



Opções atuais no tratamento da válvula e raiz da Aorta.

Versão final após defesa

David Yanovich Bushkovskiy Semeniuk

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Medicina
(mestrado integrado)

Orientador: Ricardo Miguel Santos Ferreira

agosto de 2023

Opções atuais no tratamento da válvula e raiz da Aorta.

ANEXO

Declaração de Integridade

Eu, David Yanovich Bushkovskiy Semeniuk, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição 39840 do Mestrado Integrado em Medicina da Faculdade Ciências da Saúde, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com **o Código de Integridades da Universidade da Beira Interior.**

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referenciação de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã 04/08/2023



Opções atuais no tratamento da válvula e raiz da Aorta.

Dedicatória

Aos meus pais e a quem sempre me apoiou incondicionalmente.

Opções atuais no tratamento da válvula e raiz da Aorta.

Agradecimentos

Ao orientador, Dr. Ricardo Miguel Santos Ferreira, pela orientação e disponibilidade que foram imprescindíveis para a realização deste trabalho e pelo interesse adicional que me despoletou pela área da Cirurgia Cardíaca.

À minha família e amigos, especialmente à Beatriz, que me prestaram apoio sempre que foi preciso.

Àqueles que fizeram parte deste percurso na faculdade, agradeço por todas as experiências e por todos os momentos que me fizeram crescer e aprender.

Obrigado.

Opções atuais no tratamento da válvula e raiz da Aorta.

Resumo

Introdução: A raiz e válvula Aórticas são sistemas complexos e intimamente relacionados que estão sujeitos a vários processos patológicos comuns, afetando, individualmente ou simultaneamente, os seus componentes. Ao longo dos anos foram surgindo cada vez mais opções terapêuticas para a patologias destas estruturas, nomeadamente opções cirúrgicas com tendência para técnicas cada vez menos invasivas e que tentam preservar uma anatomia e fisiologia o mais próximo da estrutura nativa saudável.

Objetivo: Identificar as opções terapêuticas disponíveis e evidenciar as vantagens e desvantagens de cada uma.

Método: Foi utilizado o motor de busca PubMed e foi pesquisada informação em livros de Cirurgia Cardíaca. Foram também selecionados artigos encontrados como referências de outros artigos quando considerados pertinentes. Na pesquisa foi imposto o limite temporal de artigos posteriores a 2012, com algumas exceções no caso de haver pouca informação nessas datas ou artigos dos criadores de alguns dos procedimentos abordados. Foram priorizados os artigos mais recentes e mais abrangentes. A maioria dos artigos são em inglês.

Resultados/Discussão: A patologia valvular aórtica pode surgir associada ou não a patologia da raiz da Aorta.

No caso de patologia isolada podemos optar pela sua substituição, dispondo atualmente de dispositivos mecânicos, biológicos ou percutâneos, auto ou homoenxertos e em casos muito particulares é possível a sua reparação. A escolha deve ter em conta múltiplos fatores, nomeadamente idade, risco de trombose e/ou hemorragia, degeneração, comorbilidades e estilo de vida do doente.

Em caso de envolvimento da raiz da Aorta, é também necessária uma avaliação abrangente para determinar a estratégia de tratamento mais adequada. As opções cirúrgicas podem incluir o alargamento da raiz da Aorta, uso de enxertos vasculares sintéticos, autoenxerto pulmonar ou até procedimentos que substituem a raiz da Aorta e preservam a válvula nativa. Essas intervenções visam abordar a patologia subjacente da raiz da Aorta e garantir uma função valvular ótima e bons resultados a longo prazo.

Cada um dos procedimentos tem as suas vantagens e desvantagens, que estão relacionadas com o tempo e complexidade cirúrgica, complicações pós-operatórias, durabilidade, resultado hemodinâmico, sobrevida e qualidade de vida, entre outros.

Conclusão: Foram identificadas várias opções cirúrgicas, com maior foco nas menos invasivas. Estas opções expandem o acesso aos doentes anteriormente considerados inoperáveis. Essas técnicas têm demonstrado melhorias significativas na sobrevida e qualidade de vida dos doentes. Os estudos futuros devem priorizar as opções menos invasivas, de modo a aumentar a experiência técnica com estas novas abordagens, enquanto também se aprimoram os procedimentos “clássicos”. A definição de critérios de seleção de doentes apropriados e a elaboração de diretrizes serão fundamentais para orientar a escolha do procedimento mais adequado.

Palavras-chave

Cirurgia da raiz da Aorta; Reparação da válvula Aórtica; Cirurgia poupadora de válvula; Minimamente invasiva;

Abstract

Introduction: The Aortic root and valve are complex and closely related systems that are subject to various common pathological processes, individually or simultaneously affecting their components. Over the years, an increasing number of therapeutic options have emerged for the pathologies of these structures, particularly surgical options with a tendency towards less invasive techniques that aim to preserve anatomy and physiology as close to the healthy native structure as possible.

Objective: To identify the available therapeutic options and highlight the advantages and disadvantages of each one.

Method: Search was made with the “PubMed” engine, and information was also gathered from books on Cardiac Surgery. Additionally, some articles were selected from the references of other articles when deemed relevant. The search was limited to articles published after 2012, with some exceptions in cases where there was limited information available for those dates or articles authored by the creators of some of the procedures discussed. Priority was given to the most recent and comprehensive articles. Most of the articles are in English.

Discussion/results: Aortic valve pathology can occur with or without pathology of the Aortic root. In cases of isolated pathology, replacement options are currently available, including mechanical, biological, or percutaneous devices, as well as autografts or homografts, and in very specific cases, repair may be possible. The choice should consider multiple factors, including age, risk of thrombosis and/or haemorrhage, degeneration, comorbidities, and the patient's lifestyle.

In cases involving the Aortic root, a comprehensive evaluation is necessary to determine the most appropriate treatment strategy. Surgical options may include Aortic root enlargement, the use of synthetic vascular grafts, pulmonary autografts, or procedures that replace the Aortic root while preserving the native valve. These interventions aim to address the underlying pathology of the Aortic root and ensure optimal valve function and long-term outcomes.

Each procedure has its advantages and disadvantages, which are related to surgical time and complexity, postoperative complications, durability, hemodynamic outcome, survival, and quality of life, among others.

Conclusion: Several surgical options have been identified, with a greater focus on less invasive approaches. These options expand access to patients previously considered inoperable. These techniques have demonstrated significant improvements in patient survival and quality of life. Future studies should prioritize less invasive options to increase technical experience with these new approaches while also improving "classic" procedures. Defining appropriate patient selection criteria and developing guidelines will be essential in guiding the choice of the most suitable procedure for each patient.

Keywords

Aortic root surgery; Aortic valve repair; Valve-sparing surgery; Minimally invasive.

Índice

Dedicatória.....	v
Agradecimentos	vii
Resumo.....	ix
Palavras-chave	x
Abstract	xi
Keywords.....	xii
Lista de Figuras	xv
Lista de Acrónimos	xvii
1. Introdução.....	1
1.1. Anatomia e fisiologia da válvula e raiz da Aorta	1
1.2. Relevância clínica da anatomia da raiz da Aorta	3
1.3. Patologias da válvula Aórtica	4
1.3.1 Estenose Aórtica	4
1.3.2 Insuficiência Aórtica	5
1.4. Patologias da raiz da Aorta	7
1.4.1 Aneurisma e fistulização dos seios de Valsalva	7
1.4.2 Síndrome Aórtica aguda	8
1.5. Objetivos da dissertação.....	11
2. Métodos.....	13
3. Cirurgia Valvular.....	15
3.1. Substituição valvular com prótese mecânica	15
3.2. Substituição valvular com prótese biológica com stent	18
3.3. Substituição valvular com prótese biológica sem stent	19
3.4. Substituição da válvula Aórtica por próteses biológicas de implantação rápida (RDAVR).....	20
3.5. Substituição valvular com homoenxerto	21
3.6. Implantação da válvula Aórtica por via percutânea (TAVI).....	22
3.7. Valvuloplastia	25
4. Cirurgia da raiz da Aorta	31
4.1. Procedimento de Bentall	31
4.2. Substituição da raiz Aórtica poupadora da válvula (VSARR).....	32
4.3. Procedimento de Ross	34
4.4. Alargamento da raiz da Aorta.....	37
5. Conclusão.....	41
6. Referências	43

Opções atuais no tratamento da válvula e raiz da Aorta.

Lista de Figuras

Figura 1- Representação gráfica da Aorta e divisão dos seus segmentos.....	2
Figura 2- Raiz e válvula Aórtica dissecadas	3
Figura 3- Diferentes etiologias para a estenose Aórtica.....	4
Figura 4- Representação da estenose da VA e consequências anatómicas e funcionais.....	5
Figura 5- Representação da insuficiência da VA.....	6
Figura 6- Diferentes tipos e causas de insuficiência da VA.....	7
Figura 7- Classificações de DeBakey e de Stanford.....	9
Figura 8- Desenho de um segmento do coração	10
Figura 9- Formação de um aneurisma	10
Figura 10- Algumas fases da implantação de prótese mecânica	16
Figura 11- Alguns exemplos de próteses mecânicas.....	17
Figura 12- Diferentes próteses biológicas com stent.....	18
Figura 13- Exemplos de próteses biológicas sem stent	19
Figura 14- Demonstração de uma das técnicas de implantação da prótese biológica sem stent	20
Figura 15- Preparação habitual para implantação da prótese, via transfemural.....	22
Figura 16- Sequência de implantação da prótese com balão, via transfemural.....	23
Figura 17- Reparação de perfuração.....	25
Figura 18- Extensão das cúspides	26
Figura 19- Reparação de prolapso da cúspide.....	27
Figura 20- Reforço da margem livre da cúspide com uma sutura	27
Figura 21- Ressecção da rafe da cúspide que prolapsa e plicatura subcomissural.....	28
Figura 22- Procedimento de Bentall	31
Figura 23- Reconstrução da válvula Aórtica	33
Figura 24- Resultado dos procedimentos de Yacoub e David.....	34
Figura 25- Procedimento de Ross	35
Figura 26- Procedimento de Ross, válvula e raiz	36
Figura 27- Distinção das várias técnicas do alargamento da raiz da Aorta	37

Figura 28- Demonstração do alargamento da raiz da Aorta pelo procedimento de Manouguian Vista final do coração com o alargamento da raiz da Aorta.....38

Figura 29- Vista final do coração com o alargamento da raiz da Aorta 39

Lista de Acrónimos

RA	Raiz da Aorta
VA	Válvula Aórtica
LDL	<i>Low density lipoprotein</i>
FE	Fração de ejeção
BCC	Bloqueadores de canais de cálcio
IECA	Inibidores da enzima conversora de angiotensina
ARA	Antagonistas de recetores de angiotensina II
BCP	<i>Bypass</i> cardiopulmonar
RPV	Regurgitação paravalvular
INR	<i>International normalized ratio</i>
PPM	<i>Patient-prosthesis mismatch</i>
FEV1	Fração expirada no 1º segundo
CABG	Enxerto de <i>bypass</i> coronário
AVC	Acidente vascular cerebral
RDAVR	Substituição da válvula Aórtica por próteses biológicas de implantação rápida
UCI	Unidade de cuidados intensivos
VSARR	Substituição da raiz Aórtica poupadora da válvula

Opções atuais no tratamento da válvula e raiz da Aorta.

1. Introdução

A raiz da Aorta (RA) é um sistema complexo, situado entre o trato de saída do ventrículo esquerdo e a Aorta ascendente. É formada por várias estruturas, como a válvula Aórtica (VA), os seios de Valsalva e a junção sinotubular. A RA encontra-se sujeita a diferentes tipos de processos patológicos, quer por envolvimento isolado ou simultâneo dos seus componentes.

O foco principal desta dissertação serão as opções terapêuticas cirúrgicas disponíveis para a patologia da raiz e válvula da Aorta, com um foco particular na reparação ou substituição da VA e na cirurgia da RA. A dissertação fornecerá uma visão geral da fisiopatologia, epidemiologia e manifestações clínicas da doença da RA e VA para fornecer contexto para a discussão das opções terapêuticas. No entanto, não serão abordados métodos diagnósticos ou técnicas de imagem usadas para detetar a doença da RA e sua válvula.

1.1. Anatomia e fisiologia da válvula e raiz da Aorta

A VA separa a cavidade do ventrículo esquerdo da Aorta (1). É habitualmente formada por três folhetos que se estendem para a Aorta e formam os seios de Valsalva (1). Os óstios das artérias coronárias surgem habitualmente de dois dos três seios e as cúspides e seios recebem o nome da artéria coronária correspondente (direito e esquerdo; sendo que a cúspide e seio posterior são os não coronários) (1). As separações das cúspides são denominadas de comissuras, e a área adjacente à comissura esquerda-posterior é a continuidade fibrosa que une a Aorta e o anel da válvula mitral (1). A estrutura abaixo dessa conexão é a cortina aortomitral, que é um ponto de referência importante para os procedimentos de alargamento da raiz (1). A cúspide posterior está unida ao divertículo posterior do trato de saída do ventrículo esquerdo e opõe-se à parede da aurícula direita (1). A comissura direita-posterior situa-se imediatamente acima do feixe aurículo-ventricular e do septo interventricular, enquanto a comissura direita-esquerda se opõe à comissura posterior da válvula pulmonar e as cúspides direita e esquerda (da VA) se opõem ao infundíbulo do ventrículo direito (1). A única estrutura da VA que não está em contacto com nenhuma das câmaras cardíacas é a porção lateral do seio coronário esquerdo, que por sua vez está em relação direta com o pericárdio (1). As cúspides, durante a diástole, encontram-se centralmente ao longo de uma linha de coaptação, no centro da qual estão os nódulos de Arantius – uma estrutura de espessamento da cúspide (1). A VA não tem um “anel” propriamente dito devido à forma semilunar das cúspides, mas sim uniões semilunares ao longo de uma manga de tecido arterial que une o

ventrículo esquerdo e a Aorta proximal (1). O bordo distal desta “manga” é a junção sinotubular que é delimitada por linhas imaginárias entre as comissuras (1).

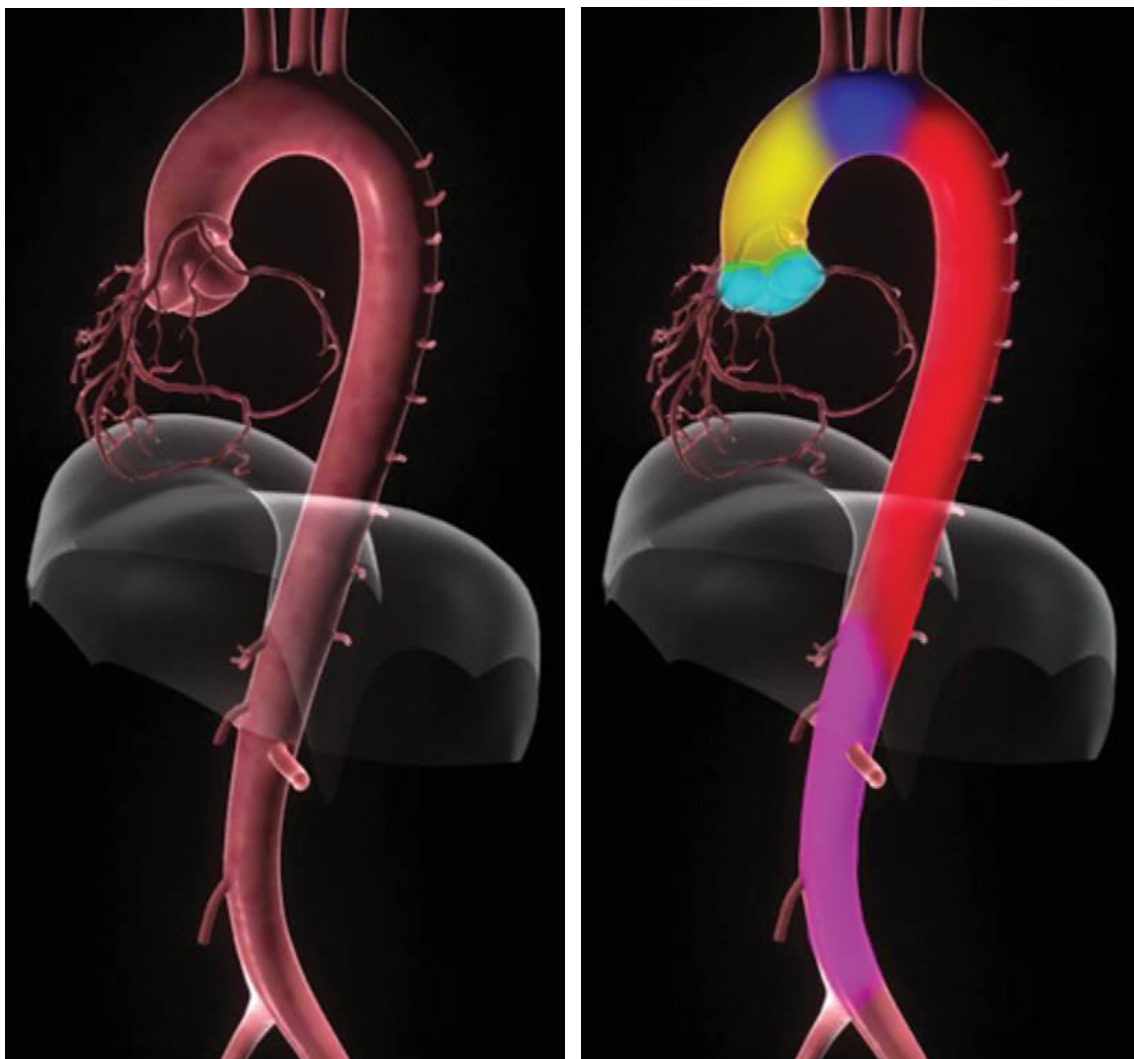


Figura 1 – Representação gráfica da Aorta e divisão dos seus segmentos. Raiz Aórtica (azul claro), junção sinotubular (verde), Aorta ascendente (amarelo), arco aórtico (azul escuro), isto e Aorta torácica descendente (vermelho) e Aorta abdominal (rosa). Retirado de (2).

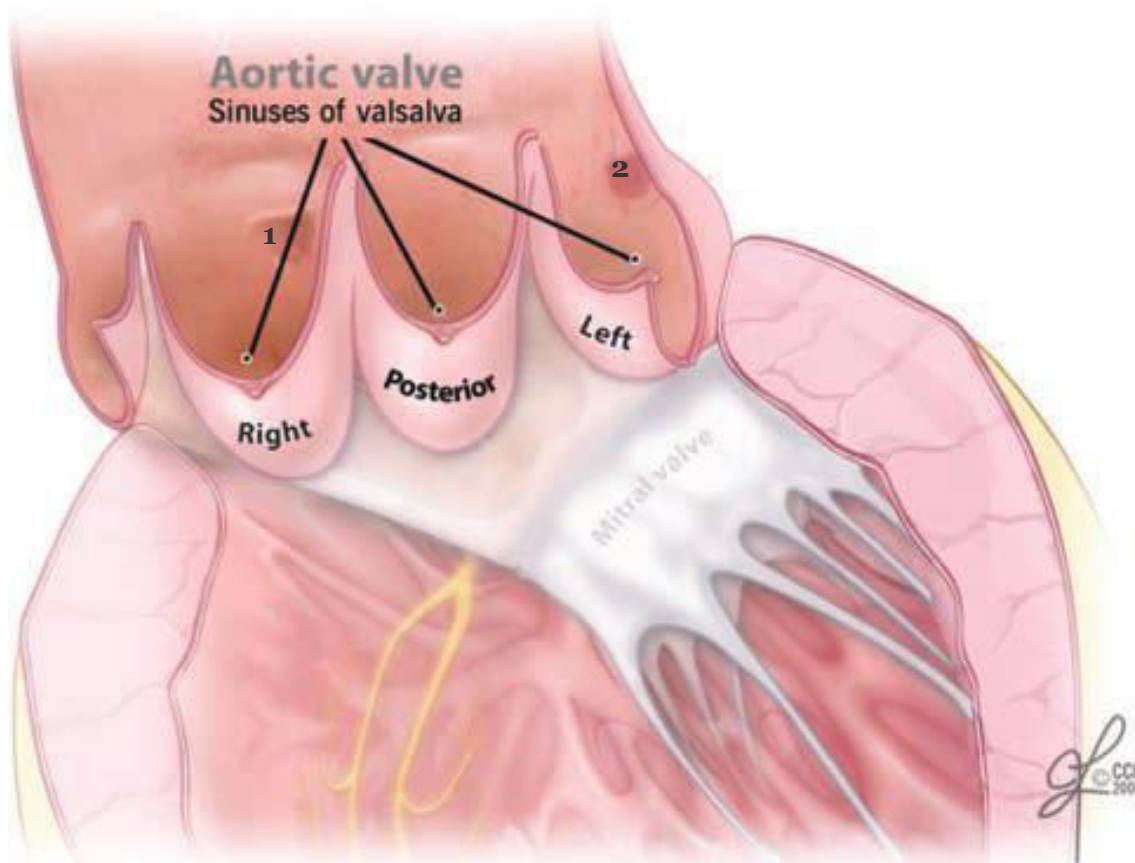


Figura 2 –Raiz e válvula Aórtica dissecadas. Mostra-se a relação da válvula com as estruturas adjacentes; Evidencia-se cada uma das cúspides e seios de Valsalva; 1 representa o óstio coronário direito e 2 representa o óstio coronário esquerdo. Adaptado de (1).

Ou seja, a RA é um segmento intrapericárdico da Aorta que vai desde o “anel” da VA até à junção sinotubular, incluindo os seios de Valsalva (2). A anatomia da raiz permite estabelecer o suporte e integridade estrutural da VA (2). O diâmetro normal da RA é de $2,9 \pm 0,4$ cm, com variações proporcionais ao tamanho do indivíduo (2). Esta estrutura tem também variações anatómicas, como por exemplo unicuspidia, bicuspidia e quadricuspidia (3).

1.2. Relevância clínica da anatomia da raiz da Aorta

A RA é um local frequente de surgimento de patologia, quer por envolvimento direto ou secundário, agudo ou crónico. Pelas estruturas que contém e pela localização, essas são de abordagem extremamente complexa no âmbito da patologia cardíaca.

Estando as estruturas mencionadas anteriormente intimamente relacionadas, tanto anatomicamente como funcionalmente, as cirurgias realizadas abrangem frequentemente as duas.

1.3. Patologias da válvula Aórtica

Os processos fisiopatológicos que envolvem isoladamente a válvula aórtica resultam ou numa restrição da sua abertura (estenose) ou na incapacidade de impedir o refluxo de sangue em diástole da Aorta para o ventrículo esquerdo (insuficiência) (1).

1.3.1 Estenose Aórtica

Nos países desenvolvidos, a estenose Aórtica é a patologia cardíaca valvular mais prevalente nos adultos, atingindo até 10% da população acima dos 80 anos (1). A maioria dos casos é causada pela calcificação degenerativa da VA, relacionando-se com a idade, seguida pela bicuspidia da válvula e a doença cardíaca reumática (que leva a fibrose das cúspides e fusão das comissuras) (1). A calcificação progride a partir e ao longo das linhas de flexão das cúspides, levando a imobilização das mesmas, e pode envolver os seios de Valsalva e a Aorta ascendente (1). Os fatores de risco para a calcificação da VA são sobreponíveis aos da aterosclerose, nomeadamente: níveis elevados de colesterol *low density lipoprotein* (LDL), diabetes, tabagismo e hipertensão (1). Há outras patologias que potenciam a calcificação da válvula, nomeadamente a doença de Paget, doença renal em estadio final e ocrnose com alcaptonúria (1). A bicuspidia Aórtica é uma causa relativamente comum de estenose Aórtica congénita, presente em cerca de 2% da população geral (1). A progressão da calcificação da válvula bicúspide (a estrutura anómala da válvula aumenta a turbulência do fluxo, levando a lesão com fibrose, rigidez e calcificação) resulta em estenose significativa, mais frequentemente na quinta e sexta décadas de vida, sendo mais precoce em válvulas unicomissurais do que bicúspides e em homens do que mulheres (1).

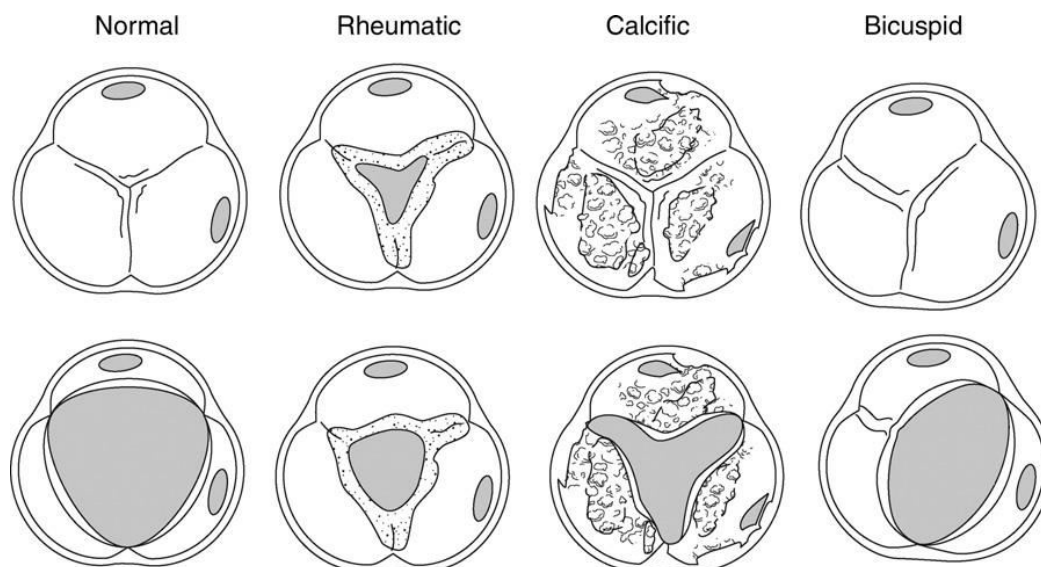
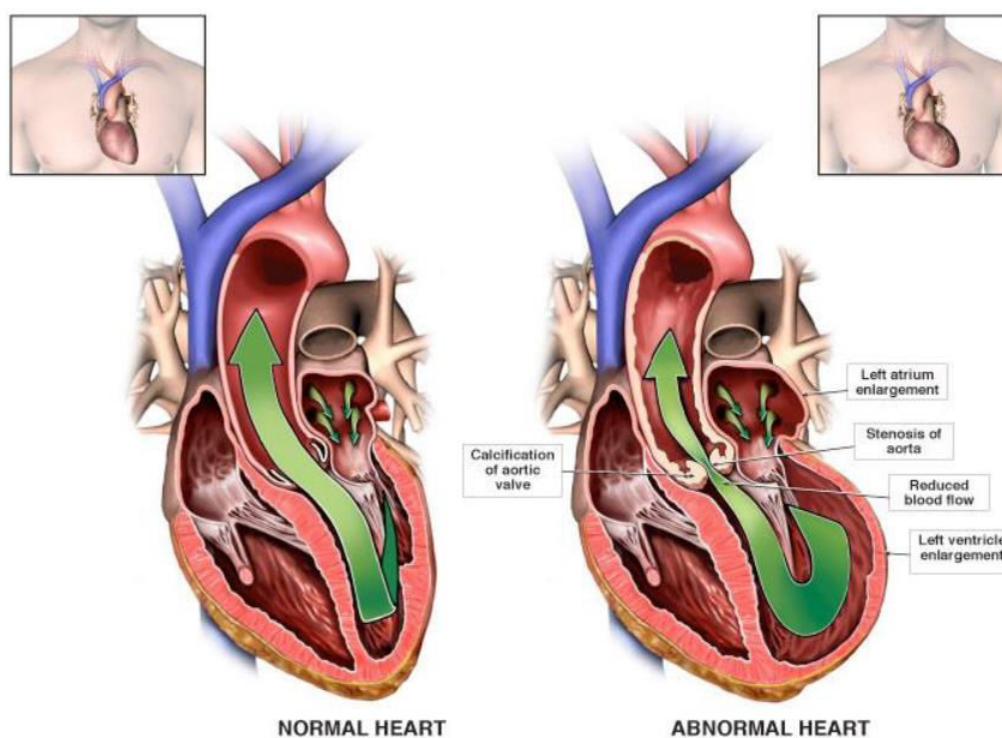


Figura 3 – Diferentes etiologias para a estenose Aórtica. Retirado de (4).

O tratamento definitivo e preferido para a estenose Aórtica grave é a substituição valvular ou implantação da válvula Aórtica por via percutânea (TAVI), sendo o aparecimento de sintomas a indicação primária para a cirurgia (1,5,6). Têm também indicação para cirurgia ou TAVI os doentes assintomáticos que tenham estenose Aórtica grave associada a “agravamento dos parâmetros hemodinâmicos”, diminuição da abertura sistólica da válvula calcificada, cirurgia cardíaca por outras causas, baixo risco cirúrgico e diminuição da tolerância ao exercício no teste de stress físico (1,5).

Não há até agora tratamento médico que altere eficazmente a evolução natural da doença (5). No entanto, os doentes que aguardam (ou não reúnem as condições para) cirurgia ou TAVI devem ser tratados medicamente de acordo com as guidelines para a insuficiência cardíaca (5).



Medical Illustration Copyright © 2019 Nucleus Medical Media, All rights reserved.

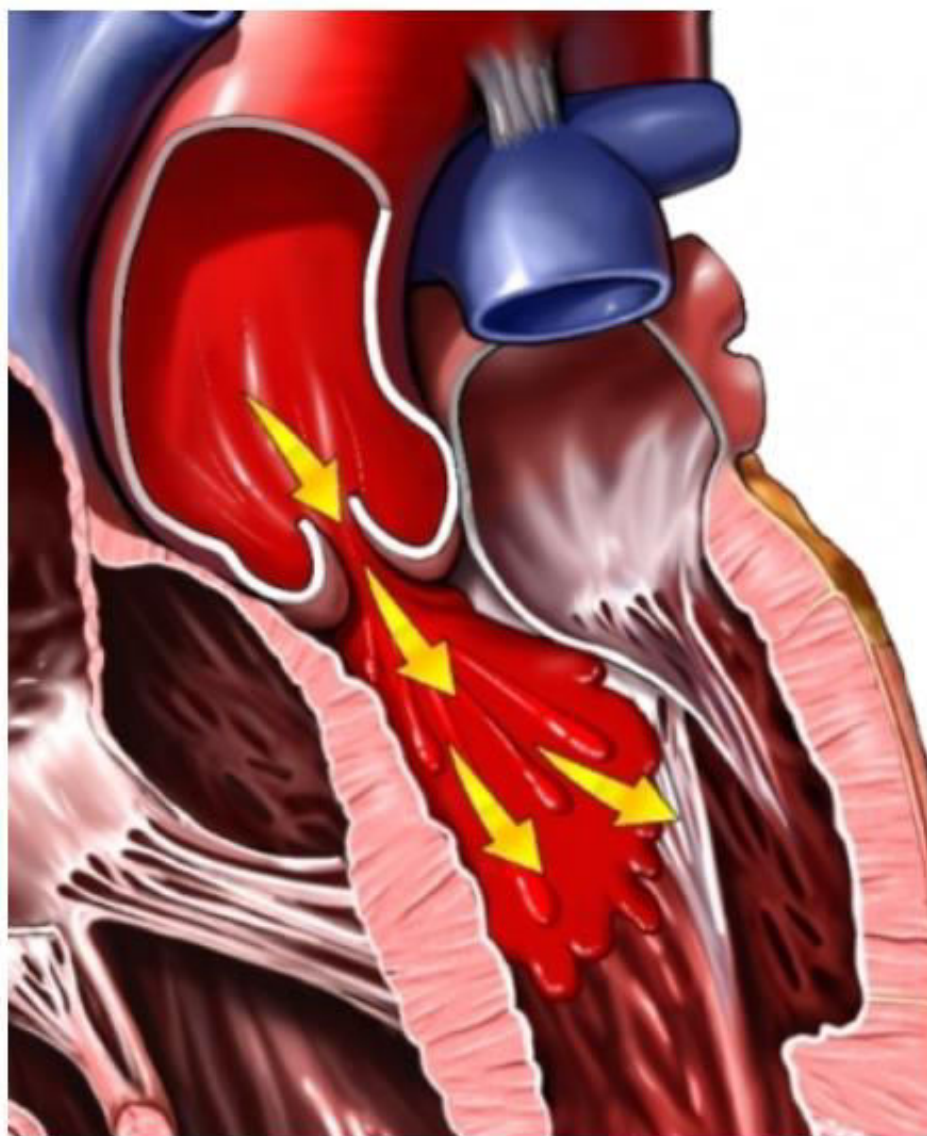
Figura 4 – Representação da estenose da VA e consequências anatómicas e funcionais. Retirado de (7).

1.3.2 Insuficiência Aórtica

A insuficiência Aórtica ocorre devido à falha na coaptação das cúspides da válvula (1). Existem diversas causas, incluindo doenças primárias das cúspides valvulares e/ou da RA que levam ao dano das cúspides e impossibilitam a correta coaptação das mesmas, como por exemplo a calcificação degenerativa, a degeneração mixomatosa, endocardite infecciosa, doença reumática, bicuspidia valvular e alguns fármacos (1). A insuficiência Aórtica pode ser aguda ou crônica e apresenta diferentes complicações (1). A insuficiência

aguda é geralmente causada por disseção Aórtica, endocardite ou trauma, enquanto a crônica é um processo progressivo que envolve uma série de mecanismos compensatórios para manter uma função cardíaca aceitável (1). Quando a insuficiência Aórtica é concomitante com patologias da RA, é frequentemente enquadrada em doenças do tecido conjuntivo, nomeadamente as síndromes de Marfan, Loeys-Dietz e Ehlers-Danlos, assim como a ectasia do anel aórtico (1). A insuficiência Aórtica crônica pode levar à hipertrofia excêntrica, aumento do volume diastólico final, aumento da pressão de enchimento ventricular, aumento das forças na parede do miocárdio e dilatação do ventrículo esquerdo (1). A longo prazo, a insuficiência Aórtica crônica pode causar insuficiência cardíaca e isquemia miocárdica (1).

Aortic Valve Insufficiency



Copyright © Nucleus Medical Media, Inc.

Figura 5 – Representação da insuficiência da VA. Nota-se dilatação da Aorta, que é uma possível causa de insuficiência Aórtica. Retirado de (8).

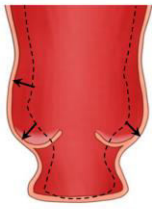
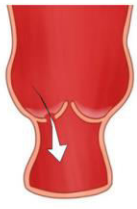
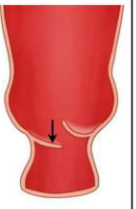
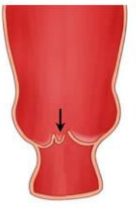
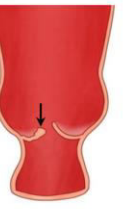

AR Types	Type 1		Type 2		Type 3	Others
	Functional aortic dilatation	Cusp perforation	Cusp prolapse		Cusp retraction	Calcified cusp
Mechanism						
Description	Aortic annular, sinus and/or root dilatation	Perforated cusp of any cause, no other abnormality	Total prolapse of cusp	Partial prolapse of cusp	Retraction with shortening of cusp	Severe calcified, or rheumatic valvular disease that may combined aortic stenosis Infective endocarditis

Figura 6 – Diferentes tipos e causas de insuficiência da VA. Adaptado de (9).

Quanto ao tratamento da insuficiência valvular aguda, a opção cirúrgica é o tratamento indicado, nomeadamente a substituição ou reparação valvular, dependendo da etiologia (1). Na insuficiência Aórtica crónica também se dá preferência à terapêutica cirúrgica, nomeadamente nos doentes sintomáticos ou fração de ejeção (FE) <50% (1). Nos doentes assintomáticos com função sistólica e dimensão do ventrículo esquerdo normais a insuficiência Aórtica costuma ser bem tolerada quando compensada, mesmo que grave, mas mesmo assim têm indicação para cirurgia (1). Por prognóstico mais favorável, os doentes com insuficiência Aórtica e hipertensão arterial também podem ser tratados medicamente, com furosemida para tratar sobrecarga de volume, bloqueadores de canais de cálcio (BCC) e inibidores da enzima conversora de angiotensina (IECA) ou antagonistas de recetores de angiotensina II (ARA) (1).

1.4. Patologias da raiz da Aorta

1.4.1 Aneurisma e fistulização dos seios de Valsalva

O aneurisma é a dilatação do vaso, havendo integridade estrutural da parede (2,10,11). Sendo que é considerado pseudoaneurisma quando há dilatação do vaso e perda da integridade das camadas (2,10). O aneurisma pode levar a disseção, rotura e/ou insuficiência valvular (11). Os aneurismas dos seios de Valsalva podem-se estender para o resto da Aorta (pois é raro serem isoladamente dos seios), para os ventrículos e aurículas, invadindo as válvulas pulmonar e auriculoventriculares, o feixe auriculoventricular ou até as artérias pulmonar e coronárias (2,10). Estes aneurismas podem dissecar, fistulizando para as estruturas referidas anteriormente e para o pericárdio (2,5,10), e se a fistula for para uma das cavidades direitas, pode levar a shunt do sangue da Aorta para o coração direito e com isso a sobrecarga de volume e insuficiência cardíaca (12). Por vezes estas fistulas são congénitas (apesar de ser uma condição muito rara) (2,10). É de realçar que existe a distinção entre aneurismas agudos e crónicos, sendo que o primeiro é o que

rompeu ou está na iminência de romper, enquanto o crônico não coloca perigo imediato à vida do doente e muitas vezes é assintomático (2,10).

1.4.2 Síndrome Aórtica aguda

A síndrome Aórtica aguda é um grupo de patologias que envolvem a Aorta, incluindo rotura, disseção, hematoma intramural e úlcera penetrante (2,13–15). Estas patologias manifestam-se habitualmente por dor torácica ou nas costas súbita e intensa e/ou sintomas de má perfusão e exigem diagnóstico e tratamento imediatos para prevenir complicações, sendo que se não tratada, tem uma mortalidade de 1 a 3% por hora (1,2,13–16). Estas complicações são prováveis sobretudo se houver envolvimento proximal (como na disseção tipo A de Stanford), pois pode causar edema pulmonar, tamponamento cardíaco e isquemia miocárdica (16).

Há uma relevante sobreposição entre a incidência destas síndromes Aórticas, pois um hematoma intramural pode evoluir para uma disseção aguda da Aorta, um aneurisma ou pseudoaneurisma podem dissecar e uma úlcera penetrante pode romper ou levar a um hematoma (2,13–15).

A disseção da Aorta é a rutura da camada íntima do vaso, criando um novo lúmen (falso lúmen), geralmente entre as camadas íntima e a media (2,17). A disseção Aórtica é tradicionalmente definida como "aguda" até duas semanas após o início dos sintomas e "crónica" quando excede esse tempo (18–20). Além da cronicidade, classifica-se a disseção também de acordo com a sua extensão e parte da Aorta atingida, existindo a classificação de Stanford (que é a mais usada, pois facilita a diferenciação entre urgentes em que é necessária intervenção cirúrgica imediata de doentes em que se pode protelar a mesma) e a de DeBakey, ilustradas adiante na figura 7 (1).

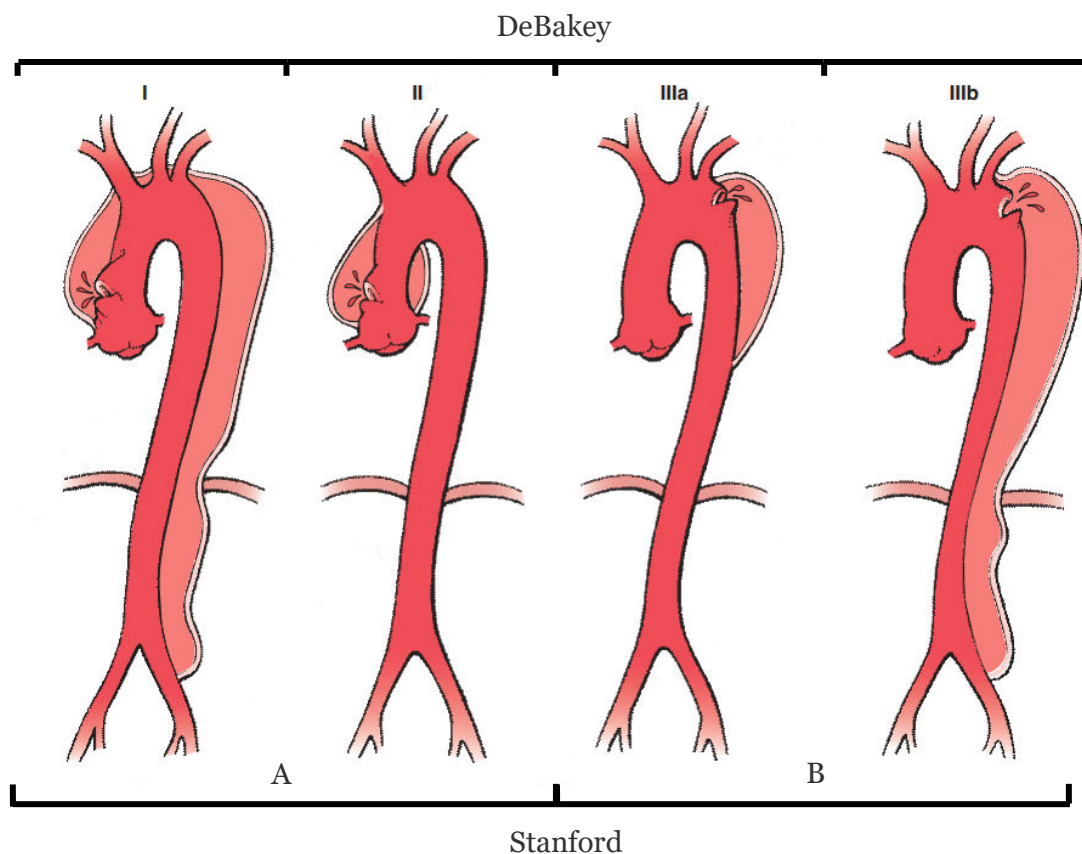


Figura 7 – Classificações de DeBakey e de Stanford. Adaptado de (1).

O hematoma intramural ocorre quando ocorre hemorragia entre as camadas da parede Aórtica, sendo geralmente entre a média e a adventícia (17,19). Esta hemorragia ocorre por ruptura dos *vasa vasorum* ou por danos (não identificáveis imagiologicamente) na camada íntima da parede Aórtica (17,19).

Uma úlcera Aórtica penetrante surge a partir da ulceração de uma placa aterosclerótica, o que leva a uma disrupção da íntima da Aorta e, como referido anteriormente, pode causar hematoma ou disseção da Aorta (19).

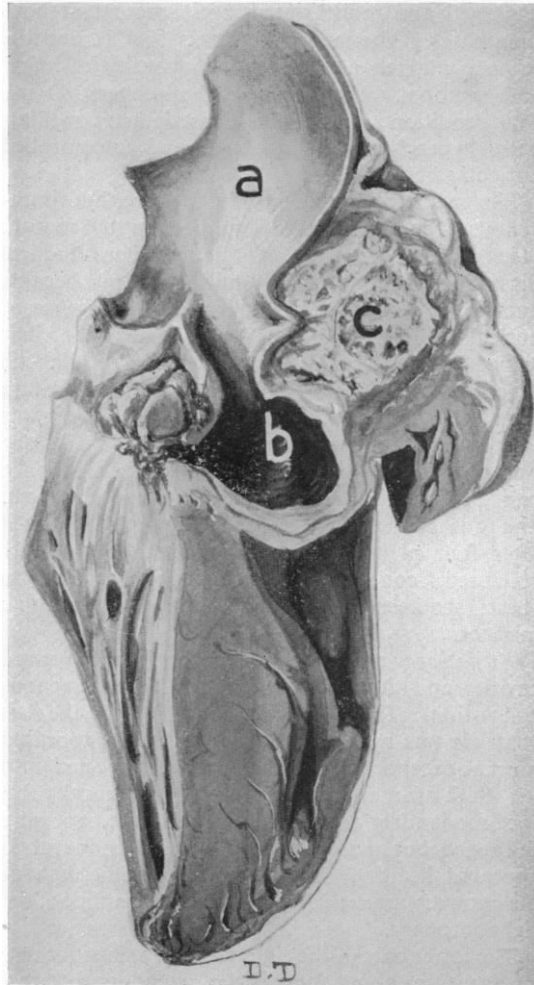


Figura 8 – Desenho de um segmento do coração. A- Aorta; B- aneurisma; C- hematoma. Retirado de (10)

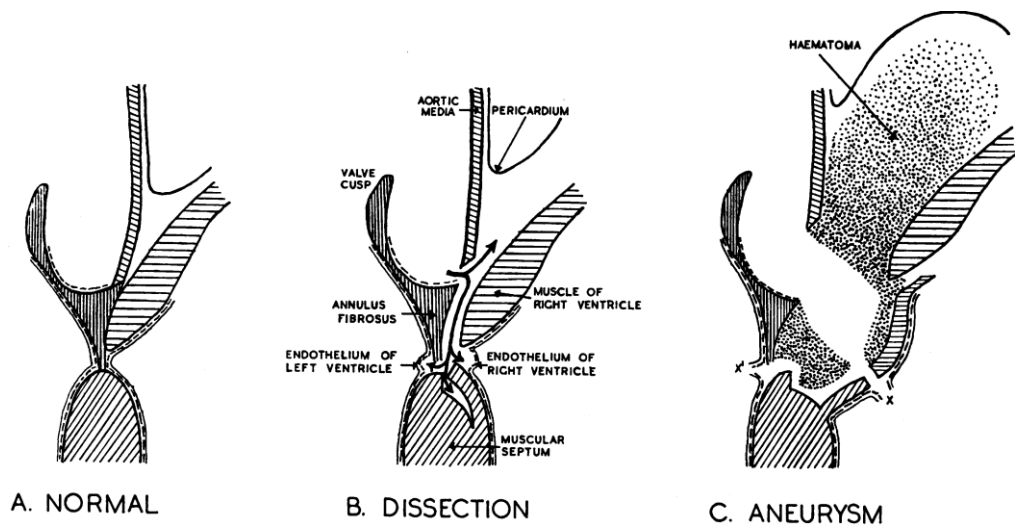


Figura 9 – Formação de um aneurisma. A – Secção do seio direito de uma raiz Aórtica normal; As linhas tracejadas representam tecido elástico e as restantes estruturas estão legendadas em B; B- Modo de disseção; O anel fibroso separou-se da camada média da Aorta, as direções da disseção estão representadas por setas; C- Aneurisma; É possível entender a formação do aneurisma por comparação com a imagem B. Retirado de (10).

1.5. Objetivos da dissertação

- Explorar várias opções terapêuticas disponíveis para a patologia da RA e da sua válvula, com foco nos procedimentos cirúrgicos, como reparo ou substituição da válvula e cirurgia da RA.
- Examinar os prós e contras das opções terapêuticas, incluindo potenciais riscos e benefícios.
- Discutir como as opções terapêuticas são selecionadas para os doentes com base em fatores como a gravidade da doença, o estado geral do doente e os potenciais riscos e benefícios de cada opção de tratamento.
- Identificar áreas para futuras pesquisas relacionadas ao tratamento da patologia da RA e da VA.

Opções atuais no tratamento da válvula e raiz da Aorta.

2. Métodos

Para a concretização da presente revisão bibliográfica foram efetuadas pesquisas de artigos entre 2012 e 2022 na base de dados “PubMed”, tendo sido usadas as seguintes palavras-chave: “*Aortic root surgery*”, “*Aortic valve homograft*”, “*Aortic valve repair*”, “*RDAVR*”, “*valve sparing*” e “*Aortic root enlargement*”. Pesquisou-se também em vários livros relacionados com a especialidade de Cirurgia Cardíaca e guidelines da mesma área, tendo encontrado alguns outros artigos e referências desses livros e guidelines considerados pertinentes, mesmo que não se enquadrassem nos critérios de pesquisa dos artigos da “PubMed”. A pesquisa bibliográfica decorreu entre os meses de setembro de 2022 e março de 2023 e apenas foram considerados os artigos em inglês e um artigo em alemão, com base na leitura do *abstract* dos mesmos, tendo sido descartados artigos que incidiam especificamente sobre patologias genéticas, síndromes específicas (por exemplo Sd. Marfan e Sd. Loeys-Dietz), “*case reports*” e estudos que se focavam em dispositivos de alguma marca em específico.

Opções atuais no tratamento da válvula e raiz da Aorta.

3. Cirurgia Valvular

3.1. Substituição valvular com prótese mecânica

As primeiras próteses valvulares utilizadas no tratamento da insuficiência aórtica consistiam em uma bola colocada numa "cela" na aorta descendente, sendo esta abordagem conhecida como heterotópica (1). Depois, quando surgiu a técnica de *bypass* cardiopulmonar (BCP), começaram a ser realizadas cirurgias em que se substituiu as cúspides valvulares com próteses vasculares ou com um enxerto de fásia lata, ou então a reparação da válvula através de bicuspidização (1). O problema destas próteses é que calcificavam muito rapidamente e tinham uma vida útil reduzida (1). Pouco tempo após, passou-se a colocar a prótese da bola e "cela" ortotopicamente – ou seja, na sua posição anatómica normal – e essa mesma prótese passou a ser o padrão, e passados 40 anos muitas dessas próteses colocadas ainda permaneciam funcionais (1). A principal desvantagem destas válvulas de primeira geração era a necessidade de anticoagulação agressiva, mesmo tendo sofrido várias modificações quer a nível de estrutura quer a nível de material, pois havia um grande distúrbio dos padrões de fluxo sanguíneo e vários pontos de potencial obstrução do mesmo (1). De seguida, de modo a colmatar os pontos fracos das próteses de primeira geração, foram desenvolvidas válvulas com um “*tilting disc*” – ou seja, um disco que se inclinava e abria ou fechava consoante a fase do ciclo cardíaco – e passaram a existir as próteses de segunda geração (1). Estas próteses eram de implantação mais simples devido à sua conformação, mas a sua conformação também era a causa dos seus pontos fracos: estase sanguínea (devido à pequena dimensão do orifício), adesão do disco e formação de êmbolos (1). Após inúmeras alterações a estas válvulas de modo a diminuir os pontos fracos (e potenciar as vantagens), mas sem nunca deixar de necessitar de anticoagulação, chegou-se à mais recente prótese mecânica de duas “cúspides” (1). Este modelo de prótese mecânica foi o primeiro a demonstrar regressão da massa do ventrículo esquerdo em todos os tamanhos valvulares (1).

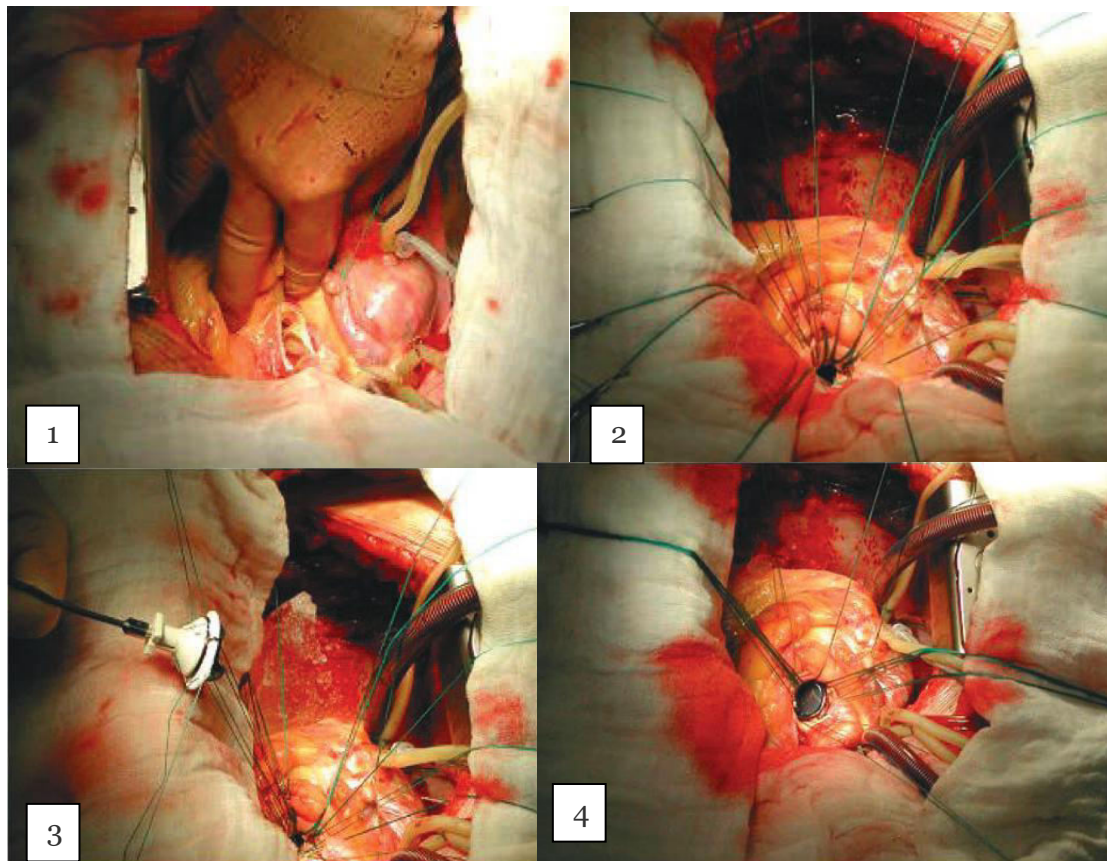


Figura 10 – Algumas fases da implantação de prótese mecânica. 1- foi feita a aortotomia, é possível visualizar a válvula nativa danificada e excisá-la; 2- visualiza-se bem o anel aórtico, que já foi desbridado da calcificação e rodeado de suturas; 3- as suturas do protetor das artérias foram colocadas, alinhando o protetor com as artérias; 4- vê-se a prótese mecânica já implantada, com ajuda das suturas de tração. Adaptado de (1).

A prótese mecânica oferece várias vantagens, nomeadamente excelente durabilidade e potencialmente função vitalícia sem necessidade de nova cirurgia (21,22). As próteses mecânicas também têm baixo risco de deterioração estrutural, degeneração valvular e regurgitação paravalvular (RPV) (que pode levar a compromisso hemodinâmico) (21,22). O uso de próteses mecânicas também permite melhorar o perfil hemodinâmico, o que pode favorecer a regressão da massa ventricular esquerda (21,22).

No entanto, as próteses mecânicas têm várias desvantagens. Estas exigem anticoagulação para o resto da vida para prevenir eventos tromboembólicos, o que pode aumentar o risco de complicações hemorrágicas se em demasia - o risco de complicações hemorrágicas é de 1 a 2% por ano -, ou pelo contrário levar a trombose valvular e tromboembolia se insuficiente, obrigando a ter um controlo apertado sobre o *international normalized ratio* (INR) do doente e possivelmente ajustes frequentes da medicação (23–25). A terapia anticoagulante também pode ser difícil de gerir, especialmente em doentes polimedicados e/ou que possuem comorbidades que aumentam o risco hemorrágico (23,24). Além disso, o uso de próteses mecânicas tem maior risco de trombose, embolia, hemólise e infeção em

comparação com as próteses biológicas (23,25–28). Devido a estas desvantagens, e apesar dos avanços no desenvolvimento das próteses mecânicas, estas começaram a ser preteridas por próteses biológicas (que têm aumentado o seu tempo de vida útil) e pela introdução da TAVI (1).

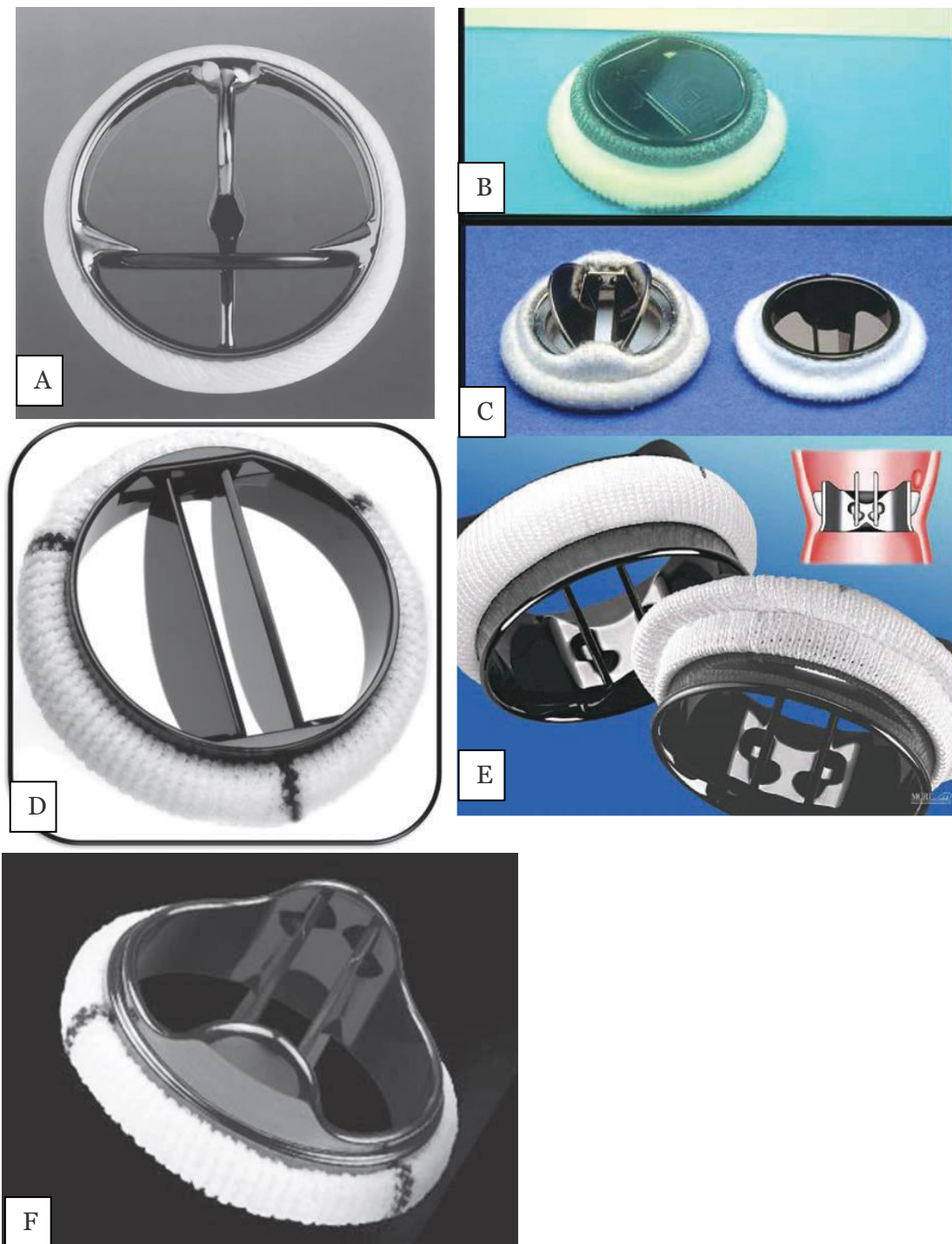


Figura 11 – Alguns exemplos de próteses mecânicas. No canto superior direito da imagem “E” temos o pormenor do local de implantação dessa prótese. Adaptado de (1).

3.2. Substituição valvular com prótese biológica com stent

Como geralmente os doentes com mais de 60-65 anos têm uma esperança média de vida mais curta que a esperança de vida da prótese, são doentes nos quais se pondera a colocação das próteses biológicas (1,25,29).

Recomenda-se a prótese biológica a doentes de qualquer idade que tenham contra-indicação para anticoagulação (ou que não a consigam gerir ou apenas não a queiram fazer) e para doentes com mais de 65 anos, podendo-se ponderar também para os doentes entre 50 e 65 anos, devendo individualizar-se a escolha às características do doente (21). Os restantes são candidatos à prótese mecânica (21).

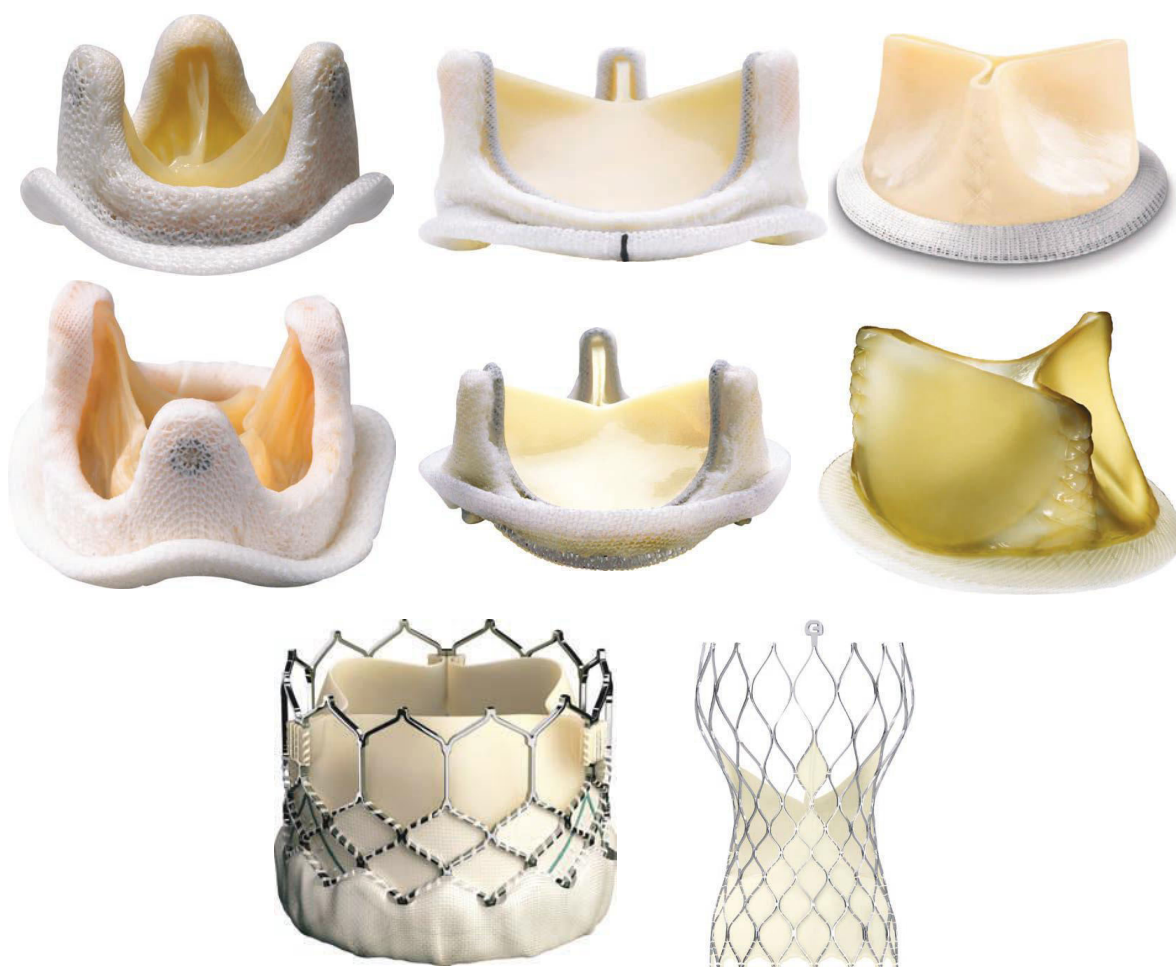


Figura 12 – Diferentes próteses biológicas com stent. As duas próteses inferiores são para implantação percutânea. Retirado de (1).

As próteses biológicas mostraram ter melhor desempenho hemodinâmico, áreas de orifício efetivo maiores e melhor regressão da massa ventricular esquerda do que as válvulas mecânicas, além de não necessitarem de anticoagulação *ad eternum*.

(1,22,25,30). Esta última vantagem é particularmente importante para doentes mais velhos e aqueles com alto risco de complicações hemorrágicas (23).

Apesar das vantagens, as próteses biológicas também têm algumas desvantagens em comparação com as válvulas mecânicas. São mais propensas à deterioração estrutural, e tanto mais propensas quanto mais novo for o doente à data da implantação, o que pode levar a disfunção valvular e à necessidade de cirurgia de revisão (1,25,30,31). Ou seja, esse risco é particularmente alto em pacientes mais jovens, que podem precisar de múltiplas substituições da válvula durante a vida (1,25,30). As próteses biológicas têm, portanto, uma durabilidade limitada, com uma vida útil média de 10 a 15 anos, em comparação com a durabilidade hipoteticamente vitalícia das próteses mecânicas (29). Por fim, próteses biológicas podem também estar associadas a uma maior taxa de RPV, o que pode levar insuficiência valvular e comprometimento hemodinâmico (32).

3.3. Substituição valvular com prótese biológica sem stent

Ao contrário das próteses biológicas com stent, compostas por uma armação de metal ou plástico coberta de tecido biológico, as próteses sem stent não têm armação de stent e dependem da RA nativa para se suportarem (1).

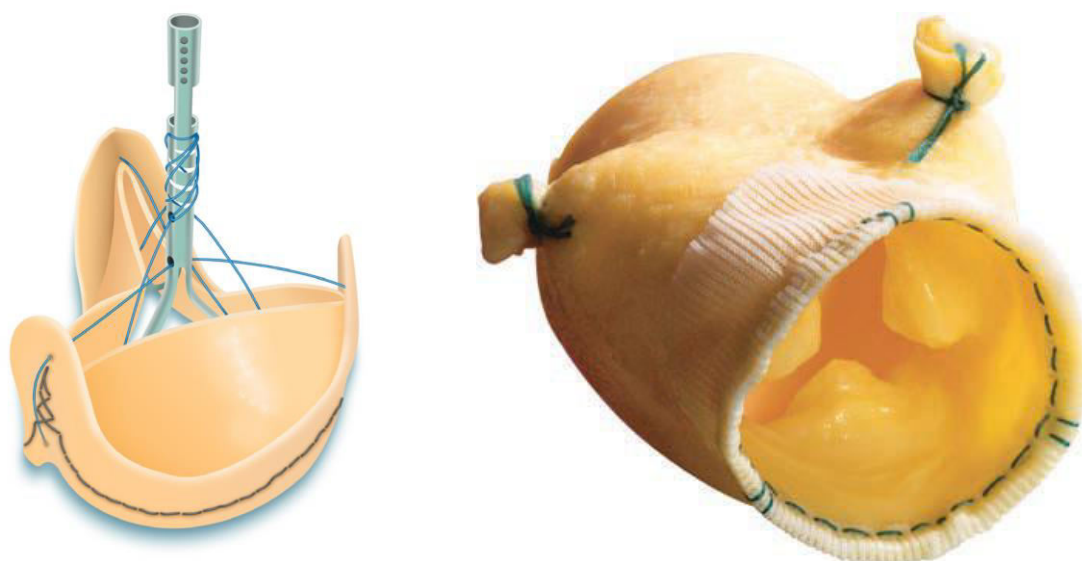


Figura 13 – Exemplos de próteses biológicas sem stent. A prótese da direita engloba também a raiz da Aorta. Retirado de (1,3).

As próteses biológicas sem stent apresentam várias vantagens em relação às próteses com stent, incluindo menor probabilidade de trombose, melhores resultados hemodinâmicos (33–41), especialmente em doentes com um anel aórtico pequeno (28,42) e fisicamente ativos (43), e menores taxas de *patient-prosthesis mismatch* (PPM) – situação em que o

tamanho da prótese implantada é muito pequeno para o anel aórtico nativo do doente, resultando numa função valvular comprometida e potencialmente piores resultados. Além disso, têm também uma boa durabilidade (28).

Como desvantagens as próteses sem stent têm maior duração de cirurgia e maior risco de RPV, pois necessitam de suturas mais precisas. Além disso, apesar de terem uma velocidade de regressão de volume ventricular maior, ao fim de um ano a regressão é equiparável à prótese com stent, e apesar de alguns estudos (44–47) demonstrarem diminuição da mortalidade precoce no pós-operatório, a longo termo a mortalidade é também equiparável (28).

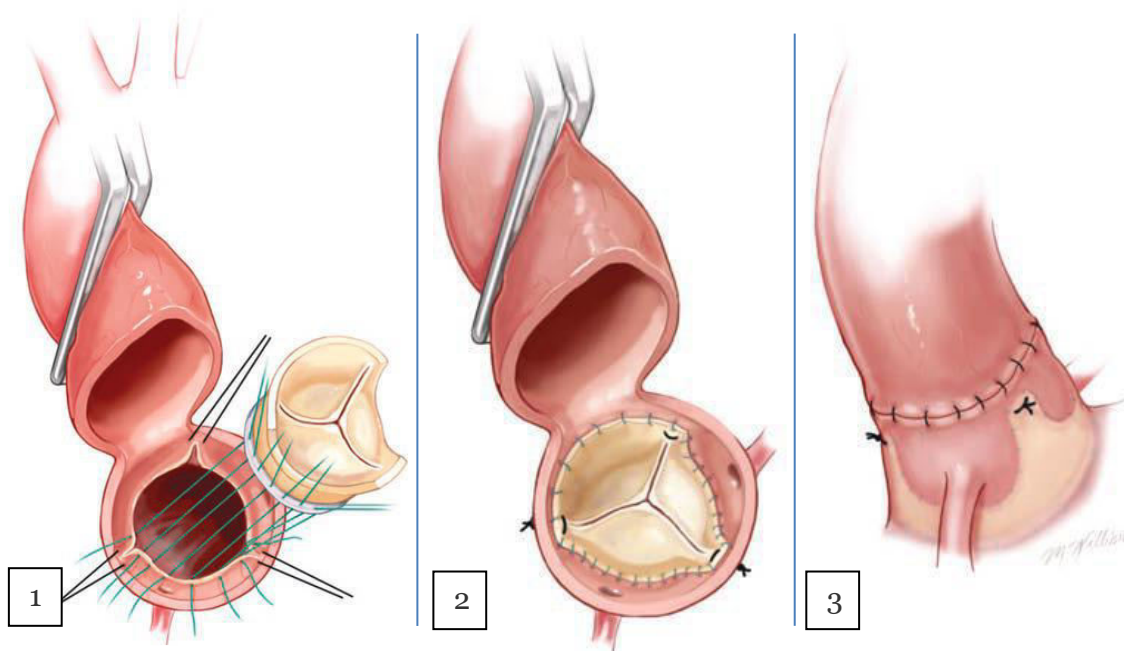


Figura 14 – Demonstração de uma das técnicas de implantação da prótese biológica sem stent. Comparando com a figura 11, podemos perceber que esta prótese já não engloba a raiz da Aorta, sendo esta técnica a técnica de implantação “subcoronária”. Adaptado de (1).

3.4. Substituição da válvula Aórtica por próteses biológicas de implantação rápida (RDAVR)

A RDAVR é uma opção terapêutica por via aberta (48,49). A RDAVR envolve a implantação de uma válvula biológica com stent, através de um sistema de colocação expansível por balão, mecânico ou sem sutura (48,49). As válvulas RDAVR mostraram reduzir os tempos de procedimento, o que pode ser útil quando se planeia procedimentos concomitantes, e o risco de complicações em comparação com as cirurgias tradicionais de substituição da VA, mas têm a desvantagem de aumentar a necessidade de pacemaker pós-operatório (48,49).

Doentes submetidos a RDAVR, comparando com substituição valvular convencional por prótese biológica, tiveram menor tempo de clampagem da Aorta, menor tempo de BCP,

menos tempo de permanência na unidade de cuidados intensivos (UCI) no pós-operatório e melhor desempenho hemodinâmico (nomeadamente a área de orifício efetivo indexada e gradientes transvalvular médio e de pico). Não se identificam diferenças significativas na mortalidade, incidência de AVC e hemorragia pós-operatórias (50). No entanto, uma análise de 17 estudos demonstrou que a necessidade de pacemaker foi maior nos doentes submetidos a RDAVR (48,50–66) e além disso, alguns destes e outros estudos demonstram maior tendência para RPV nos doentes submetidos a RDVAR (50,53,54,59,61,64,65,67–72).

3.5. Substituição valvular com homoenxerto

O homoenxerto é uma prótese de material biológico colhida de um dador humano (24), havendo a opção de ser criopreservada, apenas refrigerada e numa solução com antibiótico ou então “a fresco” (poucas horas após ser colhida) (73–75). Uma das principais indicações de utilização do homoenxerto é um doente com endocardite ativa que afete a raiz e/ou anel aórtico (75,76).

Uma das vantagens desta opção é que como é uma válvula biológica, não necessita de anticoagulação, o que permite aumentar a sobrevida devido à redução do risco hemorrágico (24). Por ser uma válvula muito semelhante anatomicamente e fisiologicamente à válvula nativa (77) (e não ter nenhuma estrutura que diminua o diâmetro luminal ou perturbe o fluxo (24,78)), tem resultados hemodinâmicos de excelência (24,75,77). A PPM a nível de tamanho (que é uma das causas de falha dos heteroenxertos (79)) é rara, o que apresenta uma vantagem relativamente aos mesmos (75,80). Outra vantagem relevante é a possibilidade de se utilizar o homoenxerto em doentes com endocardite ativa, mesmo que já tenham prótese da VA e administrar antibioterapia, pois o homoenxerto é relativamente resistente a infeção e existe boa resposta a antibióticos (24,76,81–88). Além destas vantagens, o homoenxerto tem valor acrescentado porque pode ser utilizado um enxerto tanto da válvula como da RA e Aorta ascendente como uma unidade inteira, por exemplo para tratamento de casos de aneurisma ou disseção com comprometimento valvular (24,89,90).

Como desvantagem, apesar do desenvolvimento da tecnologia que permite à prótese ter uma melhor durabilidade, é necessária particular atenção à técnica durante a implantação, pois se a mesma não for idealmente efetuada pode levar a insuficiência valvular no futuro, sendo esta a principal razão da sua falha (24,75). Além disso, em caso de necessidade de reintervenção o procedimento é tecnicamente difícil devido à calcificação e tecido cicatricial na válvula e região de implantação (incluindo os óstios coronários) resultante da anterior intervenção (24,75,91). Apesar de com os avanços tecnológicos e com o “privilégio

imunológico” da válvula este problema já não ser frequente, é importante lembrar que existe a possibilidade de rejeição imunológica do enxerto (92–97).

3.6. Implantação da válvula Aórtica por via percutânea (TAVI)

As indicações para TAVI são semelhantes às indicações para substituição valvular por via aberta, no entanto prefere-se TAVI nos doentes considerados de alto risco operatório (ou inoperáveis) e que tenham uma esperança de vida superior a 1 ano (25).

A abordagem transfemural é o procedimento menos invasivo de TAVI para doentes que têm as condições vasculares adequadas (25). É utilizada uma sonda pigtail para confirmar o plano correto da válvula para a colocação e é colocado um pacemaker temporário no ápice ventricular direito (25). A artéria femoral do lado da implantação pode ser alcançada cirurgicamente ou percutaneamente (25). O sistema de colocação da válvula é inserido e avançado até ao anel aórtico e a válvula é posicionada usando a fluoroscopia e a ecocardiografia (25). Após a implantação da válvula, o posicionamento e a função são avaliados por ecocardiografia e aortografia (25). Se houver RPV excessiva, pode-se utilizar a dilatação por balão pós-implantação (25).

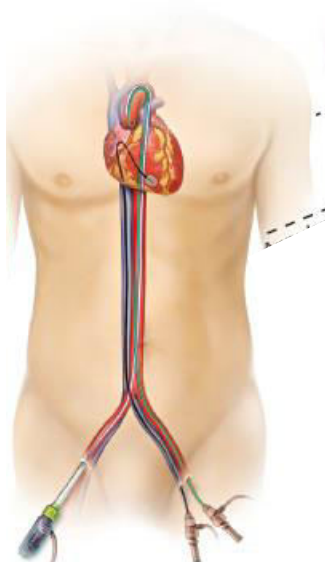


Figura 15 – Preparação habitual para implantação da prótese, via transfemural. Adaptado de (25).

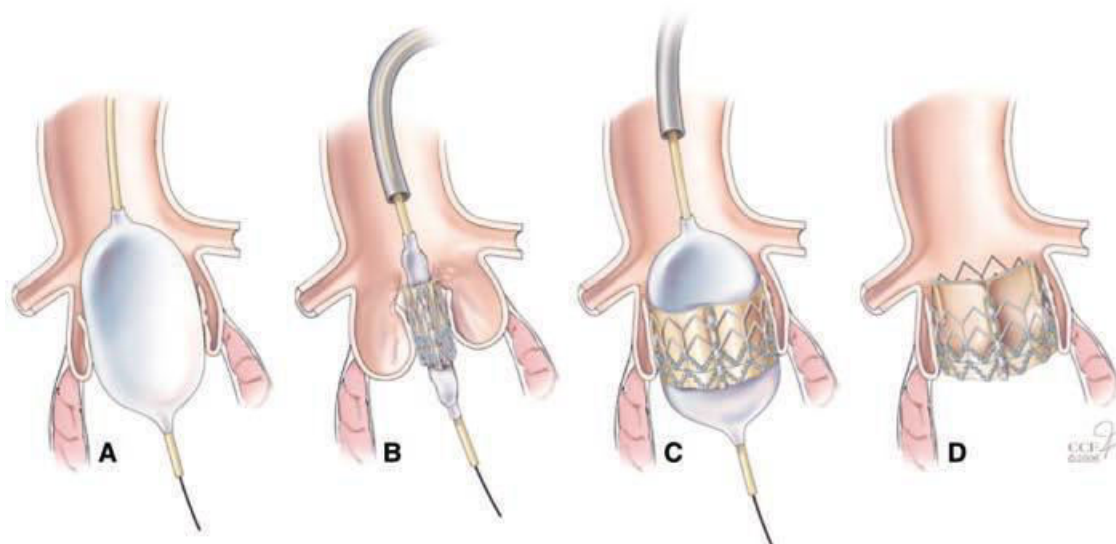


Figura 16 – Sequência de implantação da prótese com um balão, via transfemoral. Consegue-se identificar a particularidade de a prótese ser colocada “por dentro” da válvula nativa. Retirado de (1).

No entanto, se a avaliação pré-operatória determinar que a TAVI transfemoral é inviável, pode-se considerar alternativas de acesso (25). A abordagem transapical, analisada nos estudos PARTNER, realizada através de uma minitoracotomia esquerda anterior é muito eficaz em mãos experientes, mas pode não ser adequada para todos os doentes especialmente aqueles com doença pulmonar parenquimatosa significativa ou FE baixa (25). As abordagens subclávia e transaórtica estão a ganhar popularidade (25). As abordagens transcarotídea e transcaval são muito menos comuns, e são utilizadas para doentes não adequados para transapical, transaortica ou subclávia (25).

A abordagem transapical na substituição da VA por cateterismo é uma técnica utilizada principalmente com uma válvula expansível por balão em doentes com doença vascular periférica grave (25). Esta abordagem é especialmente preferida em doentes com antecedentes de esternotomia ou com Aorta de porcelana (25). As únicas contraindicações relativas à abordagem transapical são a doença pulmonar obstrutiva crónica grave com um volume de ar expirado no 1º segundo (FEV1) previsto inferior a 30% ou uma FE do ventrículo esquerdo inferior a 20% (25). Durante o procedimento obtêm-se acessos arterial e venoso femorais (25). Obtém-se acesso à cavidade ventricular esquerda com uma agulha e um fio e coloca-se um cateter na RA através do ápice ventricular esquerdo e através da VA (25). A bainha de inserção é posicionada dentro do ventrículo esquerdo e a prótese é colocada através da bainha e posicionada através da válvula (25).

A abordagem transaórtica está a ganhar popularidade como uma opção alternativa de acesso para próteses autoexpansíveis e de balão (25). O acesso à Aorta é feito através de uma miniesternotomia superior (25). As contraindicações para a abordagem transaórtica são a Aorta de porcelana e um mediastino com lesões de radiação, sendo esta última

controversa (é preciso particular atenção também a doentes com enxerto de bypass coronário (CABG) prévio com enxerto da artéria mamária, pois esta pode ser facilmente danificada) (25). A prótese é colocada por dentro da válvula nativa, sendo que a implantação pode ser de uma prótese autoexpansível ou com um balão (25).

A abordagem subclávia é particularmente útil em doentes mais velhos, frágeis ou que tenham limitações anatómicas (25). Esta abordagem consiste em aceder à artéria subclávia esquerda, seguido de um cateterismo com a bainha para o procedimento de substituição valvular (25). Após a bainha estar corretamente colocada, o procedimento segue tal como a abordagem transaórtica (25).

A TAVI pode ser a estratégia ideal para doentes nos quais a cirurgia é inviável ou não mandatória (98,99). Apesar de uma preocupação relativamente à TAVI ser a sua durabilidade, e por sua vez a dúvida em submeter a TAVI doentes jovens e com baixo risco cirúrgico (98), um estudo de 2020 demonstrou que “a bioprótese Aórtica percutânea demonstrou uma baixa taxa de falha da válvula da bioprótese após um seguimento clínico mediano de 7,5 anos após a implantação, com baixa taxa de degeneração ou necessidade de reintervenção. A mortalidade global foi alta, com taxas aceitáveis de mortalidade cardiovascular e baixas taxas de mortes relacionadas com a válvula” (100) e outro, de 2023, corrobora estes dados com a afirmação de que “A função hemodinâmica das válvulas cardíacas transcater permanece estável até mais de 10 anos após a TAVI” (101).

Como vantagens, a TAVI tem, comparativamente à substituição valvular, menor tempo operatório e de internamento, menor incidência de fibrilação auricular e melhores resultados hemodinâmicos (102–104). Além disso, a TAVI não necessita de toracotomia, diminuindo assim o desconforto pós-operatório e risco de infeção, e pode ser realizada sob anestesia local, o que permite que doentes inviáveis para anestesia geral possam realizar o procedimento (104–106).

Como desvantagens, a TAVI tem maior incidência de acidente vascular cerebral (AVC), maior risco de RPV e insuficiência valvular residual e maior taxa de necessidade de pacemaker (104,107). É necessário ter particular atenção aos doentes com artérias iliofemorais tortuosas ou muito pequenas, pois como a TAVI é um procedimento que necessita de acesso vascular, e geralmente é transfemural, estes doentes podem não ser adequados para a TAVI (1,104). Além disso, os doentes submetidos a TAVI necessitam de anticoagulação prolongada que, tal como na substituição valvular por prótese mecânica, aumenta o risco de hemorragia (23,104).

3.7. Valvuloplastia

Para se proceder a procedimentos de reparação da válvula é importante que as cúspides tenham condições para o mesmo, ou seja, que sejam relativamente finas, móveis e com margens lisas (25). Se as cúspides estiverem calcificadas ou fibrosadas é necessário excisão parcial e enxerto pericárdico (autólogo ou não) (25). Os doentes com aneurisma da RA e Aorta ascendente geralmente têm cúspides normais ou com alterações mínimas, mas é preciso ter atenção particular se o anel ou junção sinotubular estiverem muito dilatadas, pois é provável que as cúspides da válvula estejam com lesões comissurais que não sejam viáveis para reparação (25).

A válvula pode ser reparada em casos de perfuração, extensão, prolapso, fenestração ou bicuspidia, sendo esta última a razão mais comum para a valvuloplastia (no caso de prolapso) (1).

A perfuração pode ser iatrogénica, sequela de endocardite ou de cirurgia prévia e por vezes é uma razão isolada de insuficiência valvular (1). A técnica de reparar as cúspides em caso de perfuração consiste em colocar um retalho de pericárdio autólogo (no caso de retalho de pericárdio fresco é preciso ter em atenção que o mesmo retrai posteriormente) (1).

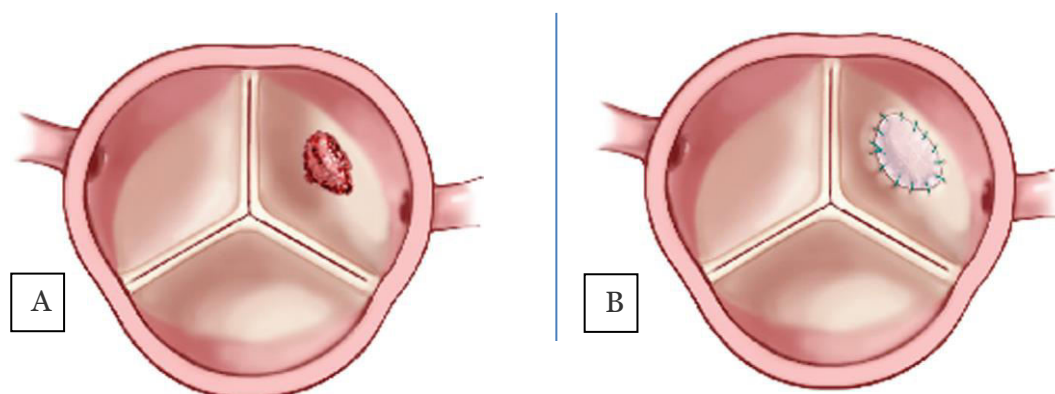


Figura 17 – Reparação de perfuração. A- perfuração simples de uma cúspide; B- reparação com um retalho de, por exemplo, pericárdio autólogo. Adaptado de (3).

A extensão das cúspides é uma opção cirúrgica em casos de válvulas que sofrem de retração por doença reumática ou defeitos congénitos (e leva a insuficiência valvular) (1). Esta opção é útil em doentes jovens que sofreram alterações valvulares por doença reumática (1). O procedimento consiste em fazer um enxerto de pericárdio nas cúspides de modo que tenham uma adequada coaptação (1). A sobrevida aos 5 anos é de 96,4% e a taxa de doentes sem complicações e que não necessitaram de reintervenção ao final de 5 anos é de 92% e de 90% aos 7 anos (1,108).

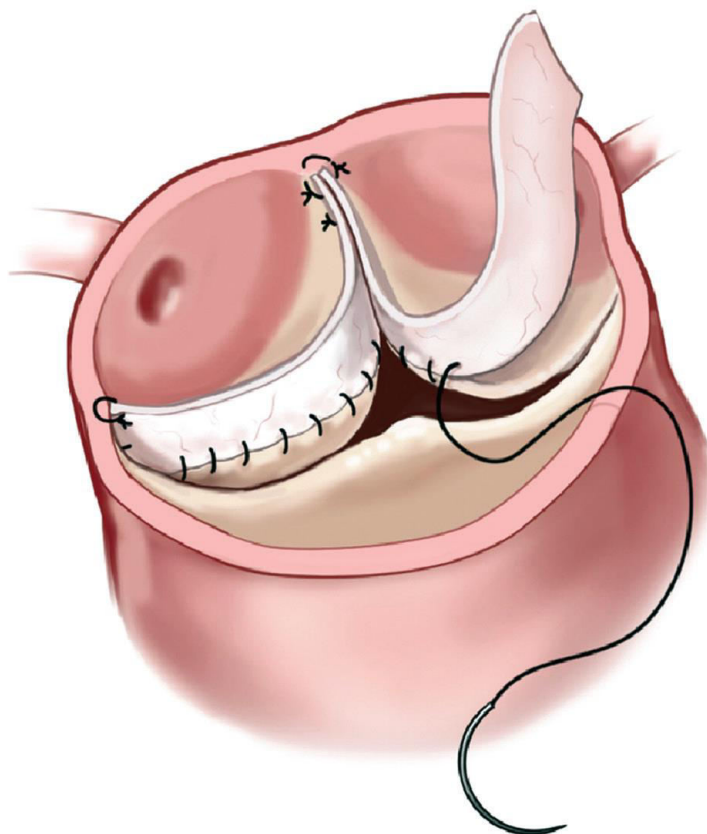


Figura 18 – Extensão das cúspides. Sutura-se pericárdio de comissura a comissura ao longo da margem livre da cúspide, de modo a aumentar a superfície de coaptação. Retirado de (3).

O prolapso das cúspides ocorre quando uma ou mais das cúspides da VA se projetam para o ventrículo esquerdo durante a diástole (3,109). Isto ocorre quando a margem livre da(s) cúspide(s) é demasiado comprida, tendo várias etiologias possíveis (3,109). Para corrigir o prolapso da cúspide realiza-se a plicatura da margem livre, ao longo do nóculo de Arantius – ou seja, a cúspide que prolapsa é dobrada ao longo do nóculo de Arantius e fixa-se a dobra com suturas, ficando a margem livre mais curta (3,109).

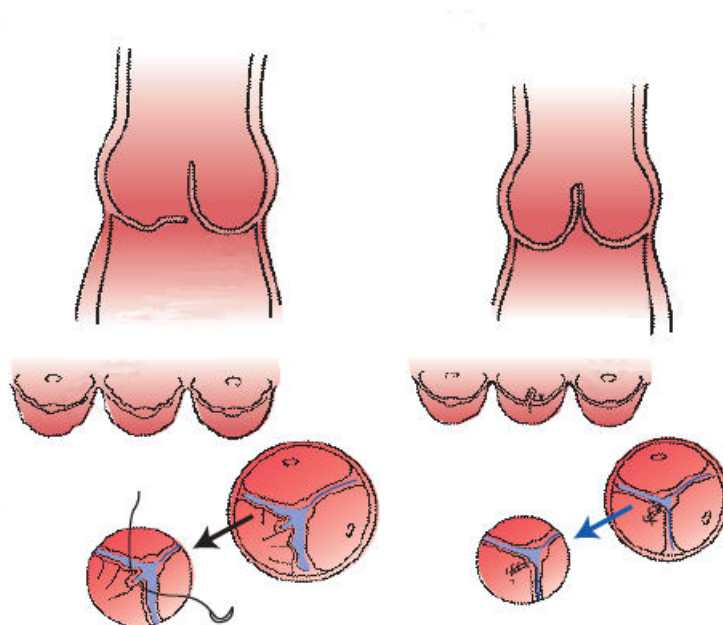


Figura 19 – Reparação de prolapso da cúspide. A margem livre da cúspide que prolapsa é encurtada com recurso à plicação na área do nódulo de Arantius. Retirado de (1).

A reparação das cúspides com fenestrações de stress consiste em reforçar a margem livre da cúspide lesada com uma sutura (1).

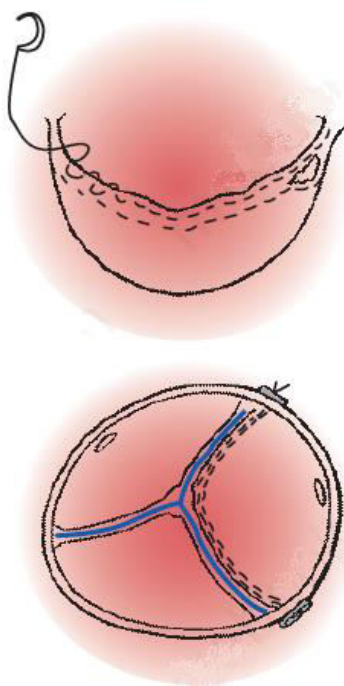


Figura 20 – Reforço da margem livre da cúspide com uma sutura. Retirado de (1).

Geralmente os doentes com bicuspidia e prolapso valvular têm a cúspide anterior alongada e prolapsada, e nessa mesma cúspide muitas vezes existe uma pequena rafe onde seria a comissura entre as cúspides direita e esquerda (1). Estando a cúspide posterior

íntegra, a reparação é possível e procede-se à excisão da rafe e encurta-se a margem livre da cúspide anterior com suturas de plicatura tendo como objetivo a obtenção de cúspides com margens livres de comprimento igual e que coaptem ao mesmo nível (1). Como grande parte dos doentes com bicuspidia Aórtica têm um anel aórtico dilatado, é sensato realizar uma cirurgia de substituição da raiz que preserve a válvula em vez de apenas a valvuloplastia (1,110). No entanto, se os seios estiverem íntegros e houver apenas ligeira dilatação do anel pode-se realizar apenas uma redução do anel através da plicatura dos triângulos subcomissurais (1).

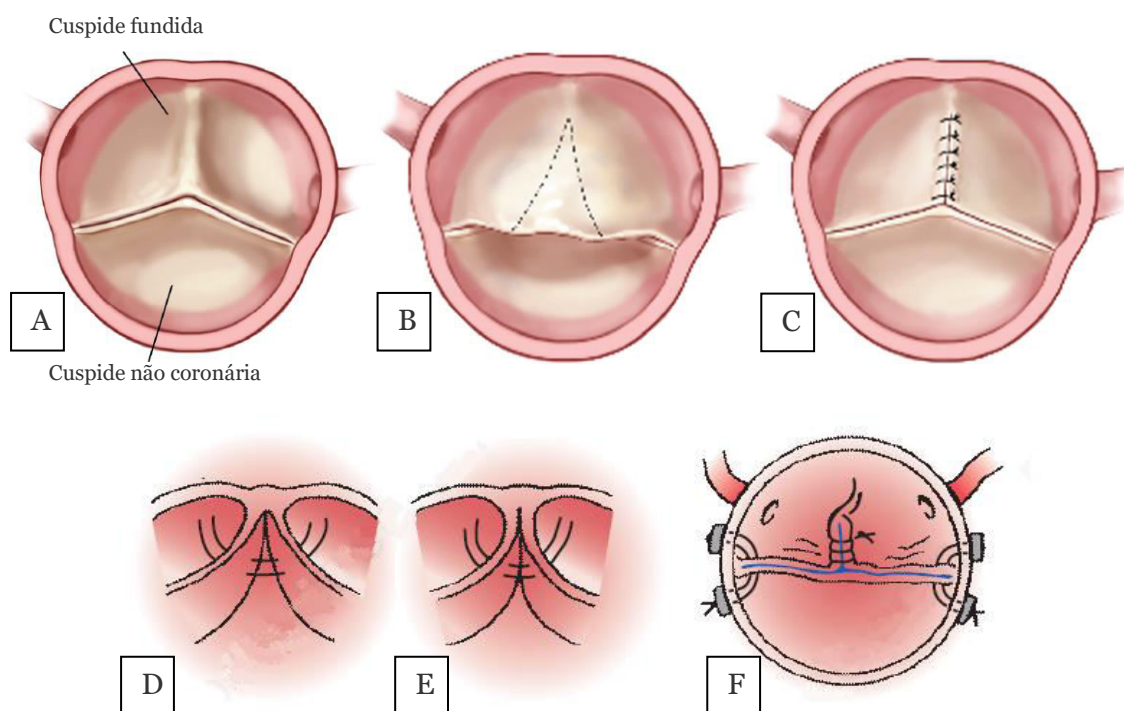


Figura 21 – Ressecção da rafe da cúspide que prolapsa (A, B e C) e plicatura subcomissural (D, E e F). Adaptado de (1,3).

Como se preserva a válvula nativa, os resultados hemodinâmicos são superiores às próteses mecânicas ou biológicas (111). A valvuloplastia, quando comparada com a substituição valvular, tem um tempo de bypass coronário significativamente menor "(76 ± 16 vs 110 ± 21 minutes in aortic valve replacement)" (112) e apesar de não significativa, a mortalidade no hospital e ao fim de um ano foi menor nos doentes submetidos a valvuloplastia (112,113). Outra vantagem é a possibilidade de evitar a anticoagulação e de menor risco de complicações relacionadas com a válvula (como hemorragia, tromboembolia e endocardite) comparativamente com as próteses mecânicas e biológicas, havendo um estudo que evidencia 88% de ausência de qualquer complicação relacionada com a válvula ao final de 10 anos (114–117).

As desvantagens destes procedimentos, além da sua complexidade cirúrgica, são a dúvida de durabilidade que leva a uma percentagem de doentes com necessidade de reoperação ao fim de um ano ser mais do dobro relativamente à substituição valvular e, apesar de não significativa, a taxa de AVC é maior nos doentes submetidos a valvuloplastia (112,117,118).

Opções atuais no tratamento da válvula e raiz da Aorta.

4. Cirurgia da raiz da Aorta

4.1. Procedimento de Bentall

Este é um procedimento de substituição da RA (1). É uma cirurgia que envolve a remoção da porção danificada da Aorta e sua substituição por um enxerto sintético (1). Este tipo de cirurgia é normalmente indicado em doentes com aneurismas ou dissecções que envolvem a RA (119). O procedimento de Bentall é considerado o gold standard em doentes que necessitam de substituição da RA (120,121). A cirurgia envolve a remoção da VA e a porção da Aorta aneurismática (1). O enxerto é medido, cortado e suturado no lugar da RA e reimplanta-se as artérias coronárias (1). A VA nativa é substituída durante a cirurgia (sendo geralmente substituída por uma prótese mecânica), pois como referido anteriormente a disfunção da RA leva a disfunção da válvula, devido à sua complexa proximidade estrutural e funcional (119,120,122).

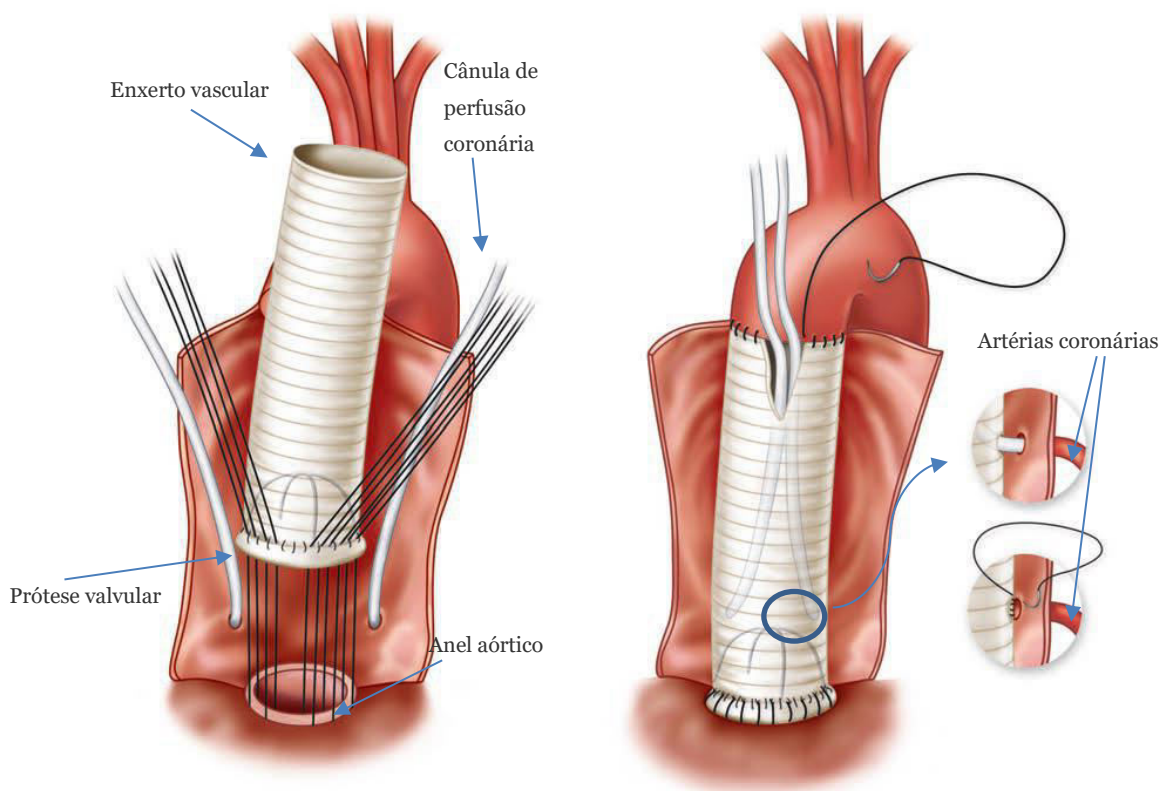


Figura 22 – Procedimento de Bentall. Adaptado de (1).

Uma das principais vantagens do procedimento de Bentall é a baixa taxa de reintervenção (tendo forte associação a doentes com Sd. de Marfan) e bom resultado a curto e longo prazo, e além disso foi demonstrado em vários estudos que a taxa de endocardite da prótese valvular e a mortalidade hospitalar com este procedimento são baixas (120–124).

Como desvantagem, identifica-se principalmente as desvantagens inerentes ao tipo de prótese utilizada, que são relativamente comuns especialmente quando utilizada a prótese mecânica (120–122,124).

4.2. Substituição da raiz Aórtica poupadora da válvula (VSARR)

Este é um procedimento utilizado para tratar aneurismas da RA, preservando a válvula nativa do doente, pois muitas vezes a válvula em si encontra-se íntegra. Portanto, recomenda-se este procedimento aos doentes que tenham a função valvular normal (ou muito perto do normal) e baixo risco de sofrer de patologia valvular no futuro. Existem dois tipos de VSARR, o procedimento de Yacoub (remodelação) e o procedimento de David (reimplantação). (125,126)

O procedimento de David é a excisão dos seios e parte da Aorta ascendente, seguida da colocação do enxerto vascular de modo a fixar as cúspides valvulares na posição correta e corrigir a sua coaptação. Apesar de in vitro os estudos demonstrarem que a ausência dos seios de Valsalva no enxerto leva a compromisso da perfusão coronária e aumento do stress sobre as cúspides, os estudos clínicos demonstraram que isso não ocorre (127–129).

O procedimento de Yacoub difere do de David no facto de não se excisar os seios de Valsalva, e se adaptar o enxerto vascular aos seios nativos, reconstruindo-os (127,130,131). A vantagem hipotética deste procedimento em relação ao de David era que se reduziria o stress sobre as cúspides, mas este procedimento tem uma menor vida útil que o de David devido à ausência de reforço do anel aórtico com as suturas do enxerto (que é feito no procedimento de David) (127,130).

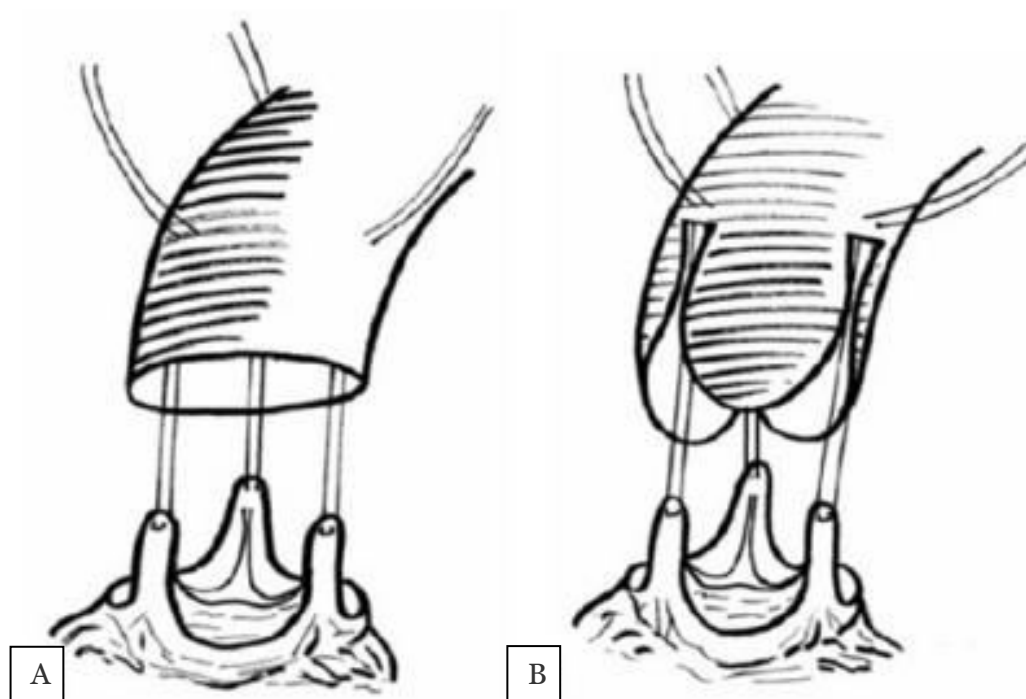


Figura 23 – Reconstrução da válvula Aórtica. A- procedimento de David; B- procedimento de Yacoub. Adaptado de (119).

A VSARR, ao preservar a válvula nativa obtém a vantagem de ter uma função fisiológica e não necessitar de cuidados acrescidos de uma prótese (anticoagulação nas próteses mecânicas, por exemplo) havendo até evidência de que os doentes submetidos a VSARR tenham melhor qualidade de vida do que os doentes que tenham próteses mecânicas (ou seja, pelo procedimento de Bentall) (122,127,131,132). Apesar de o tempo de BCP ser maior na VSARR, os estudos demonstram menor mortalidade operatória e complicações (AVC, bloqueio cardíaco, hemorragia) e maior sobrevida a longo prazo quando comparado com o procedimento de Bentall (independentemente de se utilizar o procedimento de David ou Yacoub) (121,127,131).

Considera-se que a principal desvantagem da VSARR é, comparando com o procedimento de Bentall, o elevado risco de recorrência da insuficiência valvular (especialmente quando a insuficiência valvular no pré-operatório é grave) por falência da válvula reconstruída (120,121,131). No entanto esta informação é discutível porque uma meta análise de Salmasi et al. não identificou diferença significativa na taxa de reintervenção entre VSARR e Bentall (121). Uma das desvantagens é a complexidade técnica deste procedimento, o que faz com que este seja apenas efetuado em centros de grande fluxo e não permite que seja tão difundido (121,122).

Entre o procedimento de David e de Yacoub, na teoria o procedimento de Yacoub teria uma maior durabilidade da válvula por ser mais fisiologicamente semelhante à anatomia nativa e reduzir o stress às cúspides, mas os estudos mostram que o procedimento de Yacoub tem menos durabilidade que o de David (121,127). Pensa-se que isto se deve à falta de estabilização do anel aórtico, o que leva ao seu alargamento e conseqüente recorrência de insuficiência Aórtica (121,127). No entanto, outros estudos consideram que não há diferença na vantagem clínica entre os dois procedimentos (131).

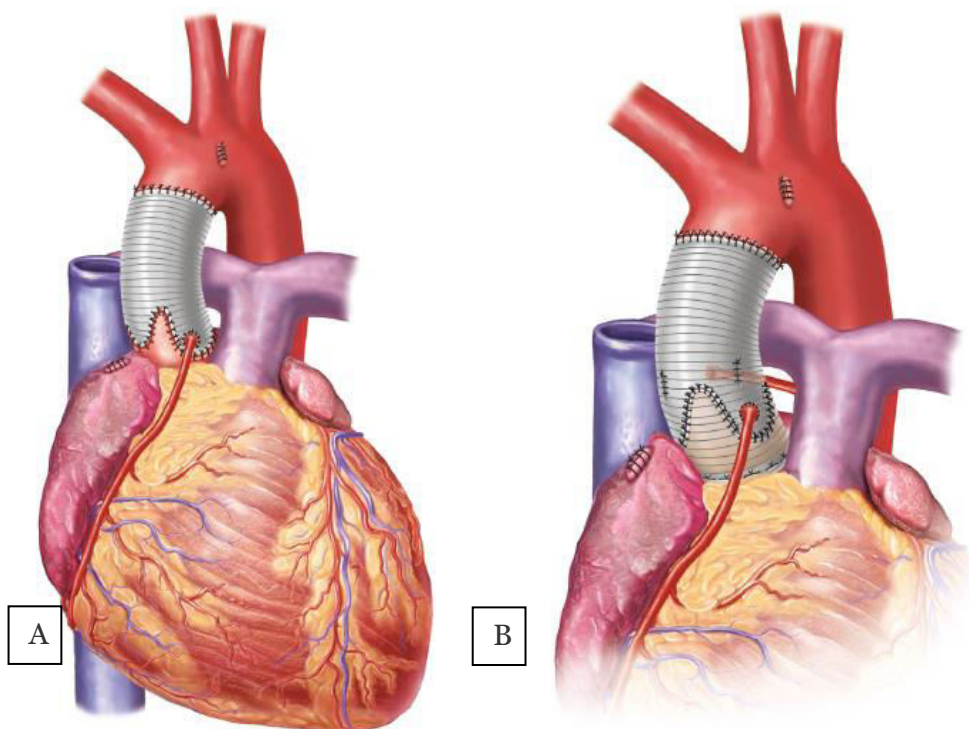


Figura 24 – Resultado dos procedimentos de Yacoub e David. A- procedimento de Yacoub; B- procedimento de David. Adaptado de (25).

4.3. Procedimento de Ross

Esta técnica é um autoenxerto pulmonar, ou seja, consiste em substituir a VA e RA pela artéria pulmonar e respetiva válvula, enquanto se reconstrói a válvula pulmonar com o próprio tecido da artéria ou com enxerto e se coloca uma prótese no local da válvula pulmonar (133). Este procedimento é uma opção especialmente adequada para doentes com a Aorta ascendente normal ou apenas ligeiramente dilatada (133).

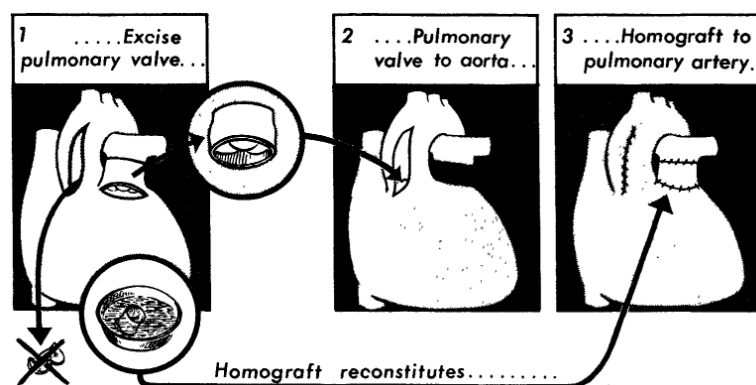


Figura 25 – Procedimento de Ross. Nesta imagem apenas se realiza para a válvula, mas é frequentemente também para o complexo válvula-raiz (figura 26). Retirado de (133).

A vantagem do auto-enxerto pulmonar que talvez seja a mais relevante e diferenciadora é o potencial para o autoenxerto crescer e adaptar-se ao doente, ou seja, é particularmente útil em crianças que ainda vão crescer, podendo assim evitar ou reduzir o número de reintervenções (134–136). Como o enxerto com a válvula pulmonar é uma válvula nativa, tem melhor compatibilidade com o fluxo sanguíneo aórtico (e consequentemente apresenta melhores resultados hemodinâmicos) do que as próteses valvulares e também tem menor risco de trombose e infecções (133–136). Além disso, existe evidência que os doentes submetidos ao procedimento de Ross reportam melhor qualidade de vida que os doentes submetidos às cirurgias convencionais (132,136). Com estas características, o procedimento de Ross permite obter uma atrativa taxa de sobrevida livre de complicações a curto e longo prazo, especialmente em comparação com a substituição valvular por prótese mecânica (134–136).

Como desvantagens, o procedimento de Ross tem, além da sua acrescida complexidade técnica, a questão de ser uma manipulação de dois sistemas valvulares e não apenas um e o hipotético aumento do risco cirúrgico (134–136). Ou seja, além da “preocupação” com a VA, é preciso ter também atenção à prótese colocada no local da válvula pulmonar, que geralmente é um homoenxerto (135,136). Posto isto, e como o procedimento de Ross é a técnica muitas vezes escolhida para as crianças, é quase certo que durante a sua vida terão de ser submetidos a uma reintervenção, sendo a taxa tanto maior quanto mais novo for o doente à data do autoenxerto (134). A degeneração do autoenxerto ocorre por dilatação da sua estrutura, devido à pressão colocada sobre o mesmo, e utilizam-se várias técnicas para minimizar este efeito, como por exemplo o reforço com prótese vascular extra-enxerto, anuloplastia e variações cirúrgicas do procedimento (implantação sub-coronária, por exemplo) (134,135,137).

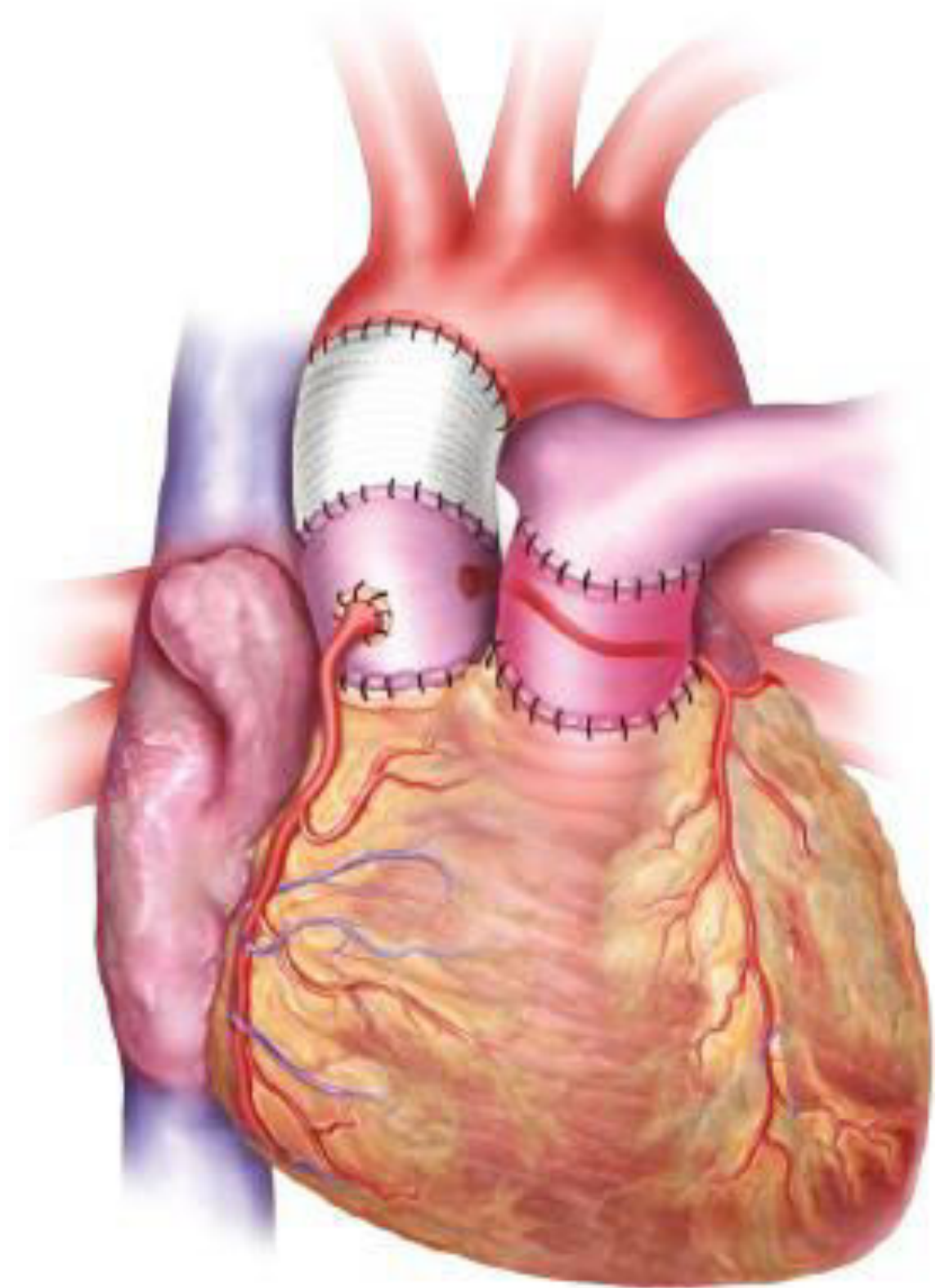


Figura 26 – Procedimento de Ross, válvula e raiz. Retirado de (25).

4.4. Alargamento da raiz da Aorta

O procedimento de alargamento da RA é um importante complemento à substituição cirúrgica da VA em doentes com anéis pequenos, tanto para mitigar a PPM quanto para possibilitar futura TAVI, pois permite implantar uma prótese de maior dimensão (138–141). O procedimento geralmente consiste em estender a aortotomia para um dos seios de Valsalva ou comissura entre os seios e colocar um retalho nessa incisão, de modo a conseguir aumentar o anel da Aorta e possibilitar a implantação de próteses até 2 tamanhos maiores que o anel nativo (140).

O alargamento da raiz da Aorta pode ser anterior ou posterior (142). As técnicas de alargamento posterior pode ser a de Nicks-Nunez ou Rittenhouse-Manouguian e a de alargamento anterior pode ser a de Konno-Rastan (142). O método Nicks-Nunez envolve uma incisão vertical através da comissura entre a cúspide coronária esquerda e a cúspide não coronária, estendendo-se até ao triângulo subcomissural, enquanto o método Rittenhouse-Manouguian envolve uma incisão vertical através do meio do seio não coronário (142). Por outro lado, o alargamento anterior, também conhecido como aortoventriculoplastia, pela técnica de Konno-Rastan envolve uma aortotomia vertical que se estende até ao seio coronário direito, próximo à comissura entre as cúspides coronárias direita e esquerda (142). Esta técnica é considerada mais complexa e arriscada, devido ao cuidado necessário para não causar lesões no primeiro ramo septal da artéria descendente anterior esquerda (142). Após estas incisões coloca-se um retalho, que pode ser pericárdico ou de prótese vascular (142).

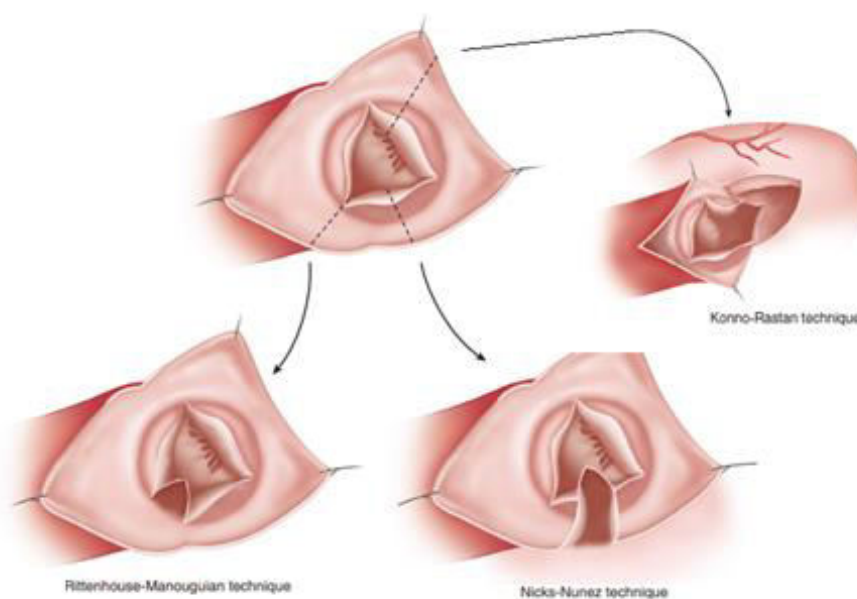


Figura 27 – Distinção das várias técnicas do alargamento da raiz da Aorta. Adaptado de (142).

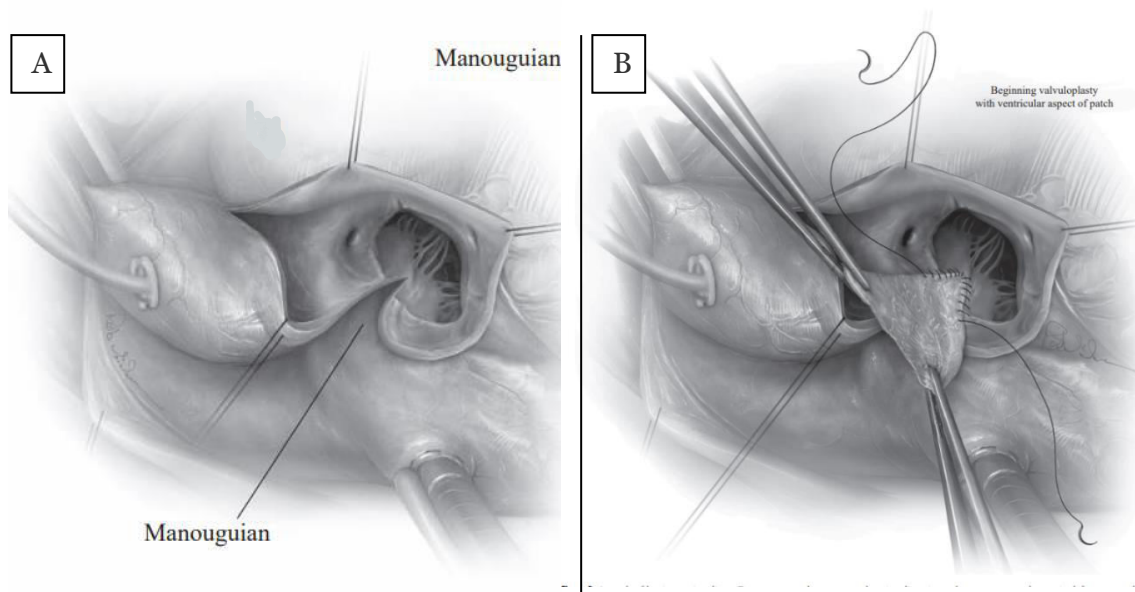


Figura 28 – Demonstração do alargamento da raiz da Aorta pelo procedimento de Manouguian. A- Aortotomia até à comissura entre os seios esquerdo e não coronário; B- enxerto com retalho de pericárdio ou enxerto vascular. Adaptado de (140).

A PPM ocorre quando se implanta uma prótese valvular demasiado pequena para o doente em questão (relativamente à sua superfície corporal) (139,141). Esta prótese “pequena” vai manifestar-se como se fosse estenose Aórtica, ou seja, vai levar a degeneração estrutural precoce da prótese (biológica), inadequada regressão da massa do ventrículo esquerdo, aumento da sobrecarga cardíaca, elevado gradiente transvalvular no pós-operatório, aumento das taxas de readmissão relacionada com insuficiência cardíaca e aumento da mortalidade, tanto relacionada com o coração como por todas as causas, nos doentes submetidos a substituição valvular (138–141). Estes problemas são particularmente notáveis nos doentes mais jovens e fisicamente ativos (140).

Um dos pontos a favor de se realizar o alargamento da RA é que a maioria dos estudos indica que este não aumenta as complicações pós-operatórias e mortalidade a curto e longo prazo nos doentes submetidos a substituição valvular e alargamento da raiz em comparação com substituição valvular apenas (138–141). No entanto, os resultados pós-operatórios mostram gradiente transvalvular aceitável em todos os casos submetidos a alargamento da RA, enquanto se identifica PPM com diferentes graus em todas as próteses colocadas sem procedimento de alargamento da raiz (139–141). Como muitos doentes jovens optam pela prótese biológica (devido à necessidade de anticoagulação das próteses mecânicas), e como as próteses biológicas têm maior tendência para PPM em comparação com as válvulas mecânicas, o aumento da RA e do anel é fundamental para acomodar um tamanho adequado da prótese, não apenas a médio prazo, mas também a longo prazo, quando essas próteses biológicas inevitavelmente degenerarem, permitindo também aos

doentes ter um plano de tratamento menos invasivo quando/se necessitarem de reintervenção (138,141).

Um obstáculo à realização do alargamento da RA é a sua complexidade técnica adicional e receio dos cirurgiões que não têm experiência com este procedimento (139,140). Apesar da relativa inocuidade deste procedimento, é preciso ter particular cautela ao com os doentes idosos, doentes com o anel muito calcificado e se se realizar algum outro procedimento concomitante (o enxerto de bypass coronário pode aumentar o risco de hemorragia) (141). Além disso, como seria de esperar, há um aumento do tempo de clampagem aórtica (10-14 minutos) e BCP (aproximadamente 20 minutos) (139,141). A hemorragia subanular, apesar de rara, é a complicação mais temida, porque quando ocorre é necessário refazer todo o procedimento, aumentando ainda mais os tempos de clampagem Aórtica e BCP (141). Além disso, existe a possibilidade de, tardiamente, ocorrer a formação de aneurisma nos doentes pediátricos nos quais foi utilizado pericárdio para o enxerto do alargamento da raiz (141). Outras possíveis complicações descritas são a disseção aórtica, insuficiência mitral iatrogénica e restrição do movimento das cúspides, particularmente ao usar válvulas mecânicas de duas cúspides, devido ao impacto da prateleira muscular subvalvular do trato de saída do ventrículo esquerdo na cúspide (141).

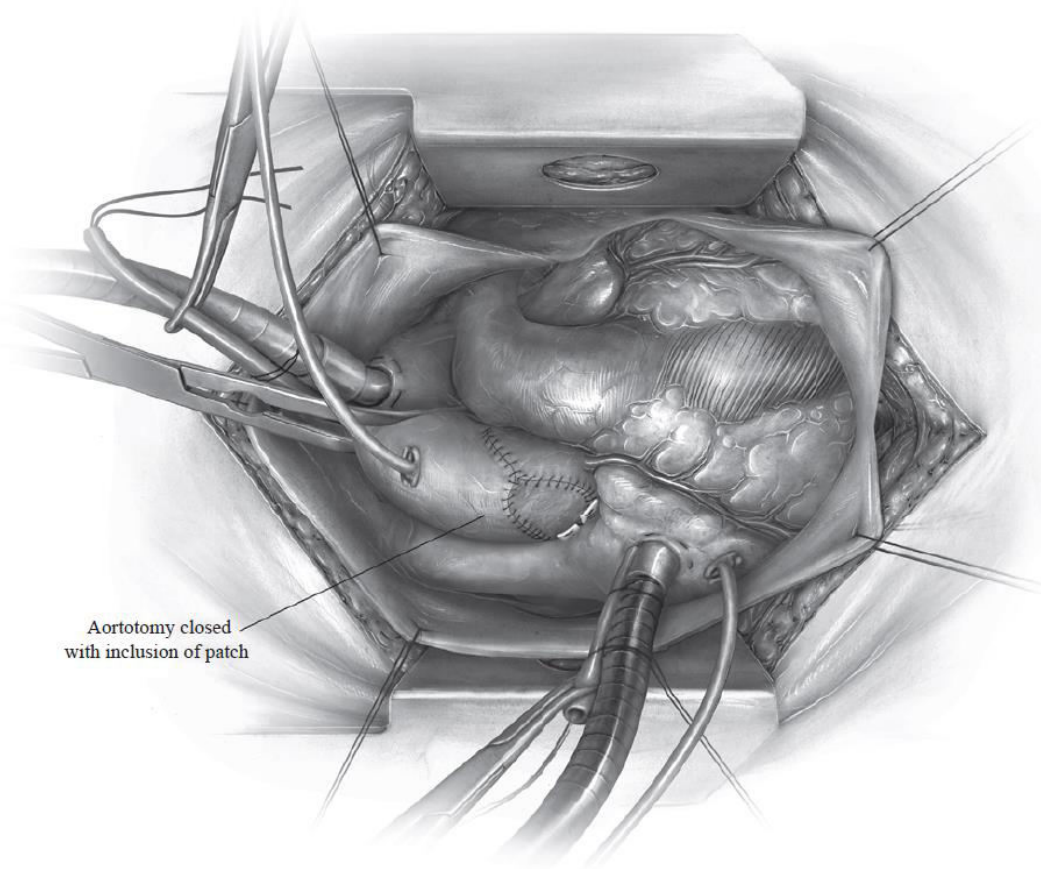


Figura 29 – Vista final do coração com o alargamento da raiz da Aorta. Retirado de (140).

Opções atuais no tratamento da válvula e raiz da Aorta.

5. Conclusão

A partir desta revisão é possível concluir que existem atualmente diversas opções de tratamento para a patologia da válvula e raiz aórtica, opções estas que têm tendência a ser cada vez menos invasivas e possíveis de realizar em doentes que outrora seriam considerados inoperáveis. Além disso, o que em tempos foi uma novidade, restrita a apenas um conjunto selecionado de indivíduos com habilidade para tal, tem-se tornando uma realidade cada vez mais difundida e praticada. Assim, é possível exponenciar a quantidade e qualidade das técnicas efetuadas, conseguindo-se, deste modo, fornecer aos doentes uma melhor sobrevida e qualidade de vida.

Ou seja, há uma tendência para procedimentos minimamente invasivos em vez de cirurgia aberta e próteses biológicas em vez de mecânicas. Além do minimamente invasivo, a tendência é também para tentar preservar a anatomia e hemodinâmica o mais próximo da válvula nativa saudável como, por exemplo, os procedimentos de reparação das cúspides ou substituição da raiz com preservação da válvula, autoenxerto e procedimento de Ross que são realizados em casos selecionados e em centros de alto volume.

Com estas tendências identificou-se que muitas vezes a durabilidade do procedimento é limitada, mas além das técnicas que minimizam esse desafio (como por exemplo o alargamento da raiz da Aorta) e os bons resultados a nível de qualidade de vida, há a vantagem de quando ocorrer a necessidade de nova intervenção haver a possibilidade de aplicar procedimentos percutâneos “*valve-in-valve*” e válvulas de implantação rápida e sem suturas.

No futuro, espera-se que as opções menos invasivas continuem a ser as privilegiadas e que se perpetue a realização de estudos relativamente aos resultados e variáveis das opções cirúrgicas. Além disso, prevê-se que se continuem a aprimorar e modificar os procedimentos “clássicos” e a melhorar a experiência com os novos, sendo, por isso expectável que os estudos futuros tenham um aumento na melhoria dos resultados dos procedimentos novos em comparação com os “clássicos”, o que já se evidenciou em algumas meta-análises: os resultados de alguns estudos eram mais favoráveis porque eram de centros com maior fluxo e experiência. Com isto, coloca-se também um dilema: deve-se optar pela opção mais segura ou pela mais promissora? Deve-se encaminhar o doente para o centro com mais experiência?

Embora existam as opções cirúrgicas, e sejam aplicáveis aos doentes, uma expressão que se notou na maioria dos artigos analisados para a dissertação foi “é necessário ponderar e decidir com o doente qual a melhor opção”. Por isso é fundamental fomentar a

perpetuação da investigação sobre que doentes serão os mais adequados para cada procedimento e vice-versa e elaborar *cutoffs* e *guidelines* concretos relativamente às variáveis que favorecem ou não a adequação ao procedimento em questão. De facto, o desenvolvimento dessas *guidelines*, juntamente com a tendência para o desenvolvimento de procedimentos menos invasivos, irá possibilitar que mais doentes tenham acesso a mais e melhores opções curativas e que, em consequência, tenham uma melhor qualidade de vida.

6. Referências

1. Cohn LH, Adams DH. Cardiac surgery in the adult. 5th ed. McGraw-Hill Education; 2018.
2. Hutchison SJ. Aortic diseases: clinical diagnostic imaging atlas. Saunders/Elsevier; 2009.
3. Bonow R, Otto C. Valvular Heart Disease: A Companion to Braunwald's Heart Disease. 5th ed. Saunder/Elsevier; 2020.
4. Baumgartner H, Hung J, Bermejo J, Chambers JB, Evangelista A, Griffin BP, et al. Echocardiographic Assessment of Valve Stenosis: EAE/ASE Recommendations for Clinical Practice. *Journal of the American Society of Echocardiography*. 2009 Jan 22;22(1):1–23.
5. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, Milojevic M, Baldus S, Bauersachs J, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2022 Feb 14;43(7):561–632.
6. Chan J, Basu A, Di Scenza G, Bartlett J, Fan KS, Oo S, et al. Understanding aortic valve repair through Ozaki procedure: A review of literature evidence. *Journal of Cardiac Surgery*. 2022 Dec 1;5202–6.
7. Aortic Valve Stenosis [Internet]. RWJBarnabas Health. [cited 2023 May 26]. Available from: <https://www.rwjbh.org/treatment-care/heart-and-vascular-care/diseases-conditions/aortic-valve-stenosis/>
8. McCoy K. Aortic Insufficiency [Internet]. Western New York Urology Associates, LLC. [cited 2023 May 26]. Available from: <https://www.wnyurology.com/content.aspx?chunkiid=191781>
9. Koo HJ, Kang JW, Kim JA, Kim JB, Jung SH, Choo SJ, et al. Functional classification of aortic regurgitation using cardiac computed tomography: comparison with surgical inspection. *International Journal of Cardiovascular Imaging*. 2018 Aug 1;34(8):1295–303.
10. Jones AM, Langley FA. AORTIC SINUS ANEURYSMS. *Heart* [Internet]. 1949 Oct 1;11(4):325–41. Available from: <https://heart.bmj.com/lookup/doi/10.1136/hrt.11.4.325>
11. Elefteriades JA. Natural history of thoracic aortic aneurysms: indications for surgery, and surgical versus nonsurgical risks. *Ann Thorac Surg* [Internet]. 2002

- Nov;74(5):S1877–80. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003497502041474>
12. Boodhwani M, Andelfinger G, Leipsic J, Lindsay T, McMurtry MS, Therrien J, et al. Canadian cardiovascular society position statement on the management of thoracic aortic disease. *Canadian Journal of Cardiology*. 2014;30(6):577–89.
 13. VILACOSTA I. Acute aortic syndrome. *Heart* [Internet]. 2001 Apr 1;85(4):365–8. Available from: <https://heart.bmj.com/lookup/doi/10.1136/heart.85.4.365>
 14. Sultan S, Acharya Y, Chua Vi Long K, Hatem M, Hezima M, Veerasingham D, et al. Management of acute aortic syndrome with evolving individualized precision medicine solutions: Lessons learned over two decades and literature review. *Front Surg* [Internet]. 2023 Mar 28;10. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsurg.2023.1157457/full>
 15. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, Bossone E, Di Bartolomeo R, Eggebrecht H, et al. 2014 ESC guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases. *Eur Heart J*. 2014 Nov 1;35(41):2873–926.
 16. Nienaber CA, Clough RE. Management of acute aortic dissection. *The Lancet*. 2015 Feb 28;385(9970):800–11.
 17. Boudoulas H, Stefanadis C, Vlachopoulos C. *The aorta: structure, function, dysfunction and diseases*. 1st ed. CRC Press; 2008.
 18. Booher AM, Isselbacher EM, Nienaber CA, Trimarchi S, Evangelista A, Montgomery DG, et al. The IRAD classification system for characterizing survival after aortic dissection. *American Journal of Medicine*. 2013;126(8):730.e19–730.e24.
 19. Isselbacher EM, Preventza O, Hamilton Black J, Augoustides JG, Beck AW, Bolen MA, et al. 2022 ACC/AHA Guideline for the Diagnosis and Management of Aortic Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* [Internet]. 2022 Dec 13;146(24):E334–482. Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIR.0000000000001106>
 20. Lombardi J V., Hughes GC, Appoo JJ, Bavaria JE, Beck AW, Cambria RP, et al. Society for Vascular Surgery (SVS) and Society of Thoracic Surgeons (STS) reporting standards for type B aortic dissections. *J Vasc Surg*. 2020 Mar 1;71(3):723–47.
 21. Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP, Gentile F, et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease:

- A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2021 Feb 2;143(5):e72–227.
22. Brown JM, O'Brien SM, Wu C, Sikora JAH, Griffith BP, Gammie JS. Isolated aortic valve replacement in North America comprising 108,687 patients in 10 years: Changes in risks, valve types, and outcomes in the Society of Thoracic Surgeons National Database. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2009 Jan;137(1):82–90.
 23. Puskas J, Gerdisch M, Nichols D, Quinn R, Anderson C, Rhenman B, et al. Reduced anticoagulation after mechanical aortic valve replacement: Interim results from the Prospective Randomized On-X Valve Anticoagulation Clinical Trial randomized Food and Drug Administration investigational device exemption trial. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2014;147(4).
 24. Staab ME, Nishimura RA, Dearani JA, Orszulak TA. Aortic valve homografts in adults: a clinical perspective. *Mayo Clin Proc*. 1998;73(3):231–8.
 25. Grover F, Mack M. *Cardiac Surgery (Master Techniques in Surgery)*. 1st ed. Wolters Kluwer; 2016.
 26. Head SJ, Mokhles MM, Osnabrugge RLJ, Pibarot P, Mack MJ, Takkenberg JJM, et al. The impact of prosthesis–patient mismatch on long-term survival after aortic valve replacement: a systematic review and meta-analysis of 34 observational studies comprising 27 186 patients with 133 141 patient-years. *Eur Heart J* [Internet]. 2012 Jun;33(12):1518–29. Available from: <https://academic.oup.com/eurheartj/article-lookup/doi/10.1093/eurheartj/ehs003>
 27. Salem DN, Stein PD, Al-Ahmad A, Bussey HI, Horstkotte D, Miller N, et al. Antithrombotic therapy in valvular heart disease--native and prosthetic: the Seventh ACCP Conference on Antithrombotic and Thrombolytic Therapy. *Chest* [Internet]. 2004 Sep;126(3 Suppl):457S-482S. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15383481>
 28. Funder JA. Current status on stentless aortic bioprosthesis: A clinical and experimental perspective. Vol. 41, *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. European Association for Cardio-Thoracic Surgery; 2012. p. 790–9.
 29. Bourguignon T, Bouquiaux-Stablo AL, Candolfi P, Mirza A, Loardi C, May MA, et al. Very long-term outcomes of the carpentier-edwards perimount valve in aortic position. *Annals of Thoracic Surgery*. 2015 Mar 1;99(3):831–7.

30. Johnston DR, Soltesz EG, Vakil N, Rajeswaran J, Roselli EE, Sabik JF, et al. Long-Term Durability of Bioprosthetic Aortic Valves: Implications From 12,569 Implants. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2014>.
31. Iung B, Baron G, Butchart EG, Delahaye F, Gohlke-Bärwolf C, Levang OW, 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 Jul;24(13):1231–43.
32. Pibarot P, Dumesnil JG. Prosthetic heart valves: Selection of the optimal prosthesis and long-term management. *Circulation*. 2009 Feb 24;119(7):1034–48.
33. Cohen G, Zagorski B, Christakis GT, Joyner CD, Vincent J, Sever J, et al. Are stentless valves hemodynamically superior to stented valves? Long-term follow-up of a randomized trial comparing Carpentier-Edwards pericardial valve with the Toronto Stentless Porcine Valve. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2010 Apr;139(4):848–59.
34. Narang S, Satsangi DK, Banerjee A, Geelani MA. Stentless valves versus stented bioprostheses at the aortic position: Midterm results. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2008 Oct;136(4):943–7.
35. Dunning J, Graham RJ, Thambyrajah J, Stewart MJ, Kendall SWH, Hunter S. Stentless vs. stented aortic valve bioprostheses: A prospective randomized controlled trial. *Eur Heart J*. 2007 Oct;28(19):2369–74.
36. Perez De Arenaza D, Lees B, Flather M, Nugara F, Husebye T, Jasinski M, et al. Randomized comparison of stentless versus stented valves for aortic stenosis: Effects on left ventricular mass. *Circulation*. 2005 Oct 25;112(17):2696–702.
37. Ali A, Halstead JC, Cafferty F, Sharples L, Rose F, Coulden R, et al. Are Stentless Valves Superior to Modern Stented Valves? *Circulation* [Internet]. 2006 Jul 4;114(I-535-I-540). Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.000950>
38. Vrandecic M, Fantini FA, Filho BG, de Oliveira OC, da Costa Júnior IM, Vrandecic E. Retrospective clinical analysis of stented vs. stentless porcine aortic bioprostheses☆. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* [Internet]. 2000 Jul;18(1):46–53. Available from: [https://academic.oup.com/ejcts/article-lookup/doi/10.1016/S1010-7940\(00\)00416-4](https://academic.oup.com/ejcts/article-lookup/doi/10.1016/S1010-7940(00)00416-4)
39. Thomson H. Haemodynamics and left ventricular mass regression: a comparison of the stentless, stented and mechanical aortic valve replacement. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* [Internet]. 1998 May;13(5):572–5. Available from:

- [https://academic.oup.com/ejcts/article-lookup/doi/10.1016/S1010-7940\(98\)00058-X](https://academic.oup.com/ejcts/article-lookup/doi/10.1016/S1010-7940(98)00058-X)
40. Borger MA, Carson SM, Ivanov J, Rao V, Scully HE, Feindel CM, et al. Stentless aortic valves are hemodynamically superior to stented valves during mid-term follow-up: A large retrospective study. *Annals of Thoracic Surgery*. 2005 Dec;80(6):2180–5.
 41. Eriksson MJ, Rosfors S, Rådegran K, Brodin LA. Effects of exercise on Doppler-derived pressure difference, valve resistance, and effective orifice area in different aortic valve prostheses of similar size. *Am J Cardiol* [Internet]. 1999 Feb 15;83(4):619–22, A10. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10073878>
 42. Harky A, Wong CHM, Hof A, Froghi S, Ahmad MU, Howard C, et al. Stented versus Stentless Aortic Valve Replacement in Patients with Small Aortic Root. *Innovations: Technology and Techniques in Cardiothoracic and Vascular Surgery* [Internet]. 2018 Nov 1;13(6):404–16. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1097/IMI.0000000000000569>
 43. Fries R, Wendler O, Schieffer H, Schäfers HJ. Comparative rest and exercise hemodynamics of 23-mm stentless versus 23-mm stented aortic bioprostheses. *Ann Thorac Surg* [Internet]. 2000 Mar;69(3):817–22. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10750766>
 44. Van Nooten G, Caes F, François K, Van Belleghem Y, Taeymans Y. Stentless or stented aortic valve implants in elderly patients? *Eur J Cardiothorac Surg* [Internet]. 1999 Jan;15(1):31–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10077370>
 45. Lehmann S, Walther T, Kempfert J, Leontjev S, Rastan A, Falk V, et al. Stentless Versus Conventional Xenograft Aortic Valve Replacement: Midterm Results of a Prospectively Randomized Trial. *Annals of Thoracic Surgery*. 2007 Aug;84(2):467–72.
 46. Luciani GB, Auriemma S, Santini F, Casali G, Barozzi L, Mazzucco A. Comparison of late outcome after stentless versus stented xenograft aortic valve replacement. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 2001 Oct;13(4 Suppl 1):136–42. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11805962>
 47. David TE, Puschmann R, Ivanov J, Bos J, Armstrong S, Feindel CM, et al. Aortic valve replacement with stentless and stented porcine valves: a case-match study. *J*

- Thorac Cardiovasc Surg [Internet]. 1998 Aug;116(2):236–41. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9699575>
48. Rahmanian PB, Kaya S, Eghbalzadeh K, Menghesha H, Madershahian N, Wahlers T. Rapid Deployment Aortic Valve Replacement: Excellent Results and Increased Effective Orifice Areas. *Annals of Thoracic Surgery*. 2018 Jan 1;105(1):24–30.
 49. Ensminger S, Fujita B, Bauer T, Möllmann H, Beckmann A, Bekeredjian R, et al. Rapid Deployment Versus Conventional Bioprosthetic Valve Replacement for Aortic Stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 2018 Apr 3;71(13):1417–28.
 50. Salmasi MY, Ramaraju S, Haq I, B. Mohamed RA, Khan T, Oezalp F, et al. Rapid deployment technology versus conventional sutured bioprostheses in aortic valve replacement. *J Card Surg [Internet]*. 2022 Mar 14;37(3):640–55. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocs.16223>
 51. Nguyen A, Stevens LM, Bouchard D, Demers P, Perrault LP, Carrier M. Early Outcomes with Rapid-deployment vs Stented Biological Valves: A Propensity-match Analysis. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2018 Mar 1;30(1):16–23.
 52. Wahlers TCW, Andreas M, Rahmanian P, Candolfi P, Zemanova B, Giot C, et al. Outcomes of a Rapid Deployment Aortic Valve Versus Its Conventional Counterpart: A Propensity-Matched Analysis. *Innovations (Phila) [Internet]*. 2018;13(3):177–83. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29912142>
 53. Ferrari E, Roduit C, Salamin P, Caporali E, Demertzis S, Tozzi P, et al. Rapid-deployment aortic valve replacement versus standard bioprosthesis implantation. *J Card Surg*. 2017 Jun 1;32(6):322–7.
 54. Andreas M, Wallner S, Habbertheuer A, Rath C, Schauerperl M, Binder T, et al. Conventional versus rapid-deployment aortic valve replacement: A single-centre comparison between the Edwards Magna valve and its rapid-deployment successor. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2016 Jun 25;22(6):799–805.
 55. Villa E, Tomba MD, Messina A, Trenta A, Brunelli F, Cirillo M, et al. Sutureless aortic valve replacement in high risk patients neutralizes expected worse hospital outcome: A clinical and economic analysis. *Cardiol J*. 2019;26(1):56–65.
 56. Minami T, Sainte S, De Praetere H, Rega F, Flameng W, Verbrugge P, et al. Hospital cost savings and other advantages of sutureless vs stented aortic valves for intermediate-risk elderly patients. *Surg Today*. 2017 Oct 1;47(10):1268–73.

57. Santarpino G, Pfeiffer S, Concistré G, Grossmann I, Hinzmann M, Fischlein T. The perceval S aortic valve has the potential of shortening surgical time: Does it also result in improved outcome? *Annals of Thoracic Surgery*. 2013 Jul;96(1):77–82.
58. Thitivaraporn P, Chiramongkol S, Muntham D, Pornpatrtanarak N, Kittayarak C, Namchaisiri J, et al. Thrombocytopenia in moderate- to high-risk sutureless aortic valve replacement. *Korean Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2018;51(3):172–9.
59. Pollari F, Santarpino G, Dell’Aquila AM, Gazdag L, Alnahas H, Vogt F, et al. Better short-term outcome by using sutureless valves: A propensity-matched score analysis. *Annals of Thoracic Surgery*. 2014;98(2):611–7.
60. Muneretto C, Bisleri G, Moggi A, Di Bacco L, Tespili M, Repossini A, et al. Treating the patients in the “grey-zone” with aortic valve disease: A comparison among conventional surgery, sutureless valves and transcatheter aortic valve replacement. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2015 Jan 1;20(1):90–5.
61. Muneretto C, Alfieri O, Cesana BM, Bisleri G, De Bonis M, Di Bartolomeo R, et al. A comparison of conventional surgery, transcatheter aortic valve replacement, and sutureless valves in “real-world” patients with aortic stenosis and intermediate- to high-risk profile. *J Thorac Cardiovasc Surg [Internet]*. 2015 Dec 1;150(6):1570–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022522315015159>
62. Mujtaba SS, Ledingham SM, Shah AR, Pillay T, Schueler S, Clark S. Aortic valve replacement with a conventional stented bioprosthesis versus sutureless bioprosthesis: A study of 763 patients. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2018;33(2):122–8.
63. Ghoneim A, Bouhout I, Demers P, Mazine A, Francispillai M, El-Hamamsy I, et al. Management of small aortic annulus in the era of sutureless valves: A comparative study among different biological options. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2016 Oct 1;152(4):1019–28.
64. Forcillo J, Bouchard D, Nguyen A, Perrault L, Cartier R, Pellerin M, et al. Perioperative outcomes with sutureless versus stented biological aortic valves in elderly persons. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2016 Jun 1;151(6):1629–36.
65. Dalén M, Biancari F, Rubino AS, Santarpino G, Glaser N, De Praetere H, et al. Aortic valve replacement through full sternotomy with a stented bioprosthesis versus minimally invasive sternotomy with a sutureless bioprosthesis. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 2016 Jan 1;49(1):220–7.

66. Beckmann E, Martens A, Alhadi F, Hoeffler K, Umminger J, Kaufeld T, et al. Aortic valve replacement with sutureless prosthesis: better than root enlargement to avoid patient-prosthesis mismatch? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* [Internet]. 2016 Jun 25;22(6):744–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26920726>
67. Vola M, Campisi S, Gerbay A, Fuzellier JF, Ayari I, Favre JP, et al. Sutureless prostheses and less invasive aortic valve replacement: Just an issue of clamping time? *Annals of Thoracic Surgery*. 2015 May 1;99(5):1518–23.
68. Bening C, Hamouda K, Oezkur M, Schimmer C, Schade I, Gorski A, et al. Rapid deployment valve system shortens operative times for aortic valve replacement through right anterior minithoracotomy. *J Cardiothorac Surg*. 2017 May 16;12(1).
69. Shalabi A, Spiegelstein D, Sternik L, Feinberg MS, Kogan A, Levin S, et al. Sutureless Versus Stented Valve in Aortic Valve Replacement in Patients with Small Annulus. *Annals of Thoracic Surgery*. 2016 Jul 1;102(1):118–22.
70. Konertz J, Zhigalov K, Weymann A, Dohmen PM. Initial experience with aortic valve replacement via a minimally invasive approach: A comparison of stented, stentless and sutureless valves. *Medical Science Monitor*. 2017 Apr 5;23:1645–54.
71. D’Onofrio A, Rizzoli G, Messina A, Alfieri O, Lorusso R, Salizzoni S, et al. Conventional surgery, sutureless valves, and transapical aortic valve replacement: What is the best option for patients with aortic valve stenosis? A multicenter, propensity-matched analysis. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2013 Nov;146(5):1065–71.
72. Belluschi I, Moriggia S, Giacomini A, Del Forno B, Di Sanzo S, Blasio A, et al. Can Perceval sutureless valve reduce the rate of patient-prosthesis mismatch? *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 2017 Jun 1;51(6):1093–9.
73. Novotny R, Slizova D, Hlubocky J, Krs O, Spatenka J, Burkert J, et al. Cryopreserved human aortic root allografts arterial wall: Structural changes occurring during thawing. *PLoS One*. 2017 Apr 1;12(4).
74. Jashari R. Transplantation of cryopreserved human heart valves in Europe: 30 years of banking in Brussels and future perspectives. *Cell Tissue Bank*. 2021 Dec 1;22(4):519–37.
75. Fukushima S, Tesar PJ, Pearse B, Jalali H, Sparks L, Fraser JF, et al. Long-term clinical outcomes after aortic valve replacement using cryopreserved aortic allograft. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2014;148(1).

76. Perrotta S, Aljassim O, Jeppsson A, Bech-Hanssen O, Svensson G. Survival and quality of life after aortic root replacement with homografts in acute endocarditis. *Annals of Thoracic Surgery*. 2010 Dec;90(6):1862–7.
77. El-Hamamsy I, Yacoub M, Chester A. Neuronal Regulation of Aortic Valve Cusps. *Curr Vasc Pharmacol*. 2009 Feb 3;7(1):40–6.
78. Jaffe WM, Coverdale HA, Roche AH, Whitlock RM, Neutze JM, Barratt-Boyes BG. Rest and exercise hemodynamics of 20 to 23 mm allograft, Medtronic Intact (porcine), and St. Jude Medical valves in the aortic position. *J Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 1990 Aug;100(2):167–74. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2385114>
79. Flameng W, Herregods MC, Vercalsteren M, Herijgers P, Bogaerts K, Meuris B. Prosthesis-patient mismatch predicts structural valve degeneration in bioprosthetic heart valves. *Circulation*. 2010 May 18;121(19):2123–9.
80. Palka P, Harrocks S, Lange A, Burstow DJ, O'Brien MF. Primary Aortic Valve Replacement With Cryopreserved Aortic Allograft An Echocardiographic Follow-Up Study of 570 Patients. *Circulation* [Internet]. 2002 Jan 1;105(1):61–6. Available from: <http://www.circulationaha.org>
81. Fann JI, Miller DC, Moore KA, Mitchell RS, Oyer PE, Stinson EB, et al. Twenty-year clinical experience with porcine bioprostheses. *Ann Thorac Surg*. 1996 Nov;62(5):1301–11; discussion 1311-2.
82. Grunkemeier GL, Jamieson WRE, Miller DC, Starr A. Actuarial versus actual risk of porcine structural valve deterioration. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1994;108(4):709–18.
83. O'Brien MF, Gregory Stafford E, Gardner MAH, Pohlner PG, Tesar PJ, Cochrane AD, et al. Allograft aortic valve replacement: Long-term follow-up. *Ann Thorac Surg*. 1995;60(SUPPL. 2).
84. McGiffin DC, Kirklin JK. The impact of aortic valve homografts on the treatment of aortic prosthetic valve endocarditis. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 1995 Jan;7(1):25–31. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7893834>
85. Vogt PR, von Segesser LK, Jenni R, Niederhäuser U, Genoni M, Künzli A, et al. Emergency surgery for acute infective aortic valve endocarditis: performance of cryopreserved homografts and mode of failure. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1997 Jan;11(1):53–61.
86. Petrou M, Wong K, Albertucci M, Brecker SJ, Yacoub MH. Evaluation of unstented aortic homografts for the treatment of prosthetic aortic valve endocarditis.

- Circulation [Internet]. 1994 Nov;90(5 Pt 2):II198-204. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7955252>
87. Dearani JA, Orszulak TA, Schaff H V, Daly RC, Anderson BJ, Danielson GK. Results of allograft aortic valve replacement for complex endocarditis. *J Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 1997 Feb;113(2):285–91. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9040622>
88. Tuna IC, Orszulak TA, Schaff H V., Danielson GK. Results of homograft aortic valve replacement for active endocarditis. *Ann Thorac Surg*. 1990;49(4):619–24.
89. Glazier JJ, Verwilghen J, Donaldson RM, Ross DN. Treatment of complicated prosthetic aortic valve endocarditis with annular abscess formation by homograft aortic root replacement. *J Am Coll Cardiol* [Internet]. 1991 Apr;17(5):1177–82. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2007719>
90. Gott VL, Cameron DE, Reitz BA, Pyeritz RE. Current diagnosis and prescription for the Marfan syndrome: aortic root and valve replacement. *J Card Surg* [Internet]. 1994 Mar;9(2 Suppl):177–81. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8186562>
91. Joudinaud TM, Baron F, Raffoul R, Pagis B, Vergnat M, Parisot C, et al. Redo aortic root surgery for failure of an aortic homograft is a major technical challenge. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 2008 Jun;33(6):989–94.
92. Yacoub M, Rasmi NRH, Sundt TM, Lund O, Boyland E, Radley-Smith R, et al. Fourteen-year experience with homovital homografts for aortic valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 1995 Jul;110(1):186–94. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S002252230580025X>
93. Penta A, Qureshi S, Radley-Smith R, Yacoub MH. Patient status 10 or more years after “fresh” homograft replacement of the aortic valve. *Circulation* [Internet]. 1984 Sep;70(3 Pt 2):I182-6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6744562>
94. Barratt-Boyes BG, Roche AH, Subramanian R, Pemberton JR, Whitlock RM. Long-term follow-up of patients with the antibiotic-sterilized aortic homograft valve inserted freehand in the aortic position. *Circulation* [Internet]. 1987 Apr;75(4):768–77. Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/01.CIR.75.4.768>
95. O’Brien MF, Stafford EG, Gardner MA, Pohlner PG, McGiffin DC. A comparison of aortic valve replacement with viable cryopreserved and fresh allograft valves, with a note on chromosomal studies. *J Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 1987

- Dec;94(6):812–23. Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3682851>
96. Angell WW, Angell JD, Oury JH, Lamberti JJ, Grehl TM. Long-term follow-up of viable frozen aortic homografts. A viable homograft valve bank. *J Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 1987 Jun;93(6):815–22. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3573795>
 97. Kirklin JK, Smith D, Novick W, Naftel DC, Kirklin JW, Pacifico AD, et al. Long-term function of cryopreserved aortic homografts. A ten-year study. *J Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 1993 Jul;106(1):154–65; discussion 165–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8320994>
 98. De Biase C, Mastrokostopoulos A, Philippart R, Bonfils L, Berthoumieu P, Dumonteil N. What are the remaining limitations of TAVI? *J Cardiovasc Surg (Torino)* [Internet]. 2018 Jun 1;59(3):373–80. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29557590>
 99. Popma JJ, Deeb GM, Yakubov SJ, Mumtaz M, Gada H, O’Hair D, et al. Transcatheter Aortic-Valve Replacement with a Self-Expanding Valve in Low-Risk Patients. *New England Journal of Medicine*. 2019 May 2;380(18):1706–15.
 100. Ziviello F, Di Stefano D, Joannes F, Ancona MB, Bellini B, Russo F, et al. TAVI durability. *Eur Heart J* [Internet]. 2020 Nov 1;41(Supplement_2). Available from: <https://academic.oup.com/eurheartj/article/doi/10.1093/ehjci/ehaa946.1938/6002379>
 101. Ali N, Hildick-Smith D, Parker J, Malkin CJ, Cunnington MS, Gurung S, et al. Long-term durability of self-expanding and balloon-expandable transcatheter aortic valve prostheses: UK TAVI registry. *Catheterization and Cardiovascular Interventions* [Internet]. 2023 Apr 15;101(5):932–42. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ccd.30627>
 102. Maes F, Lerakis S, Barbosa Ribeiro H, Gilard M, Cavalcante JL, Makkar R, et al. Outcomes from Transcatheter Aortic Valve Replacement in Patients with Low-Flow, Low-Gradient Aortic Stenosis and Left Ventricular Ejection Fraction Less Than 30%: A Substudy from the TOPAS-TAVI Registry. *JAMA Cardiol*. 2019 Jan 1;4(1):64–70.
 103. Thourani VH, Kodali S, Makkar RR, Herrmann HC, Williams M, Babaliaros V, et al. Transcatheter aortic valve replacement versus surgical valve replacement in intermediate-risk patients: A propensity score analysis. *The Lancet*. 2016 May 28;387(10034):2218–25.

104. Terré JA, George I, Smith CR. Pros and cons of transcatheter aortic valve implantation (TAVI). *Ann Cardiothorac Surg*. 2017 Sep 1;6(5):444–52.
105. Glauber M, Ferrarini M, Miceli A. Minimally invasive aortic valve surgery: state of the art and future directions. *Ann Cardiothorac Surg* [Internet]. 2015 Jan;4(1):26–32. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25694973>
106. Fröhlich GM, Lansky AJ, Webb J, Roffi M, Toggweiler S, Reinthaler M, et al. Local versus general anesthesia for transcatheter aortic valve implantation (TAVR) - systematic review and meta-analysis. *BMC Med*. 2014 Mar 10;12(1).
107. Tamburino C, Barbanti M, D'Errigo P, Ranucci M, Onorati F, Covello RD, et al. 1-Year Outcomes After Transfemoral Transcatheter or Surgical Aortic Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol* [Internet]. 2015 Aug;66(7):804–12. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0735109715027527>
108. Grinda JM, Latremouille C, Berrebi AJ, Zegdi R, Chauvaud S, Carpentier AF, et al. Aortic cusp extension valvuloplasty for rheumatic aortic valve disease: midterm results. *Ann Thorac Surg* [Internet]. 2002 Aug;74(2):438–43. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12173826>
109. de Kerchove L, Boodhwani M, Glineur D, Poncelet A, Rubay J, Watremez C, et al. Cusp Prolapse Repair in Trileaflet Aortic Valves: Free Margin Plication and Free Margin Resuspension Techniques. *Annals of Thoracic Surgery*. 2009 Aug;88(2):455–61.
110. Michelena HI, Khanna AD, Mahoney D, Margaryan E, Topilsky Y, Suri RM, et al. Incidence of Aortic Complications in Patients With Bicuspid Aortic Valves. *JAMA*. 2011;306(10):1104–12.
111. Ozaki S, Kawase I, Yamashita H, Uchida S, Nozawa Y, Takatoh M, et al. A total of 404 cases of aortic valve reconstruction with glutaraldehyde-treated autologous pericardium. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2014 Jan;147(1):301–6.
112. Wong CHM, Chan JSK, Sanli D, Rahimli R, Harky A. Aortic valve repair or replacement in patients with aortic regurgitation: A systematic review and meta-analysis. *J Card Surg*. 2019 Jun 1;34(6):377–84.
113. De Meester C, Pasquet A, Gerber BL, Vancraeynest D, Noirhomme P, El Khoury G, et al. Valve repair improves the outcome of surgery for chronic severe aortic regurgitation: A propensity score analysis. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2014 Nov 1;148(5):1913–20.

114. Aicher D, Fries R, Rodionycheva S, Schmidt K, Langer F, Schäfers HJ. Aortic valve repair leads to a low incidence of valve-related complications. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 2010 Jan;37(1):127–32.
115. Price J, De Kerchove L, Glineur D, Vanoverschelde JL, Noirhomme P, El Khoury G. Risk of valve-related events after aortic valve repair. *Annals of Thoracic Surgery*. 2013 Feb;95(2):606–13.
116. Boodhwani M, De Kerchove L, Glineur D, Rubay J, Vanoverschelde JL, Noirhomme P, et al. Repair of regurgitant bicuspid aortic valves: A systematic approach. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2010;140(2).
117. Boodhwani M, El Khoury G. Aortic valve repair: Indications and outcomes. *Curr Cardiol Rep*. 2014;16(6).
118. Aicher D, Langer F, Adam O, Tscholl D, Lausberg H, Schäfers HJ. Cusp repair in aortic valve reconstruction: Does the technique affect stability? *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2007 Dec;134(6):1533–9.
119. Leontyev S, Misfeld M, Mohr FW. Aneurysms of the ascending aorta and aortic arch. *Chirurg*. 2014 Sep 1;85(9):758–66.
120. Mookhoek A, Korteland NM, Arabkhani B, Di Centa I, Lansac E, Bekkers JA, et al. Bentall Procedure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Thorac Surg* [Internet]. 2016 May;101(5):1684–9. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003497515017622>
121. Salmasi MY, Theodoulou I, Iyer P, Al-Zubaidy M, Naqvi D, Snober M, et al. Comparing outcomes between valve-sparing root replacement and the Bentall procedure in proximal aortic aneurysms: Systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2019 Dec 1;29(6):911–22.
122. Beckmann E, Martens A, Alhadi FA, Ius F, Koigeldiyev N, Fleissner F, et al. Is Bentall Procedure Still the Gold Standard for Acute Aortic Dissection with Aortic Root Involvement? *Thoracic and Cardiovascular Surgeon*. 2015 Jun 19;64(2):116–23.
123. Machelart I, Greib C, Wirth G, Camou F, Issa N, Viallard JF, et al. Graft infection after a Bentall procedure: A case series and systematic review of the literature. *Diagn Microbiol Infect Dis*. 2017 Jun 1;88(2):158–62.
124. Joo HC, Chang BC, Youn YN, Yoo KJ, Lee S. Clinical experience with the Bentall procedure: 28 years. *Yonsei Med J*. 2012;53(5):915–23.

125. Jahangiri M, Mani K, Acharya M, Bilkhu R, Quinton P, Schroeder F, et al. Early and long-term outcomes of conventional and valve-sparing aortic root replacement. *Heart*. 2022 May 17;108(23):1858–63.
126. Pacini D, Petridis FD, Rasovic O, Bartolomeo R Di. Aortic valve-sparing operations. *Expert Rev Cardiovasc Ther* [Internet]. 2010 Jul 10;8(7):933–40. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1586/erc.10.70>
127. Rashid HN, Chehab O, Hurrell H, Androschuk V, Sularz A, Patterson T, et al. Conventional aortic root vs valve-sparing root replacement surgery in aortic dilatation syndromes: a comparison of mortality and postoperative complications. *Expert Rev Cardiovasc Ther*. 2023;21(1):57–65.
128. David T, Feindel C, Bos J. Repair of the aortic valve in patients with insufficiency and aortic root aneurysm aortic. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1995 Feb;Volume 109(2):345–52.
129. David T. Reimplantation valve-sparing aortic root replacement is the most durable approach to facilitate aortic valve repair. *JTCVS Tech* [Internet]. 2021 Jun 1;7:72–8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2666250721001048>
130. Erasmi AW, Sievers HH, Bechtel JFM, Hanke T, Stierle U, Misfeld M. Remodeling or Reimplantation for Valve-Sparing Aortic Root Surgery? *Annals of Thoracic Surgery*. 2007 Feb;83(2).
131. Arabkhani B, Mookhoek A, Di Centa I, Lansac E, Bekkers JA, De Lind R, et al. Reported Outcome After Valve-Sparing Aortic Root Replacement for Aortic Root Aneurysm: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Thorac Surg* [Internet]. 2015;100:1126–57. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.05.093>
132. Aicher D, Holz A, Feldner S, Köllner V, Schäfers HJ. Quality of life after aortic valve surgery: Replacement versus reconstruction. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2011 Aug;142(2).
133. Ross DonaldN. REPLACEMENT OF AORTIC AND MITRAL VALVES WITH A PULMONARY AUTOGRAFT. *The Lancet* [Internet]. 1967 Nov 4;290(7523):956–8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673667907945>
134. Etnel JRG, Grashuis P, Huygens SA, Pekbay B, Papageorgiou G, Helbing WA, et al. The Ross Procedure: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Microsimulation. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2018 Dec 1;11(12):e004748.
135. Nappi F, Iervolino A, Avtaar Singh SS. The effectiveness and safety of pulmonary autograft as living tissue in Ross procedure: a systematic review. *Transl Pediatr*

- [Internet]. 2022 Feb 1;11(2):280–97. Available from: <https://tp.amegroups.com/article/view/88497/html>
136. McClure GR, Belley-Cote EP, Um K, Gupta S, Bouhout I, Lortie H, et al. The Ross procedure versus prosthetic and homograft aortic valve replacement: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*. 2019 Feb 1;55(2):247–55.
 137. Tantengco MVT, Humes RA, Clapp SK, Lobdell KW, Walters HL, Hakimi M, et al. Aortic root dilation after the Ross procedure. *Am J Cardiol* [Internet]. 1999 Mar;83(6):915–20. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002914998010625>
 138. Yousef S, Sultan I. Aortic root enlargement: Just do it. *J Card Surg* [Internet]. 2022 Aug 28;37(8):2395–6. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jocs.16638>
 139. Mubarak Y, Abdel jawad AAR. Aortic Root Enlargement in Patients With Small Aortic Annulus Undergoing Double Valve Replacement: A Retrospective Comparative Cohort Study. *Heart Surg Forum* [Internet]. 2021 Mar 4;24(2):E239–42. Available from: <https://www.journal.hsforum.com/index.php/HSF/article/view/3401>
 140. Grubb KJ. Aortic Root Enlargement During Aortic Valve Replacement: Nicks and Manouguian Techniques. *Operative Techniques in Thoracic and Cardiovascular Surgery* [Internet]. 2016 Feb 3;20(3):206–18. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1522294216000064>
 141. Srimurugan B, Krishna N, Jose R, Gopal K, Varma PK. Aortic root widening: “pro et contra”. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 2022 Apr 22;38(Suppl 1):91–100. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35463701>
 142. Selke FW, Ruel M. *Atlas of Cardiac Surgical Techniques* [Internet]. 2nd ed. Atlas of Cardiac Surgical Techniques. Elsevier; 2019. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780323462945000364>

Opções atuais no tratamento da válvula e raiz da Aorta.