

D. M. Braile
A. Bilaqui
R.V. Ardito
M. A. Angeloni
S. A. C. Garzon
O. T. Greco
J. L. B. Jacob
J. C. Nicola
J. C. A. Ayoub
M. H. M. D. Sardilli
M. F. Francisco
A. M. Lorga

Alargamento da raiz da aorta com “patch” de pericárdio bovino preservado pelo glutaraldeído

Com base em estudos prévios e em experiência própria, padronizou-se no IMC, a partir de 1979, o alargamento da raiz da aorta com uma incisão oblíqua que se inicia na parte média da aorta e desce em direção à comissura entre o seio coronário esquerdo e o não coronário, onde o anel aórtico é aberto até o anel mitral e a lacínia aórtica da mitral. A reconstrução é feita com pericárdio bovino preservado em glutaraldeído e conservado em formaldeído, alargando-se toda a fenda de forma que a prótese adequada possa alojar-se rigorosamente na raiz da aorta.

Entre os 144 pacientes que foram submetidos exclusivamente à troca de valva aórtica, no IMC nos últimos 3 anos, 15 (10%) necessitaram alargamento da aorta.

O resultado anatômico foi bom, permitindo o implante de prótese de, no mínimo, 21 mm de diâmetro com bom resultado funcional.

A técnica empregada é simples e não aumenta a mortalidade nem a morbidade cirúrgica.

A substituição da valva aórtica por prótese metálica ou biológica é sempre um procedimento bastante simples e seguro, com baixa mortalidade operatória, quando o anel aórtico e a aorta apresentam dimensões adequadas.

Havendo hipoplasia da raiz da aorta, podemos lançar mão dos substitutos valvares desenvolvidos mais recentemente que, mesmo nos menores diâmetros, mostram pequeno gradiente transvalvar.

A válvula de pericárdio (modelo IMC) e a prótese de Hall-Kaster com 21mm de diâmetro apresentam bom desempenho¹², motivo pelo qual as admitimos como as menores próteses a serem utilizadas.

Outros tipos de válvulas têm desempenho pouco satisfatório quando se consideram diâmetros menores, além do maior risco de trombose, no caso de próteses metálicas.

Parece claro que as válvulas com menos de 21mm são todas estenosantes e não devem ser empregadas 3-7.

A situação fica ainda mais crítica quando a hipoplasia da aorta é tão acentuada que se torna impossível o implante, mesmo dos menores substitutos valvares.

Para que se consiga a colocação de uma prótese é, então, indispensável o alargamento da raiz da aorta.

Desde os trabalhos pioneiros de Najafi e col. em 1969, esse problema vem preocupando os cirurgiões⁸.

Nicks e col.⁹ e Blank e col.¹⁰ sugerem o alargamento do anel aórtico pela incisão do mesmo, através do seio não coronário até a lacínia aórtica da mitral. Konno e col.¹¹ descrevem uma técnica para o alargamento da raiz da aorta: incisão através da lacínia coronária direita, deixando o orifício da coronária à direita, seguindo em direção ao septo interventricular, que é também aberto. A reconstrução é feita com um enxerto duplo.

Essa técnica se mostrou muito eficiente, porém, apresenta dificuldades para sua realização e não está livre de complicação.

Monoungian¹² descreveu a técnica de alargamento da raiz da aorta, por meio de incisão através da comissura entre o seio coronário esquerdo e o seio não coronário, estendendo-se através do anel mitral e da lacínia aórtica da valva mitral.

Com base em nossa experiência anterior, em estudos anatômicos e na literatura citada, a partir de novembro de 1979 resolvemos padronizar em nosso serviço o alargamento da raiz da aorta com o uso de pericárdio bovino preservado pelo glutaraldeído e conservado em formaldeído.

Material e métodos

O coração é exposto através de esternotomia mediana. Instalada circulação extracorpórea convencional, realiza-se hipotermia a 25°C. Após inspeção direta da aorta, julga-se se existe uma hipoplasia que não permite o implante de uma válvula adequada, o que implicará em optar por seu alargamento. Consideramos prótese suficiente a que tiver, pelo menos, 21mm de diâmetro e, de acordo com a superfície corpórea do paciente, uma prótese maior poderá ser necessária.

Pinçada a aorta, a raiz aórtica é incisada oblíqua e inferiormente. Iniciada 2,5cm acima do anel da aorta, na borda dessa, junto à artéria pulmonar, da qual é parcialmente dissecada e a incisão desde em direção ao anel valvar para atingi-lo na confluência do seio coronário esquerdo e não coronário, onde se situa a comissura das lacínias coronárias esquerdas e não coronárias (fig. 1).

O miocárdio é protegido com solução cardioplégica, infundida seletivamente em ambos os orifícios das coronárias, associada à cardioplegia tópica¹³.

Depois da proteção miocárdica as lacínias aórticas são

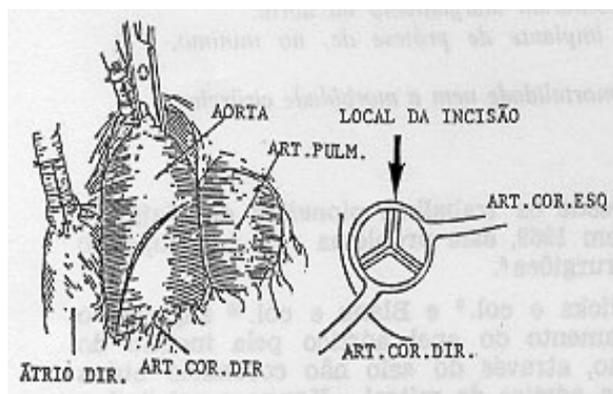


Fig. 1 - A incisão inicia-se superiormente na porção média da aorta junto à artéria pulmonar e desce oblíqua e inferiormente em direção à comissura entre o seio coronário e o não coronário.

ressecadas e o anel aórtico liberado de toda a fibrose e calcificação.

São colocados pontos de reparo na comissura entre o seio coronário esquerdo e o não coronário, prolongando-se a incisão da aorta através de seu anel até atingir o anel da mitral (fig. 2a).

Nesse ponto, com um medidor, verifica-se se o diâmetro é suficiente para o implante da prótese adequada.

Caso o diâmetro ainda seja insuficiente, a incisão deverá prolongar-se, através da lacínica aórtica da valva mitral, o que permitirá aumentar o alargamento (fig. 2a).

Durante essa abertura, o átrio esquerdo pode ou não ser penetrado, o que não representará grande problema, pois no momento da reconstrução será facilmente reparado.

Completada a incisão, inicia-se o alargamento com um retalho de forma oval, de pericárdio bovino preservado, com medidas corretas de largura e comprimento, para permitir espaço adequado para a prótese, tanto no anel

como na aorta ascendente.

Usa-se fio de polipropileno 000 e o primeiro ponto é dado no ângulo mais distal da incisão, abaixo do anel aórtico, e no ângulo inferior do retalho de pericárdio seguindo-se, com sutura contínua e a distância, em ambas as bordas até que se alcance o nível da incisão da aorta propriamente dita, baixando-se então o retalho (fig. 2b).

Nesse momento, interrompe-se a sutura e passa-se ao implante da prótese, que poderá ser metálica ou biológica.

São dados pontos separados de poliéster 00, em "u", no anel da aorta, como se faz convencionalmente, em toda a circunferência, exceto no segmento alargado, onde o anel é representado pelo enxerto. Esses pontos são, em seguida, passados na prótese. A fixação da parte da prótese que se relaciona com a área de alargamento é feita com pontos separados em "u", de polipropileno 000, que são passados antes na prótese e, depois, de dentro para fora, através do enxerto de pericárdio.

A válvula é abaixada e os pontos de poliéster são amarrados sobre o anel protético, enquanto os de polipropileno são amarrados por fora do enxerto e reforçados por uma tira de pericárdio preservado.

É importante salientar que não se deve passar os pontos que fixam a prótese ao remendo muito baixos, mas sim, na porção mais larga desse no plano de inserção da valva original ou mesmo acima, desde que não ocorra interferência com os orifícios das coronárias, única limitante para a posição da prótese (fig. 2c e 2d).

Se tiver ocorrido abertura do átrio esquerdo, o mesmo é reparado, com sutura direta ou com um remendo, para evitar tensão. Esse procedimento deve ser feito nesse tempo da cirurgia, pois, com o coração cheio e batendo, ficará impossível tal reparo (fig. 2e).

Implantada a válvula, verifica-se seu funcionamento e reinicia-se a sutura contínua do remendo nas bordas da aorta, a qual terminará no ângulo superior da incisão, (fig. 2f).

O alargamento da aorta ascendente é importante para evitar sua distorção e criar espaço suficiente para a parte superior da prótese.

Após a retirada do ar, retira-se a pinça da aorta e aguardam-se os batimentos normais para saída da circulação extracorpórea. É muito rara a ocorrência de sangramentos em virtude do pericárdio preservado ser impermeável e de fácil sutura.

O retalho de pericárdio bovino, empregado no alargamento da aorta, é produzido no laboratório de próteses biológicas do IMC.

Após a colheita em frigorífico classe exportação, o pericárdio é lavado em Ringer a 4°C, tamponado em pH 7,4, durante 2 h, para eliminação de componentes hidrossolúveis e limpeza mecânica.

Realizam-se, a seguir, inspeção visual e medidas de espessura para seleção dos pericárdios

alargamento da raiz da aorta com “pach” de pericárdio

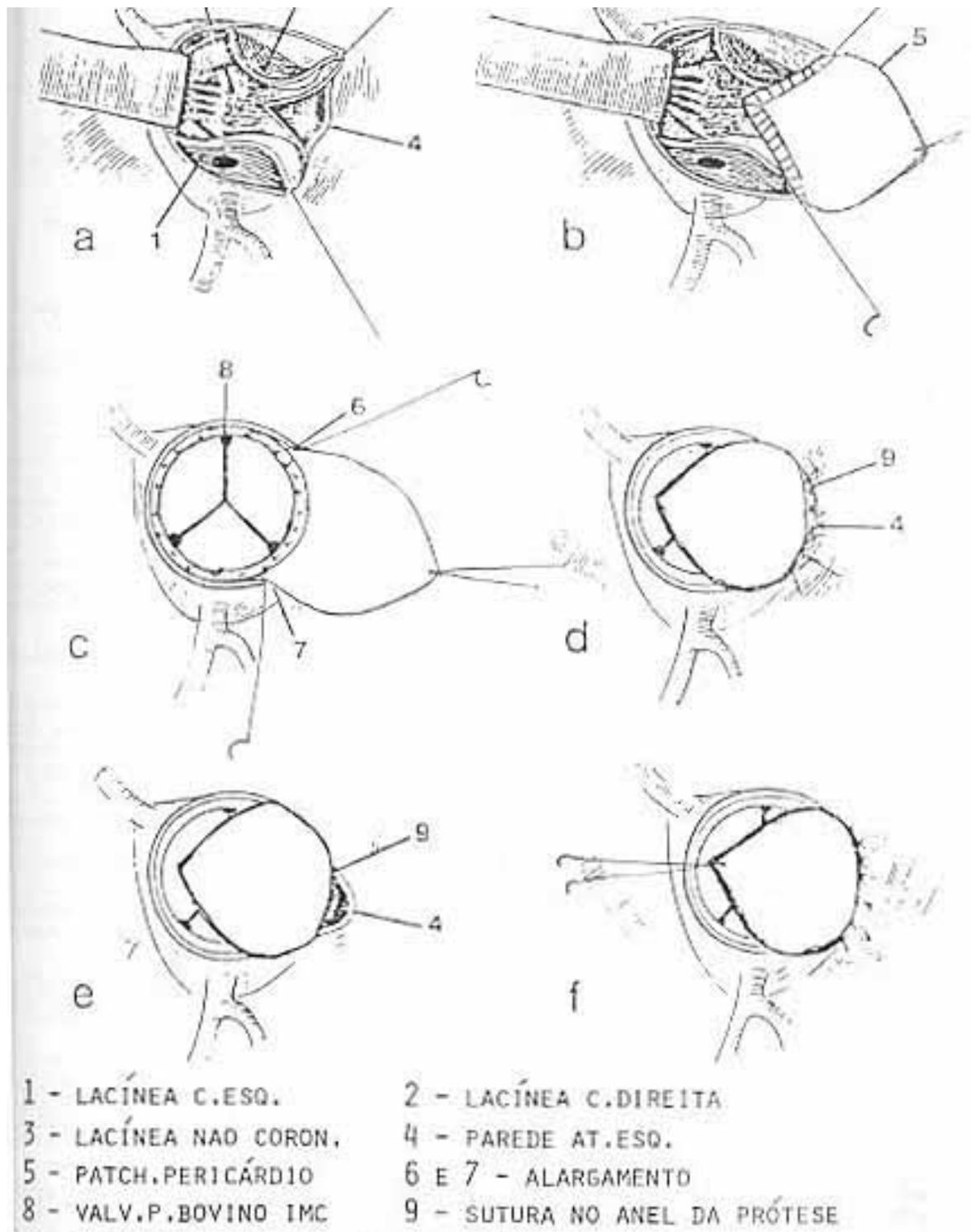


Fig. 2 - Descrição no texto.

adequados. Esses são recortados e estendidos sem tensão em um suporte plástico e mergulhados em glutaraldeído purificado a 0,5%, tamponado em pH 7,4, com tampão fosfato. Permanecem nessa solução durante 12 dias, sendo a mesma trocada após 3 h, nos 3 primeiros dias.

Decorrido esse tempo, os pericárdios são novamente inspecionados, selecionados e classificados de acordo com a espessura.

São então recortados em “patch” de 6 x 12cm, sendo colhidas amostras para os testes térmicos de encolhimento, mecânicos de tensão de rotura e módulo de elasticidade, bem como

para cultura (fungos e bactérias), estudos histológicos e histoquímicos.

O passo seguinte consiste em tratamento levemente oxidante, realizado em uma solução especial de "Formox" durante 24 h.

Após esse período, o pericárdio é conservado em formaldeído purificado a 4%, tamponado em pH 5,4 com tampão acetato, até a liberação pelos testes realizados.

Aprovado para uso, o "patch" de pericárdio bovino é embalado em tubos especiais esterilizados de vidro, que contém a mesma solução de formaldeído purificado a 4%, tamponado em pH 5,4 com tampão acetato.

O emprego do glutaraldeído purificado, com controle rigoroso da proporção das formas monômerase polímeras, assegura a fixação perfeita do pericárdio, criando novas ligações inter e intramoleculares e praticamente "plastificando" o tecido. A avaliação dessa ação é controlada em cada pericárdio, pelos testes mecânicos, térmicos, histológicos e histoquímicos.

O pericárdio deve ser estéril, após seu tratamento pelo glutaraldeído, contudo, o uso do formaldeído a 4% representa uma garantia maior de esterilidade permanente, além de prover ação adicional de fixação do tecido, diminuindo ainda mais sua antigenicidade e aumentando sua tolerância pelo organismo.

Recomendamos que, no momento do uso, o pericárdio bovino preservado seja exaustivamente lavado com solução salina, para que se retire todo formaldeído no qual está mergulhado.

É importante também verificar que o "patch" de pericárdio apresenta 2 faces, uma levemente irregular e outra lisa e brilhante, que deve ficar em contacto com a corrente circulatória, quando usado na reconstrução da raiz da aorta.

Cento e quarenta e quatro pacientes foram operados exclusivamente para a troca da valva aórtica, de novembro de 1979 a novembro de 1982, no IMC.

Em 15 deles (10%), foi necessário realizar o alargamento da raiz da aorta pelo método descrito.

A idade variou entre 11 e 68 anos (média 31,5 anos) (tabela I).

Seis pacientes eram do sexo feminino. A estenose foi dominante em 9 pacientes e a insuficiência, em 6.

Antes da operação, 9 pacientes eram da classe funcional IV e 6, da III da NYHA.

Nos pacientes com estenose predominante o gradiente variou entre 98 e 150 mmHg.

Naqueles com insuficiência predominante havia regurgitação de grau 3 ou 4.

Neste trabalho, estão incluídos apenas os pacientes portadores de lesão aórtica, não se considerando aqueles que apresentaram lesões concomitantes da valva mitral. Estão incluído 2 pacientes com coronariopatia associada, que foram submetidos à revascularização, no mesmo tempo cirúrgico.

Durante a intervenção, 6 pacientes apresentavam anel tão estreito que foi impossível implantar a prótese de 21mm de Hall-Kaster ou de pericárdio bovino (modelo IMC), sem a plástica da aorta.

Dos 6 pacientes, após o alargamento, 5 receberam a prótese de Hall-Kaster n.º 21 e 1, prótese de pericárdio bovino (modelo IMC) de 21mm.

Nos 9 pacientes restantes, foi possível, após o alargamento, implantar 5 válvulas de 23 mm (2 de pericárdio bovino, modelo IMC, e 3 de Hall-Kaster); 2 válvulas de Hall-Kaster de 25 mm; 1 válvula de Hall-Kaster de 29 mm.

Resultados

Ocorreu 1 óbito imediato em consequência de insuficiência ventricular esquerda. O paciente apresentava, no pré-operatório, 138 mmHg de gradiente e deficit contrátil acentuado.

Outro óbito ocorreu no 45º dia de pós-operatório, em decorrência de endocardite recidivante por fungo. O paciente tinha sido operado na vigência da infecção. O exame pós-operatório da peça mostrou vegetação abundante que recobria toda a prótese de Hall-Kaster. Não havia endocardite no remendo de pericárdio e as linhas de sutura estavam íntegras. O exame histológico não mostrou alteração do tecido pericárdico, que se encontrava preservado e livre de infecção.

Nos 13 pacientes em evolução, a melhoria funcional pode ser apreciada na tabela I.

Nos 129 pacientes, o tempo médio de pinçamento para a troca da valva aórtica, sem alargamento, foi de 45 min. Nos casos em que foi necessário o alargamento, esse tempo aumentou para 65 min.

Este acréscimo de 20 min parece não ter influenciado nos resultados, mesmo porque todas as operações foram realizadas com cardioplegia.

O acréscimo de diâmetro conseguido permitiu sempre a colocação de 1 prótese adequada.

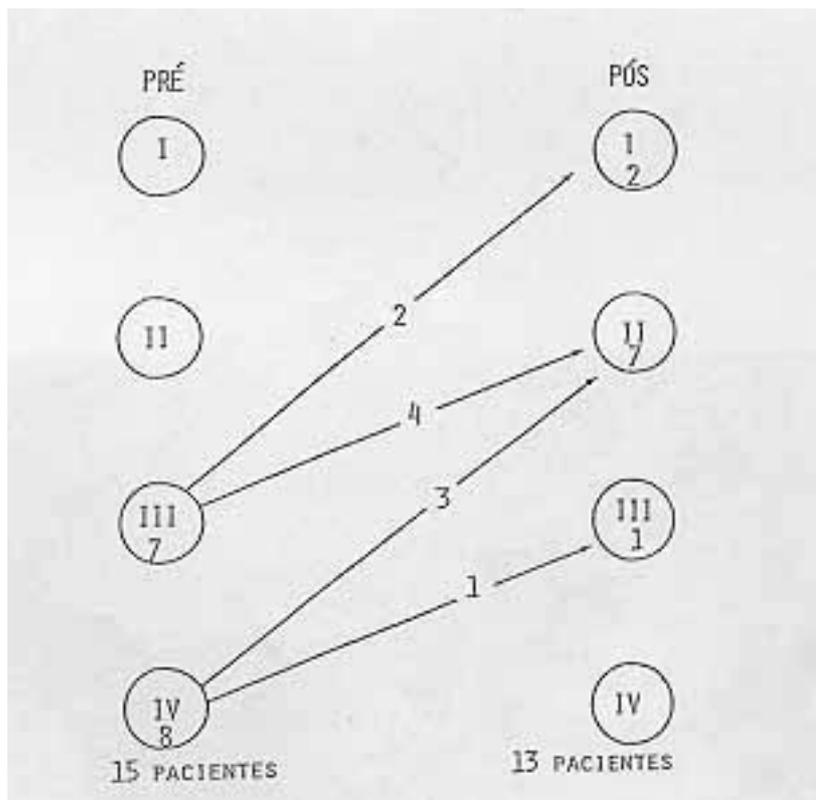
Em relação à medida inicial, a prótese empregada após o alargamento foi sempre, pelo menos, 1 ponto maior.

Em 3 pacientes, foi necessário incisar a lacínia aórtica da mitral, logo abaixo do anel, para que se pudesse utilizar válvula de 21mm e nenhum deles apresentou qualquer transtorno hemodinâmico ou detectável pela ecocardiografia da valva mitral.

Vale lembrar que o implante de 1 válvula 1 ponto maior significa o uso de uma prótese com 2mm a mais em seu diâmetro, o que representa uma variação de área bastante apreciável, visto que uma prótese de 19 mm tem uma área calculada de 283mm² e a de 21mm terá uma área calculada de 346mm².

Dos pacientes em observação pudemos estudar 2, 1 com prótese de Hall-Kaster de 21 mm que apresenta unigradiente sistólico de 25 mmHg e outro com válvula de pericárdio bo-

Tabela I - Número de pacientes segundo a classe funcional, antes (pré) e depois (pós) da intervenção cirúrgica.



vino (modelo IMC) de 21 mm que não apresenta gradiente.

A anatomia da raiz da aorta apresentou-se bastante próxima do normal, sem dilatações ou retrações apreciáveis (fig. 3 e 4).

Discussão

Desde 1969, com os trabalhos de Najafi⁸, foi proposta uma solução para o desafio da troca da valva aórtica em aortas de pequeno calibre.

Os trabalhos de Nicks e col.⁹ e o de Blank e col.¹⁰ criaram a possibilidade de dividir o seio não coronário para dilatar o anel aórtico estreito.

Em 1974, com os trabalhos de Konno¹¹, surge realmente uma nova técnica para aumentar o diâmetro do anel aórtico através do seio coronário direito e do septo interventricular.

A partir de 1975, Benhard e col.¹⁴, Cooley e col.¹⁵, McGoon¹⁶ usaram “conduítes” entre o ventrículo esquerdo e, respectivamente, a aorta torácica, abdominal e ascendente, com bom resultado hemodinâmico¹⁷, contudo, as dificuldades técnicas e a durabilidade do “conduíte” são limitantes para o método.

Em 1979, Monouguian, baseando-se em estudos anatômicos que mostravam a continuidade entre a parte pósterolateral da raiz da aorta e a lacínha aórtica da mitral¹⁸, em estudos cineangiográficos da secção do anel fibroso esquerdo do coração compreendido entre os triângulos

direito e esquerdo, os quais mostram que essa seção relacionada com a parte pósterolateral da aorta e na qual se insere o folheto aórtico da mitral, não se modifica durante o ciclo cardíaco¹⁹, considerando ainda que o folheto aórtico da mitral é passivo durante o movimento para fechar a valva²⁰ e, finalmente, baseando-se em seus estudos anatômicos^{21,22}, propôs a nova abordagem do anel aórtico separando-o na comissura que une os seios coronários direito e esquerdo prosseguindo com a incisão até o anel da mitral, e a lacínha aórtica dessa.

Com o conhecimento deste trabalho e dos demais, procuramos estudar detalhadamente a técnica em pegas e, experimentalmente, passamos a empregá-la a partir de 1979 com algumas modificações que se foram firmando com o tempo.

Usamos como enxerto desde o início o pericárdio bovino preservado em virtude de ser tecido biológico altamente resistente, flexível, impermeável, e que permite suturas fáceis e hemostáticas. Nossa experiência anterior com o uso do pericárdio bovino preservado para o tratamento dos aneurismas de aorta ascendente, para a plástica de coarctações da aorta, para a reconstrução de artérias periféricas, assim como seu uso no fechamento de comunicações interatriais e interventriculares e no alargamento da via de saída do ventrículo direito, sempre apoiados por estudos experimentais em animais, levou-nos a usá-lo também para a reconstrução da raiz da aorta.

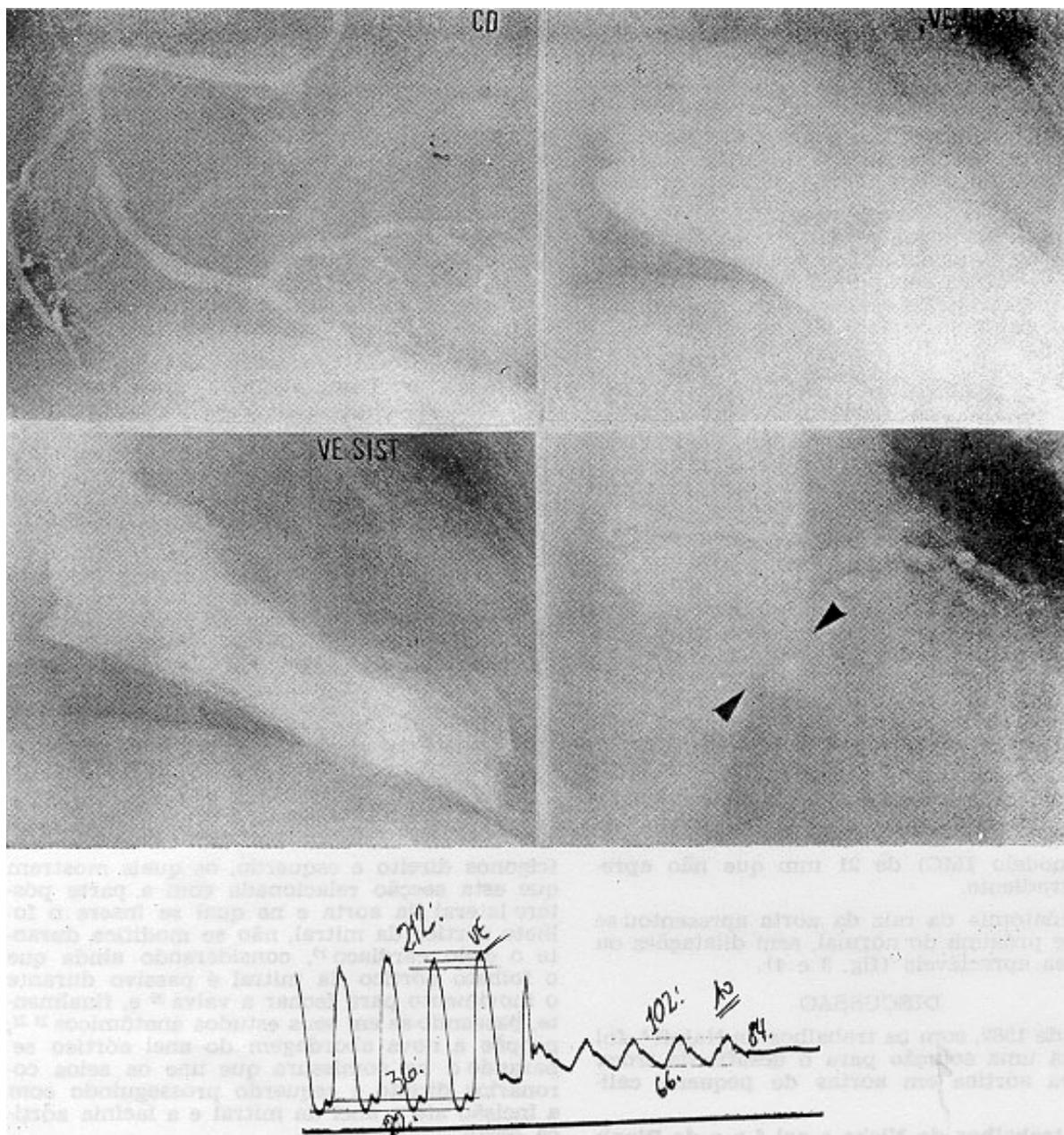


Fig. 3 - Dados do estudo hemodinâmico pré-operatório de uma paciente de 68 anos. A) Injeção seletiva na artéria coronária direita com aterosclerose difusa e grave obstrução no início da porção média. B e c) Ventrículo esquerdo em diástole e sístole. D) Aortografia evidenciando estenose aórtica com anel estreito e distorção da raiz da aorta. E) Curva de pressão VE -aorta com gradiente sistólico de 110 mmHg.

Como nessa técnica, de acordo com o caso, pode existir a necessidade de incisar a lacínia aórtica da mitral, pareceu-nos sensato que a reconstrução fosse feita com um tecido que se prestasse também para a construção de válvulas. Nesses 3 anos de emprego do pericárdio bovino no alargamento de raiz da aorta não tivemos qualquer problema relacionado com seu uso nessa posição: nenhum caso de aneurisma, deiscência de sutura, rotura ou vazamento paravalvular foi detectado nesse período.

A flexibilidade do pericárdio tem permitido que o reparo seja bastante anatômico e que a prótese seja implantada em posição horizontal, no plano valvar original, desde que se respeitem os orifícios das coronárias.

Nos 3 casos em que prolongamos a incisão até a lacínia

aórtica da mitral, abrindo-a na extensão de cerca de 0,8 cm, não tivemos qualquer problema com o funcionamento da valva mitral nossa experiência compara-se favoravelmente em relação à de Manouguian, que mostra um caso de rotura do pericárdio antólogo na reconstrução da mitral com esse enxerto¹².

Na grande maioria dos casos, é possível conseguir-se um bom alargamento sem penetrar na lacínia mitral, o que, sem dúvida, é melhor.

Nos casos em que houver necessidade, não se deve, contudo, titubear em fender a lacínia mitral e reconstruí-la adequadamente.

Haveria contra-indicação para a ampliação da incisão até a lacínia mitral apenas nos ca-

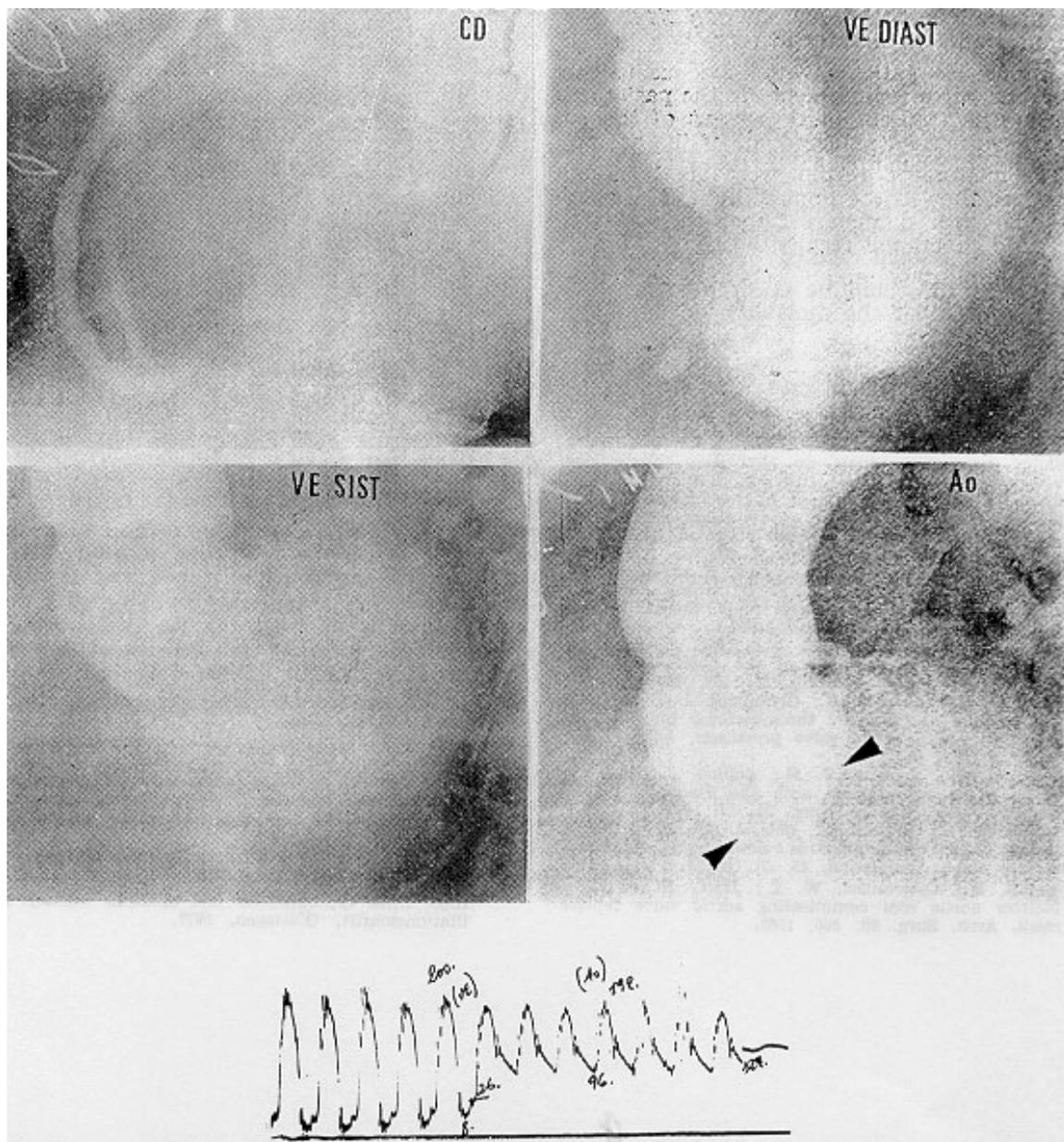


Fig. 4 - Dados do estudo hemodinâmico pós-operatório do caso da figura 3. A) Injeção seletiva em ponte de safena aortacoronária direita. b e c) Ventriculografia esquerda em diástole e sístole. D) Aortografia evidenciando prótese biológica (pericárdio bovino IMC n.º21) sem regurgitação. Anel alargado pelo “patch” de pericárdio bovino preservado. Ausência de distorção da raiz da aorta. E) Curva de pressão VE –aorta sem gradiente transvalvular (prótese de pericárdio bovino IM n.º 21).

sos em que já existissem alguns comprometimentos daquela valva que poderiam ser agravados pela plástica ¹².

É importante adequar-se, de forma muito cuidadosa, as dimensões do remendo de pericárdio à fenda que foi aberta, desde a aorta ascendente até a lacínia aórtica da mitral, de tal forma que não ocorra qualquer distorção e que a prótese se possa alojar rigorosamente na aorta alargada.

Com 10% dos pacientes submetidos à troca de valva aórtica de 1979 a 1982 necessitando alargamento da raiz da aorta para evitar o implante de prótese menor do que 21mm, ou inadequada para o caso, acreditamos ser de importância para todos os cirurgiões o conhecimento dessa técnica, que pode ser realizada com facilidade sem agravar a mortalidade ou a morbidade de cirúrgica.

Summary

In cases of hypoplasia of the aorta the implantation of a prosthesis has always been a challenge. Based on previous studies and on our own experience, since 1979 it has been standardized at the IMC that, the aortic root is enlarged with an oblique incision which starts at the medium part of the aorta and descends towards the commissure between the left coronary sinus and the non-coronary sinus, where the aortic ring is opened to the mitral ring and to the aortic leaflet of the mitral valve.

The reconstruction is made of bovine pericardium preserved in glutaraldehyde and kept in formaldehyde, enlarging itself wide enough

so that the adequate prosthesis may be sheltered comfortably in the aortic root.

Among 144 patients who have exclusively undergone valve replacements in the past three years at the IMC, 10 to 15 percent of the patients have needed enlargement of the aorta.

The anatomical results were good enough which has allowed the implantation of prosthesis, some with diameters larger than 21 mm with good functional results.

The applied technique is simple and does not increase either the mortality or the surgical morbidity.

Referências

1. Braile, D. M. -Hall-Kaster valve prosthesis. Early experience comparison with Lillehei-Kaster and Bjork-Shiley prosthesis. Anais do Medtronic International Valve Symposium, Lisboa, 1981. p. 3.
2. Braile, D. M.; Bilaqui, A. et al. - Prótese de pericárdio bovino (PB) mitral - 44 meses em 164 pacientes. Anais do 9.º Congresso Nacional de Cirurgia Cardíaca, Rio de Janeiro, 1981. p. 42.
3. Bjork, V.O.; Henze, A., Holmgren, A. et al. - Evaluation of the 21 mm Bjork-Shiley tilting disc valve in patients with narrow aortic roots. Scand. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 7: 203, 1973.
4. Morris, D. C.; Wickliffe, C. W.; King, S. B. et al. - Hemodynamic evaluation of the porcine xenograft aortic valve. Am J. Cardiol. 37: 157, 1976.
5. Byrd, C. L.; Yahr, W. X., Greenberg, J. J. - Longterm results of "simple" thrombectomy for thrombosed Bjork-Shiley aortic valve prosthesis. Ann. Thorac. Surg. 20, 265, 1975.
6. Coon, L. H.; Sanders, J. H.; Collins, J. J. Jr. -Aortic valve replacement with the Hancock porcine xenograft. Ann. Thorac. Surg. 22: 221, 1976.
7. Winter, T. Q.; Robert, L. Reis. L. et al - Current Status of the Starr-Edwards cloth-covered prosthetic cardiac valve. Circulation, 45, 46 (suppl. 1): 14, 1972.
8. Najafi, H.; Ostermiller, W. T.; Javid, I-I. et al. -Narrow aortic root complicating aortic valve replacement. Arch. Surg. 99: 960, 1969.
9. Nicks, R. T.; Cartmill, T.; Bernstein, J. - Hypoplasia of the aortic root: the problem of aortic valve replacement. Thorax, 25: 339, 1970.
10. Blank, R. H.; Pupello, D. F.; Bessone, L. N. et al. Method of managing the small aortic annulus during valve replacement. Ann. Thorac. Surg. 20: 265, 1975.
11. Kono, S.; Imai, Y.; Iida, Y. et al. - A new method for prosthetic valve replacement in congenital aortic stenosis associated with hypoplasia of the aortic valve ring. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 70: 909, 1975.
12. Manouguian, S.; Seybold-Epting, W. - Patch enlargement of the aortic valve ring by extending the aortic incision into the anterior mitral leaflet: new operative technique. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 78: 402, 1979.
13. Braile, D. M.; Bilaqui, A. et al. - Proteção miocárdica por cardioplegia. Arq. Bras. Cardiol. 33 (supl. 1): 199, 1979.
14. Bernhardt, W. F.; Poirier, V.; La Farge, C. G. -Relief of congenital obstruction to left ventricular outflow with a ventricular-aortic prostheses. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 69: 23, 1975.
15. Cooley, D. A.; Norman, J. C.; Mullins, C. E.; Grace, R. R. - Left ventricular to abdominal aorta conduit for relief of aortic, stenosis. Bull. Texas Heart Inst. 2: 376, 1975.
16. McGoon, D. D. - Left ventricular and biventricular extracardiac conduits. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 72- 7, 1976.
17. Norman, J. C.; Cooley, D. A.; Hallman, G. L.; Nihill, M. R. - Left ventricular apical-abdominal aortic conduits for left ventricular outflow tract obstructions. Clinical results in nine patients with a special composite prosthesis. Circulation, 54 (suppl. 2): 100, 1976.
18. McAlpine, W. A. - Heart and Coronary Artery. Springer Verlag, Heidelberg, New York, Berlin, 1975. P. 52.
19. Puf, A. - Uber das funktionelle Verhalten des anulus fibrosus bei der Volumenänderung der Herzhohlen und die Konsequenzen für reinen Klappenersatz. Thoraxchirurgie, 20, 185, 1972.
20. Puff, A. - Funktionelle Anatomie des Herzklappenapparates. Verh Dtsch Ges Kreislaufforsch. 31: 15, 1965.
21. Manouguian, S. - Erweiterungsplastik des hypoplastischen Aortenklappenringes. Beschreibung einer neuen operationsmethode. Eine experimentelle studie. Thoraxchirurgie, 24: 418, 1976.
22. Manouguian, S.- Erweiterungsplastik des aortenklappenringes. Beschreibung einer neuen operationsmethode. Eine experimentelle und klinische Studie. Habilitationsschrift, Goltingen, 1977.