a artéria marginal. Nenhum paciente apresentou alteração do eletrocardiograma ou elevação enzimática no pós-operatório, assim como também não houve caso que necessitou reexploração mediastinal por sangramento. O número de pontes por paciente variou de 2 a 4, com mediana de 3 pontes/paciente. A ATI esquerda foi usada para revascularização seqüencial da DA e diagonal em 7 pacientes. A artéria gastroepiplóica direita foi usada para revascularizar a artéria descendente posterior em 4 casos, e nos demais foram usados segmentos de veia safena reversa. Não houve infecção ou deiscência esternal, nem complicações pós-operatórias significativas, exceto por um paciente que apresentou acidente vascular cerebral no quarto dia de pós-operatório, evoluindo com grande infarto cerebral e óbito no vigésimo primeiro dia de pós-operatório. Dois pacientes tiveram infecção superficial da incisão para retirada da veia safena. A permanência hospitalar

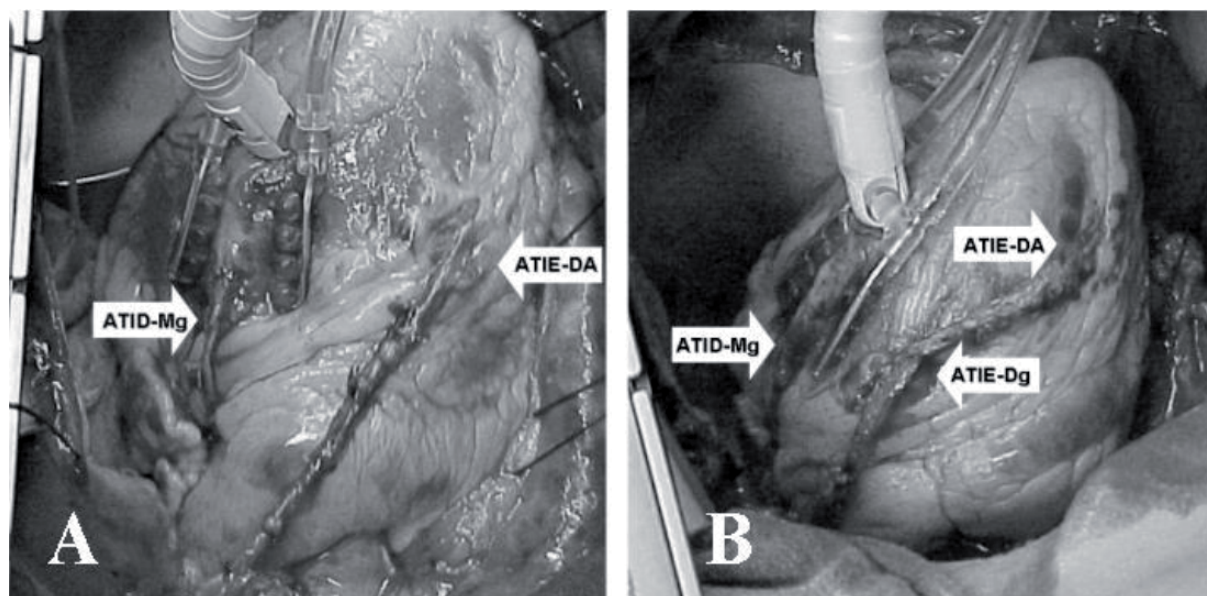


Fig. 1 - A - Imagem demonstrando anastomose da artéria torácica interna esquerda com a artéria coronária descendente anterior e anastomose da artéria torácica interna direita com a artéria marginal. B - A artéria torácica interna esquerda foi usada para revascularizar seqüencialmente a artéria coronária descendente anterior e seu ramo diagonal. ATIE - artéria torácica interna esquerda, DA - artéria coronária descendente anterior, ATID - artéria torácica interna direita, Mg - artéria marginal, Dg - ramo diagonal.

pós-operatória variou entre 3 e 12 dias, com média de $4,7 \pm 1,7$ dias.

O seguimento pós-operatório, de 4 a 48 meses (média de $19,2 \pm 14,3$ meses) de duração, foi completado em todos os pacientes. No período de seguimento, todos os pacientes estão vivos, dos quais 31 estão assintomáticos e 3 permanecem com angina (2 com angina classe II e 1 com angina classe III pela classificação da *Canadian Cardiovascular Society* – CCS). Um paciente foi submetido a angioplastia em decorrência de evolução da doença coronariana em uma artéria não-revascularizada e continua em classe III (CCS). Cinco pacientes foram submetidos a cinecoronariografia pós-operatória, 2

a critério do cardiologista e 3 por queixa de desconforto torácico. No reestudo angiográfico, os enxertos de ATI bilateral estavam pèrvios em todos os casos (fig. 2).

Discussão

As evidências científicas atuais reforçam que a cirurgia de RM é o método mais eficiente de tratamento da doença arterial coronariana em pacientes de maior risco para eventos cardiovasculares¹. Há maior sobrevida com melhor alívio do sintoma anginoso, portanto com melhora da qualidade de vida.

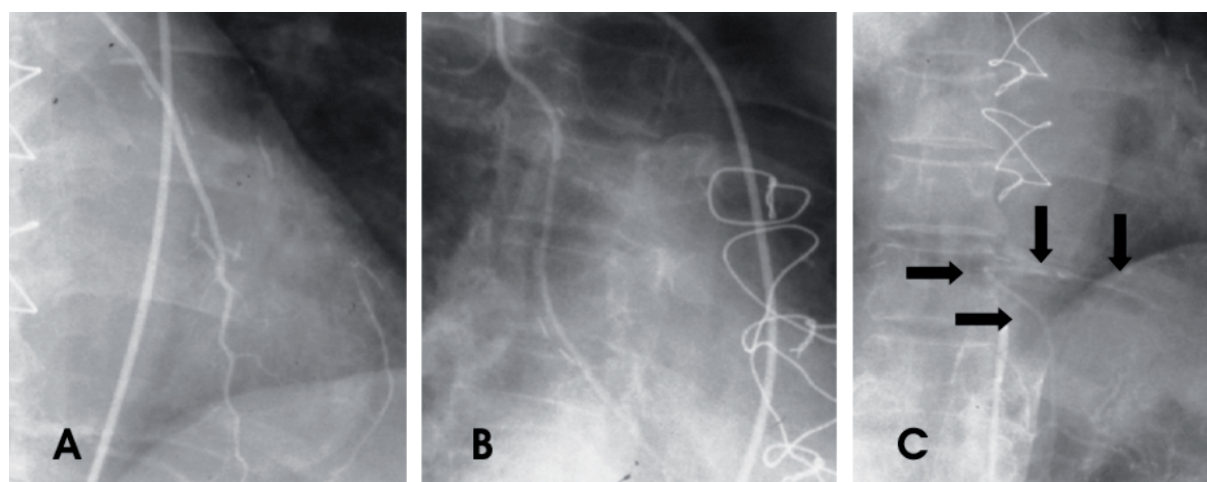


Fig. 2 - Estudo angiográfico pós-operatório demonstrando artéria torácica interna esquerda anastomosada à artéria coronária descendente anterior (A), artéria torácica interna direita anastomosada à artéria marginal (B) e artéria gastroepiplóica direita usada para revascularizar a artéria descendente posterior (indicado pelas setas) (C).

Indubitavelmente, as maiores contribuições na cirurgia de RM nas últimas décadas foram a introdução da técnica sem emprego da CEC e a demonstração dos resultados a longo prazo com o uso da ATI bilateral.

A utilização da CEC é associada a complexa resposta inflamatória sistêmica e alterações neurológicas, que contribuem significativamente para a ocorrência de complicações perioperatórias. Estudos recentes têm demonstrado que a cirurgia de RM sem CEC é segura e eficiente, apresentando redução das complicações imediatas (perioperatórias), quando comparada à técnica com uso da CEC¹²⁻¹⁵. Além de evitar a CEC, há a vantagem de prescindir de pinçamento aórtico total para infusão de cardioplegia. Desde a década de 1990, ocorreu grande mudança na demografia dos pacientes encaminhados para cirurgia de RM, em grande parte relacionada com a idade avançada desse grupo de pacientes. Como consequência, complicações neurológicas passaram a constituir expressivo número das morbidades pós-operatórias. O pinçamento aórtico total tem sido responsabilizado por grande parte das complicações neurológicas observadas no pós-operatório de cirurgia com CEC, em decorrência da embolização de *debris* de ateroma¹⁶.

Séries recentes demonstram que a RM sem CEC melhora significativamente a mortalidade e a morbidade em todos os subgrupos, em especial nos pacientes com maiores fatores de risco operatório¹²⁻¹⁹. Ademais, a permanência hospitalar é reduzida, com menor uso de recursos hospitalares e consequente menor custo, comparativamente à técnica convencional^{17,18}.

Recentemente, em estudo randomizado controlado comparando RM com e sem CEC, foi demonstrado que os pacientes submetidos a técnica sem CEC apresentaram melhor resultado clínico (menor necessidade de transfusão de sangue e redução do tempo de ventilação mecânica), menor permanência hospitalar e melhor função cognitiva, não havendo diferença em relação à patência dos enxertos¹⁹.

A utilização do enxerto bilateral de ATI pode oferecer benefício adicional ao paciente, conferindo maior sobrevida e menor incidência de eventos cardiovasculares, quando comparado ao enxerto de ATI única. Esse significativo aumento da sobrevida ocorre quando ambos os enxertos de ATI são colocados para as artérias do sistema coronariano esquerdo, isto é, a ATI esquerda é anastomosada à DA e a ATI direita é anastomosada aos ramos da Cx (artérias marginais). O efeito do uso de enxertos bilaterais de ATI manifesta-se como aumento médio de sobrevida de 15% em 20 anos^{5,6}.

Esses benefícios se estendem também a pacientes com maior risco, como diabéticos, idosos e com disfunção ventricular esquerda⁵⁻⁸. Particularmente em diabéticos, tem sido evidenciado que o uso bilateral de ATIs melhora a sobrevida a longo prazo e reduz a necessidade de procedimentos de revascularização posteriores^{20,21}. Em nossa experiência, os diabéticos corresponderam a um terço dos pacientes operados.

Mais recentemente, grandes estudos têm confirmado que o enxerto de ATI direita, através do seio transversal e anastomosada aos ramos da Cx, tem excelente patência angiográfica a longo prazo, comparativamente àqueles da

ATI esquerda para a DA²². A técnica do uso da ATI direita direcionada pelo seio transversal para revascularizar a artéria marginal foi proposta por Puig e cols.²³, no início da década de 1980.

Shah e cols.²⁴ estudaram a perviabilidade tardia de enxertos bilaterais de ATI em uma série de 1.434 pacientes. Com seguimento médio de 80 meses, demonstraram que 96,3% dos enxertos de ATIs esquerdas e 90% das ATIs direitas anastomosadas à artéria marginal estavam pervias²⁴. Na mesma experiência, com seguimento médio de 99 meses, 61% dos enxertos de veia safena estavam funcionando²⁵.

Tem sido demonstrado que as propriedades do endotélio da ATI contribuem para essa melhora dos resultados. Os enxertos de ATI promovem maior liberação de óxido nítrico que os enxertos de artéria radial e veia safena²⁶. Isso torna a ATI um “conduto vivo”, capaz de dilatar-se (adaptação do calibre) e, conseqüentemente, aumentar o fluxo sanguíneo, respondendo à demanda do leito coronariano e à área de miocárdio suprido. Ademais, a produção aumentada de óxido nítrico pelo endotélio da ATI tem a capacidade de reduzir e prevenir o processo aterosclerótico do leito distal da artéria coronária revascularizada com esse enxerto²⁷.

A técnica de dissecação esquelotonizada da ATI conforme utilizada nesta série oferece vantagens adicionais. A dissecação convencional como pedículo, em que são retirados em conjunto ATI com fáscia endotorácica, músculo, veia e tecidos periadventíciais, reduz o suprimento sanguíneo para o esterno e pode ser o fator causal de complicações pós-operatórias. Há redução também do aporte sanguíneo dos músculos intercostais e nervo frênico, resultando em maior disfunção respiratória no período pós-operatório^{28,29}.

A dissecação esquelotonizada envolve dissecação meticulosa da ATI, com lesão mínima aos tecidos adjacentes e preservação dos troncos vasculares que mantêm a irrigação esternal³⁰⁻³² (fig. 3). Em consequência, tem sido demonstrado que há diminuição das complicações esternais (infecção e deiscência), melhor preservação da função respiratória e menor incidência de dor e disestesia pós-operatória, o que possibilita a expansão da utilização dessa técnica em pacientes de maior risco, como diabéticos e portadores de insuficiência renal crônica, sem que haja aumento do risco adicional de complicações esternais^{9,10,30}. Outra vantagem da técnica esquelotonizada é que os enxertos de ATI apresentam fluxo sanguíneo mais elevado e com maior comprimento, permitindo a revascularização de mais artéria coronárias, utilizando a técnica seqüencial, como visto na figura 1¹⁰.

Nessa técnica operatória, a ordem da revascularização também é fator determinante do sucesso da cirurgia. A primeira artéria a ser revascularizada foi sempre a DA, seguida da artéria descendente posterior ou diagonal e, por último, os ramos da Cx. Isso se faz necessário porque na luxação do coração para exposição da parede lateral e visualização da artéria marginal os outros segmentos cardíacos precisam estar revascularizados, para compensar a queda do débito cardíaco com o deslocamento do coração.

Outro fator importante para a qualidade técnica desse procedimento é a utilização de estabilizadores. Neste caso foi usado o estabilizador de sucção Octopus®3 (Medtronic, Inc.),

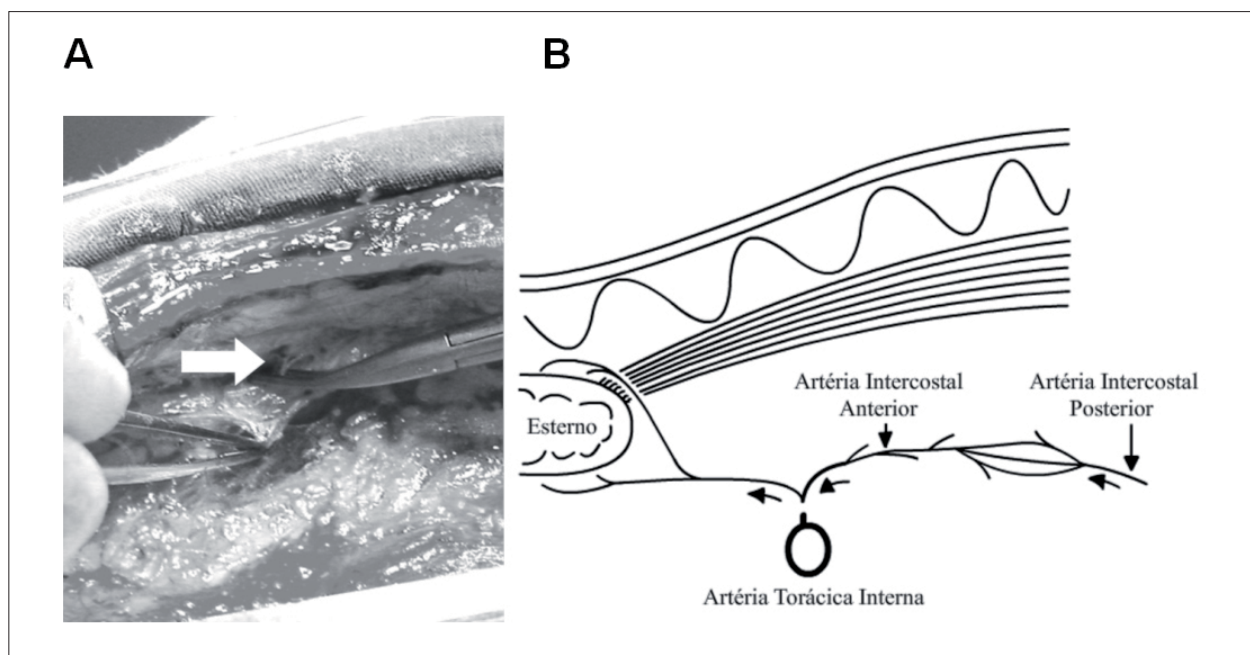


Fig. 3 - A) Ligadura cuidadosa com clipe adjacente ao tronco arterial originando-se da artéria torácica interna esquerda e dividindo-se na artéria intercostal anterior e no ramo esternal. A preservação desse tronco permite manter o fluxo sanguíneo para o esterno após a dissecação da artéria torácica interna. B) Desenho esquemático demonstrando a conexão da artéria intercostal anterior com a posterior, que se origina da aorta e mantém a vascularização continuada do osso esternal após a dissecação da artéria torácica interna.

que possibilita a imobilização da artéria coronária e a realização de anastomoses de melhor qualidade. Recentemente, o uso do sistema posicionador Starfish® (Medtronic, Inc.) tem possibilitado o deslocamento medial do coração, com aparente atenuação das alterações hemodinâmicas.

A artéria gastroepiplóica direita tem sido utilizada para revascularizar os ramos da artéria coronária direita, principalmente a artéria descendente posterior, pelo posicionamento anatômico de suas estruturas. Isso torna possível revascularizar as três artérias coronárias usando somente enxertos arteriais. Hirose e cols.³³ estudaram a patência angiográfica da artéria gastroepiplóica direita e apresentaram resultados de 98,7%, 91,1% e 84,4% em 1, 3 e 5 anos de seguimento, respectivamente.

Um sistema de recuperação intra-operatória de sangue, de execução simples e baixo custo, desenvolvido em nosso serviço, tem permitido a recuperação quase total de sangue durante as cirurgias, reduzindo drasticamente a necessidade de transfusão de sangue homólogo na última metade dos pacientes operados. Transfusão de sangue durante cirurgia de RM tem sido associada a redução significativa de sobrevida a longo prazo³⁴.

Essa casuística inicial demonstra que, em pacientes selecionados, a estratégia de RM sem CEC usando a ATI direita anastomosada para a artéria marginal é possível com sucesso técnico. Ademais, a utilização adicional da artéria gastroepiplóica direita para revascularizar a artéria

descendente posterior torna possível realizar a RM sem CEC usando apenas enxertos arteriais. Em tese, essa estratégia de RM se aproxima do modelo ideal de qualidade, pelo aumento dos benefícios clínicos traduzidos pela superioridade dos enxertos arteriais sobre os venosos e sua utilização sem necessidade de CEC.

Conclusão

Em conclusão, esses avanços técnicos, utilizados combinadamente na cirurgia de revascularização cirúrgica, mostraram-se eficazes e podem contribuir para a melhora dos benefícios a longo prazo.

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

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Referências

1. Fox K, Garcia MAA, Ardissino D, Buszman P, Camici PG, Crea F, et al. Guidelines on the management of stable angina pectoris: executive summary: The Task Force on the Management of Stable Angina Pectoris of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J*. 2006;27(11):1341-81.
2. Sedrakyan A, Wu AW, Parashar A, Bass EB, Treasure T. Off-pump surgery is associated with reduced occurrence of stroke and other morbidity as compared with traditional coronary artery bypass grafting: a meta-analysis of systematically reviewed trials. *Stroke*. 2006;37(11): 2759-69.
3. Panesar SS, Athanasiou T, Nair S, Rao C, Jones C, Nicolaou M, et al. Early outcomes in the elderly: a meta-analysis of 4,921 patients undergoing coronary artery bypass grafting – a comparison between off-pump and on-pump techniques. *Heart*. 2006;92(12):1808-16.
4. Wijeyesundera DN, Beattie WS, Djaiani G, Rao V, Borger MA, Karkouti K, et al. Off-pump coronary artery surgery for reducing mortality and morbidity: meta-analysis of randomized and observational studies. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46(5):872-82.
5. Lytle BW, Blackstone EH, Sabik JF, Houghtaling P, Loop FD, Cosgrove DM. The effect of bilateral internal thoracic artery grafting on survival during 20 postoperative years. *Ann Thorac Surg*. 2004;78(6):2005-14.
6. Taggart DP, D'Amico R, Altman DG. Effect of arterial revascularization on survival: a systematic review of studies comparing bilateral and single internal mammary arteries. *Lancet*. 2001;358(9285):870-5.
7. Endo M, Nishida H, Tomizawa Y, Kasanuki H. Benefit of bilateral internal mammary artery grafts over single IMA graft for multiple coronary artery bypass grafting. *Circulation*. 2001;104(18):2164-70.
8. Gerola LR, Puig LB, Moreira LF, Cividanes GV, Gemha GP, Souto RC, et al. Right internal thoracic artery through the transverse sinus in myocardial revascularization. *Ann Thorac Surg*. 1996;61(6):1708-12.
9. Boodhwani M, Lam BK, Nathan HJ, Mesana TG, Ruel M, Zeng W, et al. Skeletonized internal thoracic artery harvest reduces pain and dysesthesia and improves sternal perfusion after coronary artery bypass surgery: a randomized, double-blind, within-patient comparison. *Circulation*. 2006;114(8):766-73.
10. Athanasiou T, Crossman MC, Asimakopoulos G, Cherian A, Weerasinghe A, Glenville B, et al. Should the internal thoracic artery be skeletonized? *Ann Thorac Surg*. 2004;77(6):2238-46.
11. Gomes WJ, Tavares GB, Jaramillo JI, Alves FA, Torrijos JMC, Catani R, et al. Revascularização da artéria marginal com uso da artéria torácica interna direita pediculada retroaórtica sem circulação extracorpórea. *Rev Bras Cir Cardiovasc*. 2005;20(1):33-8.
12. Buffolo E, Andrade JCS, Branco JN, Teles CA, Aguiar LF, Gomes WJ. Coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg*. 1996;61(1):63-6.
13. Magee MJ, Jablonski KA, Stamou SC, Pfister AJ, Dewey TM, Dillum MKC, et al. Elimination of cardiopulmonary bypass improves early survival for multivessel coronary artery bypass patients. *Ann Thorac Surg*. 2002;73(4):1196-203.
14. Cleveland JC Jr, Shroyer ALW, Chen AY, Peterson E, Grover FL. Off-pump coronary artery bypass grafting decreases risk-adjusted mortality and morbidity. *Ann Thorac Surg*. 2001;72(4):1282-9.
15. Angelini GD, Taylor FC, Reeves BC, Ascione R. Early and midterm outcome after off-pump and on-pump surgery in beating heart against cardioplegic arrest studies (BHACAS 1 and 2): a pooled analysis of two randomised controlled trials. *Lancet*. 2002; 359 (9313): 1194-9.
16. Taggart D, Westaby S. Neurological and cognitive disorders after coronary artery bypass grafting. *Curr Opin Cardiol*. 2001;16(5):271-6.
17. Nathoe HM, van Dijk D, Jansen EW, Suyker WJ, Diephuis JC, van Boven WJ, et al. A comparison of on-pump and off-pump coronary bypass surgery in low-risk patients. *N Engl J Med*. 2003;348(5):394-402.
18. Puskas JD, Thourani VH, Marshall JJ, Dempsey SJ, Steiner MA, Sammons BH, et al. Clinical outcomes, angiographic patency, and resource utilization in 200 consecutive off-pump coronary bypass patients. *Ann Thorac Surg*. 2001;71(5):1477-84.
19. Al-Ruzzeh S, George S, Bustami M, Wray J, Ilsley C, Athanasiou T, et al. Effect of off-pump coronary artery bypass surgery on clinical, angiographic, neurocognitive, and quality of life outcomes: randomised controlled trial. *Br Med J*. 2006;332(7554):1365.
20. Lytle BW, Blackstone EH, Loop FD, Houghtaling PL, Arnold JH, Akhrass R, et al. Two internal thoracic artery grafts are better than one. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1999; 117 (5): 855-72.
21. Rankin JS, Harrell FE Jr. Measuring the therapeutic efficacy of coronary revascularization: implications for future management. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2006;131(5):944-8.
22. Ascione R, Underwood MJ, Lloyd CT, Jeremy JY, Bryan AJ, Angelini GD. Clinical and angiographic outcome of different surgical strategies of bilateral internal mammary artery grafting. *Ann Thorac Surg*. 2001;72(3):959-65.
23. Puig LB, França Neto L, Rati M, Ramires JA, Luz PL, Pileggi F, et al. A technique of anastomosis of the right internal mammary artery to the circumflex artery and its branches. *Ann Thorac Surg*. 1984;38(5):533-4.
24. Shah PJ, Durairaj M, Gordon I, Fuller J, Rosalion A, Seevanayagam S, et al. Factors affecting patency of internal thoracic artery graft: clinical and angiographic study in 1,434 symptomatic patients operated between 1982 and 2002. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2004;26(1):118-24.
25. Shah PJ, Gordon I, Fuller J, Seevanayagam S, Rosalion A, Tatoulis J, et al. Factors affecting patency of saphenous vein graft: 25-year clinical and angiographic study in 1,402 symptomatic patients operated between 1977 and 1999. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2003;126(6):1972-7.
26. He G-W, Liu Z-G. Comparison of nitric oxide release and endothelium-derived hyperpolarizing factor-mediated hyperpolarization between human radial and internal mammary arteries. *Circulation*. 2001;104(12 Suppl 1):344-9.
27. Kitamura S. Does the internal thoracic artery graft have self-reparative ability? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2005;130(6):1494-5.
28. Berrizbeitia LD, Tessler S, Jacobowitz IJ, Kaplan P, Budzylowicz L, Cunningham JN. Effect of sternotomy and coronary bypass surgery on postoperative pulmonary mechanics: comparison of internal mammary and saphenous vein bypass grafts. *Chest*. 1989; 96 (4): 873-6.
29. Jenkins SC, Soutar SA, Forsyth A, Keates JWR, Moxham J. Lung function after coronary artery surgery using the internal mammary artery and the saphenous vein. *Thorax*. 1989; 44 (3): 209-11.
30. Berdajs D, Zund G, Turina MI, Genoni M. Blood supply of the sternum and its importance in internal thoracic artery harvesting. *Ann Thorac Surg*. 2006;81(6):2155-9.
31. Henriquez-Pino JA, Gomes WJ, Prates JC, Buffolo E. Surgical anatomy of internal thoracic artery. *Ann Thorac Surg*. 1997;64(4):1041-5.
32. De Jesus RA, Acland RD. Anatomic study of the collateral blood supply of the sternum. *Ann Thorac Surg*. 1995;59(1):163-8.
33. Hirose H, Amano A, Takanashi S, Takahashi A. Coronary artery bypass grafting using the gastroepiploic artery in 1,000 cases. *Ann Thorac Surg*. 2002;73(5):1371-9.
34. Koch CG, Li L, Duncan AI, Mihaljevic T, Loop FD, Starr NJ, et al. Transfusion in coronary artery bypass grafting is associated with reduced long-term survival. *Ann Thorac Surg*. 2006;81(5):1650-7.