

## **Cirurgia conservadora da válvula aórtica**

### **Conservative Aortic Valve Surgery**

Vasco Carvalho<sup>1,2</sup>; Adelino F. Leite-Moreira<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Aluno do 6º ano do Mestrado Integrado em Medicina, Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, Portugal

<sup>2</sup> Departamento de Fisiologia e Cirurgia Cardiorácica, Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, Portugal

<sup>3</sup> Serviço de Cirurgia Cardiorácica, Centro Hospitalar São João, EPE, Porto, Portugal

Endereço para correspondência:

Prof. Doutor Adelino Leite-Moreira

Departamento de Fisiologia e Cirurgia Cardiorácica

Faculdade de Medicina da Universidade do Porto

Alameda Prof. Hernâni Monteiro

4200-319 Porto, PORTUGAL

Tel. +351-22.551.36.44; Fax. +351-22.551.36.46;

E-mail: amoreira@med.up.pt

## **Resumo**

A cirurgia conservadora da válvula aórtica é uma estratégia atrativa para a correção da insuficiência aórtica e/ou da dilatação aneurismática da raiz da aorta. Apesar de ser uma cirurgia que é realizada numa minoria dos doentes com estas patologias, tem recebido atenção crescente na última década devido ao seu potencial para minimizar as complicações e riscos inerentes a uma prótese valvular mecânica ou biológica. No presente artigo propomo-nos rever o estado atual do conhecimento relativamente à cirurgia conservadora da válvula aórtica e o caminho que este tipo de abordagem poderá ter de percorrer para se tornar como tratamento de eleição para a correção cirúrgica da insuficiência aórtica e/ou da dilatação aneurismática da raiz da aorta.

Palavras-chave: Insuficiência aórtica, cirurgia conservadora da válvula aórtica, válvula aórtica, aneurisma da raiz da aorta.

## **Introdução**

A substituição da válvula aórtica nativa por uma prótese valvular biológica ou mecânica tem sido o procedimento de eleição no tratamento da insuficiência valvular aórtica.[1, 2] Contudo, o interesse na cirurgia conservadora da válvula aórtica tem vindo a crescer ultimamente. Esse interesse na cirurgia conservadora da válvula aórtica deve-se à possibilidade da diminuição das complicações inerentes à presença de próteses valvulares, tais como tromboembolismo, endocardite, falência da prótese com necessidade de reintervenção e as complicações relacionadas com a anticoagulação permanente. [3]

As primeiras publicações sobre a cirurgia conservadora da válvula aórtica num contexto de insuficiência aórtica foram publicadas em 1958 e 1963[4],[5]. Porém, devido à inexistência de métodos ecográficos e à reduzida compreensão da anatomia e fisiologia da válvula aórtica [6] estas publicações iniciais tiveram pouco impacto na comunidade médica. As primeiras publicações de plastias da válvula aórtica com técnicas inovadoras e com resultados promissores a curto e médio prazo foram as de *David e Feindel* [7] e de *Yacoub et al.* [8] tendo despertado o interesse por estratégias cirúrgicas de preservação e reconstrução da válvula aórtica. Contudo a cirurgia conservadora da válvula aórtica é realizada em apenas 2% dos casos.[2]

Para melhor compreensão do percurso que a cirurgia conservadora da válvula aórtica poderá ter de percorrer é importante fazer uma analogia com a implementação da cirurgia conservadora da válvula mitral. A cirurgia conservadora da válvula mitral era inicialmente praticada apenas por cirurgiões extremamente experientes sendo considerada uma cirurgia de elevado grau de dificuldade técnica. Atualmente é uma cirurgia bem implementada e realizada por diversos cirurgiões em todo o mundo.[9, 10] Um passo fulcral para que a implementação da cirurgia conservadora da válvula mitral

tivesse sucesso foi a criação da classificação da insuficiência da válvula mitral por Carpentier [11] o que permitiu uma maior uniformização das cirurgias tendo levado a uma maior reprodutibilidade e sucesso. Desde a primeira reparação da válvula mitral até esta se tornar uma indicação classe I para a correção da insuficiência mitral passaram 30 anos.[1], [9].

Importa assim, definir insuficiência valvular aórtica, perceber a classificação e fisiopatologia da insuficiência aórtica e quais as implicações destas no tratamento do doente.

A insuficiência aórtica define-se como o fluxo retrógrado de sangue da artéria aorta para o ventrículo esquerdo através da válvula aórtica, durante a diástole [12]. A regurgitação pode ser causada por mau funcionamento das cúspides da válvula aórtica, por dilatação da aorta e do anel funcional da válvula aórtica ou por uma combinação de ambos.[13] O anel aórtico funcional inclui, além da linha de implantação dos folhetos, a junção sinotubular e a junção ventrículo-aórtica [14]. Assim, e de um modo simplificado, podemos dizer que a função da válvula aórtica é permitir o fluxo unidirecional de sangue do ventrículo esquerdo para a aorta, impedindo o refluxo de sangue para o ventrículo esquerdo durante a diástole. [12]

Neste contexto, a classificação atual da insuficiência aórtica baseia-se essencialmente no tamanho do anel aórtico funcional e no estado das cúspides da válvula aórtica. Em 1997, *Haydar et al.* [10] classificaram, pela primeira vez, a insuficiência aórtica. A insuficiência aórtica foi classificada em três tipos: tipo I, tipo II e tipo III. A insuficiência aórtica tipo I caracteriza-se por movimento normal das cúspides com dilatação do anel aórtico. A insuficiência aórtica tipo II caracteriza-se por movimento excessivo e prolapso das cúspides devido a excesso de tecido nas mesmas. A insuficiência aórtica tipo III caracteriza-se por restrição do movimento das cúspides

devido à sua retração e/ou rigidez. As limitações que foram atribuídas a esta classificação prenderam-se com o facto de esta não ter em conta a patologia da raiz da aorta, da aorta ascendente e as perfurações das cúspides valvulares na patogenia da insuficiência aórtica.

Em 2005, *El Khoury et al.* [15] aperfeiçoaram esta classificação tentando resolver as suas limitações. O que a classificação de *El Khoury et al.* introduziu de novo foi a subdivisão da insuficiência aórtica tipo I em 4 subgrupos (Ia,Ib,Ic,Id) permitindo diferenciar entre as dilatações do anel aórtico a diferentes níveis e a perfuração dos folhetos.[16] Na insuficiência aórtica tipo Ia temos uma dilatação da aorta ascendente com início na junção sinotubular; na insuficiência aórtica tipo Ib temos dilatação de toda a raiz da aorta (junção ventrículo-aórtica); na insuficiência aórtica tipo Ic existe dilatação da junção ventrículo-aórtica; na insuficiência aórtica tipo Id há perfuração das cúspides da válvula aórtica mas sem lesão do anel aórtico funcional; a definição das insuficiências aórticas tipo II e tipo III é idêntica à de *Haydar et al.*[3, 15, 17]

Esta classificação da insuficiência aórtica desenvolvida por *El Khoury et al.* [15] para além de ter permitido uma “linguagem” universal entre cirurgiões cardíacos, cardiologistas e anestesistas, também permite escolher o tipo de cirurgia mais indicada a realizar em cada doente de acordo com o mecanismo da sua insuficiência aórtica.[17]

## **Etiologia**

A insuficiência aórtica pode dever-se a patologia da válvula aórtica, da raiz da aorta ou de ambas.[18] Sendo assim, as causas mais comuns de insuficiência aórtica são: dilatação idiopática da aorta, doenças congênitas da válvula aórtica (como a válvula bicúspide), calcificação degenerativa, doença reumática, endocardite infecciosa, hipertensão arterial sistêmica, degeneração mixomatosa, disseção da aorta ascendente e síndrome de Marfan. As causas menos comuns de insuficiência aórtica são lesões traumáticas da válvula aórtica, espondilite anquilosante, aortite sífilítica, artrite reumatoide, *osteogenesis imperfecta*, aortite de células gigantes, síndrome de Ehlers-Danlos, síndrome de Loews–Dietz, síndrome de Reiter e defeitos do septo interventricular com prolapso de uma cúspide valvular aórtica.[13, 19]

*El Khoury et al.* [15] associaram os diferentes tipos de lesão com as diferentes etiologias observadas. Sendo assim, as lesões do tipo Ia são associadas a lesões na aorta ascendente causadas pela degeneração aterosclerótica progressiva causando dilatação da junção sinotubular. As lesões tipo Ib são encontradas em doenças degenerativas da túnica média como o síndrome de Marfan. As lesões do tipo Ic como causa isolada de insuficiência aórtica são raras, encontrando-se nestas circunstâncias normalmente associadas a doenças degenerativas da válvula mitral ou das artérias coronárias. Todavia, as lesões do tipo Ic encontram-se frequentemente associadas a lesões do tipo Ib. As lesões do tipo Id encontram-se relacionadas com lesões traumáticas ou endocardite infecciosa. As lesões do tipo II ocorrem frequentemente isoladamente sem etiologia claramente definida, podendo contudo estar associadas a processos degenerativos relacionados como o envelhecimento e a hipertensão arterial sistêmica.

As lesões do tipo III estão habitualmente associadas à doença reumática ou à calcificação degenerativa típica do idoso.

## **Diagnóstico**

A avaliação inicial do doente deve ser efetuada através da colheita da história clínica e exame físico detalhados. Importa também a deteção de doenças que predis põem a insuficiência aórtica e/ou dilatação aneurismática da raiz da aorta tais como síndrome de Marfan, válvula aórtica bicúspide, endocardite e espondilite anquilosante. Na presença de insuficiência aórtica, é característico ao exame físico um sopro diastólico de alta frequência em decrescendo audível no terceiro espaço intercostal lateralmente ao esterno e pressão arterial sistólica elevada para uma pressão arterial diastólica anormalmente baixa. [20, 21]

Os exames auxiliares de diagnóstico utilizados incluem o eletrocardiograma, a ecocardiografia transtorácica e transesofágica, radiografia torácica simples, ressonância magnética cardíaca e tomografia computadorizada.

O eletrocardiograma poderá apresentar-se normal na insuficiência aórtica ligeira, mas tipicamente apresenta os sinais característicos de hipertrofia ventricular esquerda nos estadios mais avançados. A radiografia torácica simples pode demonstrar cardiomegalia e dilatação da aorta ascendente.

A ecocardiografia assume um papel central no diagnóstico e na análise da gravidade da insuficiência aórtica, permitindo também avaliar o mecanismo de regurgitação, a anatomia da válvula aórtica e a possibilidade de reparação da válvula nativa. [22] A ecografia doppler é uma técnica específica e sensível para a deteção de insuficiência aórtica e identificação do tipo de jato regurgitante. A caracterização do jato regurgitante ajuda a predizer o tipo de insuficiência aórtica presente. Sendo assim, quando temos dilatação do anel aórtico (lesão tipo I) o jato regurgitante é tipicamente central; quando há prolapso de uma ou mais cúspides (lesão do tipo II) o jato regurgitante é excêntrico.[23] A ecocardiografia permite ainda a avaliação do tamanho do ventrículo



esquerdo e a visualização das restantes estruturas valvulares e da aorta ascendente.[13]

[24] Caso a cirurgia planeada seja uma cirurgia conservadora da válvula aórtica, a realização de ecocardiografia transesofágica intraoperatória é mandatória pois permite a análise do mecanismo subjacente à insuficiência aórtica, avaliar o número, mobilidade e qualidade das cúspides e também proceder a medições mais precisas da raiz da aorta, bem como avaliar o resultado pós-operatório imediato da reparação valvular aórtica.[25, 26]

A ressonância magnética pode ter um papel importante quando os achados ecocardiográficos são insuficientes para a caracterização da insuficiência aórtica e para uma melhor avaliação da aorta em doentes com síndrome de Marfan.[27, 28]

A tomografia computadorizada ser utilizada em alternativa à ressonância magnética nos doentes com síndrome de Marfan [28], podendo ser igualmente útil para avaliar a presença de doença arterial coronária em alguns doentes.[29]

## **Indicações cirúrgicas**

De acordo com as recomendações conjuntas da Sociedade Europeia de Cardiologia e da Associação Europeia de Cirurgia Cardiorádica [28], na insuficiência aórtica severa a cirurgia está indicada nos doentes sintomáticos (classe de recomendação I e nível de evidência B), nos doentes assintomáticos com fração de ejeção ventricular esquerda inferior a 50% (classe de recomendação I e nível de evidência B) e nos doentes com indicação para cirurgia cardíaca por outro motivo (cirurgia coronária, da aorta ascendente ou de outra válvula cardíaca; classe de recomendação I e nível de evidência C). A cirurgia para correção de insuficiência aórtica deve também ser considerada em doentes com diâmetro diastólico final do ventrículo esquerdo superior a 70 mm ou diâmetro sistólico final do ventrículo esquerdo superior a 50 mm ou superior a 25 mm/m<sup>2</sup> de superfície corporal (classe de recomendação IIa e nível de evidência C). A cirurgia valvular aórtica está ainda indicada em doentes com aneurisma da raiz da aorta, mesmo quando a válvula aórtica está normofuncionante: (i) Diâmetro máximo da aorta ascendente igual ou superior a 50 mm em pacientes com síndrome de Marfan (classe de recomendação I e nível de evidência C); (ii) Diâmetro máximo da aorta ascendente superior a 45 mm em doentes com síndrome de Marfan e fatores de risco, superior a 50 mm em doentes com válvula bicúspide e fatores de risco e superior a 55 mm em todos os outros doentes (classe de recomendação IIa e nível de evidência C).

A seleção de potenciais candidatos à realização de cirurgia conservadora da válvula aórtica deve ser baseada na qualidade e características das cúspides aórticas, na perceção e aceitação por parte do doente dos riscos inerentes à operação e na experiência da equipa cirúrgica. A cirurgia conservadora da válvula pode ser menos

justificável em pacientes idosos (idade superior a 70 anos) porque as próteses valvulares biológicas demonstraram excelente durabilidade e resultados nesta faixa etária. [30]

## **Estratégia cirúrgica**

Na insuficiência aórtica tipo Ia (figura 1) procede-se à remodelação da junção sinotubular com possível anuloplastia subcomissural associada. Essa remodelação faz-se reduzindo a circunferência da junção sinotubular ao substituir a totalidade ou parte da aorta ascendente por uma prótese tubular de Dacron. Deve ser prestada especial atenção à posição das três comissuras de modo a evitar insuficiência aórtica residual por distorção das mesmas. [31] [15] Ocasionalmente, verifica-se a persistência de insuficiência aórtica mesmo após a realização da remodelação da junção sinotubular sendo indicado nestes casos a realização de anuloplastia subcomissural.[12]

Na insuficiência aórtica tipo Ib a cirurgia realiza-se com o intuito de corrigir a dilatação da raiz da aorta, da aorta ascendente e da junção sinotubular. Nestes casos, as cirurgias preconizadas são reimplantação da válvula aórtica (operação de David) [7] ou a remodelação da raiz da aorta (operação de Yacoub) [8] conservando a válvula aórtica nativa em ambas. Neste último caso poderá estar indicado associar a anuloplastia subcomissural ou outro tipo de anuloplastia. A técnica de Yacoub consiste na substituição de um ou mais seios de Valsalva e da aorta ascendente por uma prótese tubular de Dacron, sendo assim de maior utilidade quando não há dilatação da junção ventrículo aórtica. [12, 15] Caso haja dilatação desta junção deve ser associada uma anuloplastia da mesma [32, 33], ou alternativamente, realizar a cirurgia de David em que a válvula aórtica nativa é reimplantada no interior de uma prótese tubular de Dacron. [34] [35]

Na insuficiência aórtica tipo Ic a cirurgia preconizada é a anuloplastia subcomissural ou outra [32, 33] associada a plastia da junção sinotubular. [36]

Na insuficiência aórtica tipo Id faz-se reparação da válvula aórtica com retalho de pericárdio autólogo ou bovino e anuloplastia subcomissural ou outra associada. [15]

Na Insuficiência aórtica tipo II a cirurgia é realizada para corrigir o prolapso da válvula aórtica e o movimento anormal e excessivo das cúspides. O nível de coaptação das cúspides de uma válvula aórtica normal ocorre no meio dos seios de Valsalva, ou seja, metade da distância entre a junção ventrículo-aórtica e a junção sinotubular. [37] A maioria dos prolapso nas válvulas aórtica tricúspides devem-se à distensão das margens livres das cúspides o que leva ao desvio inferior do nível de coaptação normal das cúspides, condicionando fluxo retrógrado através da válvula e consequentemente insuficiência aórtica, com um jato tipicamente excêntrico. [12] Sendo assim, as técnicas cirúrgicas utilizadas para a correção da insuficiência aórtica do tipo II são plicatura central das cúspides, resseção triangular, suspensão com sutura de PTFE ao longo da margem livre, enxerto de pericárdio e anuloplastia subcomissural associada. [15, 37]

Na insuficiência aórtica tipo III a cirurgia é realizada para corrigir o movimento anormal e restritivo das cúspides, com técnicas que incluem o seu adelgaçamento (*shaving*), a sua extensão com pericárdio e a sua descalcificação. [12, 15]

## **Resultados e discussão**

A avaliação crítica da cirurgia conservadora da válvula aórtica deve focar-se essencialmente nos resultados do seguimento dos eventos tromboembólicos ou hemorrágicos, na recorrência de insuficiência aórtica e consequente reintervenção, na ocorrência de endocardite e nas taxas de mortalidade precoce e tardia.

*Aicher D. et al.* [38] (figura 2) publicaram resultados de 640 doentes (idade média  $56\pm 17$  anos; 465 do sexo masculino) submetidos a cirurgia conservadora da válvula aórtica com seguimento máximo de 12 anos e dez meses. A mortalidade hospitalar foi de 3,4% na coorte total e de 0,8% nos doentes que foram submetidos apenas a cirurgia conservadora da válvula aórtica sem outra intervenção cirúrgica concomitante. A sobrevida aos 5 anos da coorte total foi de 92% e de 80% aos 10 anos. Não houve recorrência da insuficiência aórtica (insuficiência aórtica  $\geq$  II) em 87% dos casos aos 5 anos e em 80% aos 10 anos nas válvulas aórticas tricúspides, nem em 86% aos 5 anos e 83% aos 10 anos nas válvulas aórticas bicúspides. Não houve necessidade de reintervenção por recorrência de insuficiência aórtica aos 5 e 10 anos, respetivamente, em 88% e 81% dos doentes com válvulas aórticas bicúspides e em 97% e 93% dos doentes com válvulas aórticas tricúspides. As incidências de tromboembolismo (0,2% doente/ano) e endocardite (0,16% doente/ano) foram baixas e claramente inferiores ao descrito para as próteses valvulares [39-41]. Não houve complicações relacionadas com a válvula aórtica em 88% dos doentes em 10 anos.

*Price J. et al.* [42] (figura 3) publicaram resultados de 475 doentes (idade média  $53\pm 16$  anos; 385 do sexo masculino) submetidos a cirurgia conservadora da válvula aórtica com um seguimento máximo de 15 anos. A mortalidade aos 30 dias foi de 0,8%. A sobrevida aos 5 anos foi de  $92,8\pm 1,5\%$  e aos 10 anos de  $72,8\pm 4,5\%$ . Não houve recorrência da insuficiência aórtica (insuficiência aórtica  $\geq$  II) em  $90,6\pm 1,7\%$  dos casos

aos 5 anos e em  $84,9\pm 2,7\%$  aos 10 anos. Não houve necessidade de reintervenção por recorrência de insuficiência aórtica em  $93,8\pm 1,4\%$  a 5 anos e  $86,0\pm 3,0\%$  aos 10 anos. As incidências de tromboembolismo (1,1% doente/ano) e endocardite (0,19% doente/ano) foram baixas e claramente inferiores ao descrito para as próteses valvulares [39-41]. Não houve complicações relacionadas com a válvula aórtica em  $87,4\pm 1,8\%$  dos doentes aos 5 anos e em  $74,3\pm 4,3\%$  aos 10 anos.

*Minakata K. et al.* [43] (figura 4) publicaram os resultados de um estudo retrospectivo de 160 doentes (idade média  $55\pm 17$  anos; 127 do sexo masculino) que foram submetidos a cirurgia conservadora da válvula aórtica entre 1986 e 2001. A mortalidade precoce foi de 0,6%. A sobrevivência aos 3, 5 e 7 anos foram respetivamente de 96%, 92% e 89%. O risco cumulativo de reintervenção da válvula aórtica aos 3, 5 e 7 anos foi de 9%, 11% e 15%, respetivamente. Aos 5 anos, não houve episódios tromboembólicos, hemorrágicos e de endocardite, respetivamente em 98%, 94% e 100% dos doentes.

*Saczkowski R. et al.* [44] fizeram uma revisão sistemática dos resultados de 17 artigos publicados sobre cirurgia conservadora da válvula aórtica perfazendo um total de 2891 pacientes. A pesquisa inicial dos autores identificou 3507 estudos, dos quais ficaram apenas 17 que reuniam os critérios definidos pelos autores. Os critérios de inclusão eram, entre outros, a necessidade dos resultados apresentarem pelo menos a mortalidade precoce, a mortalidade tardia e a morbidade relacionada com a cirurgia valvular, bem como ano de publicação posterior a 2002. Os 2891 doentes submetidos a cirurgia conservadora da válvula aórtica tinham idade média de 53,5 (32,9-61,0) anos com período de seguimento médio de 3,9 anos (1,4-15 anos). A mortalidade precoce foi de 2,6% (95% CI: 1,4%-4,4%). A taxa de reintervenções para substituição da válvula aórtica nativa por prótese mecânica/biológica ou re-reparação da válvula aórtica nativa foi de 2,4% doentes/ano (0%-4,2% doentes/ano). Em média, não houve recorrência de

insuficiência aórtica  $\geq$  II em 88% dos doentes (87%-100%). A taxa média de eventos tromboembólicos foi de 0,52% doentes/ano (0%-0,95% doentes/ano) e de endocardite 0,23% doentes/ano (0%-0,78%). A mortalidade tardia ocorreu a uma taxa de 1,3% doentes/ano (95% CI: 0,9%-2,1% doentes/ano).

A partir dos resultados das publicações apresentadas anteriormente verifica-se que efetivamente a cirurgia conservadora da válvula aórtica é uma abordagem promissora para o tratamento da insuficiência aórtica com baixas taxas de recorrência de insuficiência aórtica, de reintervenção e morbimortalidade associada ao procedimento cirúrgico a curto/médio prazo. Existem contudo ainda limitações inerentes a estes estudos que nos permitam concluir em definitivo pela superioridade da cirurgia conservadora da válvula aórtica em relação à cirurgia de substituição da mesma por uma prótese valvular. De facto, por um lado não existe até à data nenhum estudo randomizado que compare diretamente estas duas estratégias, por outro há um número relativamente reduzido de publicações referentes a cirurgia conservadora da válvula aórtica comparativamente à cirurgia de substituição valvular. Finalmente, a grande maioria das publicações da cirurgia conservadora da válvula aórtica são unicêntricas e realizadas com tempos de seguimento limitados. [44, 45]

Para contornar algumas destas limitações, decorre atualmente um estudo prospetivo e multicêntrico com 260 doentes (Conservative Aortic Valve surgery for aortic insufficiency and Aneurysm of the Aortic Root - CAAVIAR) que teve início em maio de 2007 e tem como principais objetivos a utilização de uma técnica cirúrgica estandardizada de reparação cirúrgica conservadora da válvula aórtica (em 130 doentes) versus substituição da válvula nativa por válvula mecânica (nos restantes 130 doentes). Este estudo poderá fornecer evidência adicional e mais forte em relação a esta temática, aguardando-se com expectativa a publicação dos seus resultados.



## Bibliografia

1. Taylor, J., *ESC/EACTS Guidelines on the management of valvular heart disease*. Eur Heart J, 2012. **33**(19): p. 2371-2.
2. Iung, B., et al., *A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease*. Eur Heart J, 2003. **24**(13): p. 1231-43.
3. Jeanmart, H., et al., *Aortic valve repair: the functional approach to leaflet prolapse and valve-sparing surgery*. Ann Thorac Surg, 2007. **83**(2): p. S746-51; discussion S785-90.
4. Taylor, W.J., et al., *The surgical correction of aortic insufficiency by circumclusion*. J Thorac Surg, 1958. **35**(2): p. 192-205 passim.
5. Ross, D.N., *Surgical reconstruction of the aortic valve*. Lancet, 1963. **1**(7281): p. 571-4.
6. Aicher, D. and H.J. Schafers, *Aortic valve repair--current status, indications, and outcomes*. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2012. **24**(3): p. 195-201.
7. David, T.E. and C.M. Feindel, *An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta*. J Thorac Cardiovasc Surg, 1992. **103**(4): p. 617-21; discussion 622.
8. Yacoub, M.H., et al., *Late results of a valve-preserving operation in patients with aneurysms of the ascending aorta and root*. J Thorac Cardiovasc Surg, 1998. **115**(5): p. 1080-90.
9. Boodhwani, M. and G. El Khoury, *Aortic valve repair: a glimpse into the future*. Eur J Cardiothorac Surg, 2012. **41**(1): p. 2-3.
10. Haydar, H.S., et al., *Valve repair for aortic insufficiency: surgical classification and techniques*. Eur J Cardiothorac Surg, 1997. **11**(2): p. 258-65.
11. Carpentier, A., *Cardiac valve surgery--the "French correction"*. J Thorac Cardiovasc Surg, 1983. **86**(3): p. 323-37.
12. Prodromo, J., et al., *Aortic valve repair for aortic insufficiency: a review*. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2012. **26**(5): p. 923-32.
13. Maurer, G., *Aortic regurgitation*. Heart, 2006. **92**(7): p. 994-1000.
14. El Khoury, G. and L. de Kerchove, *Principles of aortic valve repair*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2013. **145**(3 Suppl): p. S26-9.
15. El Khoury, G., et al., *Functional classification of aortic root/valve abnormalities and their correlation with etiologies and surgical procedures*. Curr Opin Cardiol, 2005. **20**(2): p. 115-21.
16. Augoustides, J.G., W.Y. Szeto, and J.E. Bavaria, *Advances in aortic valve repair: focus on functional approach, clinical outcomes, and central role of echocardiography*. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2010. **24**(6): p. 1016-20.
17. Boodhwani, M., et al., *Repair-oriented classification of aortic insufficiency: impact on surgical techniques and clinical outcomes*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2009. **137**(2): p. 286-94.
18. Olson, L.J., R. Subramanian, and W.D. Edwards, *Surgical pathology of pure aortic insufficiency: a study of 225 cases*. Mayo Clin Proc, 1984. **59**(12): p. 835-41.
19. Boudoulas, K.D., J.S. Borer, and H. Boudoulas, *Etiology of valvular heart disease in the 21st century*. Cardiology, 2013. **126**(3): p. 139-52.
20. Braunwald, E. and R.O. Bonow, *Braunwald's heart disease a textbook of cardiovascular medicine*. 2012, Elsevier Saunders,: Philadelphia. p. 1 online resource.
21. Evangelista, A., et al., *Long-term vasodilator therapy in patients with severe aortic regurgitation*. N Engl J Med, 2005. **353**(13): p. 1342-9.

22. Lancellotti, P., et al., *Recommendations for the echocardiographic assessment of native valvular regurgitation: an executive summary from the European Association of Cardiovascular Imaging*. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2013. **14**(7): p. 611-44.
23. Lansac, E., et al., *A lesional classification to standardize surgical management of aortic insufficiency towards valve repair*. Eur J Cardiothorac Surg, 2008. **33**(5): p. 872-8; discussion 878-80.
24. Muraru, D., et al., *Assessment of aortic valve complex by three-dimensional echocardiography: a framework for its effective application in clinical practice*. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2012. **13**(7): p. 541-55.
25. le Polain de Waroux, J.B., et al., *Functional anatomy of aortic regurgitation: accuracy, prediction of surgical reparability, and outcome implications of transesophageal echocardiography*. Circulation, 2007. **116**(11 Suppl): p. I264-9.
26. Van Dyck, M.J., et al., *Transesophageal echocardiographic evaluation during aortic valve repair surgery*. Anesth Analg, 2010. **111**(1): p. 59-70.
27. Gentchos, G.E., M.D. Tischler, and T.F. Christian, *Imaging and quantifying valvular heart disease using magnetic resonance techniques*. Curr Treat Options Cardiovasc Med, 2006. **8**(6): p. 453-60.
28. Vahanian, A., et al., *[Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012). The Joint Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS)]*. G Ital Cardiol (Rome), 2013. **14**(3): p. 167-214.
29. Scheffel, H., et al., *Accuracy of 64-slice computed tomography for the preoperative detection of coronary artery disease in patients with chronic aortic regurgitation*. Am J Cardiol, 2007. **100**(4): p. 701-6.
30. Gleason, T.G., *Current perspective on aortic valve repair and valve-sparing aortic root replacement*. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2006. **18**(2): p. 154-64.
31. de Kerchove, L., et al., *Repair of aortic leaflet prolapse: a ten-year experience*. Eur J Cardiothorac Surg, 2008. **34**(4): p. 785-91.
32. Aicher, D., et al., *Early results with annular support in reconstruction of the bicuspid aortic valve*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2013. **145**(3 Suppl): p. S30-4.
33. Lansac, E., et al., *An aortic ring to standardize aortic valve repair: preliminary results of a prospective multicentric cohort of 144 patients*. Eur J Cardiothorac Surg, 2010. **38**(2): p. 147-54.
34. David, T.E., *The aortic valve-sparing operation*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2011. **141**(3): p. 613-5.
35. El Khoury, G.A., et al., *Reconstruction of the ascending aorta and aortic root: experience in 45 consecutive patients*. Ann Thorac Surg, 2000. **70**(4): p. 1246-50.
36. El Khoury, G., et al., *Repair of aortic valve prolapse: experience with 44 patients*. Eur J Cardiothorac Surg, 2004. **26**(3): p. 628-33.
37. Boodhwani, M., et al., *Repair of aortic valve cusp prolapse*. Multimed Man Cardiothorac Surg, 2009. **2009**(702): p. mmcts 2008 003806.
38. Aicher, D., et al., *Aortic valve repair leads to a low incidence of valve-related complications*. Eur J Cardiothorac Surg, 2010. **37**(1): p. 127-32.
39. Jamieson, W.R., et al., *Carpentier-Edwards supra-annular aortic porcine bioprosthesis: clinical performance over 20 years*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2005. **130**(4): p. 994-1000.
40. Hammermeister, K., et al., *Outcomes 15 years after valve replacement with a mechanical versus a bioprosthetic valve: final report of the Veterans Affairs randomized trial*. J Am Coll Cardiol, 2000. **36**(4): p. 1152-8.
41. Oxenham, H., et al., *Twenty year comparison of a Bjork-Shiley mechanical heart valve with porcine bioprostheses*. Heart, 2003. **89**(7): p. 715-21.

42. Price, J., et al., *Risk of valve-related events after aortic valve repair*. Ann Thorac Surg, 2013. **95**(2): p. 606-12; discussion 613.
43. Minakata, K., et al., *Is repair of aortic valve regurgitation a safe alternative to valve replacement?* J Thorac Cardiovasc Surg, 2004. **127**(3): p. 645-53.
44. Saczkowski, R., et al., *Systematic review of aortic valve preservation and repair*. Ann Cardiothorac Surg, 2013. **2**(1): p. 3-9.
45. Boodhwani, M., et al., *Repair of regurgitant bicuspid aortic valves: a systematic approach*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2010. **140**(2): p. 276-284 e1.