

PROCEDIMENTOS CARDIOVASCULARES HÍBRIDOS

HYBRID CARDIOVASCULAR PROCEDURES

Ricardo Ribeiro Dias¹
Luiz Augusto Ferreira
Lisboa¹
Fabio Biscegli Jatene¹

1. Divisão de Cirurgia Cardiovascular do Instituto do Coração (InCor) do Hospital da Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência:
Fabio Biscegli Jatene
Av. Dr. Enéas de Carvalho Aguiar, 44 – 5º andar, bloco, 2, sala 5 – Cerqueira César, São Paulo, SP, Brasil.
CEP 05403-000.
fabiojatene@incor.usp.br

Recebido em 17/10/2019,
Aceito em 27/11/2019

RESUMO

O desenvolvimento das salas cirúrgicas híbridas permitiu que operações de abordagem cirúrgica convencional pudessem ser realizadas e complementadas com a abordagem percutânea e endovascular, criando uma nova forma de tratar os pacientes por meio de cirurgias híbridas. Os procedimentos híbridos permitem que cirurgiões e cardiologistas intervencionistas possam associar suas *expertises* para tratar, da melhor forma possível, os pacientes com doenças cada vez mais complexas e avançadas, com melhores resultados, reduzindo a morbidade e mortalidade perioperatória e permitindo recuperação mais rápida.

Descritores: Procedimentos Cirúrgicos; Revascularização Miocárdica; Ponte de Artéria Coronária; Intervenção Coronária Percutânea; Aorta Torácica.

ABSTRACT

The development of hybrid operating rooms allowed that conventional surgical approach operations could be performed and complemented with the percutaneous and endovascular approach, creating a new way of treating patients through hybrid surgeries. Hybrid procedures allow surgeons and interventional cardiologists to combine their expertise to best treat patients with increasingly complex and advanced diseases, with better outcomes, reducing perioperative morbidity and mortality and allowing faster recovery.

Keywords: Surgical Procedures, Operative; Myocardial Revascularization; Coronary Artery Bypass; Percutaneous Coronary Intervention; Aorta, Thoracic.

INTRODUÇÃO

Cirurgias híbridas podem ser definidas como procedimentos que envolvem operações convencionais e/ou técnicas minimamente invasivas associadas a abordagens endovasculares, onde o trabalho colaborativo de cirurgiões e cardiologistas intervencionistas pode ser realizado. Estes procedimentos foram alavancados principalmente pelo desenvolvimento das salas cirúrgicas híbridas e a possibilidade da integração das melhores ferramentas disponíveis para se tratar o paciente. O aumento da complexidade dos pacientes e a necessidade da excelência do resultado forçaram essa integração.

Os principais objetivos dessas operações são tornar os procedimentos menos invasivos e minimizar a morbidade e a mortalidade associadas a eles, pela possibilidade de poder estagiá-los, por reduzir o porte de operações extensas ou, simplesmente, por usar o que há de melhor das duas técnicas.

Esses procedimentos estão presentes em diversas áreas da cardiologia, como, por exemplo: no tratamento da doença aterosclerótica coronária com a revascularização cirúrgica do miocárdio associada ao tratamento percutâneo com *stent*; nas plastias valvares (com ou sem mini-acesso) associadas à revascularização percutânea do miocárdio; no implante por cateter de prótese aórtica (TAVI, do inglês *transcatheter aortic valve implantation*) associado ou não à revascularização cirúrgica do miocárdio; no tratamento das doenças da aorta onde a utilização de próteses complexas (tubo de

poliéster convencional montado em conjunto ao *stent* de aorta), possibilita tratar grandes extensões da aorta numa única operação; nos procedimentos endovasculares da aorta torácica ou abdominal onde são necessários preparos com o “*debranching*” cirúrgico de vasos envolvidos no território a ser excluído pela endoprótese; nos procedimentos de revascularização do miocárdio associados a procedimentos carotídeos de resolução endovascular; no tratamento de arritmias, principalmente atriais, com diversas fontes de energia, associadas a procedimentos valvares, além do universo de procedimentos híbridos da cardiopediatria que não serão abordados neste artigo.

PROCEDIMENTOS HÍBRIDOS NA DOENÇA CORONÁRIA

A revascularização miocárdica híbrida (RMH) tem como estratégia combinar a cirurgia de revascularização miocárdica (CRM) com a intervenção coronária percutânea (ICP), extraindo o melhor de cada tratamento disponível para oferecer menor trauma cirúrgico e maior benefício aos pacientes portadores de doença aterosclerótica coronária multiarterial.^{1,2} Os benefícios esperados estão relacionados a um procedimento seguro, menos invasivo e com menor morbimortalidade inicial, associados à redução de eventos cardiovasculares e melhor qualidade de vida em médio e longo prazo.³

A estratégia não é nova. Cirurgiões cardiovasculares e

cardiologistas intervencionistas têm realizado esta abordagem combinada desde que a primeira ICP foi seguida, posteriormente, por uma CRM, principalmente nos casos de síndrome coronariana aguda. Entretanto, no início, essa estratégia não era programada e sim, realizada por necessidade.

Na década de 1990, a estratégia híbrida foi mais bem definida como a união da CRM com a ICP em um procedimento combinado e programado, podendo ser realizados simultaneamente em um mesmo procedimento (separados por minutos), ou estagiado (separados por dias).^{4,5} Essa estratégia híbrida programada está voltada para o interesse dos cirurgiões em abordagens cirúrgicas minimamente invasivas, enquanto os cardiologistas intervencionistas têm à sua disposição dispositivos mais aprimorados e vem desenvolvendo habilidades que permitam a ICP na doença coronária mais avançada. Com a crescente complexidade dos pacientes encaminhados para o laboratório de hemodinâmica e o alto risco de pacientes encaminhados à cirurgia, uma equipe com abordagem híbrida combinando as melhores ferramentas disponíveis em ambas as especialidades parece atraente para minimizar os riscos do procedimento.^{2,6}

RACIONAL

Com o desenvolvimento de instrumentos especializados e o aumento da experiência dos cirurgiões, a CRM sem circulação extracorpórea (CEC) se tornou um procedimento bem estabelecido, estando associada a menores taxas de complicações, como menor uso de drogas vasoativas, menor necessidades de transfusões sanguíneas, menor tempo de intubação e menor tempo de internação.^{7,8} A anastomose entre a artéria torácica interna (ou artéria mamária) esquerda e a artéria coronária interventricular anterior (ou descendente anterior), além de ser o padrão-ouro na cirurgia de revascularização do miocárdio, é uma das anastomoses mais favoráveis para serem realizadas sem CEC. Esta operação pode ser realizada seja por esternotomia parcial ou minitoracotomia. Durante as últimas décadas, a ICP também tem testemunhado o desenvolvimento de novas abordagens, dispositivos, medicamentos e apresentado melhores resultados em vários estudos científicos e, no geral, a introdução de stents farmacológicos foi associada a um melhor desempenho clínico da ICP.^{9,10}

Uma nova abordagem como a RMH, combinando a CRM sem CEC e a ICP parece ser uma boa alternativa para pacientes selecionados com doença aterosclerótica coronariana multiarterial, onde a ATIE seria anastomosada na coronária interventricular anterior, sem CEC e por miniacesso e as demais lesões coronárias seriam tratadas com ICP e stents farmacológicos.^{1,2,11} Assim, a RMH se desenvolveu como uma estratégia de revascularização para pacientes com doença arterial coronariana multiarterial, apoiada em três pilares da revascularização: Anastomose da ATIE na coronária interventricular anterior – a CRM usando a ATIE possui excelente permeabilidade a longo prazo com melhora da sobrevida; Procedimento sem CEC – a cirurgia sem CEC e sem manipulação da aorta reduz a incidência de AVC que é a principal complicação cirúrgica; Stents farmacológico – a revascularização percutânea com angioplastia / stent é técnica pouco invasiva e com emprego dos stents farmacológicos houve melhora dos resultados menores taxas de trombose e reestenose, mesmo na doença coronária mais avançada.

INDICAÇÕES

Atualmente não há evidências substanciais em larga escala em ensaios clínicos randomizados para apoiar a disseminação uso de RMH em oposição à CRM multiarterial. Apenas pacientes selecionados são considerados candidatos à estratégia híbrida. Em uma análise recente de 198.622 pacientes tratados com CRM nos Estados Unidos entre 2011 e 2013, apenas 0,5% foram submetidos à RMH.¹² No entanto, devido à eficácia dos stents de nova geração, combinados com técnicas cirúrgicas mais moderadas, espera-se que o volume de procedimentos híbridos possa aumentar.¹³

Os critérios para HCR atualmente incluem: ^{1,14,15}

SYNTAX score baixo ou intermediário, mas com lesão complexa na coronária interventricular anterior não passível de ICP, mas com leito distal passível de revascularização cirúrgica com a ATIE e uma complexidade de lesões residuais no território da coronária circunflexa e/ou direita, viável para ICP e nenhuma contraindicação à terapia antiplaquetária dupla; SYNTAX score alto e com lesão proximal na coronária interventricular anterior, passível de revascularização cirúrgica com a ATIE e uma complexidade baixa ou intermediária das lesões residuais nos territórios da artéria coronária circunflexa e/ou direita, viável para ICP e nenhuma contraindicação à terapia antiplaquetária dupla; Lesão proximal da coronária interventricular anterior passível de revascularização cirúrgica e com dificuldade cirúrgica nos territórios da artéria coronária circunflexa e/ou direita, mas viável para ICP (por exemplo em pericardites ou reoperações de cirurgias cardíacas não coronárias); Paciente com indicação de CRM que necessitam de revascularização completa, mas com uma contraindicação para esternotomia; Aorta muito calcificada ou em porcelana onde a manipulação da aorta para CEC ou para anastomose proximal aumentariam as complicações relacionadas à dissecação da aorta ou AVC. A proposta inclui revascularização da artéria interventricular anterior com a ATIE sem CEC e ICP nas outras lesões residuais para a revascularização completa; Pacientes com múltiplas comorbidades, como neoplasias, diabéticos com alto risco de infecções de feridas, obesidade grave ou fragilidade também podem ser considerados para a RMH.

As contraindicações para a RMH incluem a impossibilidade da ICP no território da coronária circunflexa e/ou direita; e a contraindicação à terapia antiplaquetária dupla.²

TÉCNICA HÍBRIDA

A RMH pode ser realizada tanto de maneira simultânea (única etapa) como também estagiada (duas etapas). A primeira implica na realização da CRM e da ICP na mesma sala de operação, com a ICP realizada minutos após a CRM. Na forma estagiada, podemos realizar a IPC antes e a CRM em um segundo momento ou na ordem inversa. A melhor forma de realizá-la, entretanto, ainda está em debate, pois ambas abordagens possuem vantagens e desvantagens.^{1,2,12}

PROCEDIMENTO SIMULTÂNEO

O procedimento realizado de maneira simultânea só é possível ser realizado em hospitais que possuem salas híbridas, com materiais e equipamentos tanto para cirurgia, quanto para hemodinâmica. Normalmente, a CRM é realizada inicialmente, o que permite que o cardiologista intervencionista

estude a qualidade do enxerto da ATIE anastomosada na artéria coronária interventricular anterior, imediatamente antes da ICP das outras lesões coronárias. Ainda mais, angioplastias de alto risco para territórios da parede lateral ou inferior, são realizadas com a proteção do território da parede anterior com artéria ATIE. Por outro lado, se a angioplastia com o uso do *stent* não for possível, o paciente pode ser rapidamente convertido para cirurgia convencional, com a colocação de outros enxertos nas artérias coronarianas lesionadas.

O procedimento simultâneo pode diminuir o risco da instabilização da lesão não tratada no período entre os dois estágios do procedimento, como na técnica estagiada. Pode também reduzir o custo do tratamento, por diminuir o tempo de internação, e a recorrência de internações hospitalares entre os procedimentos estagiados. Uma outra vantagem é a satisfação do paciente e a comodidade, uma vez que todo o procedimento é realizado em um único tempo.

Quanto às limitações do tratamento simultâneo, um é o balanço entre a necessidade terapia de dupla antiagregação plaquetária para evitar a ocorrência de trombose dos *stents*, com o risco de sangramento logo após a cirurgia. Outro fator importante, é que não sabemos ainda a resposta dos *stents* frente à administração da protamina no final da CRM e também da influência da resposta inflamatória gerada pelo trauma cirúrgico na patência dos *stents*. Nos pacientes com insuficiência renal crônica, a exposição a um duplo trauma renal, tanto pelo contraste quanto pela agressão cirúrgica, pode ser um desafio. Por fim, a necessidade de uma sala híbrida e seu alto custo é um dos mais importantes fatores de limitação da RMH simultânea.

PROCEDIMENTO ESTAGIADO

Quando optamos pelo tratamento estagiado, a melhor sequência a ser adotada deve levar em conta a anatomia das coronárias e a apresentação clínica do paciente. Quando analisamos os diretrizes da *American Heart Association e American College of Cardiology*, existe um entendimento de que a cirurgia deva ser realizada em primeiro lugar.¹⁴ Esse caminho nos permite visualizar, quando da realização da ICP, em um segundo momento a anastomose do enxerto de ATIE e garantir sua patência inicial, iniciar a terapia de dupla antiagregação plaquetária sem aumentar a incidência de sangramento perioperatório, mas garantindo a melhor estratégia para o tratamento percutâneo. Um outro importante fator é a proteção da parede anterior, diminuindo os riscos de complicações durante a angioplastia de territórios que não da artéria coronária interventricular anterior. (Figura 1)

As desvantagens incluem um custo mais alto, pelos dois procedimentos. Podem ocorrer complicações após a anastomose cirúrgica, decorrente de lesões coronárias não tratadas no período entre a cirurgia e a espera para a ICP (entre uma etapa e outra do procedimento). Os pacientes desse grupo também podem estar em risco de uma segunda cirurgia se a ICP falhar.

RESULTADOS

O procedimento híbrido tem recebido maior atenção nos últimos anos. Recente estudo americano observacional de RMH¹⁵ demonstrou uma grande variação na prática atual de 11 centros de cirurgia cardiovascular nos EUA em pacientes

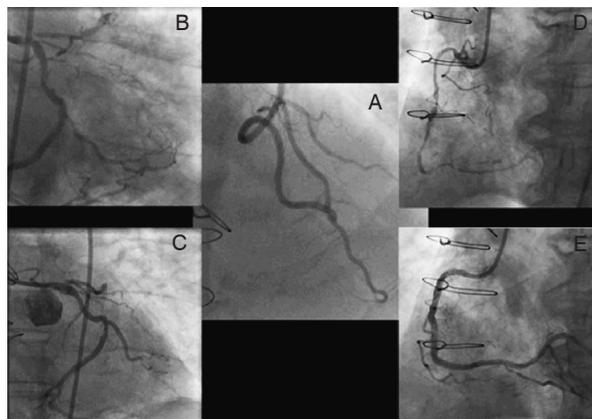


Figura 1. Revascularização miocárdica híbrida estagiada. A- Controle angiográfico pós operatória da artéria torácica interna esquerda anastomosada na artéria interventricular anterior por esternotomia parcial inferior B. Lesão aterosclerótica coronária comprometendo as coronárias circunflexas e marginal esquerda C- Controle angiográfico pós angioplastia com *stents* farmacológicos nas coronárias circunflexas e marginal esquerda D- Lesão aterosclerótica coronária comprometendo a coronária direita E- Controle angiográfico pós angioplastia com *stents* farmacológicos na coronária direita.

com lesões coronárias elegíveis para a RMH. Nesses centros, houve concordância geral entre cardiologistas e cirurgiões sobre qual dos 6669 pacientes consecutivos submetidos à angiografia coronariana diagnóstica serem considerados elegíveis para RMH (454, 12,2%). Além disso, entre 200 pacientes que tiveram RMH e 98 que tiveram ICP multiarterial, alterações cardíacas ou eventos cerebrovasculares foram estatisticamente semelhantes nos 17,6 meses de acompanhamento, com uma tendência não significativa em direção a aumento dos eventos no grupo ICP nos últimos meses de acompanhamento.¹⁵ Assim, houve uma tendência em se estabelecer um estudo randomizado da RMH versus ICP multiarterial em pacientes com SYNTAX Score baixo ou intermediário e artérias coronárias elegíveis para a estratégia híbrida. Esse estudo foi iniciado em 2017.

A nossa experiência com a RMH em pacientes com doença coronária multiarterial se iniciou em agosto de 2014. Sessenta pacientes com indicação de revascularização miocárdica e SYNTAX score > 22, foram randomizados para CRM ou RMH. A análise do estudo demonstrou que a estratégia de RMH, não foi estatisticamente diferente do grupo controle com CRM, quanto à incidência de eventos cardiovasculares maiores. Entretanto, todos os pacientes que apresentaram desfechos clínicos maiores estavam alocados no braço híbrido e os eventos ocorreram no período entre os dois estágios do procedimento, isto é, antes da ICP, e pode ser um sinal de alerta nessa terapia. Outro estudo randomizado, com 200 pacientes e até cinco anos de seguimento, também relatou resultados semelhantes entre a CRH e a CRM.¹⁶

LIMITAÇÕES DA RMH

As limitações da RMH incluem um tempo operatório potencialmente mais longo como resultado da inexperiência e do trabalho em menores incisões. O sucesso do RMH depende muito da qualidade da anastomose. A falha do enxerto da ATIE pode ter implicações graves em longo prazo.

A revascularização pode ser menos completa na RMH,

e os efeitos em longo prazo da sub-revascularização ainda não foram determinados. Faltam dados de longo prazo sobre a incidência de eventos cardiovasculares. Pacientes que tiveram necessidade de conversão para esternotomia total e CEC apresentaram uma maior taxa de mortalidade. Outras limitações da RMH também incluem diretrizes limitadas para a seleção de pacientes. Embora a hospitalização inicial seja relativamente mais curta e mais econômica, a incerteza dos resultados em longo prazo, especialmente com stents mais recentes, hospitalização subsequente por reestenose e angiografias adicionais também deve ser avaliada.

PROCEDIMENTOS HÍBRIDOS NAS DOENÇAS DA AORTA TORÁCICA

Nas operações da aorta torácica são considerados procedimentos híbridos basicamente dois tipos de operações: 1) os que excluem o segmento da aorta doente com a endoprótese torácica e através de procedimento cirúrgico aberto, realizado previamente a colocação do *stent*, revasculariza os ramos do arco aórtico que ficariam ocluídos pelo *stent* (*debranching*), e 2) aquelas operações que se utilizam de próteses que contém o *stent* e o tubo de poliéster para tratar grandes extensões da aorta doente. A seguir serão detalhados os dois tipos de operações:

1. Doenças do arco aórtico, do arco distal ou mesmo da porção proximal da aorta descendente podem estar envolvidos neste subgrupo de procedimentos. Nestas operações, para a efetiva exclusão do segmento da aorta acometido, faz-se necessário a oclusão da artéria subclávia esquerda, e/ou da carótida esquerda, ou até mesmo dos três ramos do arco aórtico. Esse tipo de intervenção surge e é cada vez mais utilizado, com o intuito de minimizar morbidade e mortalidade do procedimento, principalmente ao lidar com pacientes de idade avançada e/ou com muitas comorbidades.^{17,18}

Vale a pena recordar que o princípio do tratamento endovascular se resume a necessidade de via de acesso para a introdução da endoprótese, sua navegação em direção ao segmento da aorta doente que precisa ser excluído da circulação, distante da via de acesso, assim como a necessidade de ancoragem do *stent* em segmento aórtico sadio, tanto a nível proximal quanto distal. Quando, para que esta ancoragem, faz-se necessário a oclusão de um ou mais vasos do arco aórtico, a revascularização dessas artérias é feita cirurgicamente, com ou sem prótese, previamente a colocação do *stent* de aorta. (Figura 2)

As Figuras 3 e 4 ilustram bem uma dessas situações, onde foi necessária a ancoragem do *stent* entre o tronco braquiocéfálico e a carótida esquerda. No mesmo ato operatório foi

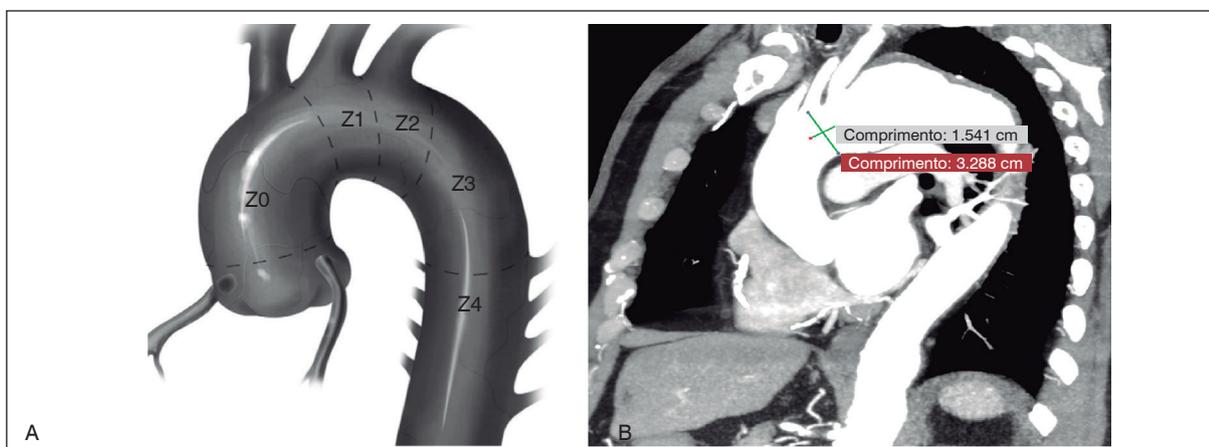


Figura 2. A. Desenho esquemático das zonas de ancoragem das endopróteses e os respectivos vasos que podem ter o seu fluxo de sangue comprometido conforme o posicionamento do *stent*. B. Angiotomografia da aorta torácica onde se faz a avaliação do colo proximal de ancoragem do *stent* a ser colocado e vasos que terão ser reimplantados.

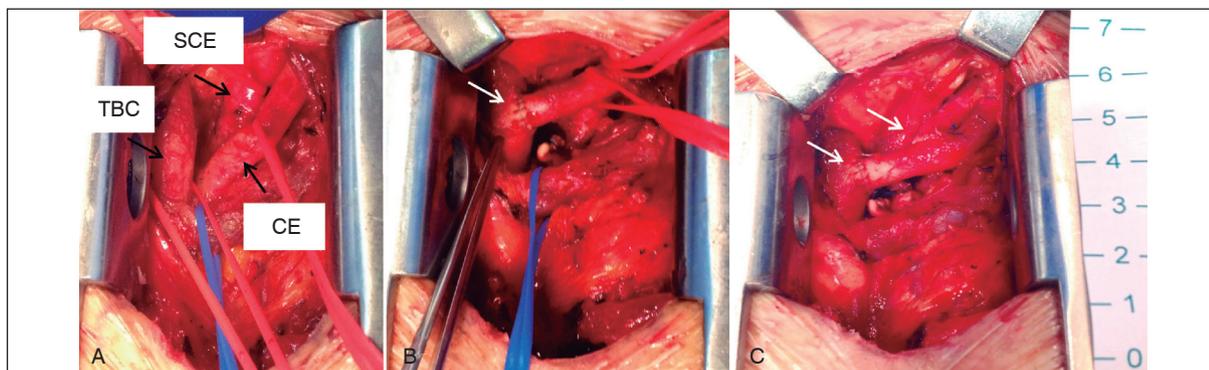


Figura 3. Primeira etapa do tratamento híbrido do aneurisma do arco distal / aorta descendente. Fotografia intra-operatória da revascularização do arco aórtico. A. Através de miniesternotomia até o 2º espaço intercostal esquerdo, dissecação do tronco braquiocéfálico (TBC), carótida esquerda (CE) e artéria subclávia esquerda (SCE). B. Revascularização direta da carótida esquerda no TBC. C. Revascularização da subclávia na carótida esquerda.



Figura 4. Aortografia e colocação da prótese endovascular para o tratamento do aneurisma do arco distal / aorta descendente. A. Identificação dos vasos do arco aórtico revascularizados. B. Colocação do stent no local adequado e aortografia documentando a exclusão do aneurisma.

feito a revascularização da carótida esquerda para o tronco braquiocéfálico, e após, a revascularização da subclávia esquerda para a carótida esquerda. Uma vez concluído o *debranching* cirúrgico, foi realizado a colocação do *stent* no segmento médio do arco aórtico, para a exclusão do segmento aórtico comprometido pelo aneurisma. Esse procedimento pode ser realizado de forma sequencial no mesmo dia ou momentos distintos.

2. Os procedimentos conhecidos com “*frozen elephant trunk*” (FET) são aquelas operações onde pelo menos três segmentos da aorta torácica podem ser substituídos numa única operação, graças ao desenvolvimento de próteses específicas, onde o *stent* de aorta é montado juntamente ao tubo de poliéster. (Figura 5)

Apesar da complexidade do procedimento, da morbidade associada e conseqüente mortalidade, o desenvolvimento dessas próteses simplificou a operação, tornou-a mais factível, permitiu que o paciente, através de um único procedimento, pudesse ter tratado, grandes segmentos da aorta comprometida, com menor mortalidade hospitalar, maior sobrevida livre de reintervenções e menor mortalidade.

Apesar de já ter sido demonstrada a curva de aprendizado associada a aquisição de *expertise* para a realização desse procedimento, o cirurgião cardiovascular precisa se embrenhar por esse caminho porque, muitas vezes, a extensão da aorta comprometida não lhe deixa outra opção de tratamento.¹⁹

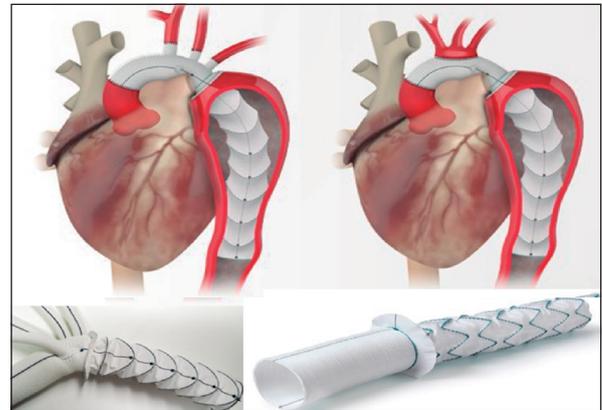


Figura 5. Desenho esquemático dos dois tipos de próteses, onde o *stent* de aorta é fixado sequencialmente ao tubo de poliéster, ramificado ou simples, e utilizado para substituir a aorta ascendente, o arco aórtico e boa parte da aorta descendente.

As aplicações clínicas desta operação apresentam resultados muito interessantes nas dissecções agudas tipo A de Stanford, principalmente para doentes jovens, com doença do tecido conectivo e nos pacientes em que o orifício de entrada da dissecção localiza-se no arco ou aorta descendente. Devem ser utilizadas nas dissecções crônicas, principalmente quando a dilatação da aorta delaminada se estende para além da aorta ascendente e nas megas aortas onde o aneurisma compromete pelo menos três segmentos da aorta torácica. Em nossa instituição, já operamos alguns casos onde associado ao FET, foi realizado a operação de Bentall e De Bono para o tratamento da raiz da aorta e preparar o paciente para a complementação num segundo tempo, com a substituição da aorta toracoabdominal, reconstruindo toda a aorta, desde o seu anel, até a bifurcação das ilíacas.²⁰⁻²²

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não possuir conflitos de interesse na realização deste trabalho.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Os autores RRD, LAFL e FBJ contribuíram individual e significativamente para redação do manuscrito. Por se tratar de artigo de revisão, todos contribuíram acrescentando aspectos de sua experiência na análise crítica dos artigos selecionados.

REFERÊNCIAS

- Byrne JG, Leacche M, Vaughan DE, Zhao DX. Hybrid cardiovascular procedures. *JACC Cardiovasc Interv.* 2008;1(5):459-68.
- Saha T, Naqvi SY, Goldberg S. Hybrid Revascularization: A Review. *Cardiology.* 2018;140(1):35-44.
- Zenati M, Cohen HA, Griffith BP. Alternative approach to multivessel coronary disease with integrated coronary revascularization. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1999;117(3):439-44.
- Angelini GD, Wilde P, Salerno TA, Bosco G, Calafiore AM. Integrated left small thoracotomy and angioplasty for multivessel coronary artery revascularization [letter]. *Lancet.* 1996;347(9003):757-8.
- Mack MJ. Perspectives on minimally invasive coronary artery surgery: current assessment and future directions. *Int J Cardiol.* 1997;62(Suppl 1): S73-9.
- Diegeler A. Hybrid Coronary Revascularization: The Best of 2 Worlds? *J Am Coll Cardiol.* 2016;68(4):366-7.
- Lamy A, Devereaux PJ, Prabhakaran D, Taggart DP, Hu S, Straka Z, et al. Five-year outcomes after off-pump or on-pump coronary-artery bypass grafting. *N Engl J Med.* 2016;375(24):2359-68.
- Hueb W, Rezende PC, Gersh BJ, Soares PR, Favaro D, Lima EG, et al. Ten-year follow-up of off-pump and on-pump multivessel coronary artery bypass grafting: MASS III. *Angiology.* 2019;70(4):337-44.
- Thuijs DJFM, Kappetein AP, Serruys PW, Mohr FW, Morice MC, Mack MJ, et al. Percutaneous coronary intervention versus coronary artery bypass grafting in patients with three-vessel

- or left main coronary artery disease: 10-year follow-up of the multicentre randomised controlled SYNTAX trial. *Lancet*. 2019;394(10206):1325-34.
10. Stone GW, Kappetein AP, Sabik JF, Pocock SJ, Morice MC, Puskas J, et al. Five-Year outcomes after PCI or CABG for left main coronary disease. *N Engl J Med*. 2019;381(19):1820-30.
 11. Yaagawa B, Hong K, Cheema A, Bagai A, Verma S. What is the state of hybrid coronary revascularization in 2018? *Curr Opin Cardiol*. 2018;33(5):540-5.
 12. Harskamp RE, Brennan JM, Xian Y, Halkos ME, Puskas JD, Thourani VH, et al. Practice patterns and clinical outcomes after hybrid coronary revascularization in the United States: an analysis from the Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Database. *Circulation*. 2014;130(11):872-9.
 13. Sardar P, Kundu A, Bischoff M, Chatterjee S, Owan T, Nairooz R, et al. Hybrid coronary revascularization versus coronary artery bypass grafting in patients with multivessel coronary artery disease: A meta-analysis. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2018;91(2):203-12.
 14. Fihn SD, Gardin JM, Abrams J, Berra K, Blankenship JC, Dallas AP, et al. 2012 ACCF/AHA/ACP/AATS/PCNA/SCAI/STS Guideline for the diagnosis and management of patients with stable ischemic heart disease: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, and the American College of Physicians, American Association for Thoracic Surgery, Preventive Cardiovascular Nurses Association, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol*. 2012;60(24):e44-e164.
 15. Puskas JD, Halkos ME, DeRose JJ, Bagiella E, Miller MA, Overbey J, et al. Hybrid coronary revascularization for the treatment of multivessel coronary artery disease: a multicenter observational study. *J Am Coll Cardiol*. 2016;68(4):356-65.
 16. Tajstra M, Hrapkiewicz T, Hawranek M, Filipiak K, Gierlotka M, Zembala M, et al. Hybrid coronary revascularization in selected patients with multivessel disease: 5-year clinical outcomes of the prospective randomized pilot study. *JACC Cardiovasc Interv*. 2018;11(9):847-52.
 17. Hiraoka A, Chikazawa G, Totsugawa T, Tamura K, Ishida A, Sakaguchi T, et al. Objective analysis of midterm outcome of conventional and hybrid aortic arch repair by propensity-score matching. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2017;154(1):100-6.
 18. Duncan JA, Dias RR, Dinato FJ, Fernandes F, Ramirez FJÁ, Mady C, et al. Hybrid approach of aortic diseases: Zone 1 delivery and volumetric analysis on the descending aorta. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2017;32(5):361-6.
 19. Dinato FJ, Dias RR, Duncan JA, Fernandes F, Ramires FJA, Mady C, et al. The learning curve effect on outcomes with frozen elephant trunk technique for extensive thoracic aorta disease. *J Card Surg*. 2019;34(9):796-802.
 20. Lin HH, Liao SF, Wu CF, Li PC, Li ML. Outcome of frozen elephant trunk technique for acute type A aortic dissection: as systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2015;94(16):e694.
 21. Roselli EE, Bakaeen FG, Johnston DR, Soltesz EG, Tong MZ. Role of the frozen elephant trunk procedure for chronic aortic dissection. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2017;51(suppl 1):i35-9.
 22. Papakonstantinou NA, Antonopoulos CN, Baikoussis NG, Kakisis I, Geroulakos G. Frozen elephant trunk: an alternative surgical weapon against extensive thoracic aorta disease. A three-year meta-analysis. *Heart Lung Circ*. 2019;28(2):213-22.