

UNIVERSITÉ DE NANTES

FACULTÉ DE MÉDECINE

Année : 2021

N° 2021-134

THÈSE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

DES de chirurgie générale

par

Clément DUBOST

Présentée et soutenue publiquement le 24 septembre 2021

AORTLANTIC : Registre français sur la chirurgie du culot aortique avec conservation de la valve aortique selon la technique d'inclusion décrite par Tirone David, résultats préliminaires péri-hospitaliers à l'échelle du Grand Ouest.

Président : Monsieur le Professeur Jean-Christian ROUSSEL

Directeur de thèse : Dr Thomas SENAGE

Membres du Jury :

Pr Jean-Philippe VERHOYE

Pr Éric BEZON

Pr. Christophe BAUFRETON

Pr Thierry BOURGUIGNON

A mes aînés,

Je tiens à adresser mes premiers remerciements à Monsieur Jean-Christian Roussel, Professeur à l'université de Nantes, chef du service de chirurgie cardio-thoracique au CHU de Nantes. Je vous remercie chaleureusement de m'avoir fait confiance en m'intégrant au DESC de chirurgie cardio-thoracique, de m'avoir accompagné tout au long de mon parcours d'interne. Nos échanges et vos conseils m'ont énormément apporté. Votre écoute et votre soutien m'ont permis de surmonter toutes les étapes d'un interne de chirurgie cardiaque et me permettent aujourd'hui de poursuivre ma formation jusqu'au Canada.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur Thomas Senage, chirurgien cardio-thoracique au CHU de Nantes. Merci de diriger ce travail de thèse. Ta rigueur et ta méthodologie m'ont été d'une grande aide. Je te remercie également pour ton accompagnement chirurgical, de ma première canulation à ma première explantation cardiaque, merci de ta confiance.

Je tiens à remercier particulièrement l'ensemble de mon jury. C'est pour moi un honneur de pouvoir compter dans mon jury l'ensemble des représentants des services de chirurgie cardiaque du grand ouest. Je remercie alors :

Monsieur Jean-Philippe Verhoye, Professeur à l'université de Rennes, chef du service de chirurgie cardio-thoracique au CHU de Rennes.

Monsieur Éric Bezon, Professeur à l'université de Brest, chef du service de chirurgie cardio-thoracique au CHU de Brest. Une attention toute particulière vous est adressée. J'ai eu la chance de pouvoir venir me former au sein de votre service durant un semestre. Je vous remercie grandement pour votre accueil et votre accompagnement durant ces six mois. Ce fut pour moi un moment fort de ma formation de chirurgien cardiaque. Mes remerciements s'adressent également à l'ensemble de l'équipe du service de chirurgie cardio-thoracique de Brest qui m'a accueilli avec une très grande générosité, avec une attention toute particulière à Jean-Noël Choplain et Ahmed Khalifa.

Monsieur Christophe Baufreton, Professeur à l'université de Angers, chef du service de chirurgie cardio-thoracique au CHU de Angers.

Monsieur Thierry Bourguignon, Professeur à l'université de Tours, chef du service de chirurgie cardio-thoracique au CHRU de Tours.

Je remercie également l'équipe de la clinique Saint Gatien, à Tours, avec une attention particulière à Monsieur Alain Mirza. Merci de votre accueil et de votre implication dans l'étude AORTLANTIC.

Mes remerciements s'adressent également à l'ensemble de l'équipe de chirurgie cardiothoracique de Nantes. Merci à toi Christian, ton exigence avec moi reflète celle que je m'impose à moi-même, non loin d'être toujours facile, elle m'a été d'une grande aide pour ma progression technique comme personnelle. Merci à toi Antoine, ta sérénité sur le champ opératoire est exemplaire, elle est pour moi un objectif. Merci à toi Philippe, merci de m'avoir fait confiance et soutenu dès mon arrivée au sein du service. La sincérité de nos échanges, à l'hôpital comme en dehors a toujours été très enrichissante. Merci à toi Charles-Henri, à l'image d'un grand frère dans cette nouvelle famille, ton soutien dans mes débuts m'a été essentiel. Merci à toi Basile, nous n'avons jamais été co-internes mais j'ai eu la chance de t'aider sur tes premiers blocs de chef. Travailler avec toi ou passer du temps en dehors de l'hôpital a toujours été, et reste très agréable. Merci à toi Guillaume, suivant tes traces à quelques années d'écart, tes conseils francs autour d'une bière fraîche ont été indispensables pour surmonter toutes ces étapes. A Brendan, Antoine, et maintenant Luc, merci pour tous ces bons moments passés ensemble en tant que co-internes, vivement qu'on les passe en co-chefs !

Merci à Monsieur Olivier Baron et Pierre Maminirina, merci pour votre engagement dans mon parcours de jeune chirurgien et de votre soutien pour ce Fellowship à Québec. Merci à Monsieur Oussama Al Habash pour votre participation à ma formation d'interne.

Merci également à toute l'équipe d'infirmières, que ça soit au bloc opératoire ou dans le service, c'est toujours un réel plaisir de travailler ensemble.

Je remercie également toute l'équipe d'anesthésie et de réanimation. La complicité de nos spécialités est pour moi une valeur forte. Votre accompagnement de l'autre côté du champ m'a été d'un grand soutien sur ces premiers pas en chirurgie.

Merci à Mélanie, Christelle, Aurélie et les deux Claires. Je vous remercie grandement pour votre implication dans ce travail de thèse, votre disponibilité et votre efficacité m'ont grandement aidé.

Je tiens à remercier particulièrement Monsieur Jean-Louis De Brux. Votre confiance pour m'avoir permis d'accéder au registre national d'EPICARD a été une phase déterminante dans ce travail. Ce fut un plaisir en retour de pouvoir apporter ma contribution à l'amélioration de cette base de données française.

Merci à Kevin, Pierre, Antoine et Arthur, internes de chirurgie cardiaque au sein des centres de Brest, Rennes, Angers et Tours. Votre travail pour le registre AORTLANTIC a été remarquable. Ce travail n'aurait pas pu voir le jour sans votre aide.

Merci à Imen pour m'accompagner tout au long de la mise en place de cette étude. Notre travail ensemble n'en est qu'à ses débuts, encore de beaux projets restent à venir.

Merci à toute l'équipe de chirurgie vasculaire de m'avoir accueilli le temps d'un semestre. Je tiens à remercier ici Monsieur Philippe Chaillou, il ne m'a pas fallu attendre la fin du semestre pour comprendre l'admiration qu'éprouvent les internes de chirurgie vasculaire à votre égard. Merci à toi Blandine, merci pour ta confiance et ton accompagnement durant ce semestre. Ça a été un immense plaisir de travailler avec toi et j'espère que l'on pourra continuer à travailler ensemble, aidé par le rapprochement de nos deux services.

Merci à toute l'équipe de l'hôpital de Marie Lannelongue. Bien plus qu'un semestre de chirurgie thoracique, c'est une véritable expérience chirurgicale que j'ai pu vivre à Paris.

Ma formation d'interne s'est également faite en dehors de la chirurgie cardio-thoracique et vasculaire. Je tiens ici à remercier Vincent Roualdes, neurochirurgien, ses conseils avisés et sa rigueur exemplaire. Je ne peux pas parler de rigueur sans remercier Monsieur Antoine Hamel, chirurgien pédiatrique, professeur d'anatomie. J'éprouve une profonde admiration pour votre dévouement dans la prise en charge des enfants, au prix d'une rigueur inégalée.

A mes amis,

C'est sûrement à mes trois QoloQ que je dois la joie passée durant ces 5 années d'internat. Merci à toi Louis-Marie, désirant suivre un même parcours, nous avons tout de suite su s'aider l'un de l'autre et jamais l'un contre l'autre. Même si la régularité de nos temps passés ensemble n'est pas à la hauteur de notre complicité, j'espère passer encore beaucoup de moments ensemble, que ça soit à l'hôpital ou au bout d'une aile de kite. Merci à toi Lucie, merci pour ton affection toujours franche mais entièrement naturelle. Tu as été la première personne que j'ai rencontrée en arrivant à Nantes, sûrement l'une de mes plus belles rencontres. Merci à toi Célia, s'il y a bien une personne que je dois remercier pour son soutien durant ces cinq ans c'est évidemment toi. Merci d'avoir toujours été là quand j'en avais besoin, dans les bons moments comme dans les moments plus difficiles. Je tiens énormément à notre complicité et j'espère qu'elle surmontera mon départ au Canada, et toi à Paris.

Merci à toi Oussama, la rencontre la plus tardive mais la plus explosive de ces 5 ans.

Merci à Alexis, Fred, Zoé, Fanny, Paul j'espère donner tort à « sauf une fois au chalet » en continuant à passer des moments comme ces vacances au ski ou à Taulignan. Merci à Anne-So d'avoir compensé ma frustration avec le Bescherelle !

Merci à Manu et Côme, c'est toujours un véritable plaisir de passer du temps ensemble, que ça soit autour d'une CEC ou autour d'une bière.

Merci à toutes les autres belles rencontres de cet internat : Antoine, Romain, Laure, Julien C, Élise, Samuel, Audrey, Julien O, Marin, et avec une attention toute particulière pour Lucie et Laura.

Cet internat m'a été accessible notamment grâce au soutien de mes amis à Lyon. Merci à ceux qui m'accompagnent depuis la P1 : Merci à toi Pierre, une rencontre qui marque et qui dure, un soutien dans toutes les situations, un véritable Ami. Merci à toi Clara, tu m'as accompagné sur les bancs de la P1, et maintenant je t'accompagne pour ton mariage avec Jean, une très belle histoire, loin d'être terminée. Merci Clara et Alexis pour avoir égaillé ces deux P1. Merci à Margaux pour ton sourire et ta joie de vivre qui ont donné à ces premières années de médecine une saveur toute particulière.

Merci à tous mes amis de l'externat, et tout particulièrement à mon groupe de sous-conf. Merci à toi Anna, bien plus qu'une co-externe dans le travail, c'est une véritable amie que j'ai trouvée. Merci à toi Agathe pour tous ces bons moments passés ensemble, même s'ils sont bien trop rares en ce moment. Merci à toi Jordan, une amitié de toutes les situations, que ça soit au travail comme aux nuits sonores. Merci aux autres belles rencontres de l'externat : Clémence, Marion, Marc et Mathilde.

Merci à Guillaume, un ami qui m'a vu rentrer en médecine, un médecin avec un regard et un recul très enrichissant.

Merci à Jean, ce choix de binômes pour aller arpenter l'Amérique du sud a probablement été l'un de mes meilleurs choix de ces 30 premières années. Avoir des amis en dehors de la médecine est pour moi indispensable, et tu en es la plus belle preuve sans aucun doute.

Merci à Mathias, ma plus longue amitié, et sûrement l'une des plus belles.

A ma famille,

Merci Grand-Papa et Manou, bien qu'éloigné de plus en plus de Taulignan, ces derniers moments forts de l'internat ont été l'occasion de me sentir de plus en plus proche. Merci également à Père et Mamie pour votre soutien.

Merci à Loïc pour tes conseils et ton aide, jusqu'à dans la rédaction de cette thèse. Merci à Barbara, mon image du médecin depuis mon enfance, merci pour ton écoute ô combien bienveillante. Merci à mon cousin Loïc, merci pour ton soutien à travers des appels réguliers

Merci à Nicolas, merci pour ton écoute infatigable, ta compréhension inépuisable, un grand frère irremplaçable.

Merci à Martin, tu ne poses jamais de question, tu ne dis jamais non, tu es tout simplement là, à chaque fois qu'on a besoin de toi.

Merci à Manon, ma petite sœur devenue maintenant maitresse. Toujours pétillante, tu es l'une des personnes qui compte le plus pour moi.

Merci enfin à mes parents. J'ai toujours pu me confier à vous sans filtres. Bien conscient que cela ne soit pas toujours facile, vous avez toujours été là pour moi et je ne vous en remercierai jamais assez.

Table des matières

1. INTRODUCTION	10
2. LA PATHOLOGIE ANEVRYSMALE DU CULOT AORTIQUE	14
2.1. ANATOMIE PHYSIOLOGIQUE DE LA VALVE AORTIQUE ET DU CULOT AORTIQUE.....	14
2.2. LA PATHOLOGIE ANEVRYSMALE DU CULOT AORTIQUE	19
2.3. BILAN PREOPERATOIRE D'UN ANEVRYSMAL DE L'AORTE THORACIQUE.....	23
2.3.1. Clinique	23
2.3.2. L'imagerie aortique	24
2.3.3. Le bilan valvulaire.....	25
2.3.4. Autres mesures nécessaires au bilan préopératoire et au suivi.....	28
2.4. LE SUIVI DES PATIENTS PRESENTANT UN AAA	29
3. LA CHIRURGIE DU CULOT AORTIQUE	29
3.1. L'ENJEUX DE LA CHIRURGIE CONSERVATRICE	29
3.2. LES ETAPES COMMUNES A TOUTES LES CHIRURGIES DU CULOT AORTIQUE	31
3.3. LA TECHNIQUE DE BENTALL AVEC REMPLACEMENT VALVULAIRE	33
3.3.1. Les particularités chirurgicales.....	33
3.3.2. Résultats de l'intervention de Bentall	33
3.4. LA TECHNIQUE DE YACOUB : VALVE-SPARING REMODELLING	34
3.4.1. Les particularités chirurgicales de l'intervention de Yacoub ⁴¹	35
3.4.2. Résultats de l'intervention de Yacoub.....	36
3.5. LA TECHNIQUE DE TIRONE DAVID : VALVE SPARING REIMPLANTATION.....	37
3.5.1. Les particularités chirurgicales	37
3.5.1. Résultats de la technique de Tirone David	47
3.6. LE CHOIX DE LA PROTHESE VASCULAIRE : TUBES DROITS OU PROTHESES AVEC NEO-SINUS ?.....	51
3.7. UNE NOUVELLE TECHNIQUE DECRITE PAR E. LANSAC : CAVIAR.....	54
4. PRESENTATION DU REGISTRE AORTLANTIC	56
5. AORTLANTIC : REGISTRE FRANÇAIS SUR LA CHIRURGIE DU CULOT AORTIQUE AVEC CONSERVATION DE LA VALVE AORTIQUE SELON LA TECHNIQUE D'INCLUSION DECRITE PAR TIRONE DAVID, RESULTATS PRELIMINAIRES PERI-HOSPITALIERS A L'ECHELLE DU GRAND OUEST.....	57
5.1. RESUME	57
5.2. INTRODUCTION	58
5.3. MATERIEL ET METHODE	59
5.4. RESULTATS.....	60
5.5. DISCUSSION	62
5.6. CONCLUSION :	67

6. BIBLIOGRAPHIE.....	68
ANNEXES	74
ABREVIATIONS.....	74
TERMES ANGLOPHONES :	74
TABLEAUX	75

FIGURE 1 SEGMENTATION ANATOMIQUE DE L'AORTE THORACIQUE	10
FIGURE 2 DISSECTION AORTIQUE COMPLIQUANT UN ANEURISME DE L'AORTE ASCENDANTE	10
FIGURE 3 COUPE HISTOLOGIQUE DE LA VALVE AORTIQUE ET DE LA JONCTION VENTRICULO-ARTERIELLE	14
FIGURE 4 REPRESENTATION TRIDIMENSIONNELLE DES ANNEAUX AORTIQUES.....	15
FIGURE 5 ANATOMIE DE LA VALVE AORTIQUE	16
FIGURE 6 SEGMENTATION D'UN FEUILLET VALVULAIRE AORTIQUE.....	16
FIGURE 7 RAPPORTS ANATOMIQUES DU FEUILLET NON CORONAIRE.....	17
FIGURE 8 CLASSIFICATION DES BICUSPIDIES AORTIQUES.....	18
FIGURE 9 TAUX ANNUEL DE SURVENU D'UNE COMPLICATION EN FONCTION DU DIAMETRE DE L'ANEVRYSME	20
FIGURE 10 RECOMMANDATIONS ECS 2021.....	22
FIGURE 11 CONDUITE A TENIR DEVANT UNE INSUFFISANCE AORTIQUE - RECOMMANDATION ESC (2021)	23
FIGURE 12 RECOMMANDATIONS ESC 2021.....	23
FIGURE 13 2014 ESC GUIDELINES ON THE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF AORTIC DISEASES	24
FIGURE 14 SCANNER AORTIQUE	25
FIGURE 15 CLASSIFICATION DES INSUFFISANCES AORTIQUES.....	26
FIGURE 17 INTERVENTION DE BENTALL.....	30
FIGURE 17 PROCEDURES CONSERVATRICES DE LA VALVE AORTIQUE.....	30
FIGURE 18 RESECTION DE LA RACINE AORTIQUE.....	31
FIGURE 19 INSERTION DES BOUTONS CORONAIRES	32
FIGURE 20 ANASTOMOSE DISTALE AU NIVEAU DE L'AORTE ASCENDANTE	32
FIGURE 24 TRACTION DES COMMISSURES LORS DU CHOIX DU DIAMETRE DE LA PROTHESE VASCULAIRE	35
FIGURE 25 DECOUPE DE LA PROTHESE LE LONG DES TROIS COMMISSURES.....	35
FIGURE 26 SUTURE PROXIMALE DE LA PROTHESE VASCULAIRE.....	36
FIGURE 27 MONITORAGE DE LA PRESSION A L'INTERIEUR DU CULOT AORTIQUE	42
FIGURE 28 ÉVALUATION DE LA CONTINENCE VALVULAIRE AORTIQUE SOUS VIDEO-SCOPIE INTRA-VENTRICULE GAUCHE	43
FIGURE 29 MESURE DE LA HAUTEUR GEOMETRIQUE DES FEUILLET	44
FIGURE 30 MESURES DE LA COAPTATION DES FEUILLET AORTIQUE PAR ETO.....	44
FIGURE 31 PLICATURE DU BORD LIBRE.....	45
FIGURE 32 MISE EN EVIDENCE D'UN EXCES DE LONGUEUR AU NIVEAU D'UN DES FEUILLET.....	45
FIGURE 33 RENFORCEMENT DU BORD LIBRE.....	45
FIGURE 34 RE-SUSPENSION DES COMMISSURES, ICI PAR DES POINTS FEUTRES.....	45
FIGURE 35 VALVULOPLASTIE PAR PATCH REFERMANT UNE PERTE DE SUBSTANCE VALVULAIRE	46
FIGURE 36 RESECTION TRIANGULAIRE	46
FIGURE 37 SURVIE A 4 ANS SANS IA DE GRADE ≥ 3	50
FIGURE 38 SUPERPOSITION SCHEMATIQUE D'UN CULOT AORTIQUE PHYSIOLOGIQUE ET D'UN CULOT PROTHETIQUE	52
FIGURE 39 RECONFIGURATION DU CULOT AORTIQUE LORS D'UNE INTERVENTION DE DAVID	52
FIGURE 40 ÉTUDE DES FLUX SANGUINS EN QUATRE DIMENSIONS PAR RESONANCE MAGNETIQUE	53
FIGURE 41 TECHNIQUE CAVIAAR	54

1. Introduction

La pathologie anévrismale consiste en une excroissance pathologique de la paroi vasculaire qui augmente de manière significative sa fragilité. Elle peut toucher tous les vaisseaux et notamment l'aorte sur l'ensemble de son trajet. Nous nous intéressons ici aux anévrismes touchant la partie proximale de l'aorte : le culot aortique, *aortic root* [FIGURE 1]. Au stade de

l'anévrisme, la maladie reste le plus souvent silencieuse, asymptomatique. Elle peut se compliquer en une dissection aortique voire une rupture de la paroi [FIGURE 2]. La dissection aortique aiguë au niveau de l'aorte ascendante (type A selon la classification de Stanford¹) est associée à un taux de mortalité intra-hospitalier de 57%². Même en cas de prise en charge chirurgicale, le taux de décès reste élevé, à 18 %². Ce constat incite donc à une prise en charge préventive des anévrismes de l'aorte ascendante.

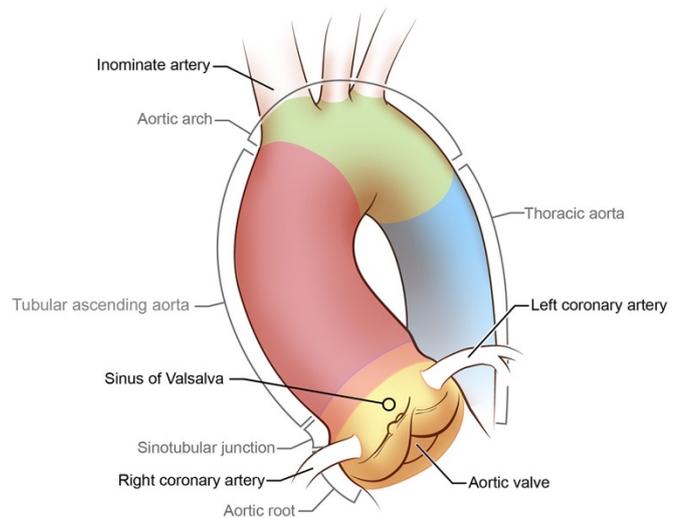


FIGURE 1 Segmentation anatomique de l'aorte thoracique [Behance. Bicuspid Aortic Valve and aortic aneurysm]

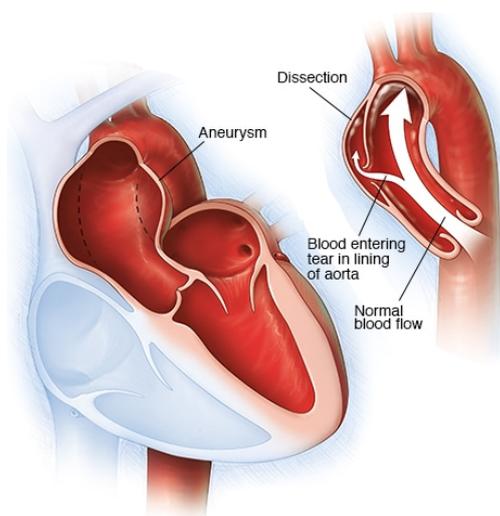


FIGURE 2 Dissection aortique compliquant un anévrisme de l'aorte ascendante (Blood entering tear in lining of aorta : Pénétration du sang dans la paroi de l'aorte via une déchirures)

Aortic dissection - Symptoms and causes. Mayo Clinic

La particularité de la chirurgie anévrismale du culot aortique est sa délicate proximité avec la valve aortique. En effet, l'aorte est insérée au ventricule gauche via la valve aortique. Le remplacement de la totalité du tissu vasculaire anévrismal impose donc le remplacement de l'ensemble du tissu jusqu'à l'anneau aortique. Le risque est alors de déstabiliser la valve. Historiquement, la chirurgie du culot aortique consistait à remplacer complètement la paroi de l'aorte et la valve aortique par une prothèse valvulaire, technique décrite par Bentall en

1968³. Pour autant, chaque type de prothèse présente ses inconvénients : le choix d'une prothèse biologique présente un risque de dégénérescence au long terme qui imposerait une nouvelle intervention. Le choix d'une prothèse mécanique, stable dans le temps, impose un traitement anticoagulant curatif au long cours avec son risque de saignements. Au vu de ces inconvénients, des techniques opératoires conservatrices de la valve aortique sont apparues. En cas d'anévrisme aortique sans dilatation annulaire, la valve reste le plus souvent intacte et continente. Dans le cas précis d'une maladie annulo-ectasiente, la dilatation de la paroi peut s'étendre à l'anneau aortique. Cette dilatation de la valve peut engendrer alors une fuite aortique plus ou moins sévère malgré un appareil valvulaire pour autant intact. On parle alors d'insuffisance aortique fonctionnelle. Ce paradoxe encourage la technique chirurgicale conservatrice qui respectera les feuillets valvulaires.

L'objectif de ces techniques conservatrices est évidemment d'éviter toute nouvelle incontinence. Le défi est désormais de corriger les insuffisances préexistantes en offrant une continence valvulaire efficace et pérenne au long cours.

La technique de remplacement de l'aorte ascendante avec conservation de la valve aortique a été décrite pour la première fois par Magdi Yacoub en 1983 : *the remodeling procedure*⁴. C'est presque 10 ans après que Tirone David décrit une nouvelle technique conservatrice de la valve aortique : *the reimplantation procedure*⁵. Les deux techniques diffèrent par la position de la prothèse vasculaire et notamment son rapport étroit avec la valve aortique. Aujourd'hui, la technique décrite par Tirone David est largement répandue à l'échelle internationale. L'évaluation des résultats de ces techniques au long terme se limite cependant à l'expérience de trois pionniers de cette chirurgie à savoir : T. David à Toronto, De Paulis à Rome, El Khoury à Bruxelles. Les autres séries publiées de plus de 200 patients, regroupent les deux techniques (*remodeling* et *reimplantation*) et/ou ont un suivi moyen ne dépassant pas 5 ans⁶⁻⁹.

Afin d'avoir une évaluation nationale de cette technique, nous avons souhaité élaborer un registre consacré à cette chirurgie : le registre AORTLANTIC. Il rassemble à ce jour six centres (Nantes, Rennes, Angers, Brest, et deux centres à Tours) regroupant 514 patients. Cette étude française, multicentrique, à grande échelle, spécifiquement dédiée à la technique de David, a

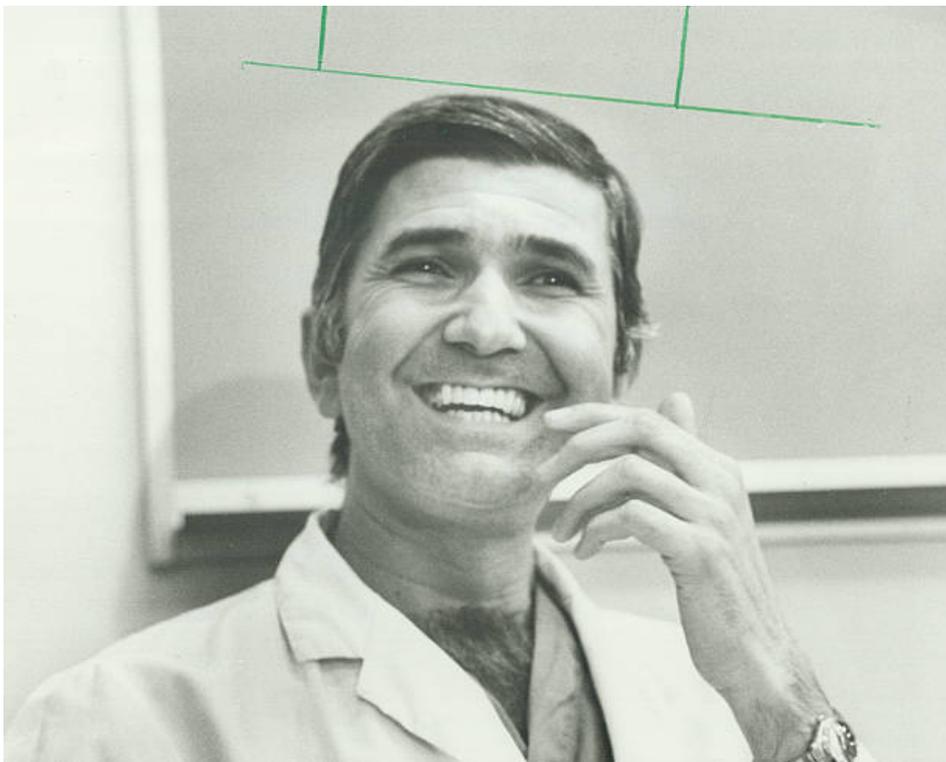
pour objectif d'apporter une évaluation des résultats à moyen et long terme de cette technique.

Il s'agit là des résultats préliminaires, péri-hospitaliers, du registre AORTLANTIC. Les données au long terme seront obtenues durant l'année 2021 - 2022. Les résultats définitifs seront donc disponibles fin 2022 et feront l'objet d'une nouvelle publication.

Tirone David

Né en 1944 au Brésil, Tirone Esperidiao David est diplômé de médecine en 1968 à l'université brésilienne de Paraná. Il a suivi une formation de chirurgie générale à New-York puis à la clinique de Cleveland, Ohio. Il poursuit sa formation au Canada à partir de 1975, en chirurgie cardiaque et thoracique. Suivant les traces de ses maîtres comme le Dr Wilfred Bigelow et le Dr F. Griffith Pearson, il s'impose comme un chirurgien d'excellence puis est promu chef de service du Toronto Western Hospital. Il rejoint finalement l'hôpital de l'université de Toronto. En 1989, lorsque les deux hôpitaux fusionnent pour former le Toronto Hospital, Dr David reste le responsable du service de chirurgie cardio-thoracique, et ce jusqu'en 2011. En 2004, il est nommé 85^{ème} président de la société américaine de chirurgie thoracique¹⁰.

Tirone David connaît une réputation mondiale et restera un pionnier dans l'histoire de la chirurgie cardiaque par ses travaux sur la chirurgie du culot aortique. Il mit au point une technique permettant de remplacer le culot aortique en conservant la valve aortique et ceci de manière durable en luttant contre le phénomène de dilatation annulaire de la valve aortique. Cette technique porte aujourd'hui son nom : la chirurgie de Tirone David.



Tirone David - Photo by Reg Innell

2. La pathologie anévrysmale du culot aortique

2.1. Anatomie physiologique de la valve aortique et du culot aortique.

La valve aortique, interposée entre le ventricule gauche et l'aorte, est composée de l'anneau aortique et des feuillets valvulaires. Sa continence diastolique permet de retenir le sang dans l'aorte, assurant le maintien de la pression diastolique vasculaire. Afin d'appréhender ses fonctions hémodynamiques, elle doit être considérée avec les sinus de Valsalva, comme faisant partie intégrante du culot aortique.

Histologie

Au niveau histologique, il existe une zone de transition entre le ventricule gauche et l'aorte : la jonction ventriculo-artérielle où se rencontrent la structure fibro-élastique de la paroi aortique et la structure musculaire du ventricule gauche [FIGURE 3]. Cependant, la base d'implantation de la valve aortique, zone de jonction hémodynamique, se situe au-dessous de la jonction histologique ventriculo-artérielle. Par conséquent, une partie du tissu musculaire se retrouve en aval de la valve aortique, il est donc exposé à des pressions vasculaires.

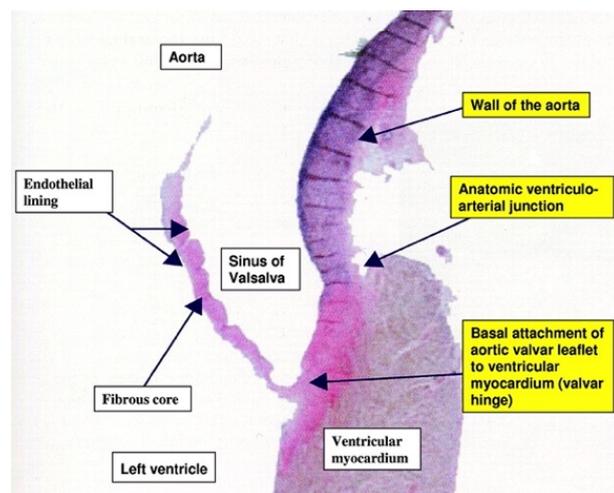


FIGURE 3 Coupe histologique de la valve aortique et de la jonction ventriculo-artérielle

Piazza, N. et al. Circulation : Cardiovascular Interventions (2008)

Les feuillets valvulaires sont des structures avasculaires. Chacune est composée des différentes couches que sont, depuis la face aortique jusqu'à la face ventriculaire : une couche de cellules endothéliales aortiques ; la lamina fibrosapulus, couche riche en fibres de collagène assurant la résistance du feuillet ; la lamina spongiosa, couche riche en glycogènes, la lamina ventricularis, couche riche en fibres élastiques ; et une couche de cellules endothéliales ventriculaires.

L'anneau aortique

En regard des rapports anatomiques et hémodynamiques, Il est possible de décrire pas seulement un mais quatre anneaux assurant le maintien de la conformation tridimensionnelle du culot aortique [FIGURE 4].

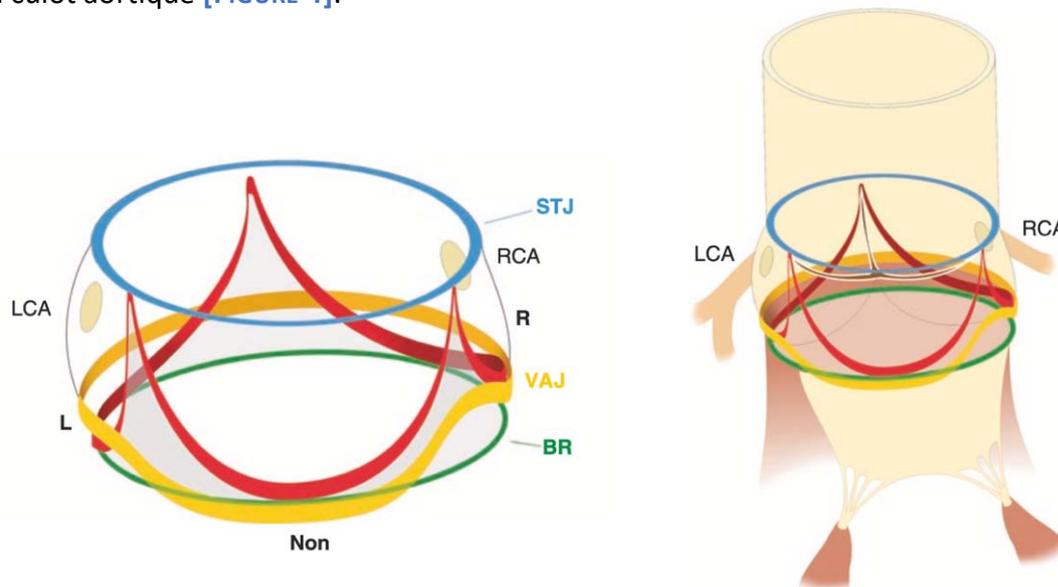


FIGURE 4 Représentation tridimensionnelle des anneaux aortiques – LCA : artère coronaire gauche – RCA : artère coronaire droite
Vojacek et al. *Surgical Treatment of Aortic Regurgitation with Preservation of the Aortic Valve* (2018)

Le premier anneau (BR : basal ring), le plus bas situé, correspond à une ligne virtuelle passant par le nadir de la base d'implantation de chacun des feuillets. Il correspond à l'entrée de la voie d'éjection du ventricule gauche dans la racine aortique. Pour la suite de nos travaux, le terme d'anneau aortique fera référence à cette première entité.

Le deuxième anneau (VAJ : ventriculoaortic junction) correspond à la jonction anatomique entre le ventricule gauche et l'aorte. C'est la zone de transition histologique entre le tissu musculaire et le tissu vasculaire.

Le troisième anneau (STJ : sinotubular junction) est le plus haut situé. Il correspond à la jonction sino-tubulaire, zone de jonction entre la partie sphérique des sinus de Valsalva et la partie tubulaire de l'aorte ascendante. Cet anneau passe par le sommet de chacune des trois commissures valvulaires. Il correspond à la sortie de la racine aortique vers l'aorte ascendante.

Le quatrième anneau, non circulaire, suit la base d'implantation de chacun des feuillets. Il correspond à la jonction hémodynamique entre le ventricule gauche et l'aorte.

Les feuillets valvulaires

Chacun des trois feuillets de la valve est implanté sur l'anneau aortique et remonte le long des sinus de Valsalva en formant les commissures. Le bord des feuillets est libre, mobile, centré par une structure fibreuse, le nodule d'Arantius. De part et d'autre de ce nodule, deux surfaces fibreuses, les lunules, assurent la coaptation valvulaire. Elles correspondent à la zone d'apposition entre les cuspidés adjacentes, lorsque la valve est fermée [FIGURE 5].

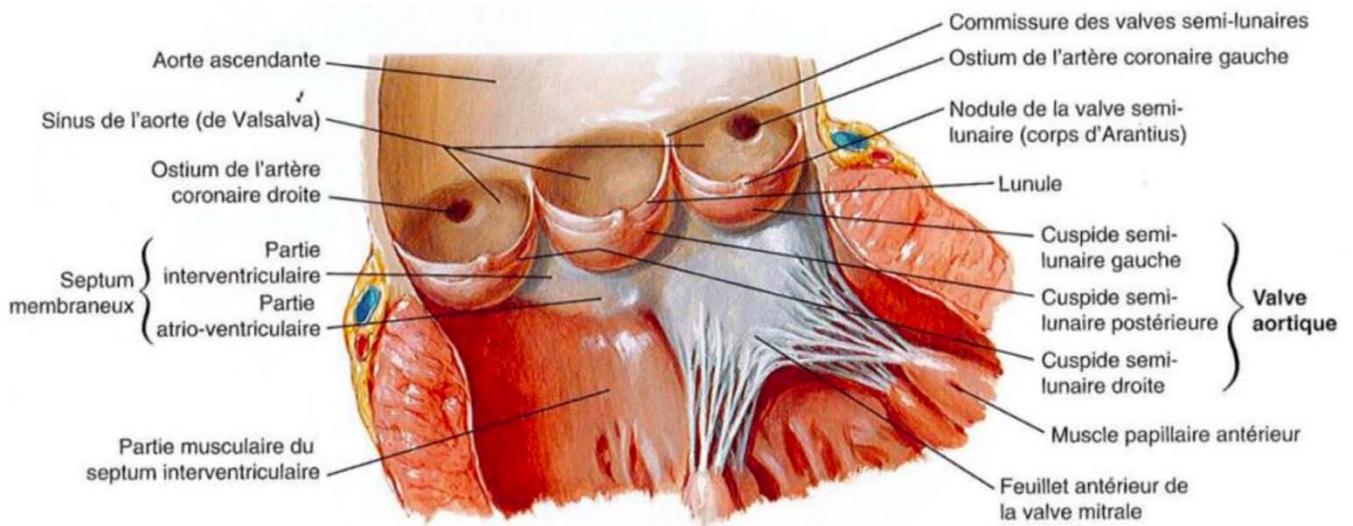


FIGURE 5 Anatomie de la valve aortique – Atlas d'anatomie humaine – F. Netter

Des fenestrations peuvent apparaître entre les lunules et les commissures mais en dehors de la zone de coaptation. Elles ne sauraient donc être à l'origine de fuites aortiques. Cette notion est cependant débattue : E. Lansac notamment décrit une surface de coaptation allant d'une commissure à l'autre¹¹. Les fenestrations peuvent représenter alors une zone de défaut de coaptation et nécessiter un geste de réparation, par patch ou suture directe¹².

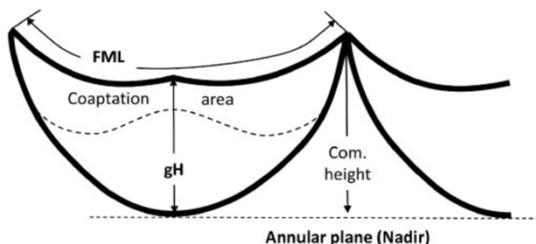


FIGURE 6 Segmentation d'un feuillet valvulaire aortique - Coaptation area : surface de coaptation / gH : Hauteur du feuillet / Com. Height : Hauteur de la commissure / FML : Bord libre du feuillet

Lansac - Eur J Cardiothorac Surg (2018)

Les rapports anatomiques

Il existe une contiguïté entre la valve aortique et la valve mitrale, laquelle est encadrée par deux trigones fibreux (droit et gauche). Le feuillet non coronaire est alors en contact étroit avec la valve mitrale au niveau de sa base d'implantation. Le triangle fibreux est une structure, fibreuse, située entre le feuillet non coronaire et le feuillet gauche. La partie droite du feuillet non coronaire et le triangle fibreux sont directement en contact avec le septum membraneux, lieu de passage des faisceaux de His, structure clé de la conduction électrique au sein du massif cardiaque [FIGURE 7].

Ces rapports étroits expliquent les risques de troubles de conduction et de déstabilisation de la valve mitrale lors de la chirurgie du culot aortique.

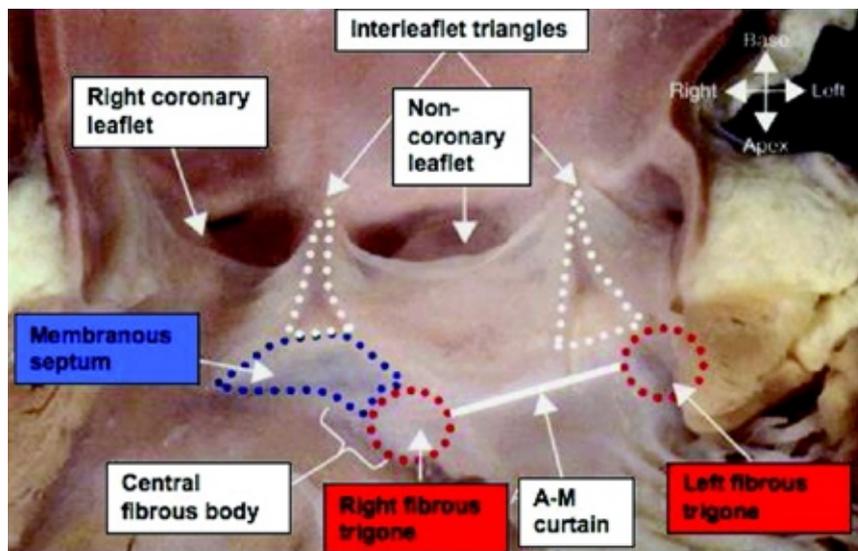


FIGURE 7 Rapports anatomiques du feuillet non coronaire : A-M curtain = jonction atrio-mitrale
Piazza, N. et al. *Circulation : Cardiovascular Interventions* (2008)

Bicuspidie aortique

En embryologie, la valvulogénèse correspond au développement de bourgeons endocarditiques qui donnent naissance à un amas de cellules mésenchymateuses se différenciant en cellules interstitielles valvulaires. Ces dernières vont produire les différents composants des trois couches histologiques formant les feuillets valvulaires¹³. Initialement, les quatre bourgeons du conotrunc se séparent pour former les 3 feuillets de la valve aortique et les 3 feuillets de la valve pulmonaire. Ceci explique la proximité anatomique de ces deux

valves et les conséquences que peuvent engendrer toute anomalie lors de cette séparation embryologique.

La principale malformation cardiaque découlant de cette anomalie est la bicuspidie aortique. Elle représente la première malformation cardiaque avec une prévalence estimée à 0,5 - 1,2% de la population¹⁴. En dehors de rares causes génétiques identifiées (syndrome de Di George et syndrome de Turner), la majorité des cas de bicuspidie aortique est sporadique¹⁵. Cependant, les études épidémiologiques mettent en évidence une prévalence de bicuspidie de l'ordre de 10% dans certaines familles faisant sous-entendre des relations génétiques encore non connues¹⁶.

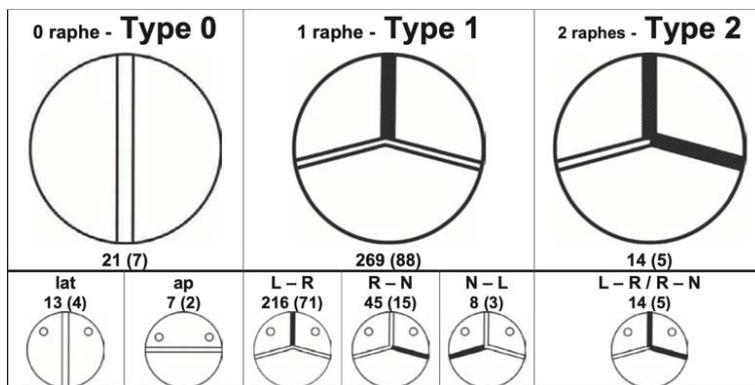


FIGURE 8 Classification des bicuspidies aortiques, à partir de 305 patients : n(%)
Sievers et al. J Thorac Cardiovasc Surg (2007).

Classification de Sievers, réalisée à partir de 304 patients opérés d'une bicuspidie aortique [FIGURE 8]¹⁷.

- Le type 0 (« bicuspidie vraie ») ne présente aucun raphé (fusion de deux feuillets au niveau d'une commissure).
- Le type 1 : la valve aortique présente un raphé entre deux feuillets adjacents. Le cas le plus fréquemment retrouvé est une fusion des feuillets droit et gauche.
- Le type 2 correspond à la présence de deux raphés fusionnant ainsi les trois feuillets ensemble. La valve est alors dite unicuspidie.

Les patients présentant une bicuspidie aortique ont un sur-risque de présenter un anévrisme de l'aorte ascendante¹⁸. Cependant, même si l'association épidémiologie entre les deux est retrouvée, les mécanismes biologiques et moléculaires à l'origine de cette association sont encore très peu connus¹⁴.

2.2. La pathologie anévrysmale du culot aortique

Étiologies

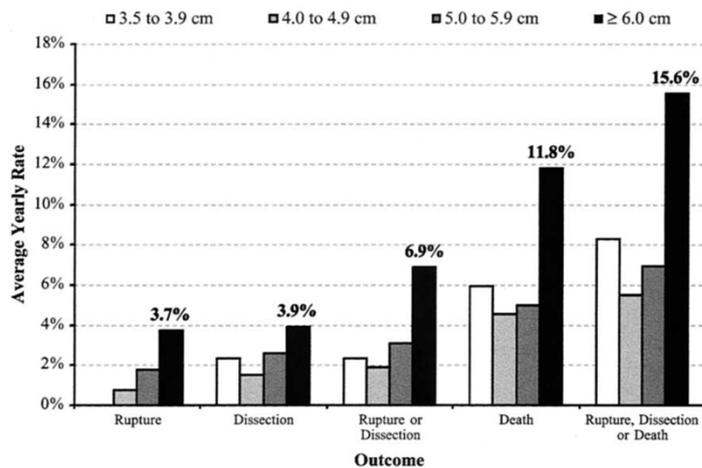
L'anévrisme de l'aorte ascendante est une pathologie du tissu vasculaire pouvant toucher l'ensemble de la paroi aortique, de son pied d'implantation sur le ventricule gauche à sa partie distale. Les deux principales étiologies sont :

- Dégénérative : ces anévrismes sont liés à une dégradation de la matrice extracellulaire avec disparition progressive des cellules musculaires lisses aux dépens des zones de dégénérescence mucoïde. Cette dégénérescence a pour principaux facteurs de risque : l'hypertension artérielle, la dyslipidémie, le tabac, l'âge, le sexe masculin et le diabète¹⁹. Ces anévrismes touchent principalement l'aorte abdominale. Au niveau de l'aorte ascendante, c'est majoritairement l'aorte supra coronaire qui est atteinte.
- La maladie annulo-ectasiant, idiopathique ou entrant dans le cadre d'une maladie du tissu conjonctif parfois associé à un syndrome de Marfan, un syndrome d'Ehlers-Danlos, ou une bicuspidie valvulaire aortique. Ces anévrismes ont la particularité d'atteindre souvent principalement la racine aortique puis peuvent ensuite s'étendre en distalité.

D'autres causes plus marginales peuvent être à l'origine d'anévrisme de l'aorte ascendante : les causes infectieuses comme la syphilis, ou les vascularites dont la maladie de Takayasu²⁰. Nous nous intéresserons ici à la chirurgie de remplacement de la racine aortique. L'étiologie principale reste donc la pathologie du tissu conjonctif (maladie annulo-ectasiant et Marfan).

Le diagnostic

En dehors des cas compliqués, l'anévrisme aortique est asymptomatique. Il est donc majoritairement diagnostiqué de manière fortuite. Le risque de cette pathologie est l'évolution vers une dissection aortique ou une rupture de la paroi de l'aorte, pouvant être responsable dans les deux cas du décès du patient²⁰. Ce risque est proportionnel à la taille de l'anévrisme avec un risque de rupture ou de dissection atteignant 2 % par an pour les



anévrismes de moins de 50 mm, grimant à 3 % pour les anévrismes de 50 à 60 mm et atteignant 6,9 % pour les anévrismes de plus de 60 mm [FIGURE 9]²¹.

FIGURE 9 Taux annuel de survenu d'une complication en fonction du diamètre de l'anévrisme - Davies, Ann Thorac Surg (2002)

Le diagnostic est basé sur l'imagerie :

- **L'échographie cardiaque**, par son caractère non irradiant, est l'examen de première intention pour le dépistage. Cet examen présente cependant certaines limites : la mesure fiable du diamètre de l'aorte nécessite la réalisation de coupes orthogonales à l'axe vasculaire. La réalisation imparfaite de ces coupes peut-être à l'origine d'une mauvaise estimation des diamètres aortiques.
- **Le scanner aortique injecté** permet d'obtenir une image complète et fiable de l'ensemble de l'aorte. Les procédés de reconstruction permettent d'obtenir des coupes orthogonales et ainsi des diamètres exacts. C'est par ailleurs l'examen de référence pour les situations d'urgence avec suspicion de dissection aortique.
- **L'I.R.M. cardiaque** présente les mêmes avantages que le scanner aortique injecté mais permet de se dispenser d'une injection d'iode, et est non irradiant. Il permet également d'étudier la fonction myocardique. Elle reste cependant cher et peu accessible donc peu utilisée en pratique courante.

La stratégie de prise en charge, une décision pluridisciplinaire

Première étape : l'anévrisme aortique est-il d'indication chirurgicale ?

L'indication chirurgicale se base principalement sur le diamètre de l'aorte ascendante. Au-delà d'un certain seuil anatomique, le risque de complications liées à l'anévrisme est plus important que les risques liés à la chirurgie, il est alors raisonnable de proposer une

intervention chirurgicale. Selon les sociétés savantes, les seuils d'indication peuvent changer [TABLEAU 1]. L'utilisation des diamètres indexés à la surface corporelle peut être utile pour les patients présentant des mensurations extrêmes²².

	Syndrome de Marfan et apparentés	Bicuspidie aortique	Autres patients
SFC - 2005	≥ 50 mm	≥ 50 mm	≥ 50 à 55 mm Utilisation des diamètres indexés (chez femme +++)
ACCF/AHA - 2010	≥ 45 mm	≥ 45 mm	≥ 55 mm ≥ 45 mm si : ○ Croissance de 5 mm/an ○ Chirurgie valvulaire aortique programmée ○ ATCD familiaux d'AAA ou dissections
ESC - 2021	≥ 50 mm ≥ 45 mm si : ○ Antécédents familiaux de dissection aortique ○ Augmentation de la taille de l'aorte de > 3 mm/an ○ Insuffisance aortique sévère ○ Insuffisance mitrale sévère ○ Désir de grossesse	≥ 55 mm ≥ 50 mm si : ○ Coarctation de l'aorte ○ Hypertension artérielle ○ Antécédents familiaux de dissection ○ Augmentation du diamètre aortique de > 3 mm/an ○ Comorbidités en attente chez les personnes âgées. ≥ 45 mm si : ○ Insuffisance aortique sur valve bicuspidie	≥ 55 mm <u>Des « seuils plus bas » peuvent être envisagés en cas de :</u> ○ Surface cutanée faible – Patient de petit gabarit ○ Progression rapide ○ Insuffisance aortique ○ Désir de grossesse ○ Choix du patient
	≥ 45 mm en cas d'indication à un geste chirurgical au niveau de la valve aortique (culot et/ou aorte ascendante)		

TABLEAU 1 Recommandation de prise en charge chirurgicale des anévrismes de l'aorte ascendante en fonction du diamètre aortique maximal - SFC : Société Française de Cardiologie – ACCF/AHA : American College of Cardiology Foundation / American Heart Association – ESC : European Society of Cardiology - ATCD : Antécédents – AAA : Anévrisme de l'aorte ascendante

A noter : les patients présentant un morphotype évocateur d'une maladie de Marfan, lié à une pathologie du tissu conjonctif mais sans l'ensemble des critères nécessaires au diagnostic de la maladie, doivent être pris en charge comme de véritables Marfan²³.

Deuxième étape : quelle stratégie opérationnelle ?

Pour les cas complexes où l'anévrisme s'étend au-delà de l'aorte ascendante la gestion de la prise en charge peut être délicate. En effet, l'attrait actuel pour les chirurgies hybrides combinant des gestes chirurgicaux et des gestes endovasculaires incite à gérer ces patients en réunions multidisciplinaires regroupant chirurgiens vasculaires, cardiologues et radiologues et chirurgiens cardiaques.

Troisième étape : Quel geste réaliser au niveau du culot aortique ?

En cas de nécessité d'un remplacement complet de la racine aortique, le choix entre une technique conservatrice et une technique avec un remplacement valvulaire prothétique dépend de : la fonction et l'anatomie de la valve aortique, la taille et la position de l'anévrisme, la fonction ventriculaire gauche, l'espérance de vie du patient et son choix d'un traitement d'anticoagulation, et l'expérience de l'équipe chirurgicale²².

A noter : La taille de l'anévrisme peut être discuté comme argument de choix entre les deux techniques. En effet, les travaux de Le Polain de Waroux en 2009 ne trouvent pas d'association significative entre la taille de l'anévrisme au niveau de la racine et l'échec à distance d'une chirurgie conservatrice, en terme d'insuffisance aortique²⁴.

L'âge du patient reste l'élément clé dans le choix de la technique opératoire²².

Indications for surgery	Class ^a	Level ^b
Valve-sparing aortic root replacement is recommended in young patients with aortic root dilation, if performed in experienced centres and durable results are expected. ^{133–136,140}	I	B

FIGURE 10 Recommandations ECS 2021 – La chirurgie de remplacement du culot aortique, avec conservation de la valve aortique, est recommandée chez les patients jeunes présentant une dilatation du culot aortique, si elle est effectuée dans des centres expérimentés et que des résultats à long terme sont attendus.

En cas d'insuffisance aortique.

Les recommandations de l'ESC (European Society of Cardiology) proposent un arbre décisionnel sur la conduite à tenir devant une insuffisance aortique. La recherche d'un anévrisme aortique associé en est la première étape [FIGURE 11].

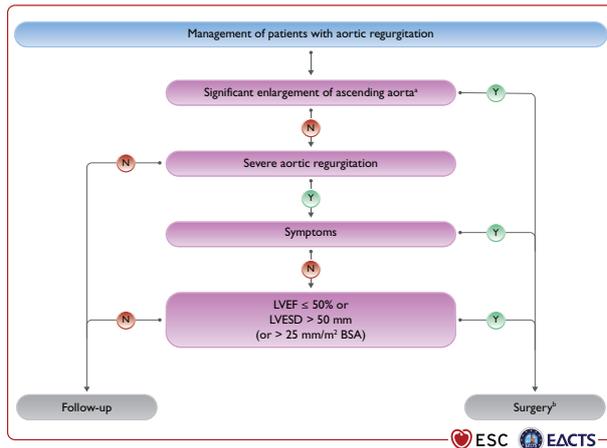


FIGURE 11 Conduite à tenir devant une insuffisance aortique - Recommandation ESC (2021)
 LVEF : Fraction d'éjection du ventricule gauche – LVESD : Diamètre télé-systolique du ventricule gauche – BSA : Surface

Dans la nouvelle version de 2021, deux points importants sont précisés²² :

- L'évaluation de la dilatation du ventricule gauche doit être évaluée par son diamètre télésystolique (le diamètre télédiastolique a été retiré de l'arbre décisionnel).
- En cas d'indication à un geste chirurgical au niveau de la valve aortique, le diamètre aortique devant faire poser l'indication d'un remplacement aortique est abaissé à 45 mm.

Indications for surgery	Class ^a	Level ^b
When surgery is primarily indicated for the aortic valve, replacement of the aortic root or tubular ascending aorta should be considered when ≥ 45 mm. ^f	IIa	C

FIGURE 12 Recommandations ESC 2021 : Lorsque la chirurgie est indiquée en première intention pour la valve aortique, le remplacement de la racine aortique ou de l'aorte ascendante tubulaire doit être envisagé lorsque leur diamètre est ≥ 45 mm.

2.3. Bilan préopératoire d'un anévrisme de l'aorte thoracique

2.3.1. Clinique

Si la maladie anévrismale est la majeure partie du temps asymptomatique, certaines symptomatologies peuvent apparaître²³ :

- Lors d'un anévrisme thoracique de très grande taille, présence de signes compressifs : dyspnée, dysphagie, toux.
- Lors d'une insuffisance aortique associée : dyspnée, asthénie.
- Lors d'une forme compliquée au cours d'une dissection aortique : Douleur thoracique, douleur irradiante dans le dos, signes de mal-perfusion (douleur abdominale, douleur au niveau des membres inférieurs), signes de mal-perfusion cérébrale (lipothymie, syncope, déficit neurologique).

2.3.2. L'imagerie aortique

Si un anévrisme de l'aorte ascendante est suspecté sur une échographie cardiaque ou un scanner, réalisés pour une autre indication, il doit systématiquement être complété par un scanner ou une IRM dédiée. En cas de suspicion de dissection aortique, le scanner aortique est à réaliser en première intention. Le choix de l'examen à réaliser doit également tenir compte des caractéristiques du patient : fonction rénale, allergie aux produits de contraste²³.

Point important : toute découverte d'un anévrisme aortique doit être complétée par un bilan complet de l'ensemble de l'aorte à la recherche d'une autre localisation²³.

Recommendations	Class ^a	Level ^b
When an aortic aneurysm is identified at any location, assessment of the entire aorta and aortic valve is recommended at baseline and during follow-up.	I	C

FIGURE 13 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases

TDM pan-aortique synchronisé²³

La découverte d'un anévrisme aortique impose la réalisation d'une imagerie de l'ensemble de l'aorte. Il est recommandé de réaliser un scanner synchronisé aux contractions cardiaques (*ECG-gated acquisition*) afin de limiter les artéfacts qui biaisent la mesure des diamètres aortiques. Une acquisition sans injection de produit de contraste, suivie d'une acquisition avec injection d'iode doivent être réalisées. Les scanners à 16 acquisitions ou plus permettent d'obtenir une image vasculaire de bonne qualité. Si possible, une imagerie à 64 détecteurs permet de réaliser une évaluation du réseau coronaire dans le même temps, dispensant alors le patient d'une coronarographie, invasive.

Le scanner aortique (ou IRM) permet de rechercher le diamètre maximal de l'aorte, avec une mesure orthogonale fiable. Il permet également de réaliser un bilan complet de la paroi vasculaire : présence d'athérome, de calcifications ou de thrombus ; présence d'un flap intimal avec dissection de la paroi.

Les méthodes actuelles permettent de tracer la ligne centrale de l'artère et ainsi d'obtenir un diamètre orthogonal, fiable. Les mesures clés sont effectuées au niveau de zones bien spécifiques, standardisées. Elles correspondent, pour l'aorte ascendante : Sinus de Valsalva,

jonction sino-tubulaire, milieu de l'aorte ascendante, pied du TABC [FIGURE 14]. Ces mesures sont complétées par le diamètre maximal atteint.

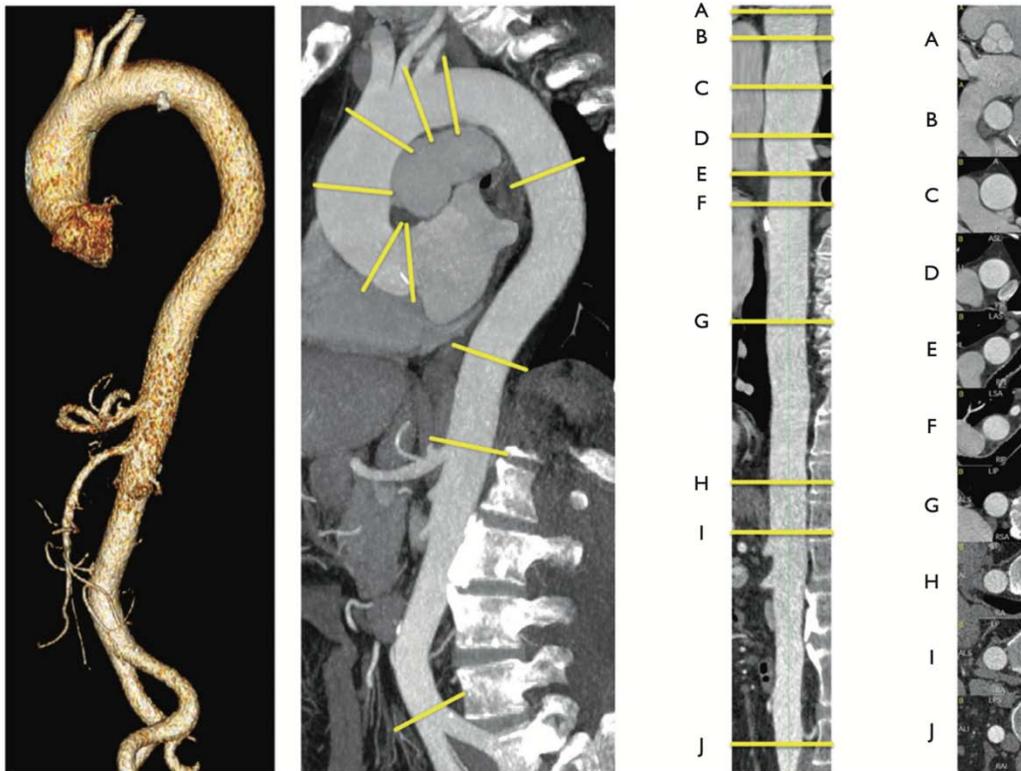


FIGURE 14 Scanner aortique : Scanner pan-aortique avec reconstruction 3D (image de gauche) – Reconstruction parasagittal multiplan (image centrale de gauche) – Reconstruction autour de la ligne centrale (image centrale de droite) – Coupes orthogonale à chaque niveau (image de droite) - 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases

(A) sinus de Valsalva ; (B) jonction sinotubulaire ; (C) aorte ascendante moyenne ; (D) crosse aortique proximale (pied du tronc brachiocéphalique) ; (E) crosse aortique moyen (entre la carotide commune gauche et l'artère sous-clavière) ; (F) aorte thoracique descendante proximale (environ 2 cm après l'artère sous-clavière gauche) ; (G) aorte descendante moyenne (au niveau des artères pulmonaires) ; (H) au diaphragme ; (I) à l'origine de du tronc cœliaque ; (J) juste avant la bifurcation aortique.

2.3.3. Le bilan valvulaire

L'échographie cardiaque trans-thoracique (ETT) est l'examen clé pour décrire l'anatomie de la valve aortique et rechercher une insuffisance aortique. Elle permet d'apprécier l'importance et les mécanismes de la fuite²⁵.

Classification de l'insuffisance aortique

L'équipe d'El Khoury et Vanoverschelde propose une classification des insuffisances aortiques en trois types [FIGURE 15]²⁶ :

- Le type 1 est caractérisé par un jet de régurgitation centré, lié à une dilatation fonctionnelle de l'anneau aortique. Il est scindé en quatre sous-types
 - 1a : Dilatation de l'aorte ascendante au niveau de la jonction sino-tubulaire
 - 1b : Dilatation de la racine aortique, au niveau des sinus de Valsalva
 - 1c : Dilatation isolée de l'anneau aortique
 - 1d : Dilatation de l'aorte ascendante associée à une perforation valvulaire

- Le type 2 est caractérisé par un jet de régurgitation excentré, lié à un prolapsus valvulaire (plus ou moins associée à une fenestration) : au moins un des feuillets valvulaires se retrouve au-dessous du plan formé par les deux autres.

- Le type 3 est caractérisé par un jet de régurgitation excentré ou un large jet central, lié à une rétraction valvulaire. Au moins un des feuillets valvulaires se retrouve au-dessus du plan formé par les deux autres. Cette classe comprend également les atteintes valvulaires comme les calcifications et les endocardites.

AI Class	Type I Normal cusp motion with FAA dilatation or cusp perforation				Type II Cusp Prolapse	Type III Cusp Restriction
	1a	1b	1c	1d		
Mechanism						
Repair Techniques (Primary)	STJ remodeling <i>Ascending aortic graft</i>	Aortic Valve sparing: <i>Reimplantation or Remodeling with SCA</i>	SCA	Patch Repair <i>Autologous or bovine pericardium</i>	Prolapse Repair <i>Plication Triangular resection Free margin Resuspension Patch</i>	Leaflet Repair <i>Shaving Decalcification Patch</i>
(Secondary)	SCA		STJ Annuloplasty	SCA	SCA	SCA

FIGURE 15 Classification des insuffisances aortiques

AI : Insuffisance Aortique – FAA : Anneau Aortique Fonctionnel – STJ : Jonction Sino-Tubulaire – SCA : Annuloplastie Sub-Commissurale – Patch / Prolapse / Leaflet repair : Réparation par un Patch / Réparation du prolapsus / du feuillet

Quantification de l'insuffisance aortique

L'insuffisance aortique est classée en plusieurs grades selon son importance et ses répercussions. La classification anglo-saxonne retient trois grades. Le grade *moderate* peut être scindé en deux. On retrouve alors les 4 grades de l'insuffisance aortique classée de 1/4 à 4/4.

- *Mild (1/4)*
- *Moderate: Mild to moderate (2/4) - Moderate to severely (3/4).*
- *Severe (4/4)*

A ces 4 grades il faut rajouter « *None or trivial* » correspondant à l'absence ou trace de fuite. Cependant, en pratique courante, le terme de « Sévère » peut parfois être assimilé à un grade 3/4 et « Massive » au grade 4/4. Afin d'homogénéiser l'évaluation de chaque patient et d'éviter toute confusion entre les termes anglais et français, nous nous attacherons pour la suite de ce travail à la classification analogique de l'insuffisance aortique allant de 1 à 4/4.

		Grade 1 : Légère Mild	Grade 2 : Légère à Modérée Mild to moderate	Grade 3 : Modérée à Sévère Moderate to severe	Grade 4 : Sévère Severe
Critères de la HAS	Surface de l'orifice de régurgitation	< 10 mm ²	10 – 20 mm ²	20 – 30 mm ²	> 30 mm ²
	Diamètre de la vena contracta		< 3 mm		> 6 mm
	Vitesse télédiastolique dans l'isthme aortique		< 10 cm/s		> 20 cm/s
	Temps de demi-pression (T1/2 P)				< 200 ms
Classification selon la Société Américaine d'Échographie cardiaque	Taille du VG	Normale	Normale ou dilaté		En général dilaté
	Signes spécifiques	- Jet central <25% de la CCVG - VC < 0,3 cm - Pas de reflux diastolique dans l'aorte descendante ou reflux bref protodiastolique	Signes intermédiaires		Largeur de la VC > 0,6 cm Jet d'IA large et central (surface >65% CCVG)
	Signes de soutien	- PHT > 500 ms - Taille LV normale	Signes intermédiaires		- PHT < 200ms - Reflux holodiastolique dans l'aorte descendante - VG dilaté
	Volume régurgitant (ml/cycle cardiaque)	< 30	30 – 44	45 - 59	> 60
	Fraction régurgitant (%)	< 30	30 - 39	40 – 49	> 50
	EROA (cm ²)	< 0,1	0,1 – 0,19	0,2 – 0,29	> 0,3

TABLEAU 2 Classification de la sévérité de l'insuffisance aortique

DC, Doppler continu, EROA, surface de l'orifice effectif régurgitant, VG, ventricule gauche, DP, Doppler pulse, VC, vena contracta, PHT temps pour atteindre 50% de la pression (70% vitesse), CCVG chambre de chasse du VG, CSA aire en petit axe.

Étude morphologique de la valve aortique

L'ETT permet également d'étudier la morphologie de la valve aortique, indépendamment de la présence d'une insuffisance aortique. Le caractère tri- bi- ou unicuspidé et l'élément clé de

cette analyse. Comme nous l'avons vu précédemment, le caractère bicuspidé pourra intervenir de manière significative dans le choix de l'indication chirurgicale.

2.3.4. Autres mesures nécessaires au bilan préopératoire et au suivi

L'ETT doit évaluer deux autres paramètres clés dans la gestion d'un anévrisme de la racine aortique : la fonction et la dilatation du ventricule gauche. Secondaire à l'insuffisance valvulaire aortique, le ventricule gauche peut être amené à se dilater. Cette dilatation peut conduire à une altération de la fonction contractile.

DTDVG et DTSVG : Dilatation du ventricule gauche

La dilatation du ventricule gauche est appréciée par la mesure de son diamètre^{27,28} :

- Télésystolique : DTSVG (Diamètre Télésystolique du Ventricule Gauche)
 - o Valeur normale : 22-40 mm (15-21 mm/m²)
- Télédiastolique : DTDVG (Diamètre Télédiastolique du Ventricule Gauche)
 - o Valeur normale chez la femme : 39-53 (24-32 mm/m²)
 - o Valeur normale chez l'homme : 42-59 (22-31 mm/m²)

Ces mesures sont obtenues en coupe parasternale petit axe, juste en dessous du bord libre des feuillets mitraux²⁷. Pour les patients avec des mensurations extrêmes, l'utilisation de mesures indexées sur la surface corporelle peut guider la décision thérapeutique.

FEVG : Fonction ventriculaire gauche

La fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) est la part du volume télé-diastolique injecté en dehors du ventricule gauche à chaque systole. Elle est obtenue par le calcul :

$$FEVG = (VTD - VTS) / VTD$$

Avec VTS et VTD, respectivement le volume télé-systolique et le volume télé-diastolique du ventricule gauche.

Stratification de la valeur de FEVG²⁷ :

FEVG normale	FEVG modérément altérée	FEVG altérée	FEVG très altérée
≥ 55 mm	45 – 54%	30 – 44%	< 30 %

2.4. Le suivi des patients présentant un AAA

Après une chirurgie de l'aorte thoracique pour anévrisme, l'ESC recommande un suivi clinique de manière très régulière. La maladie anévrysmale étant dans la plupart des cas asymptomatique, le suivi clinique sera focalisé sur le maintien de la tension artérielle dans les normes. L'imagerie par scanner est recommandée à un mois, six mois et un an. Au-delà de la première année, le suivi par imagerie peut être espacé²³.

Cas particulier : Maladie de Marfan²⁹

Chez les patients atteints du syndrome de Marfan, la Haute Autorité de Santé (HAS) recommande une imagerie de l'aorte au moment du diagnostic.

En cas de chirurgie aortique une surveillance rapprochée par imagerie est réalisée durant la première année, puis un scanner doit être répété tous les cinq ans.

De manière générale une imagerie par scanner, ou si possible IRM, tous les cinq ans peut être réalisée de manière systématique chez l'ensemble des patients atteints d'un syndrome de Marfan.

3. La chirurgie du culot aortique

3.1. L'enjeux de la chirurgie conservatrice

La prise en charge des anévrismes de la racine aortique imposait initialement le remplacement de l'ensemble du culot aortique avec la valve aortique : Il s'agit de l'intervention de Bentall, décrite en 1968.

L'objectif de la chirurgie conservatrice est de proposer un remplacement de la paroi vasculaire anévrysmale en épargnant la valve aortique pour s'affranchir des inconvénients des prothèses valvulaires. Par la manipulation du culot aortique, cette chirurgie va agir sur la configuration de la valve aortique et ainsi pouvoir réparer une éventuelle incontinence. A l'inverse, ce geste expose à un risque de déstabiliser une valve aortique continente. L'enjeu de la chirurgie conservatrice est donc de proposer un traitement chirurgical permettant à la fois de traiter

l'anévrisme en assurant une contenance valvulaire aortique, et ce de manière durable dans le temps.

La première stratégie conservatrice a été mise au point par Yacoub en 1983. Elle propose un remplacement partiel du culot aortique avec un remodelage de chacun des sinus : *The remodeling procedure*.

La seconde stratégie mise en place est celle de David, en 1992. Elle propose quant à elle, un remplacement complet du culot aortique en venant l'implanter entièrement au sein d'une prothèse vasculaire : *The reimplantation procedure*.

Récemment, une nouvelle stratégie a été décrite. Il s'agit d'une évolution de la technique de Yacoub avec mise en place d'une annuloplastie complémentaire. Cette technique a été décrite par Lansac. Son efficacité est actuellement en cours d'évaluation à travers l'étude CAVIAAR³⁰.

Dans l'arsenal des techniques chirurgicales concernant le culot aortique, il existe enfin l'intervention de Ross. Elle est basée sur le remplacement de la valve aortique par une autogreffe : la valve pulmonaire. Cette intervention a l'avantage de se dispenser de l'implantation d'une prothèse au niveau de la valve aortique. Elle n'appartient cependant pas à proprement dit aux techniques conservatrices et ne sera donc pas développée dans ce travail.

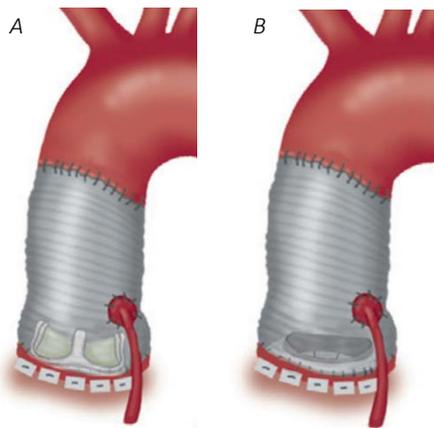


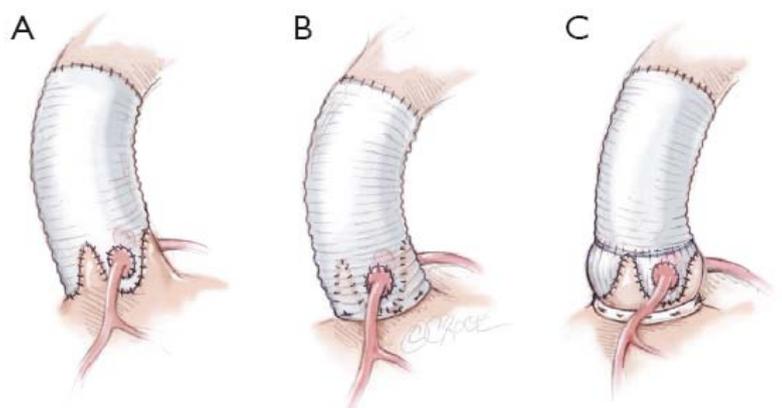
FIGURE 17 Intervention de Bentall

Réalisée à l'aide d'une prothèse valvulaire aortique biologique (A) ou mécanique (B)

Ouzounian, Journal of the American College of Cardiology (2016)

FIGURE 17 Procédures conservatrices de la valve aortique

Lansac, Annals of Cardiothoracic Surgery (2013)



3.2. Les étapes communes à toutes les chirurgies du culot aortique

Le remplacement de la racine aortique s'inscrit dans le cadre des interventions chirurgicales standards en chirurgie cardiaque. Une simple canulation entre l'oreillette droite et l'aorte est suffisante. La cardioplégie peut être réalisée dans un premier temps au niveau de la racine aortique en absence d'insuffisance aortique sévère. Elle sera ensuite répétée de manière régulière durant toute l'intervention, directement au niveau des ostia coronaires (cardiologie antérograde) ou à travers le sinus coronaire (cardioplégie rétrograde).

La température corporelle du patient peut être maintenue à 37°C ou en hypothermie modérée lors d'un geste isolé au niveau de la racine aortique. En cas de geste au niveau de la crosse aortique nécessitant un arrêt circulatoire de l'hémicorps inférieur, une hypothermie à 33°C pouvant aller jusqu'à 25°C peut être réalisée.

Le premier temps, commun à toutes les techniques, consiste à libérer la totalité de l'aorte ascendante, en la désolidarisant du tronc et de l'artère pulmonaire droite. L'aorte ascendante est ouverte et entièrement réséquée ainsi que les trois sinus. Il s'agit d'une étape importante et délicate liée à la fragilité potentielle du tissu aortique, anévrismal, tout particulièrement lors de la libération et de la dissection du culot jusqu'à sa racine en extra-aortique. Une collerette de paroi aortique de quelques mm est conservée autour de chacun des ostia coronaires.

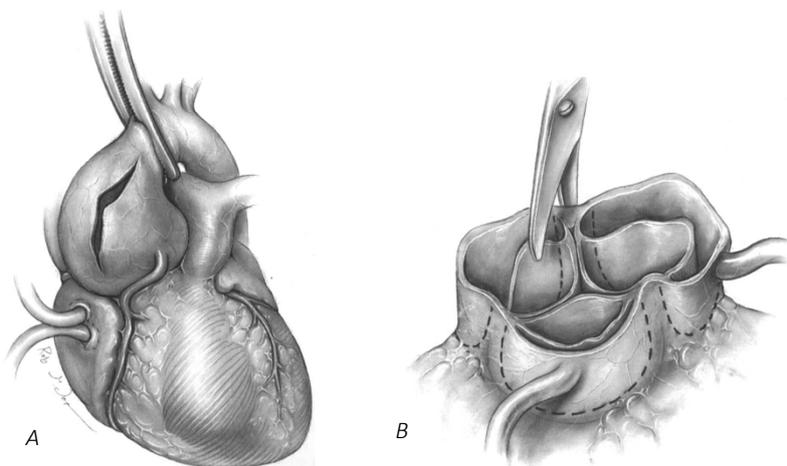


FIGURE 18 Résection de la racine aortique
Ouverture de la paroi de l'aorte (A) et résection des sinus (B)
Yacoub, Operative Techniques in Cardiac and Thoracic Surgery (1996)

L'étape suivante consiste à interposer une prothèse vasculaire en lieu et place de l'anévrisme aortique réséqué.

Une fois la prothèse anastomosée au niveau proximal, chacun des deux ostia coronaires doit être réimplanté. Pour cela, une pastille de prothèse est découpée en regard de chacun des ostia. Ils peuvent ensuite être anastomosés un à un par un fil de monofilament. Il s'agit là d'une étape délicate où le positionnement de chacun des ostia est fondamental. En effet, la rigidité de la prothèse aortique, à haute pression un fois remise en charge, contraste avec la souplesse des troncs coronaires. Une mauvaise position de l'anastomose ostiale pourra entraîner des tractions avec un risque de mal-perfusion coronarienne et donc d'ischémie myocardique.

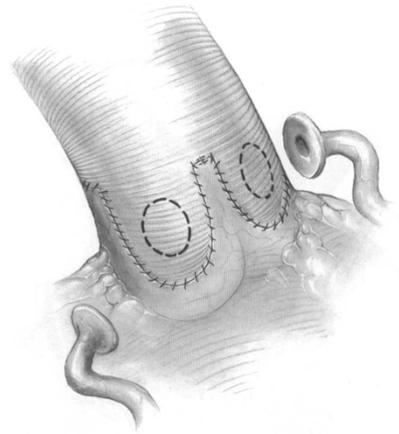


FIGURE 19 Insertion des boutons coronaires
Yacoub, *Operative Techniques in Cardiac and Thoracic Surgery* (1996)

Une suture distale permet enfin de rétablir la continuité de l'aorte. Cette anastomose est d'avantage tributaire du patient que de la technique utilisée. En cas d'anévrisme isolé de la racine aortique et de l'aorte ascendante, une suture directe avec l'aorte située au pied du tronc artériel brachio-céphalique peut être réalisée. En cas d'anévrisme touchant la crosse

aortique et surtout en cas de dissection aortique aiguë, un geste de remplacement peut être réalisé imposant alors une suture plus distale, ou l'utilisation d'une seconde prothèse spécifique de la crosse aortique.

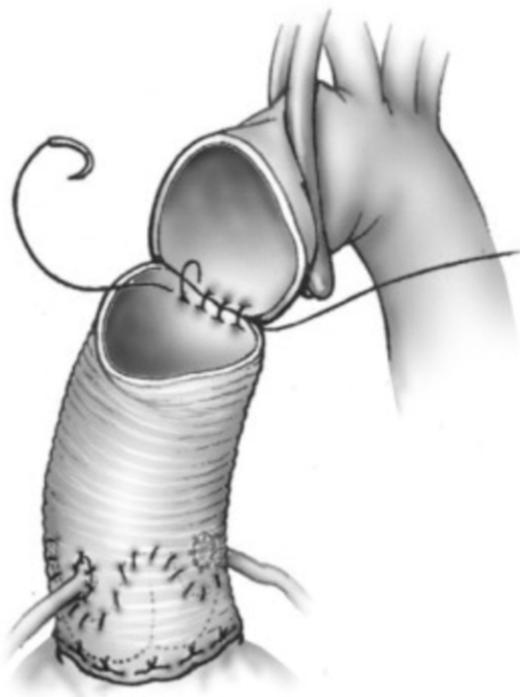


FIGURE 20 Anastomose distale au niveau de l'aorte ascendante
Cameron, *Operative Techniques in Thoracic and Cardiovascular Surgery* (2005).

3.3. La technique de Bentall avec remplacement valvulaire

3.3.1. *Les particularités chirurgicales*

La technique de Bentall consiste à un remplacement en mono-bloc de l'ensemble de la racine aortique et de la valve aortique. Le choix du type de prothèse vasculaire utilisée, biologique ou mécanique, dépend essentiellement de l'âge et du choix personnel du patient. La résection de la racine aortique est ici étendue jusqu'à sa base d'implantation. Il est ensuite nécessaire de réséquer la totalité de l'appareil valvulaire en préservant l'anneau aortique. Le couple prothèse valvulaire / prothèse vasculaire est ensuite implanté au niveau de l'anneau aortique de la même manière d'une prothèse valvulaire aortique isolée.

Initialement, la technique consistait à conserver la paroi aortique en incluant la prothèse vasculaire à l'intérieur. Les ostia coronaires, laissés rattachés à la paroi, étaient directement anastomosés à la prothèse. Plusieurs modifications se sont ensuite succédées : technique modifiée de Piehler, technique modifiée de Cabrol^{31,32}. Actuellement, la technique de Bentall modifiée correspond à l'anastomose séparée de chacun des troncs coronaires, directement sur la prothèse vasculaire³³.

3.3.2. *Résultats de l'intervention de Bentall*

Devant le peu d'études multicentriques à grande échelle évaluant les résultats de la chirurgie de Bentall, Mookhoek et al. ont publié une méta-analyse reprenant 46 séries³³. Ils retrouvent un taux de mortalité précoce pour l'intervention de Bentall de 5,6%, là où la mortalité précoce chez les patients opérés d'une intervention de David est de 0,7-2%^{6,34-38}.

Les études comparatives entre l'intervention de David et celle de Bentall se heurtent souvent à des populations inhomogènes. Ceci s'explique par le caractère rétrospectif de ces études, où le choix du type d'intervention est dicté par les caractéristiques même du patient³⁹.

Salmasi et al. reprennent 34 séries publiées comparant la chirurgie conservatrice (selon la technique de David ou selon celle de Yacoub) à la technique de Bentall⁴⁰.

Les résultats en termes de mortalité sont en faveur des techniques conservatrices

- Mortalité opératoire : OR 0.51, 95% IC 0.37–0.70 ; $p < 0.001$
- Survie à 5 ans : OR 1.93, 95% CI 1.15–3.23 ; $p < 0.05$

Avec OR : Odds-Ratio ; et 95% IC : Intervalle de Confiance à 95%

A noter : Ces résultats restent significatifs lorsque l'on exclut les patients opérés pour dissection aortique.

En termes de morbidité, des taux plus faibles d'accidents thromboemboliques et de troubles de conduction cardiaque sont retrouvés dans le groupe des chirurgies conservatrices (OR 0.668, 95% CI 0.477–0.935, $p = 0.019$; et OR 0.386, 95% CI 0.195–0.767, $p = 0.007$ respectivement). Il n'existe en revanche pas de différence significative en termes de survie sans réintervention (OR 1.32, 95% IC 0.75–2.33 ; $p = 0.336$).

3.4. La technique de Yacoub : *valve-sparing remodelling*

Yacoub a fondé sa stratégie chirurgicale à partir de deux principes⁴¹ :

- Nécessité de conserver l'étroite relation qui existe entre les différents composants du culot aortique : les feuillets valvulaires, l'anneau aortique, les sinus de Valsalva et la jonction sinon tubulaire.
- L'insuffisance aortique parfois retrouvée en cas d'anévrisme ou de dissection aortique est uniquement liée à l'atteinte de la paroi vasculaire sans atteinte directe de l'anneau aortique. L'anneau optique est toujours sain et se maintient dans le temps même en cas d'anévrisme du culot aortique ou de dissection aortique.

« Although the term "annuloaortic ectasia", commonly used to describe the disease in these patients, implies gross dilatation of the anulus, in our experience the dilatation affects the sinuses and the sinotubular junction with sparing of the anulus »^{41}*

* « Bien que le terme "maladie aortique annulo-ectasiente", couramment utilisé chez les patients présentant un anévrisme de la racine aortique, implique une dilatation de l'anneau aortique, dans notre expérience, la dilatation affecte les sinus et la jonction sino-tubulaire en épargnant l'anneau »

Ces deux principes l'ont amené à mettre au point une technique recréant parfaitement la totalité des sinus de Valsalva à une époque où les prothèses composées de néo-sinus n'existaient pas. L'anneau aortique est quant à lui totalement épargné.

3.4.1. Les particularités chirurgicales de l'intervention de Yacoub⁴¹

Lors de la résection du culot aortique, cette technique impose la conservation d'une collerette de paroi aortique au-dessus de la base d'implantation des feuillets valvulaire.

Vient ensuite l'étape du choix de la taille de prothèse vasculaire et de sa découpe. Yacoub a décrit sa technique en utilisant des prothèses droites en Dacron. Le diamètre de la prothèse vasculaire doit offrir la meilleure cooptation valvulaire. Pour cela Yacoub propose de tracter les trois commissures à la verticale en les positionnant de telle manière à obtenir une captation valvulaire satisfaisante. En gardant cette position, la mesure de la distance entre chaque commissure est une approximation du tiers du périmètre de la prothèse adaptée.

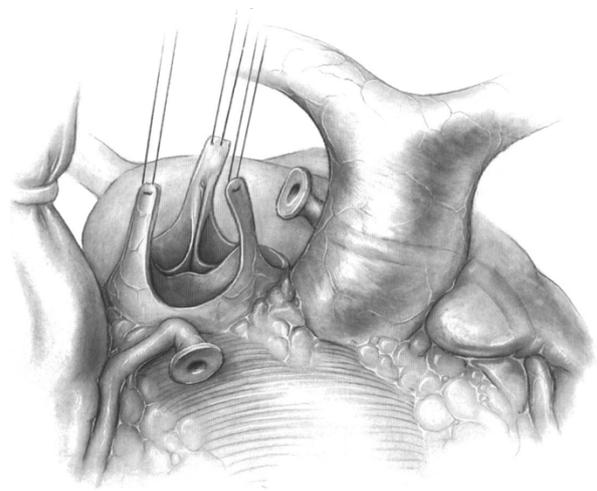
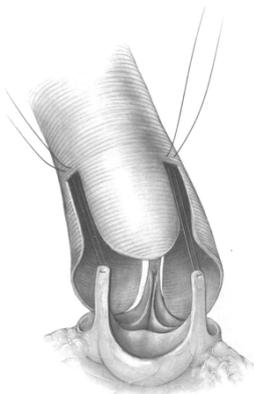
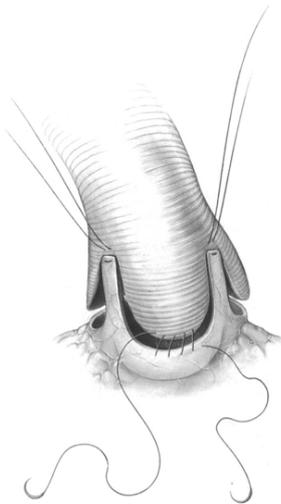


FIGURE 21 Traction des commissures lors du choix du diamètre de la prothèse vasculaire
Yacoub, Operative Techniques in Cardiac and Thoracic Surgery (1996)



La prothèse doit ensuite être retaillée au niveau des trois commissures afin d'assurer un assemblage parfait entre le culot aortique restant, et la prothèse. Pour cela, la hauteur de chaque commissure correspond à la verticale entre le nadir du reliquat de paroi aortique restant et le sommet des commissures.

FIGURE 22 Découpe de la prothèse le long des trois commissures
Yacoub, Operative Techniques in Cardiac and Thoracic Surgery (1996)



L'étape suivante consiste à fixer chacune des trois commissures au niveau du sommet de chacune des entailles de la prothèse en respectant bien leur alignement avec l'axe de la prothèse. Chaque languette est ensuite retaillée et suturée à la collerette aortique restante. L'étanchéité de ces sutures est capitale car il ne sera pas possible d'ajouter des points supplémentaires après déclampage.

FIGURE 23 Suture proximale de la prothèse vasculaire
Yacoub, *Operative Techniques in Cardiac and Thoracic Surgery* (1996)

3.4.2. Résultats de l'intervention de Yacoub

Yacoub a publié ses premiers résultats en 1997, quatorze ans après la publication de sa technique. Il maintient l'idée que l'anneau aortique est épargné lors des pathologies aortiques⁴² :

5 The diseased aortic sinuses are excised down to the aortic annulus, which is always healthy and can hold sutures securely even in patients with acute dissection.

Les sinus aortiques pathologiques sont excisés jusqu'à l'anneau aortique. Celui-ci est toujours sain et permet d'accueillir de manière fiables les sutures

Rahnavardi et al. ont réalisé une revue de la littérature en en 2011, à partir de 13 séries publiées, rassemblant ainsi 1338 patients : 606 *remodeling* et 732 *reimplantation*. Il en ressort 4 conclusions :

- Durée de CEC et de clampage aortique plus longue lors d'une intervention de David.
- Absence de différence entre les deux groupes en termes de mortalité précoce : 0-6.9% pour l'intervention de Yacoub contre 0-6% pour l'intervention de David.
- Tendance à une survie sans insuffisance aortique plus importante pour l'intervention de David. Cette différence est significative si l'on s'intéresse uniquement aux plus grandes séries : 82,6 ± 6,2% (Yacoub) vs 91,0 ± 3,8% (David) à 12 ans, p=0,035.
- Absence de différence significative en termes de survie sans réintervention : 90,4 ± 4,7% (Yacoub) vs 97,4 ± 2,2% (David), p=0,09.

Maskell et al. ont publié en 2020, une revue de la littérature reprenant les principales études comparant les deux techniques. Ils regroupent 8 publications : 2 cohortes prospectives, 4 cohortes rétrospectives, une méta-analyse et la revue de littérature de Rahnavardi. Maskell fait remarquer un manque de données scientifiques fiables comparant ces techniques. Il s'agit principalement d'études rétrospectives, de groupes non homogènes souvent non comparables, sans statistique robuste⁴³.

Ainsi, il n'existe actuellement aucune recommandation officielle faisant choisir entre l'une ou l'autre de ces techniques²³. Le choix est pour l'instant laissé essentiellement à l'appréciation du chirurgien.

3.5. La technique de Tirone David : *valve sparing reimplantation*

3.5.1. *Les particularités chirurgicales*

Il s'agit ici de la description initiale de la technique par Tirone David en 1992⁵, complétée par Laurent de Kerchove et Gébrine El Khoury en 2013⁴⁴.

Les illustrations sont issues de : How to perform valve sparing reimplantation in a tricuspid aortic valve - de Kerchove et al. - Ann Cardiothorac Surg (2013).

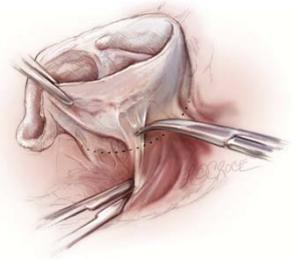
La libération de la racine aortique

La première étape, indispensable à la réalisation de cette technique chirurgicale, est la libération en profondeur de la racine aortique. L'objectif est de libérer la paroi de l'aorte des structures adjacentes jusqu'au-dessous du plan de l'anneau aortique.

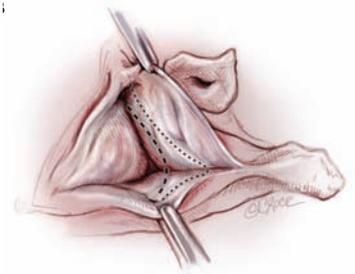
Il est important, et d'une grande aide pour la suite, de commencer par tracer une ligne interne passant par le nadir de la base d'implantation de chacun de feuillets valvulaires.



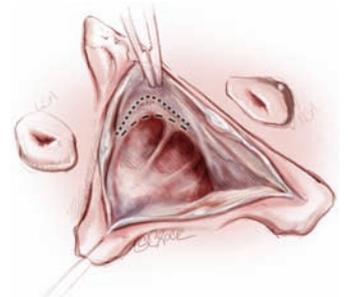
Jonction entre le sinus coronaire gauche (CG) et le sinus non coronaire (NC) : L'anneau aortique est en contact étroit avec le toit de l'oreillette gauche et la valve mitrale. La dissection doit descendre ici jusqu'à la ligne passant par le nadir de l'insertion de chacun des feuillets et donc s'étendre jusqu'au toit de l'oreillette gauche.



Jonction entre le sinus NC et le sinus coronaire droit (CD) : L'anneau aortique est ici en contact avec le septum musculaire interventriculaire et le septum membraneux. Afin de ne pas léser les faisceaux de conduction, la dissection ne doit pas descendre jusqu'à la ligne d'implantation des feuillets (en trait d'union sur le schéma ci-dessous).



Au niveau des sinus CD et CG : La dissection est ici gênée par les structures musculaires adjacentes, le septum interventriculaire et le ventricule droit. Il faut alors s'arrêter avant la ligne passant par les nadirs des bases d'implantation des feuillets.



Examen de la valve aortique

L'exposition et l'examen minutieux de la valve aortique est une étape déterminante. Malgré l'ensemble des examens réalisés en préopératoire, c'est lors de cette étape que le chirurgien prend la décision de réaliser une chirurgie conservatrice ou de réaliser d'emblée un remplacement de la valve aortique. Ce choix est orienté par plusieurs éléments :

- Le caractère tricuspide ou bicuspide de la valve aortique, même si la présence d'une bicuspidie ne doit pas être en soit le seul argument faisant opter pour un placement valvulaire.
- La hauteur de chacun des feuillets : L'objectif de l'annuloplastie aortique, réalisée par la prothèse vasculaire, est d'obtenir une surface de coaptation suffisante assurant une continence valvulaire efficace et durable. Une hauteur de feuillets trop basse ne permettra pas d'offrir une surface de coaptation suffisante et pourra être à l'origine d'un échec de la procédure. Le seuil des 17 mm peut être retenu comme hauteur

géométrique minimum nécessaire (*cf : paragraphe **valvuloplastie aortique***)¹². Ce seuil correspond à la définition d'un feuillet restrictif pour une valve tricuspide (20 mm en cas de bicuspidie)⁴⁵.

- La hauteur de chaque feuillet, les uns par rapport aux autres, est également un critère clés. La présence d'un prolapsus d'un ou plusieurs feuillets pourra être corrigé par une valvuloplastie. En revanche la restriction trop importante d'un feuillet peut-être la raison d'une conversion vers un remplacement valvulaire.

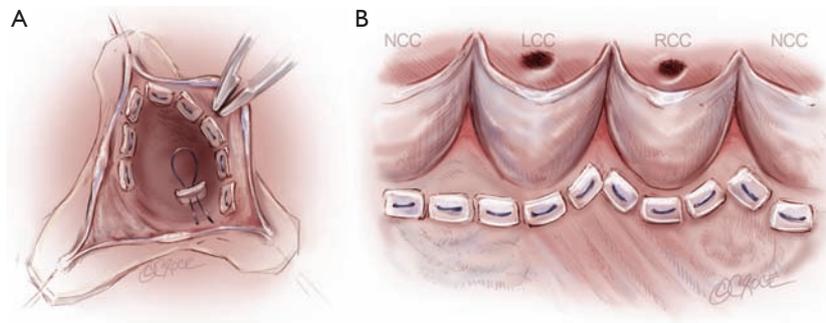
Les points sous annulaires

La prothèse vasculaire va être ancrée en dessous de l'anneau aortique afin d'inclure la totalité du culot et de la valve aortique au sein de la prothèse, c'est la technique d'inclusion. Elle diffère donc de la technique décrite par Yacoub où la prothèse est fixée au-dessus de la valve aortique en laissant l'anneau libre. Pour cela, plusieurs points sont placés en sous annulaire : il s'agit de points feutrés, passés de dedans en dehors afin de placer les feutres à l'intérieur du ventricule gauche. Initialement, T. David ne précise pas le nombre de points feutrés à placer, on parle de « multiple points » à adapter au patient. En 2013, G. El Khoury propose une standardisation du nombre de points à 12, soit 4 en regard de chaque sinus. Ce choix reste aujourd'hui à l'appréciation de chaque chirurgien.

La disposition de ces points doit prendre en compte le remodelage de l'anneau aortique qu'ils vont entraîner. Selon la localisation horaire au niveau de l'anneau, la hauteur à laquelle ils doivent être placés varie.

Au niveau de la portion fibreuse du sinus NC et jusqu'à la commissure NC / CG : Il s'agit de la principale zone d'atteinte dans la maladie annulo-ectasiente, responsable de la dilatation annulaire et de l'insuffisance aortique. Cette zone est donc la principale cible de l'annuloplastie aortique⁵. Afin d'entraîner une meilleure force radiaire lors de la plicature de l'anneau, les points sous annulaires doivent rester ici horizontaux, suivant la ligne passant par les nadirs des bases d'implantation des feuillets valvulaire. Cette étape explique l'importance de la dissection basse de la racine de l'aorte à ce niveau.

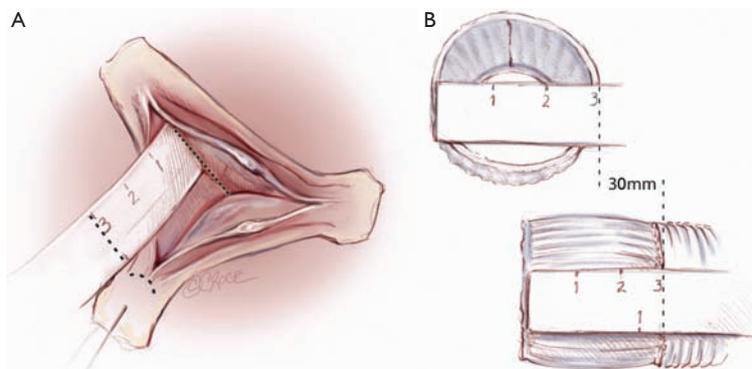
Au niveau des autres commissures : La position des points suit la limite de dissection. Au niveau de la commissure NC/CD, afin de préserver au maximum le système de conduction, les points sous annulaires doivent suivre la base d'implantation des feuillets, sans descendre jusqu'à la ligne horizontale passant par les nadirs d'implantation des feuillets.



G. El Khoury préconise de s'imposer une marge de 2 mm systématique entre chaque feutre et la base d'implantation des feuillets valvulaires afin de ne pas gêner leur mouvement.

Mesure et choix de la taille de la prothèse : le Sizing

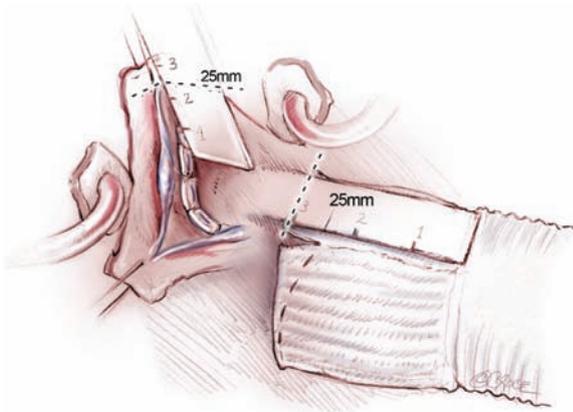
Le choix du diamètre de la prothèse vasculaire aortique est une étape clé. Initialement décrite en utilisant des prothèses vasculaires droites, des prothèses avec néo-sinus sont aujourd'hui disponibles.



Pour ces prothèses : la dimension des néo-sinus entre dans un « cube » de telle manière que le diamètre au niveau de l'anneau aortique est égal au diamètre au niveau de la JST qui est égale à la hauteur des néo-sinus⁴⁶.

En conditions physiologiques, la hauteur des commissures est une estimation du diamètre de la jonction sino-tubulaire. C'est alors la mesure de la hauteur des commissures qui déterminera la taille de la prothèse vasculaire adaptée au culot. Cette mesure a l'avantage de demeurer quasi constante lors de la dilatation annulaire dans le cadre de la maladie annulo-ectasiante⁴⁴.

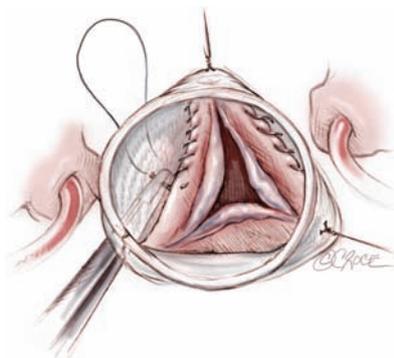
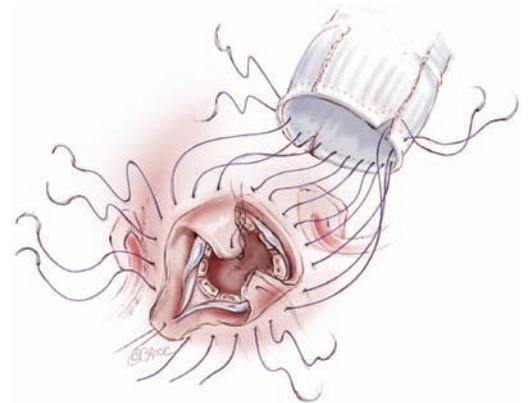
A noter : cette mesure est en réalité une légère sous-estimation du diamètre de la JST et donc du diamètre cible de l'anneau aortique. Dans le cas où la mesure ne correspond pas à une taille de prothèse commercialisée, il est judicieux de choisir la taille au-dessus.



El Khoury explique l'importance de placer l'ensemble des sommets des commissures dans le même plan correspondant à la jonction sino-tubulaire. La base de la prothèse doit alors être retaillée afin de s'adapter au mieux aux limites de dissection. Ceci permet également de descendre la prothèse le plus bas possible et ainsi obtenir une inclusion la plus complète⁴⁴.

Suture proximale de la prothèse

Chacun des points feutrés est passé un par un au niveau de la prothèse de dedans en dehors, en respectant bien leur répartition horaire et la hauteur de chacun de ces points. Plusieurs équipes proposent de serrer les nœuds sur une bougie de Hégar dans le tube prothétique afin de ne pas rétrécir par excès l'anneau aortique.



Les commissures sont ensuite suspendues à l'intérieur de la prothèse, en regard de la jonction sino-tubulaire. Cette hauteur peut être adaptée de telle manière à obtenir la coaptation valvulaire la plus parfaite possible. Un surjet de Prolène 5/0 ou 4/0 est ensuite réalisé entre la collerette de paroi aortique restante et la prothèse.

Évaluer l'étanchéité de la valve aortique : le testing valvulaire

Plusieurs tests existent pour évaluer la continence de la valve aortique.

- L'évaluation de la continence valvulaire aortique peut être réalisée dans un premier temps à basse pression en remplissant le culot aortique prothétique de sérum physiologique. Cela permet, par transparence, d'étudier le positionnement de chacun des feuillets. Le maintien du niveau de sérum au sein du culot est un bon indicateur de la continence valvulaire.
- G. El Khoury propose d'injecter, à l'aide d'une seringue, du sérum à l'intérieur du culot aortique afin de positionner sous haute pression chacun des feuillets. Il faut ensuite vider le culot et ouvrir la prothèse. Nous pouvons alors observer le positionnement de chacun des feuillets et ainsi démasquer un éventuel prolapsus ou un défaut de coaptation.
- L'évaluation de la continence peut être également réalisée à haute pression en continu. Elle consiste à injecter (par la ligne de cardioplégie par exemple) du sérum ou du sang à l'intérieur du culot aortique prothétique et en prenant soin d'assurer une étanchéité distale. Le maintien d'une pression dans le culot aortique, évaluée par palpation bi digitale, est alors un bon indicateur de la continence valvulaire. L'équipe de Ikeno et al. propose de monitorer cette pression à l'intérieur du culot afin d'obtenir une évaluation objective⁴⁷. Ils retrouvent un seuil à 10 mmHg de pression à l'intérieur du culot aortique comme prédicteur d'insuffisance aortique au moins modérée post-déclampage.

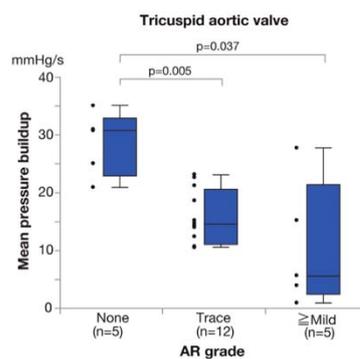
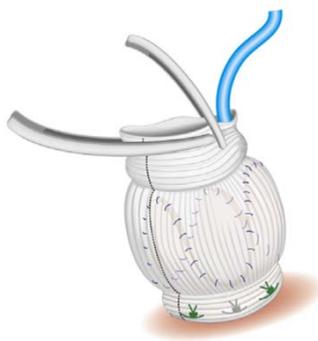
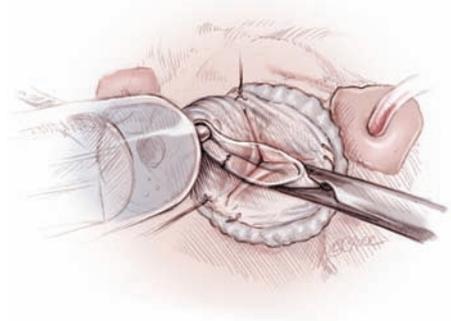


FIGURE 24 Monitorage de la pression à l'intérieur du culot aortique
Ikeno, *J Thorac Cardiovasc Surg* (2018)

- Miyahara et al. ont essayé de filmer en peropératoire la continence valvulaire à l'aide d'une caméra à l'intérieur du ventricule gauche. Celle-ci introduite par la veine pulmonaire supérieure droite dans l'oreillette gauche puis le ventricule gauche. Après mise sous pression du culot de la prothèse implantée, la caméra permet de visualiser la continence

de la valve aortique. Il est alors possible d'évaluer l'importance d'une éventuelle fuite, ainsi que la direction du jet. La correspondance entre la continence évaluée par caméra et celle évaluée par ETO après déclampage aortique est acceptable car limitée à des grade $\frac{1}{4}$ (5 IA de grade $\frac{1}{4}$ sont passées inaperçues à la caméra, sur 29 patients)⁴⁸.

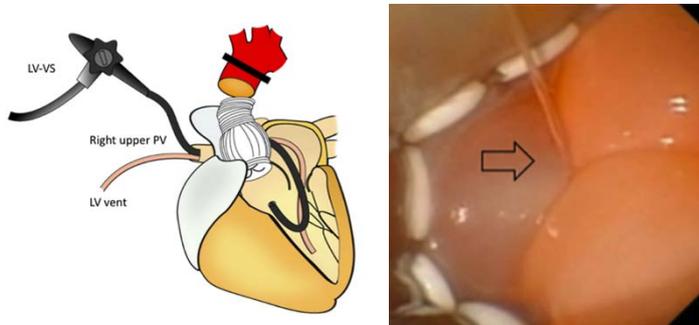


FIGURE 25 Évaluation de la continence valvulaire aortique sous vidéo-scopie intra-ventricule gauche

Dispositif placé dans la veine pulmonaire supérieur droite (image de gauche) – Image de la valve aortique, face intra-ventriculaire (image de droit)

Miyahara, J Thorac Cardiovasc Surg (2017)

L'examen direct de la valve aortique, associé aux différentes méthodes d'évaluation de sa continence, peut inciter à la réalisation de geste de valvuloplastie. Ces gestes doivent être réalisés après le geste d'annuloplastie, et donc après l'implantation de la prothèse vasculaire.

Valvuloplastie aortique¹²

J. Vanoverschelde et al. ont démontré l'importance de coaptation valvulaire dans les résultats de l'intervention de David. L'absence de prolapsus valvulaire résiduel et une surface de coaptation sont déterminants dans le risque de survenue d'une IA à long terme. L'évaluation de ces deux paramètres peut être effectuée en peropératoire, par le chirurgien et après déclampage aortique, par ETO²⁴.

En peropératoire, la recherche d'un prolapsus est réalisée en comparant le positionnement de chacun des feuillets par rapport aux feuillets adjacents. La hauteur de coaptation quant à elle peut être évaluée en mesurant la hauteur effective de coaptation à l'aide d'un Calliper aortique [FIGURE 26].

Afin de limiter le risque d'IA au long terme, les critères à respecter sont^{8,38} :

- Une hauteur de coaptation (cH et i) ≥ 4 mm
- Une hauteur effective (eH et h) > 9 mm
- Les trois feuillets positionnés dans le même plan (absence de prolapsus)

Avec cH ; i ; eH et h les hauteurs schématisées au niveau des **FIGURE 26-30**.

La présence d'une hauteur de coaptation (cH et i) ≥ 4 mm est directement liée à l'apparition d'une récurrence d'IA au long terme, avec une sensibilité de 85% et une spécificité de 89%²⁴.

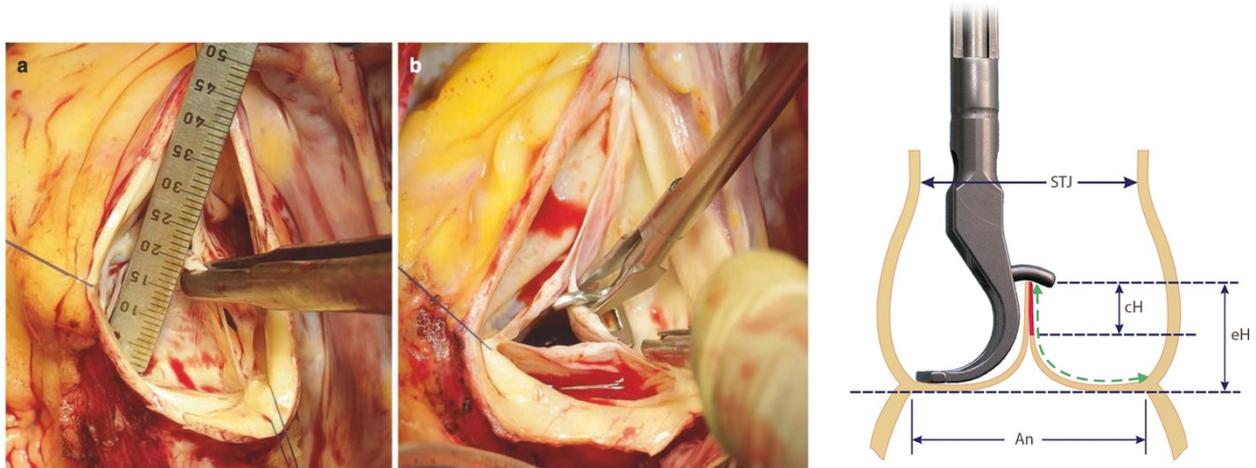
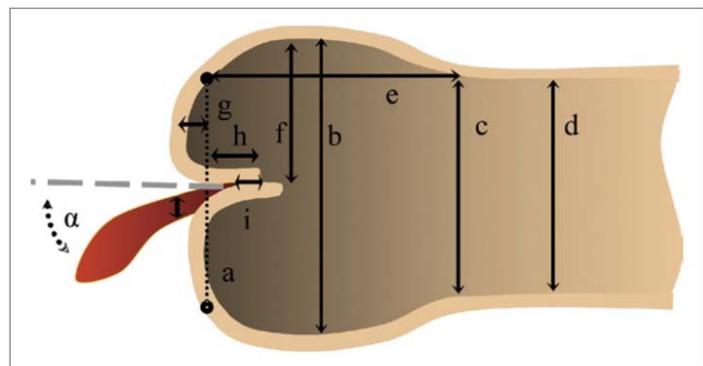


FIGURE 26 Mesure de la hauteur géométrique des feuillets (a) et de la hauteur effective, par un pied à Calliper (b) - STJ, Jonction Sino-Tubulaire ; cH, Hauteur de coaptation (ligne rouge) ; eH, Hauteur effective ; An, Anneau ; Hauteur géométrique, ligne verte en pointillé. *Vojacek, Cor et Vasa (2017) et Aortic Regurgitation (2018)*

Ces mêmes mesures peuvent ensuite être confirmées en ETO, une fois le culot aortique en charge [ERREUR ! SOURCE DU RENVOI INTROUVABLE.].

FIGURE 27 Mesures de la coaptation des feuillets aortiques par ETO – a, anneau aortique ; b, sinus de Valsalva ; c, jonction sino-tubulaire ; d, aorte ascendante ; e, hauteur du sinus de Valsalva ; f, distance entre les extrémités de coaptations des feuillets et la paroi aortique ; g, distance entre l'anneau aortique et le nadir du feuillet le plus bas = prolapsus valvulaire ; h, distance entre l'extrémité de coaptation des feuillets et l'anneau aortique = hauteur coaptation relative du feuillet ; i, hauteur de coaptation ; α , angle entre le jet de régurgitant et la voie d'éjection du ventricule gauche.



Le Polain de Waroux, JACC Cardiovasc Imaging (2009)

En cas de défaut de coaptation ou d'asymétrie des feuillets, un ou plusieurs gestes de valvuloplastie aortique peuvent être réalisés :

Plicature du bord libre

Ce geste consiste à réaliser un repli au niveau du nodus d'Arantius, fixé à l'aide d'un point de prolène, permettant de raccourcir la longueur du bord libre du feuillet valvulaire. Le bord libre étant fixé de part et d'autre aux commissures, cette réduction de taille va permettre de retendre le bord libre et ainsi ré-ascensionner le feuillet [FIGURE 28-32].

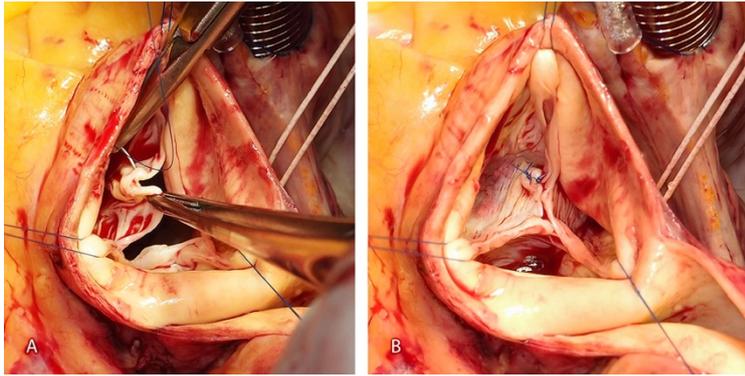


FIGURE 28 Plicature du bord libre. (A) Plicature au niveau du nodus d'Arantius à l'aide d'un point de prolène. (B) Résultat après plicature
Vojacek, Aortic Regurgitation (2018)

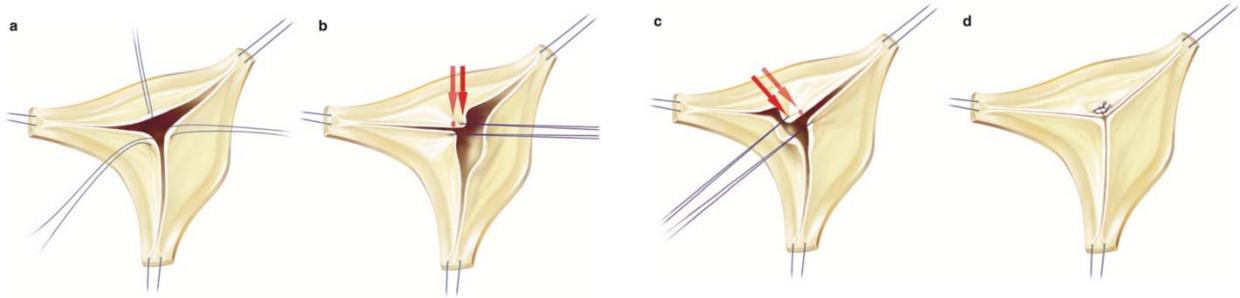


FIGURE 29 Mise en évidence d'un excès de longueur au niveau d'un des feuillets (a.b.c.) et correction par une plicature du bord libre (d)
Vojacek, Aortic Regurgitation (2018)

Renforcement du bord libre par un surjet de fil de Gore®

L'objectif ici est de retendre le bord libre du feuillet valvulaire afin de l'ascensionner. Le surjet est passé sur tout le bord libre et fixé de chaque côté au niveau des commissures. Sa tension est alors adaptée au degré d'ascension voulu. Ce surjet peut également être utilisé pour fermer une fenestration.



FIGURE 30 Renforcement du bord libre
Vojacek, Aortic Regurgitation (2018)

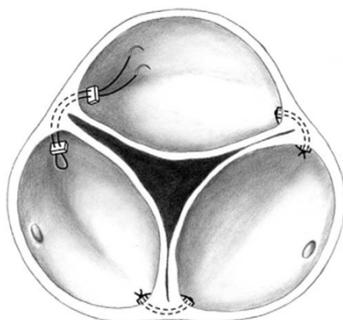


FIGURE 31 Re-suspension des commissures, ici par des points feutrés
Carr, Eur J Cardiothorac Surg (2004)

Re-suspension d'une commissure :

En utilisant le même principe que la plicature du bord libre, les points de repli sont ici placés au niveau de l'une des commissures. La traction sur le bord libre est alors non symétrique, dirigée principalement du côté de la commissure choisie. Ce geste peut en revanche être réalisé au niveau des deux commissures d'un même feuillet.

Décalcification et Amincissement :

Lorsqu'il existe des calcifications au niveau des feuillets valvulaires mais que la valve est jugée conservable, il est possible de retirer ces calcifications. La difficulté est de libérer un plan entre la calcification et le feuillet, avec alors un risque de perforation. La libération d'une calcification permet d'apporter de la souplesse au feuillet et ainsi améliorer la qualité de ses mouvements d'ouverture / fermeture et la coaptation valvulaire.

Lorsqu'un feuillet est jugé trop rigide en lien avec un épaissement anormal, il est possible de réaliser un amincissement de celui-ci. Le risque de perforation est là-encore à ne pas négliger.

Valvuloplastie par patch :

Lors d'une perforation ou fenestration sans possibilité de fermeture directe, un patch de péricarde (péricarde bovin) peut être interposé. A l'inverse, un patch peut également être rajouté à un feuillet rétracté afin de rétablir une longueur fonctionnelle.

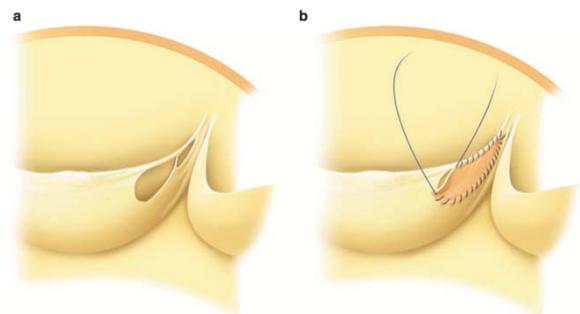


FIGURE 32 Valvuloplastie par patch refermant une perte de substance valvulaire - Vojacek, *Aortic Regurgitation* (2018)

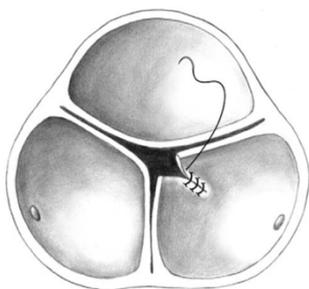


FIGURE 33 Résection triangulaire
Carr, *Eur J Cardiothorac Surg* (2004)

Résection valvulaire :

Lorsqu'il existe un excès de tissu, il est possible de réaliser une résection d'une partie du feuillet. Une résection triangulaire au niveau du bord libre permet également de corriger un prolapsus.

El Khoury et al. ont associé à chaque type d'insuffisance aortique, les gestes de valvuloplastie généralement réalisés. Pour les IA de type 1, l'annuloplastie par la prothèse vasculaire est en théorie suffisante, bien qu'un prolapsus puisse être démasqué en peropératoire. Les type 2 peuvent nécessiter la réalisation d'une résection triangulaire, une plicature du bord libre, ou une re-suspension des commissures. Les IA de type 3 peuvent quant à elles être corrigées par décalcification, résection valvulaire, plastie d'agrandissement par patch ou amincissement²⁴.

Dans la série rapportée par Tamer (303 patients ayant une valve aortique tricuspide, avec un taux de valvuloplastie de 55.4%, n=168), les gestes de valvuloplastie sont majoritairement réalisés au dépend du feuillet coronaire droit (45,2%, n=137) par rapport au coronaire gauche (27,4%, n=83) ou non coronaire (20,5%, n=62). De plus, les gestes de valvuloplastie se limitent dans la plupart du temps à un seul des trois feuillets (49%, n=83)³⁸.

Les grandes séries publiées rapportent un taux moyen de valvuloplastie allant de 6,4% pour la série de De Paulis³⁶, à 72,7% dans la série de Mastrobuoni³⁵. La nécessité d'une valvuloplastie n'est pas toujours corrélée à la présence d'une IA préopératoire. Pour ces deux séries, nous retrouvons par exemple des taux d'IA préopératoire ≥ 2 comparables, 60% et 66% respectivement. Ceci est en parti lié à l'apparition potentielle de prolapsus valvulaire après annuloplastie. En effet, la réduction de taille de l'anneau aortique par la prothèse vasculaire rapproche les feuillets valvulaires. Un feuillet, étendu par une dilatation chronique de l'anneau, peut alors tomber au-dessous du plan de l'anneau après resserrement de l'anneau⁴⁹.

Enfin, la réalisation de geste de valvuloplastie est un facteur de risque indépendant de sténose aortique au long terme avec un risque potentiellement multiplié par six⁵⁰.

3.5.1. Résultats de la technique de Tirone David

Le **TABLEAU 3** reprend les résultats des six grandes séries publiées à propos de l'intervention de David. Il est important de noter que 5 de ces 6 séries proviennent de seulement 3 centres. Les mêmes patients apparaissent alors dans plusieurs de ces publications. Chacun de ces résultats ont pu être commentés et comparés à ceux obtenus avec la série AORTLANTIC (se reporter à la discussion dans l'article, présent à la fin de ce travail).

Le **TABLEAU 4** regroupe l'ensemble des résultats des publications s'intéressant aux facteurs de risque d'échec ou de réussite de l'intervention de David, en termes de mortalité, de survie sans réintervention et de survie dans IA de grade ≥ 2 .

	AORTLANTIC	David et al. (2017)	David et al. (2014)	Mastrobuoni et al. (2018)	Tamer et al. (2020)	R. De Paulis et al. (2016)	Kari et al. (2016)
Années d'étude	2004 - 2020	1989 - 2012	1988 - 2010	1997 - 2017	1998 - 2018	2000 - 2014	1994 - 2014
Population	N = 514	N = 333	N = 371	N = 440	N = 303	N = 124	N = 1015
Particularité			296 reimplantation 75 remodeling	139 AAA isolé 212 AAA + IA 76 IA isolée	10% de Redux de Ross		86% reimplantation (tubes droits) 14% remodeling
Age	53 ± 15,2	46 ± 5	47 ± 15	49 ± 15	53 ± 15	53 ± 13,7	53 ± 16
Marfan et autres pathologies du TC	16,5 (85)	38,4 (128)	35,5 (131)	8 (34)	13,9 (42)	16,9 (21)	17 (174)
Bicuspidie aortique	7,4 (37)	13,5% (45)	9,2 (34)	41,5% (177)	0	12,1% (15)	16% (163)
Diamètre préop. Valvula	51,5 ± 7,6	55 ± 4	55 ± 4	-	48 ± 7,5	50,3 ± 4,1	-
Diamètre préop. Aorte Ascendante	46,9 ± 11,4	-	-	-	42,7 ± 10,2	46,24 ± 7,7	-
Dissection aortique aiguë	11,3 (58)	8,4 (28)	7,2 (28)	2,9 (13)	4,3 (13)	5,6 (7)	14 (143)
IA préop ≥ 2	65,0 (334)	43,2 (144)	49,3 (166)	65,5 (288)	66,3 (201)	60,1 (75)	27% de grade 1
Prothèse vasculaire	Valsa. 85,6 (403) Droite 14,4 (68)	Valsa : 35,1 (117)	Droite	Valsalva majoritaires	Droite : 18 (55) Valsa : 82 (248)	Valsalva	Droite
Durée Clampage	163 ± 43	118 ± 28	117 ± 27	-	127 ± 29	108 ± 20	-
Durée CEC	199 ± 62	142 ± 33	141 ± 32	-	155 ± 40	128 ± 30	-
Valvuloplastie	17,8% (n.89)	Plicature bord libre 39,3 (139) Renfo. Bord libre 22,2 (74)	Plicature bord libre 37,8 (111) Renfo. Bord libre 24,2 (71)	72,7 (320)	55,4 (168)	6,4 (8)	28 (288)
Pacemaker permanent	4,3 (22)	1,5 (5)	1,3 (5)	4,9 (21)	-	0	-
AVC	1,9 (10)	2,4 (8)	0,5 (2)	-	-	0,8 (1)	-
Mortalité hospitalière	1,9% (n.10)	1,2 (n=4)	1,1 (n=4)	0,7% (n.3)	1% (n.3)	1,6% (n.2)	2
Durée du suivi moyen (années)		10,3 ± 6,8	8,9 ± 5,2	5 (Iq 2-8,5)	6,12	5,25	5,2 ± 3,9

Survie sans Insuffisance aortique modérée ou sévère, ≥ 2

Sortie d'hospit.	93	-	99,7 (1 an)	1,1*	93,7	-	Pas de données de suivi ETT
À 5 ans	/	5,2*	99,6	-	81,2	94,1	
À 10 ans	/	7,9*	93,2	14*	70,4	87,1	

Survie sans réintervention

À 5 ans	/	-	99,7	96,5	95	95,4	90 à 8 ans
À 10 ans	/	96,9	97,0	89,6	90	90,1	

Mortalité / Survie au long cours

À 5 ans	/	mort. ou réop. 8,7%	94,6	95,2	92,2 %	94,4 %	95 à 8 ans
À 10 ans	/	mort. ou réop. 14,2%	89,0	79,8	75 %	90,5 %	

Endocardite infectieuse (EI) aortique	/	0,3 (1)	0,5 (2)	0,4 (5)	1,7(5) réopérés pour EI	0,8 (1)	98% de survie sans infection dont EI (à 8 ans)
--	---	---------	---------	---------	-------------------------	---------	--

TABLEAU 3 Comparaison des données dans la littérature

Moyenne ± SD - % (n) - AAA : Anévrisme de l'Aorte Ascendante - IA : Insuffisance Aortique - TC : Tissus Conjonctif - préop. : Préopératoire - Valsalva / Valsa : Prothèse avec néo-sinus de valsalva - CEC : Circulation Extra-Corporelle - Renfo. Bord libre : Renforcement du bord libre par un surjet de Gore - Sortie d'hospit. : Sortie d'hospitalisation - Survie : % de survie sans l'évènement - * pourcentage de présence de l'évènement - mort. ou réop. : - Survie sans mortalité ou réopératioon

	Facteurs de risque de mortalité	Facteurs de risque de réintervention	Facteurs de risque d'insuffisance aortique ≥ 2 (>2)
Significatif	<ul style="list-style-type: none"> Dissection aortique A : HR 5,28 - G : OR 3,6 - H : HR 2,18 IA préopératoire > 2 F : HR 4,02 - H : HR 2,18 NYHA préop A : HR 1,62 - G : OR 1,5 Age A : HR 1,05 - G : OR 1,03 - H : HR 1,41 Diamètre maximal de l'anévrisme G : OR 1,03 FEVG préopératoire altérée H : HR 1,84 	<ul style="list-style-type: none"> IA postopératoire ≥ 2 E : OR 3,5 Syndrome de Marfan** E : OR 0,39* HTA E : OR 0,55* Expérience du chirurgien E : OR 0,80* Age E : OR 0,96* 	<p>Caractéristiques préopératoires :</p> <ul style="list-style-type: none"> FEVG préopératoire < 50% C : HR 4,02 Diamètre du culot aortique ≥ 55 mm** F : HR 3,4 IA préopératoire > 2** A : HR 2,29 Redux** A : HR 2,22 DTDVG préopératoire C : HR 1,09 IA préopératoire de type 3 : D Age : D Syndrome de Marfan : D** <p>Caractéristiques postopératoires :</p> <ul style="list-style-type: none"> IA résiduelle ≥ 2 B (24,9) - C (3,84) - D (5,3) - I (19,9) Prolapsus résiduel D : HR 7,9 Hauteur effective (eH et h) < 9 mm B : HR 5,1 Diamètre de l'anneau aortique postopératoire** D : HR 1,18 Hauteur de coaptation (cH et i) < 4 mm D : HR 0,8 si ≥ 4mm Jet d'IA résiduel excentrique (D) Valvuloplastie : I (21,1)
Non significatifs	<ul style="list-style-type: none"> Bicuspidie : F Syndrome de Marfan : F 	<ul style="list-style-type: none"> Bicuspidie : F - H Syndrome de Marfan** : F - H 	<ul style="list-style-type: none"> Bicuspidie (B - F - H - I) IA préopératoire ≥ 3 (B - F - H - I)** Syndrome de Marfan (F - I)** Dissection aortique (F - I) Redux (F)** Diamètre de l'aorte à tous les niveaux (D)** Anneau aortique postopératoire ≥ 28 mm (B)** Plicature bord libre (B) Résection triangulaire (B)

TABLEAU 4 Facteurs de risque d'échec aux longs termes
A chaque fois : Lettre correspondant à la série, et Hazard Ratio (ou Odds Ratio) entre parenthèse.

*Survie dans réintervention, l'OR négatif est alors un facteur de risque d'échec.

**Facteur significatif ou non significatif selon les revues.

A : Tamer et al. 2021 – n = 303³⁸

B : Karciauskas et al. 2019 – n = 81⁵¹

C : De Kerchove et al. 2009 – n = 164⁴⁹

D : le Polain de Waroux et al. 2009 – n = 186²⁴

E : Beckmann et al. 2020 – n = 582⁵²

F : Esaki et al. 2017 – n = 282⁵⁰

G : Kari et al. 2016 – n = 1015, dont 86% intervention de David⁶

H : David et al. 2014 – n = 371, dont 80% intervention de David³⁴

I : De Paulis et al. 2016 – n = 124³⁶

Plusieurs critères ressortent significativement comme des facteurs de risque de manière variable selon les séries. Le syndrome de Marfan par exemple est parfois associé à un surrisque de récurrence d'IA ≥ 2 ou de réintervention. Ceci peut en partie être expliqué par des proportions différentes des patients atteints de la maladie de Marfan, avec pour les deux séries des résultats contradictoires en termes de réintervention (Beckmann et al. 2020 et David et al. 2014) : 18%, n=104 et 35,5%, n=131 respectivement^{34,52}.

L'IA préopératoire de type 3 (selon la classification d'El Khoury et Vanoverscheld) est un facteur indépendant d'échec à long terme²⁴. La valvuloplastie par patch est associée à un taux d'échec plus important, mais l'utilisation d'un patch est plus fréquente en cas d'IA de type 3.

La persistance d'un prolapsus et la hauteur de coaptation sont des éléments forts, prédictifs d'une dysfonction valvulaire à long terme. J-B le Polain de Waroux et al. ont étudié la survie sans IA > 2 en fonction de ces critères :

Les groupes avec persistance d'un prolapsus (Groupe 1) ou d'une IA associée avec une surface de coaptation < 4 mm (groupe3) présentent une chute significative de leur survie. A l'inverse, les patients sans prolapsus, avec IA résiduelle mais une surface de coaptation ≥ 4 mm (groupe 4) ont une courbe similaire à ceux sans prolapsus et sans IA résiduelle (groupe 2)²⁴.

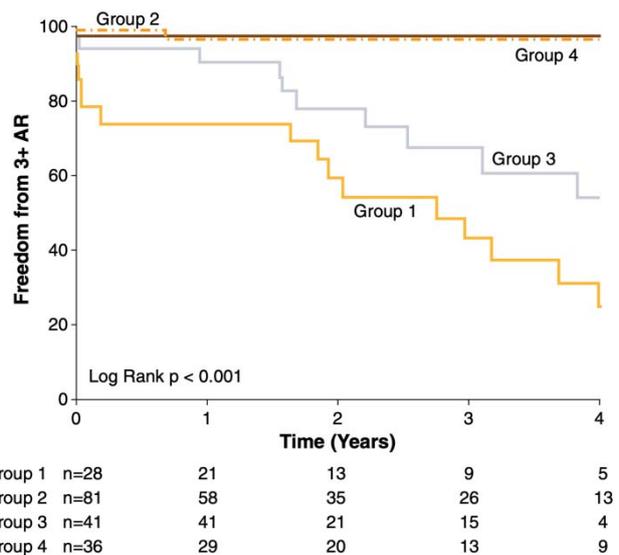


FIGURE 34 Survie à 4 ans sans IA de grade ≥ 3
le Polain de Waroux, JACC Cardiovasc Imaging (2009)

Ainsi, lors de l'évaluation de la continence valvulaire par ETO après déclampage aortique, une IA résiduelle peut perdurer. Les éléments permettant de choisir entre un nouveau geste sur la valve aortique ou la tolérance de l'IA sont principalement :

La présence de ≥ 1 critère doit motiver la réalisation d'un nouveau geste sur la valve aortique	Éléments poussant à tolérer une IA résiduelle, s'ils sont tous réunis
<ul style="list-style-type: none"> • Jet d'IA excentré* • IA de grade ≥ 2 • Prolapsus résiduel • Hauteur effective (eH et h) < 9 mm • Hauteur de coaptation (cH et i) < 4 mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Jet d'IA centré* • IA : trace ou grade 1 • Absence de Prolapsus résiduel • Hauteur effective (eH et h) ≥ 9 mm • Hauteur de coaptation (cH et i) ≥ 4 mm

* Un jet d'IA est décrit comme excentrique lorsque l'axe principal du jet forme un angle de $>45^\circ$ avec la voie de sortie du ventricule gauche. Il est central lorsque l'axe principal du jet est parallèle à celui de la voie de sortie du ventricule gauche et était dirigé vers l'apex²⁴.

3.6. Le choix de la prothèse vasculaire : Tubes droits ou Prothèses avec néo-sinus ?

A l'état physiologique, la paroi au niveau du culot aortique présente trois évaginations en regard de chacun des feuillets, les sinus de Valsalva.

La chirurgie du culot aortique selon la technique de David impose le remplacement de ces sinus par une prothèse. Lorsque cette technique fut décrite en 1992, seuls les tubes vasculaires droits étaient disponibles sur le marché. Convaincu par l'importance des néo-sinus, De Paulis et son équipe contribuent à la mise au point d'une prothèse vasculaire avec des néo-sinus en 2000 (Gelweave Valsalva, Sulzer Vascutek, Renfrewshire, Scotland)⁵³. Ces néo-sinus permettraient d'obtenir les mêmes paramètres hémodynamiques retrouvés chez le sujet sain⁵⁴. A ce jour, la majorité des chirurgiens utilise des prothèses avec néo-sinus sans réelle validation scientifique^{35,36,38}. De son côté, après une phase d'essai avec les prothèses aux néo-sinus, Tirone David continue d'utiliser des prothèses droites³⁴. La littérature rapporte une seule étude focalisée sur l'analyse comparative des deux types de prothèse, publiée par Beckmann et al. Cette étude est en faveur des prothèses droites⁵⁵. La question reste donc entière.

Plusieurs études in vitro tentent de résoudre cette problématique. L'équipe de Paulsen a mis au point 6 modèles de culot aortique avec des néo-sinus et six modèles de culot formés à partir de prothèses droites⁵⁶. Ils ont ainsi pu analyser les caractéristiques hémodynamiques de la valve aortique (valve porcine) d'une part, mais également la perfusion coronarienne. Les résultats ne mettent en évidence aucune différence hémodynamique significative (pression

dans le ventricule gauche, gradient trans-valvulaire) et aucune différence en termes de débit de perfusion coronarienne entre les 2 types de prothèses. Il existe cependant des différences en termes de déplacement radiaire des commissures (dans le plan transversal), plus important pour les prothèses avec néo-sinus. Il existe également, probablement en lien avec cette instabilité radiaire, des fuites au niveau de la valve aortique plus importantes dans le groupe des néo-sinus. L'explication proposée par cette équipe est liée au caractère sphérique des prothèses avec néosinus. En effet, si l'on s'intéresse au culot aortique en coupe transversale : les trois sinus de Valsalva physiologiques prennent une configuration en trèfle. En revanche les néo-sinus prothétiques gardent une configuration en cercle où les commissures viennent se mouler à la paroi prothétique [FIGURE 35]⁵⁶.

Si on analyse cette prothèse de manière transversale on observe une différence entre les trois sinus de Valsalva physiologique, en forme de trèfle, et les néo-sinus prothétiques, sphérique.

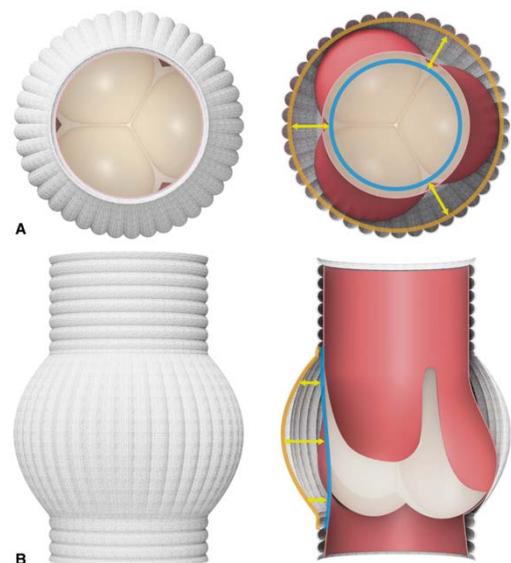


FIGURE 35 Superposition schématique d'un culot aortique physiologique et d'un culot prothétique. Les flèches mettent en évidence la différence de positionnement des commissures : Rectiligne dans le cas du culot physiologique, sphérique dans le cas du culot prothétique. A : vue transversale. B : Vue longitudinale
Paulsen, *J Thorac Cardiovasc Surg* (2019)

A partir du même raisonnement, Tadokoro et al. ont publié un cas pour lequel ils ont essayé de redonner cette configuration en trèfle au culot aortique, lors d'une intervention de David⁵⁷. C'est à l'aide de points feutrés au niveau de chacune des commissures qu'ils parviennent à reconfigurer le culot aortique [FIGURE 36]. Il s'agit seulement d'un cas, sans donnée de suivi échographique au long terme.

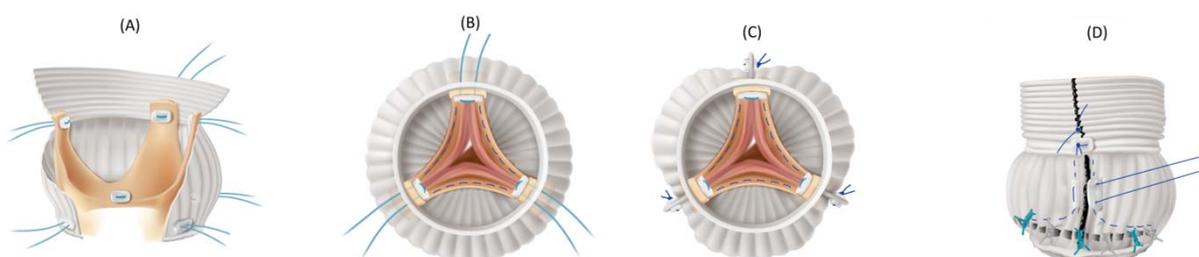
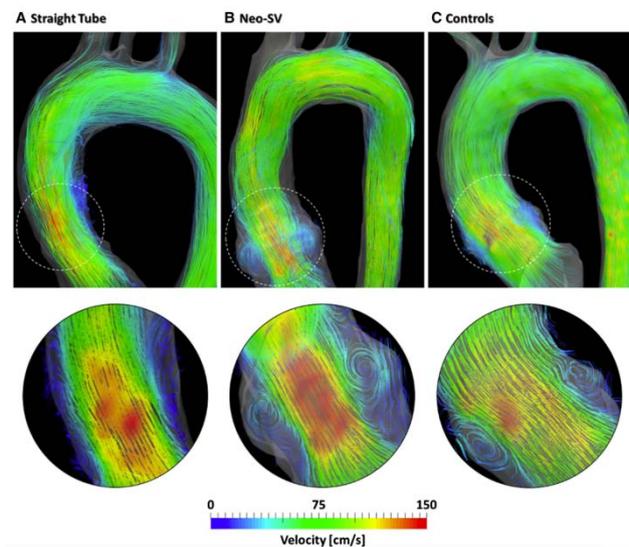


FIGURE 36 Reconfiguration du culot aortique lors d'une intervention de David - Tadokoro, *Ann Thorac Surg* (2020)

Toujours dans le but de comparer l'utilisation de prothèse droites et de prothèses avec néo-sinus, des modèles in-vivo ont été réalisés par l'équipe de De Paulis qui a étudié les flux intra-aortique en 4 dimensions, par résonance magnétique. Ils ont pu mettre en évidence la reconstitution de flux rotatoires en regard des ostia coronaires pour les prothèses avec néo-sinus [FIGURE 37]. Ces prothèses entraîneraient également de plus faibles contraintes de cisaillement sur la paroi aortique proximale (au niveau de la paroi prothétique) mais également au niveau de l'aorte distale. Ceci pouvant alors être à l'origine d'un remodelage de l'aorte distale différent en fonction du type de prothèse.

FIGURE 37 Étude des flux sanguins en quatre dimensions par résonance magnétique. Comparaison entre une chirurgie de David avec utilisation d'une prothèse vasculaire droite (groupe A), d'une prothèse vasculaire avec néo-sinus (groupe B), et un sujet sain (groupe contrôle).



Enfin, à propos de l'étude de Beckmann et al. comparant spécifiquement les deux types de prothèse, deux biais majeurs sont à relever⁵⁵ :

- Ils concluent à un taux d'IA ≥ 2 significativement plus important avec les prothèses valsalva à long terme. Or, au sein de leur cohorte, il existe déjà une différence significative en termes d'IA ≥ 2 dès la sortie d'hospitalisation. Cette étude ne peut donc pas prétendre évaluer la durabilité dans le temps de l'une au l'autre des prothèses s'il existe déjà une différence dès le début du suivi.
- Leurs résultats présentent de nombreuses données manquantes. En effet, seuls 66% de leurs patients ont un suivi échographique.

Un évaluation fiable comparant les deux types de prothèse reste alors entièrement d'actualité.

3.7. Une nouvelle technique décrite par E. Lansac : CAVIAR

Pour E. Lansac, les deux techniques chirurgicales conservatrices de la valve aortique présentent chacune leurs avantages et leurs inconvénients :

- *The remodeling procedure*: Cette technique a l'avantage de conserver couple feuillet-sinus mais n'offre pas de stabilisation de l'anneau aortique.
- *The reimplantation procedure*: Cette technique offre une bonne stabilisation de l'anneau aortique mais contraint les feuillets valvulaires au sein d'un culot aortique prothétique rigide.

A partir de ces arguments, Lansac et son équipe ont mis au point une alternative : CAVIAR (*Conservative Aortic Valve surgery for aortic Insufficiency and Aneurysm of the Aortic Root*). Cette procédure est basée sur l'association entre la technique décrite par Yacoub (*remodeling procedure*) et une annuloplastie aortique externe [FIGURE 38].

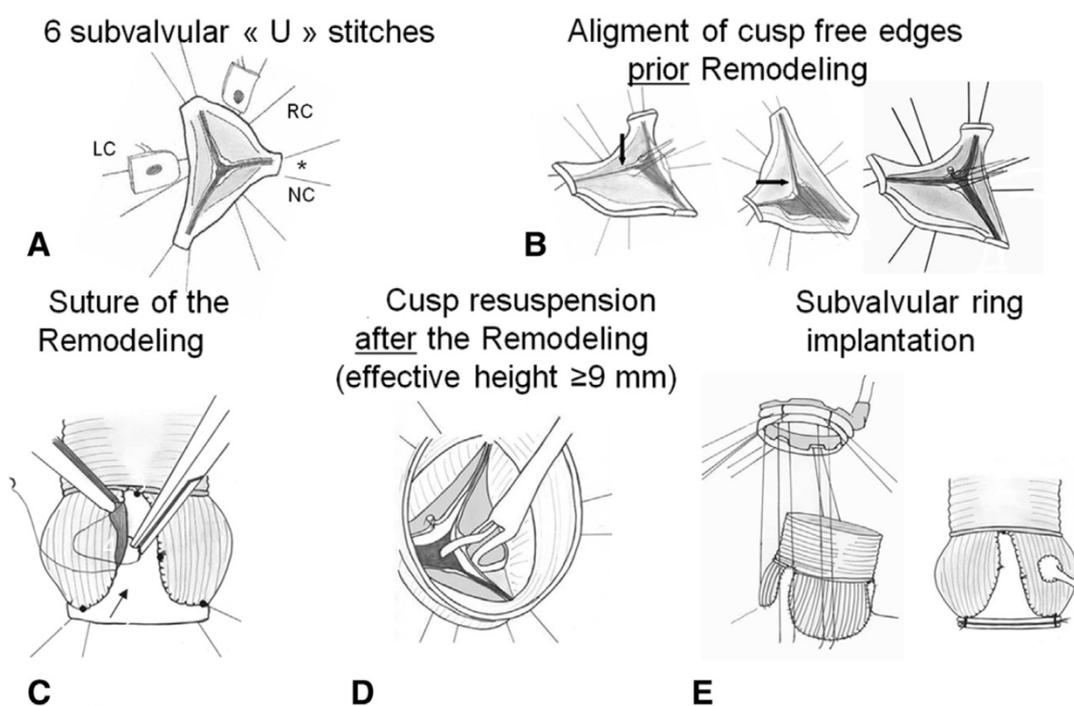


FIGURE 38 Technique CAVIAR : Mise en place de 6 points feutrés en « U » (A) ; Équilibrage des longueurs de chacun des feuillets entre eux par un geste de valvuloplastie si besoin, avant l'implantation de la prothèse (B) ; Suture proximale de la prothèse selon la technique de Yacoub (C) ; Resuspension des feuillets afin d'obtenir une hauteur effective de coaptation de ≥ 9 mm (D) ; Annuloplastie externe (E)
Lansac, J Thorac Cardiovasc Surg (2015)

Lansac et al. ont pu comparer cette stratégie avec la technique non conservatrice de Bentall à travers une étude prospective sur cohorte : 130 CAVIAAR vs 131 Bentall mécanique³⁰. Ils ne retrouvent pas de différence significative entre les deux groupes au niveau du critère composite principal per-hospitalier associant : mortalité – ré-opération – événement thromboembolique – événement hémorragique – infection – insuffisance cardiaque ; ni au niveau de la mortalité à 30 jours.

Il existe une différence en faveur de la technique CAVIAAR en termes de survenue d'événement majeur associant : mortalité rattachée au geste valvulaire, pacemaker, complication au niveau de la valve aortique dans les 30 jours (détérioration, dysfonction valvulaire, thrombose, chirurgie pour endocardite) ; sans que cette différence soit significative (3,8% vs 9,2%, $p = 0,08$ - OR, 2.52, $p=0,09$).

Les premiers résultats péri-hospitaliers jusqu'à 30 jours ont été publiés en 2015³⁰. Les deux groupes de 130 patients sont actuellement en cours de suivi afin d'obtenir des résultats à 5 et 10 ans.

Ce projet rappelle la problématique actuelle : il n'existe à ce jour pas d'étude à long terme (suivi moyen atteignant 10 ans) comparant les résultats d'un remplacement valvulaire aortique mécanique à une chirurgie conservatrice. Plusieurs études sont alors en cours :

- CAVIAAR pour la technique associant le *remodeling* et annuloplastie aortique
- AVIATOR, rassemblant l'ensemble des gestes composés au moins en partie d'une valvuloplastie aortique⁵⁸
- En maintenant AORTLANTIC, focalisée spécifiquement sur la technique de réimplantation décrite par David

4. Présentation du registre AORTLANTIC

C'est le souhait d'obtenir un bilan de notre expérience régionale sur la chirurgie de Tirone David qui nous a mené à rassembler l'ensemble de la cohorte des patients opérés dans les centres de chirurgie cardiaque des Hôpitaux Universitaire du Grand Ouest de la France.

Le nom AORTLANTIC, rappelant la cible de cette chirurgie, est un clin d'œil à la région grand ouest, bordée par les côtes atlantiques, et une avant-garde de la suite du projet : l'extension à un centre canadien.

Les résultats préliminaires concernant les données péri-hospitalières font ici l'objet d'une première publication. Les données de suivi seront récoltées durant l'année 2021-2022. Pour cela, des demandes de subventions ont été réalisées auprès des laboratoires produisant les différents types de prothèse vasculaire utilisées lors de cette chirurgie. Nous avons reçu le soutien de l'entreprise GETINGE et VASCUTEK. Cette aide nous permettra de financer un technicien de recherche clinique durant un an, et ainsi obtenir un suivi complet pour l'ensemble du registre.

Durant un Fellowship à Québec en 2021-2022, le registre AORTLANTIC sera étendu à la population canadienne, lui donnant ainsi une dimension internationale.

5. AORTLANTIC : Registre français sur la chirurgie du culot aortique avec conservation de la valve aortique selon la technique d'inclusion décrite par Tirone David, résultats préliminaires péri-hospitaliers à l'échelle du Grand Ouest.

5.1. Résumé

Objectifs :

La pathologie anévrysmale du culot aortique touche une population jeune, dont l'enjeu est la chirurgie conservatrice de la valve aortique. Parmi les techniques actuelles, la technique d'inclusion décrite par Tirone David présente d'excellents résultats dans la littérature. Le registre AORTLANTIC a pour but d'étudier à court et long terme cette intervention en France de façon multicentrique. L'objectif de cette première étude est d'évaluer les résultats hospitaliers du registre.

Matériel et méthode :

Il s'agit d'un recueil rétrospectif entre le 01 janvier 2004 et le 31 décembre 2020, réalisé en France, au sein de 6 hôpitaux du Grand Ouest. L'ensemble des données de l'étude a été enregistré dans la base de données informatique nationale de la société française de chirurgie cardiaque : EPICARD.

Résultats :

Au total, 515 patients consécutifs ont été inclus avec un âge moyen de 53 ans (médiane 56 ans ; 14 – 83 ans). Parmi eux, 16,5% (n=85) étaient porteurs d'une pathologie du tissu conjonctif, 7,4% (n=37) présentaient une bicuspide. Une insuffisance aortique préopératoire de grade ≥ 2 était présente chez 65,0% (n=334) des patients. La fraction d'éjection gauche moyenne était de 61%, le diamètre télé-diastolique moyen du ventricule gauche de 57,8mm. L'indication opératoire était une dissection aortique dans 11,5% (n=59) des cas. Un geste de valvuloplastie a été associé chez 17,7% des patients (n= 89). À la sortie d'hospitalisation, 92,8% (n=454) ne présentaient pas d'insuffisance aortique, ou de grade 1/4. Le taux d'accident vasculaire cérébral était de 1,9% (n=10). La mortalité intra-hospitalière était de 1,9 %.

Conclusion :

Le registre AORTLANTIC regroupe 6 centres du Grand Ouest avec plus de 500 patients. Malgré de nombreux cas complexes (dissections aiguës, bicuspidies, insuffisance aortique préopératoire), cette intervention présente une faible mortalité intra-hospitalière. Ces premiers résultats encourageants incitent à proposer cette technique opératoire de manière plus fréquente, même en cas de chirurgie difficile. Ils devront être validés par les données de suivi à long terme.

Abréviations

CCVA : Chirurgie du culot aortique avec Conservation de la Valve Aortique

CEC : Circulation extracorporelle

DAA : Dissection aortique aiguës

DTDVG : Diamètre Télé-Diastolique du Ventriculaire Gauche

ETO : Échographie Trans-Oesophagienne

FEVG : Fraction d'Éjection du Ventricule Gauche

IA : Insuffisance Aortique

5.2. Introduction

La pathologie de l'anévrisme aortique est une maladie silencieuse ciblant des patients ayant des facteurs de risque cardiovasculaires ou des patients plus jeunes, ayant une atteinte du tissu conjonctif, comme dans la maladie de Marfan. Elle peut évoluer vers une complication grave, la dissection aortique, avec une mortalité hospitalière élevée, estimée à 57% dans certaines études². Initialement, le traitement chirurgical des anévrismes de la racine aortique consistait à remplacer l'aorte ascendante et la valve aortique par une valve prothétique. Le défi de la chirurgie du culot aortique actuelle est d'assurer la conservation de la valve aortique en assurant un remplacement complet de la racine de la paroi aortique tout en préservant la valve aortique native. Les techniques conservatrices ont été décrites en 1983 par Magdi Yacoub⁴ : *the remodeling procedure*; puis en 1992 par Tirone David⁵ : *the reimplantation procedure*. La technique chirurgicale décrite par T. David est actuellement très répandue.

A ce jour, les résultats à long terme de la technique conservatrice décrite par David sont basés quasi-exclusivement sur des études monocentriques réalisées par les trois centres piliers de cette chirurgie : T. David à Toronto (n=333), suivi moyen de 10 ans³⁷ ; De Paulis à Rome (n=124), suivi moyen de 5 ans³⁶ ; et El Khoury à Bruxelles (n=440 et 303), suivi moyen de 5 et 6 ans^{35,38}. D'autres cohortes de plus de 200 patients ont également été publiées mais elles mélangeaient plusieurs techniques (*remodelage* et *reimplantation*) et/ou avaient une période de suivi ne dépassant pas 5 ans^{34,6,9,8,7}. Le registre français AORTLANTIC est la première évaluation centrée sur la technique de David, multicentrique française à grande échelle, avec un suivi rétrospectif à long terme potentiellement supérieur à 5 ans.

L'objectif de cette première publication est d'évaluer les résultats péri-hospitaliers du registre AORTLANTIC. Les données à long terme seront collectées en 2021 - 2022. Les résultats définitifs seront disponibles fin 2022 et feront l'objet d'une nouvelle publication.

5.3. Matériel et méthode

Patients

Entre 2004 et 2020, 514 patients consécutifs ont été opérés d'une chirurgie du culot aortique avec conservation de la valve aortique (CCVA) dans les 6 centres appartenant au groupe HUGO (Hôpitaux Universitaires du Grand Ouest), qui est un réseau de centres hospitaliers universitaires collaborant dans les soins, l'enseignement et la recherche [TABLEAU A].

Technique chirurgicale

Tous les patients ont été opérés selon la technique d'inclusion décrite par David⁵ et El Khoury en 2013⁴⁴. La technique de cardioplégie et le choix de la prothèse vasculaire (prothèse droite ou prothèse avec des néo-sinus de valsalva) étaient laissés à la discrétion de l'opérateur.

Critères d'inclusion

Tous les patients ayant subi une CCVA selon la technique de David, entre le 1er janvier 2004 et le 31 décembre 2020, dans l'un des six centres de la région HUGO (Nantes, Rennes, Brest,

Angers, Tours (2 centres)) ont été inclus dans le registre. Les patients ayant été opérés d'une chirurgie conservatrice selon la technique de Yacoub n'ont pas été inclus.

Base de données

Le registre AORTLANTIC est lié à la base de données EPICARD : base de données nationale officielle de la Société Française de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire (SFCTCV), qui est complétée de manière prospective par chaque centre chirurgical. Pour le registre AORTLANTIC, les données manquantes ont été complétées rétrospectivement par les médecins et des techniciens de recherche clinique à partir des dossiers médicaux des patients et des bases de données informatiques de chaque centre.

Ce registre a reçu l'approbation du comité GNES (Groupe Nantais d'Éthique dans le Domaine de la Santé), comité d'éthique ayant reçu la délégation de la CNIL (Commission nationale de l'informatique et des libertés) pour l'approbation des projets scientifiques conduits par le centre hospitalier de Nantes.

Analyses statistiques

Les variables continues présentant une distribution normale sont exprimées sous forme de moyenne \pm écart types (SD), le test statistique utilisé pour comparer les moyennes de chaque groupe est le test de Student (t-Test). Les données qui ne présentaient pas une distribution normale sont exprimées sous forme de médiane \pm intervalle inter-quartile (IQR). Les variables binaires sont exprimées en pourcentage avec leur effectif. Le test statistique utilisé pour comparer les pourcentages de chaque groupe est le test du Chi-2. Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Wizard version 1.9.48 (277).

5.4. Résultats

Préopératoire

Les caractéristiques des patients sont rapportées dans le [TABLEAU B]. L'âge moyen de la cohorte était de $53,1 \pm 15,2$ ans (extrêmes, 14 à 83 ans) et 81 % de la population étaient des hommes (n=417). Plus de la moitié des patients souffrait d'hypertension artérielle (n=288). Les patients présentant une pathologie du tissu conjonctif, dont la maladie de Marfan,

représentaient 16,5 % de la cohorte (n=85). Douze patients (2,3 %) avaient déjà subi une chirurgie cardiaque. Selon la classification NYHA (New York Heart Association), 55,1 % des patients étaient classés NYHA I (n=283) et 31,7 % NYHA II (n=163). Cinquante-huit (11,3 %) patients opérés pour une dissection aortique aiguë (DAA) de type A selon la classification de Stanford ont été inclus.

Une insuffisance aortique (IA) préopératoire ≥ 2 était décrite chez 65,0 % (n=334) des patients. Une valve aortique bicuspidale a été retrouvée chez 37 patients (7,4%). Parmi ces 37 patients, 24 (64,8 %) ne présentaient pas d'IA significative.

Périopératoire

Les données périopératoires sont rapportées dans le [TABLEAU C]. Des prothèses vasculaires avec néo-sinus ont été utilisées dans 85,6 % (n=403) des cas, notamment la prothèse Gelweave (VASCUTEK Ltd., Renfrewshire, Écosse, Royaume-Uni) dans 71,1 % (n=337) et Cardioroot (MAQUET Cardiovascular LLC, États-Unis) dans 13,9 % (n=66). Les trois tailles de prothèse vasculaire les plus utilisées étaient 28 (30,5 %, n=153), 30 (29,5 %, n=148) et 32 (26,3 %, n=132).

Une valvuloplastie aortique a été effectuée chez 94 patients (18,8 %). Ce geste consistait en une plicature du bord libre d'un ou plusieurs feuillets dans 66 % des cas (n=62), une resuspension des commissures dans 21,3 % des cas (n=20), un surjet au niveau du bord libre à l'aide d'un fil de Gore dans 6,4 % des cas (n=6), une résection valvulaire dans 3,2 % des cas (n=3), une décalcification dans 2,1 % des cas (n=2) et une reconstruction par patch dans 1,1 % des cas (n=1). Chez 14 patients (2,9 %), en raison de la persistance d'une IA, un second clampage aortique a été nécessaire afin de réaliser un nouveau geste de valvuloplastie. Chez les 37 patients présentant une valve aortique bicuspidale, une plastie valvulaire a été effectuée dans 45,9 % des cas (n=17).

La CCVA a été réalisée de manière isolée chez 318 patients (61,7 %). La durée moyenne de circulation extracorporelle (CEC) et de clampage aortique était de 199 ± 62 et 163 ± 43 minutes, respectivement.

Postopératoire

Les données postopératoires sont rapportées dans le [TABLEAU D]. Les patients ont présenté les complications postopératoires suivantes : une tamponnade péricardique, 11,3 % (n=58) ;

un arrêt cardiorespiratoire, 1,4 % (n=7) ; une insuffisance rénale aiguë avec nécessité d'au moins une séance d'hémodialyse, 3,9 % (n=20) ; une durée de ventilation mécanique \geq 24 heures, 8,9% (n=46) ; une infection broncho-pulmonaire, 8,6% (n=44) ; une médiastinite, 2,1% (n=11) ; un infarctus mésentérique 0,4% (n = 2) ; un accident vasculaire cérébral 1,9% (n=10) ; la nécessité pacemaker, 4,3% (n=22).

À la sortie d'hospitalisation, la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) moyenne était de $57 \pm 9\%$, le diamètre télédiastolique du ventriculaire gauche (DTDVG) de 52 ± 8 mm. A l'échographie de sortie, 93 % des patients (n = 453) n'avaient pas d'IA ou une IA de grade 1. Sur les 34 patients avec une IA de grade 2, 74 % (n = 23) présentaient un jet excentrique. Aucun patient ne présentait d'IA de grade 3 ou 4 à la sortie d'hospitalisation. Le gradient aortique transvalvulaire moyen à la sortie d'hospitalisation était de 6 ± 4 mmHg.

Dix patients (1,9 %) sont décédés durant l'hospitalisation. Parmi ces 10 patients, 6 ont été opérés pour une DAA.

Réintervention précoce

Sept patients (1,4 %) ont nécessité une deuxième intervention, sous CEC, avant la sortie. Parmi eux, quatre (0,8 %) ont été réopérés pour IA postopératoire de grade \geq 2. Une valve mécanique a été implantée chez 3 d'entre eux (patients de 47, 48 et 63 ans). Une bioprothèse a été implantée chez le quatrième patient (patient de 65 ans). Les trois autres patients ayant nécessité une deuxième intervention sous CEC ont été opérés pour : un pontage coronarien en urgence chez un patient opéré pour dissection aortique s'étendant au niveau de l'ostium de l'artère coronaire gauche, un remplacement de la valve mitrale, et une embolectomie chirurgicale pour embolie pulmonaire massive.

5.5. Discussion

Les données à long terme sur la chirurgie du culot aortique décrite par David, sont limitées à quelques cohortes monocentriques^{34,37,38}. Le registre AORTLANTIC propose une évaluation régionale et multicentrique française à long-terme de cette technique sous la tutelle de la SFCTCV (Société Française de Chirurgie Cardio-Thoracique).

Regroupant 6 centres de chirurgie cardiaque français d'une même région, pour un total de 514 patients, le registre AORTLANTIC représente l'une des plus importantes cohortes internationales de patients opérés selon la technique de David (*the reimplantation procedure*). Jusqu'à présent, les principales publications étudiant spécifiquement les résultats de cette technique atteignaient entre 333 et 440 patients^{35,37}. Tamer et al. ont récemment publié une cohorte de 512 patients, mais seuls les 303 patients « tricuspides » ont été inclus dans leur analyse qui a exclu les 209 patients « bicuspidés »³⁸. Une cohorte avec un plus grand effectif a été publiée par Kari et al. en 2016⁶. Elle regroupait 1015 patients issus de 4 centres allemands dont 14% ont été opérés selon la technique décrite par Yacoub (*the remodeling procedure*). Dans cette série, 86% des procédures ont été réalisées en utilisant des prothèses vasculaires droites alors que notre cohorte est caractérisée par l'emploi de prothèses vasculaires dites « Valsalva » dans 85,6% des cas (n=403), et par seulement 14,4% (n=68) de prothèses vasculaires droites.

Bien que décrite dans les années 90, la tenue d'un registre supplémentaire sur les résultats de la technique de David reste d'actualité. Les techniques de remplacement du culot aortique avec conservation de la valve connaissent un réel engouement^{30,37,38}. Elles permettent d'éviter d'utiliser des prothèses valvulaires biologiques avec leur risque de dégénérescence, ou mécaniques imposant un traitement anticoagulant. Elles s'inscrivent également dans une meilleure prise en charge des sujets jeunes atteints d'une pathologie du tissu conjonctif. Le registre AORTLANTIC rassemble une cohorte de patients d'un âge moyen de 53 ans, comparable aux autres cohortes se rapportant à l'intervention de David (de 46 à 53 ans^{6,34-38}). Ce registre regroupe 16,5% (n=85) de patients ayant une pathologie du tissu conjonctif (principalement maladie de Marfan), ce qui est comparable aux autres cohortes publiées (de 8 à 38%)^{6,34-38}. Le taux de bicuspidie est de 7,4% (n=37), apparaissant ainsi plus faible par rapport à certaines publications où le taux de bicuspidie peut atteindre 41,5% des patients^{6,34-37}. Les taux de bicuspidie sont stables dans le temps puisque évalués à 8,5% ; 8,6% et 7,6% de 2005 à 2019 dans notre registre.

Enfin, le registre AORTLANTIC rassemble 58 patients (11%) opérés pour une dissection aortique. Ce taux est plus important que dans les autres séries publiées (2,9 à 8%)³⁴⁻³⁸. Les indications pour dissection aortique sont variables selon les périodes, avec respectivement

7,2% ; 16,2% ; 7,8% ; 16,7% de dissection aortique entre 2005-09, 2010-14, 2015-19, et 2020. L'étude de Kari rapporte 14% de patients opérés pour dissection aortique, mais selon la procédure décrite par Yacoub⁶. Les publications évaluant les résultats de l'intervention de David en cas de dissections aortiques aiguës n'excèdent pas la trentaine de patients^{59,60}. Le registre AORTLANTIC est une opportunité de mieux évaluer la mortalité à long terme et le risque de réintervention de cette technique en cas de syndrome aortique aigu.

Le taux de valvuloplastie aortique dans le registre AORTLANTIC est de 19 % (n= 94). Il existe une augmentation progressive de ce taux au fil des années, reflétant une meilleure maîtrise de la procédure chirurgicale. En effet, pour les périodes de 2005-2009, 2010-2014, 2015-2019, et 2020, les taux de valvuloplastie sont respectivement de 14,4% ; 18,3% ; 20,9% ; et 24,4%. De Kerchove et al. rapportent également une augmentation de la proportion de valvuloplastie au cours des années⁴⁹.

Dans notre registre, une valvuloplastie est plus fréquemment réalisée sur les valves bicuspidées que les valves tricuspides (49,9% vs 16,9%, $p < 0,001$). Cette différence est également retrouvée dans la série de De Kerchove (91 vs 38%, $p < 0,001$)⁴⁹.

La majorité des patients inclus dans notre registre présentait une insuffisance aortique de grade ≥ 2 (65 %, n= 334), constante sur les différentes périodes de l'étude entre 2005 et 2019 (69,4% ; 67,7% ; 59,9% et 62,8 % respectivement). Ces chiffres sont proches de ceux retrouvés dans la littérature : 60,1 % pour De Paulis et al. ; 65,5% dans la cohorte belge publiée par Mastrobuoni et al. et 66,6 % dans la publication de Tamer. Ceci contraste avec un taux de valvuloplastie aortique très variable de 6,4%, 72,7% et 55,4% respectivement pour ces trois précédentes publications^{35,36,38}.

Si l'on se focalise sur les patients ayant une IA < 2 (35%, n=180), leur proportion est relativement stable sur ces périodes (69,4% ; 67,7% ; 59,9% ; 64,3% respectivement). Un geste de valvuloplastie a été réalisé dans 13,6% des cas (n=24). Tamer et al. rapportent un taux encore plus élevé avec la réalisation d'une valvuloplastie chez 36% des patients sans IA préopératoire³⁸. Dans la technique de David, l'annuloplastie aortique réalisée par la suture proximale sous annulaire de la prothèse vasculaire réduit le diamètre de l'anneau et rapproche ainsi les feuillets aortiques entre eux. Ceci peut également démasquer un prolapsus valvulaire d'un des feuillets aortiques. Cette hypothèse proposée par De Kerchove, El Khoury et Mastrobuoni peut expliquer la nécessité d'une valvuloplastie, sans IA préopératoire^{35,49}.

Concernant les patients ayant une IA préopératoire de grade 4 (12,6%, n=65), leur proportion augmente légèrement sur les mêmes périodes avec des taux de 9,3% ; 13,8% ; 13,5% et 14,3% respectivement. Chez ces patients, une valvuloplastie est réalisée dans 33% des cas (n=21). Les diamètres aortiques moyens au niveau des sinus de Valsalva et de l'aorte tubulaire sont restés inchangés sur ces mêmes périodes. Tamer et al. ne retrouvent d'ailleurs pas de lien significatif entre le diamètre aortique et la nécessité de réaliser une valvuloplastie³⁸.

Parmi les facteurs de risque d'échec à long terme de l'intervention de David, Le Polain de Waroux et al.²⁴ ont isolé deux critères discriminatifs à long termes : la persistance d'un prolapsus et la hauteur de coaptation valvulaire. Ainsi, la présence d'une IA résiduelle ≥ 2 ou d'un flux de régurgitation excentré en postopératoire représente un facteur de risque majeur d'échec à long terme et doit motiver la réalisation d'un nouveau geste de valvuloplastie. En revanche, la persistance d'une IA minime peut être acceptée à condition que le jet de régurgitation soit centré et qu'il existe une surface de coaptation valvulaire ≥ 4 mm^{24,49}. Si le registre AORTLANTIC ne compte seulement que 11 patients sans échographie trans-thoracique postopératoire (2%), les données de l'échographie trans-œsophagienne (ETO) peropératoire sont en revanche peu répertoriées.

Lors de la sortie d'hospitalisation, 93% des patients (n=453) ne présentaient pas d'IA de grade ≥ 2 . Les patients avec une IA ≥ 2 lors de la sortie, présentaient majoritairement un jet de régurgitation excentré, de manière significativement plus importante que chez les patients sortant sans IA de grade ≥ 2 (74,2% contre 36,9% ; $p < 0,001$). La littérature rapporte peu de données échographiques à la sortie d'hospitalisation. Les séries de David et Mastrobuoni rapportent respectivement 99,7 et 93,7% de patients sans IA ≥ 2 ^{34,35}. Au sein de notre registre, la réalisation d'une valvuloplastie aortique ne semble pas associée à la présence d'une résiduelle IA ≥ 2 en sortie d'hospitalisation (6,5% vs 7,3% ; $p = 0,892$).

Quatre patients (0,8%) ont eu une seconde intervention avec remplacement valvulaire aortique en post-opératoire. Ce taux reste légèrement supérieur à celui rapporté dans les séries publiées : 0-0,3%^{34,35,37,38}. Parmi ces 4 patients, un avait été opéré dans un contexte de dissection aortique. Un seul ne présentait aucune IA en préopératoire. Les autres présentaient une IA de grade 3 (n=2) ou de grade 4 (n=1). Parmi ces quatre patients, un seul patient a eu un geste de valvuloplastie aortique.

En post-opératoire immédiat, les taux de pacemaker et d'AVC sont équivalents à ceux retrouvés dans la littérature : 4,3% (n=22) vs 0 à 4,9% ; et 1,9% (n=10) vs 0,5 à 2,4% respectivement. Une reprise pour saignement a été nécessaire chez 11,3% des patients (n=58). Les séries publiées rapportent un taux similaire de 8 à 12,2%³⁵⁻³⁷ de reprises.

Bien que les résultats hospitaliers sur l'intervention de Bentall à l'échelle de grandes cohortes soient peu nombreux, les taux de complications précoces sont comparables, avec 0,7% de pacemaker⁶¹ et 1,5-2% d'AVC^{61,62}. Les taux retrouvés de reprise pour saignement sont discrètement plus faibles à 6,7-9,6% sans que cela soit significatif^{61,62}. Ainsi, malgré des durées de CEC et de clampage aortique plus courtes lors des interventions de Bentall (91 – 147 min vs 163 ±43 min de clampages aortique et 113 – 197 min vs 199 ±62 min de CEC)^{61,63}, l'intervention de David ne représente pas de sur-morbidité précoce par rapport à l'intervention de Bentall. Il faut noter que le choix entre une technique conservatrice et un remplacement valvulaire est essentiellement guidé par les caractéristiques du patient. Ainsi, les populations opérées selon la technique de David et celles opérées selon la technique de Bentall présentent des différences significatives, les rendant parfois difficilement comparables, notamment pour l'âge³⁹. Cependant, deux méta-analyses, regroupant 7313 (dont 2944 chirurgies conservatrices) et 2352 patients (dont 700 chirurgies conservatrices), ont démontré la supériorité des techniques conservatrices de la valve aortique en termes de mortalité hospitalière par rapport à l'intervention de Bentall^{40,64}.

La mortalité hospitalière de notre registre est inférieure à 2% (n=10), comparable avec celles retrouvées dans la littérature (de 0,7 à 2%^{6,34-38}). Cette mortalité atteint 10,3% pour les 58 patients opérés d'une DAA dans notre registre. Bien que d'interprétation difficile, plusieurs études ont retrouvé une surmortalité en cas d'intervention de Bentall par rapport à l'intervention de David pour le traitement des dissections aortiques : Kallenbach (n = 48 David vs. 65 Bentall, 2004), Beckman (n = 47 David vs. 72 Bentall, 2015) et Rosenblum (n = 59 David vs. 77 Bentall, 2018) avec respectivement 10,4% ; 12,8% et 3,4% de mortalité précoce en cas d'intervention de David, contre 28% ; 29% et 14,3% en cas de chirurgie de Bentall^{65,66}. En dehors du contexte de dissection aortique, le taux de mortalité précoce en cas d'intervention de Bentall reste également plus élevé : 1,5 -7%^{33,61,62,6764}.

Limitations :

Les limites de cette étude sont inhérentes aux cohortes rétrospectives, notamment sur l'exhaustivité des données. Cependant, notre registre AORTLANTIC est intégré à la base de données nationale de chirurgie cardiaque française (EPICARD), qui est remplie de manière prospective par chaque centre de chirurgie cardiaque en France. Ceci a permis de faciliter les recueils et donc de réduire considérablement le nombre de données manquantes. Le recueil, en partie prospectif, sera également un atout dans la fiabilité de nos données à long-terme.

Cette étude ne permet pas de suivre les patients pour lesquels une intervention de Bentall a été réalisée en per-procédure de T. David. Ce changement de stratégie peropératoire exclut de l'analyse les patients pour lesquels une valvuloplastie complexe aurait été un échec. D'autre part, il n'existe pas de groupe contrôle. Il aurait été nécessaire pour cela de suivre une cohorte de patients porteurs d'un anévrisme du culot aortique, sans sténose aortique, et opérés selon une intervention de Bentall.

Enfin, le manque de données ETO peropératoires ne nous permet pas de réaliser des analyses sur certains critères échographiques, importants en termes de facteur prédictif de réussite à long terme.

5.6. Conclusion :

Le registre AORTLANTIC présente des caractéristiques démographiques comparables aux grandes études publiées sur les résultats du remplacement du culot aortique avec conservation de la valve aortique selon la technique d'inclusion de Tirone David. La morbi-mortalité hospitalière de notre registre confirme que cette technique est fiable et reproductible en toute sécurité, pour des patients programmés ou opérés en urgence, quel que soit le phénotype valvulaire tricuspide ou bicuspid. L'évaluation échographique post-opératoire est excellente avec une majorité des patients sans fuite aortique.

Ces résultats précoces nécessitent d'être confirmés par une évaluation à long terme.

6. Bibliographie

1. Daily, P. O., Trueblood, H. W., Stinson, E. B., Wuerflein, R. D. & Shumway, N. E. Management of acute aortic dissections. *Ann Thorac Surg* **10**, 237–247 (1970).
2. Pape, L. A. *et al.* Presentation, Diagnosis, and Outcomes of Acute Aortic Dissection: 17-Year Trends From the International Registry of Acute Aortic Dissection. *J Am Coll Cardiol* **66**, 350–358 (2015).
3. Bentall, H. & De Bono, A. A technique for complete replacement of the ascending aorta. *Thorax* **23**, 338–339 (1968).
4. Yacoub, M. H., Fagan, A., Pillai, R. & Radley Smith, R. Results of a new valve conserving operation for treatment of aneurysms or acute dissection of the aortic root. *Journal of the American College of Cardiology* *1(2 Part 2)*, 708 (1983).
5. David, T. E. & Feindel, C. M. An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* **103**, 617–622 (1992).
6. Kari, F. A. *et al.* Survival and freedom from aortic valve-related reoperation after valve-sparing aortic root replacement in 1015 patients. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* **22**, 431–438 (2016).
7. Klotz, S. *et al.* Survival and reoperation pattern after 20 years of experience with aortic valve-sparing root replacement in patients with tricuspid and bicuspid valves. *J Thorac Cardiovasc Surg* **155**, 1403-1411.e1 (2018).
8. Kuniyama, T. *et al.* Preoperative aortic root geometry and postoperative cusp configuration primarily determine long-term outcome after valve-preserving aortic root repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* **143**, 1389–1395 (2012).
9. Kvitting, J.-P. E. *et al.* David valve-sparing aortic root replacement: equivalent mid-term outcome for different valve types with or without connective tissue disorder. *J Thorac Cardiovasc Surg* **145**, 117–126, 127.e1–5; discussion 126-127 (2013).
10. Rao, V. & David, C. M. Historical perspectives of The American Association for Thoracic Surgery: Tirone E. David. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* **153**, 741–743 (2017).
11. Lansac, E. *et al.* Le point sur La plastie aortique. *Recommandation Cœur, Diabète,*

Métabolisme CORDIAM (2018)

12. Vojacek, J., Zacek, P. & Dominik, J. Surgical Treatment of Aortic Regurgitation with Preservation of the Aortic Valve. in 205–278 (2018). doi:10.1007/978-3-319-74213-7_20.
13. Butcher, J. T. & Markwald, R. R. Valvulogenesis: the moving target. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* **362**, 1489–1503 (2007).
14. Martin, P. S. *et al.* Embryonic Development of the Bicuspid Aortic Valve. *J Cardiovasc Dev Dis* **2**, 248–272 (2015).
15. Pierpont, M. E. *et al.* Genetic basis for congenital heart defects: current knowledge: a scientific statement from the American Heart Association Congenital Cardiac Defects Committee, Council on Cardiovascular Disease in the Young: endorsed by the American Academy of Pediatrics. *Circulation* **115**, 3015–3038 (2007).
16. Huntington, K., Hunter, A. G. & Chan, K. L. A prospective study to assess the frequency of familial clustering of congenital bicuspid aortic valve. *J Am Coll Cardiol* **30**, 1809–1812 (1997).
17. Sievers, H.-H. & Schmidtke, C. A classification system for the bicuspid aortic valve from 304 surgical specimens. *J Thorac Cardiovasc Surg* **133**, 1226–1233 (2007).
18. Nkomo, V. T. *et al.* Bicuspid aortic valve associated with aortic dilatation: a community-based study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* **23**, 351–356 (2003).
19. Peshkova, I. O., Schaefer, G. & Koltsova, E. K. Atherosclerosis and aortic aneurysm - is inflammation a common denominator? *FEBS J* **283**, 1636–1652 (2016).
20. Isselbacher, E. M. Thoracic and abdominal aortic aneurysms. *Circulation* **111**, 816–828 (2005).
21. Davies, R. R. *et al.* Yearly rupture or dissection rates for thoracic aortic aneurysms: simple prediction based on size. *Ann Thorac Surg* **73**, 17–27; discussion 27-28 (2002).
22. Vahanian, A. *et al.* 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur J Cardiothorac Surg* ezab389 (2021) doi:10.1093/ejcts/ezab389.
23. Erbel, R. *et al.* 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* **35**, 2873–2926 (2014).
24. le Polain de Waroux, J.-B. *et al.* Mechanisms of recurrent aortic regurgitation after aortic valve repair: predictive value of intraoperative transesophageal echocardiography. *JACC*

Cardiovasc Imaging **2**, 931–939 (2009).

25. Baumgartner, H. *et al.* 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J* **38**, 2739–2791 (2017).
26. El Khoury, G. *et al.* Functional classification of aortic root/valve abnormalities and their correlation with etiologies and surgical procedures. *Curr Opin Cardiol* **20**, 115–121 (2005).
27. Lang, R. M. *et al.* Recommendations for Chamber Quantification: A Report from the American Society of Echocardiography’s Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, Developed in Conjunction with the European Association of Echocardiography, a Branch of the European Society of Cardiology. *Journal of the American Society of Echocardiography* **18**, 1440–1463 (2005).
28. Masson, E. Table des valeurs normales (chez l’adulte). *EM consulte* (2010).
29. Centre de Référence National Marfan et Apparentés, Filière FAVA-Multi, Maladies Vasculaires Rares avec atteinte multisystémique, Syndrome de Marfan et apparentés. *Haute Autorité de Santé* (2018)
30. Lansac, E. *et al.* Standardized approach to valve repair using an expansible aortic ring versus mechanical Bentall: early outcomes of the CAVIAAR multicentric prospective cohort study. *J Thorac Cardiovasc Surg* **149**, S37-45 (2015).
31. Piehler, J. M. & Pluth, J. R. Replacement of the ascending aorta and aortic valve with a composite graft in patients with nondisplaced coronary ostia. *Ann Thorac Surg* **33**, 406–409 (1982).
32. Cabrol, C. *et al.* Complete replacement of the ascending aorta with reimplantation of the coronary arteries: new surgical approach. *J Thorac Cardiovasc Surg* **81**, 309–315 (1981).
33. Mookhoek, A. *et al.* Bentall Procedure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Thorac Surg* **101**, 1684–1689 (2016).
34. David, T. E., Feindel, C. M., David, C. M. & Manlhiot, C. A quarter of a century of experience with aortic valve-sparing operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* **148**, 872–879; discussion 879-880 (2014).
35. Mastrobuoni, S. *et al.* Long-term experience with valve-sparing reimplantation technique for the treatment of aortic aneurysm and aortic regurgitation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **158**, 14–23 (2019).
36. De Paulis, R. *et al.* Long-term results of the valve reimplantation technique using a graft with sinuses. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **151**, 112–119 (2016).

37. David, T. E., David, C. M., Feindel, C. M. & Manlhiot, C. Reimplantation of the aortic valve at 20 years. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **153**, 232–238 (2017).
38. Tamer, S. *et al.* Two decades of valve-sparing root reimplantation in tricuspid aortic valve: impact of aortic regurgitation and cusp repair. *Eur J Cardiothorac Surg* **59**, 1069–1076 (2021).
39. Hamandi, M. *et al.* Comparison of the Bentall procedure versus valve-sparing aortic root replacement. *Proc (Bayl Univ Med Cent)* **33**, 524–528.
40. Salmasi, M. Y. *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* **29**, 911–922 (2019).
41. Yacoub, M. H. *et al.* Late results of a valve-preserving operation in patients with aneurysms of the ascending aorta and root. *J Thorac Cardiovasc Surg* **115**, 1080–1090 (1998).
42. Yacoub, M. Valve-Conserving Operation for Aortic Root Aneurysm or Dissection. *Operative Techniques in Cardiac and Thoracic Surgery* **1**, 57–67 (1996).
43. Maskell, P., Brimfield, M., Ahmed, A. & Harky, A. In patients undergoing valve-sparing aortic root replacement, is reimplantation superior to remodelling? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* **32**, 441–446 (2021).
44. de Kerchove, L., Mosala Nezhad, Z., Boodhwani, M. & El Khoury, G. How to perform valve sparing reimplantation in a tricuspid aortic valve. *Ann Cardiothorac Surg* **2**, 105–112 (2013).
45. Schäfers, H.-J., Schmied, W., Marom, G. & Aicher, D. Cusp height in aortic valves. *J Thorac Cardiovasc Surg* **146**, 269–274 (2013).
46. Terumo Aortic, Gelweave™ Valsalva, *Terumo Cardiovascular Systems Corporation. March* (2019)
47. Ikeno, Y., Tanaka, H. & Okita, Y. Intraoperative aortic root pressure study for quantitative assessment of aortic regurgitation during valve-sparing root replacement: A preliminary report. *J Thorac Cardiovasc Surg* **156**, 1399-1401.e2 (2018).
48. Miyahara, S. *et al.* Feasibility of intraoperative water testing in aortic valve repair: Direct visualization from left ventricle with a videoscope. *J Thorac Cardiovasc Surg* **154**, 24–29 (2017).
49. de Kerchove, L. *et al.* Effects of Preoperative Aortic Insufficiency on Outcome After Aortic Valve–Sparing Surgery. *Circulation* **120**, S120–S126 (2009).

50. Esaki, J. *et al.* Risk Factors for Late Aortic Valve Dysfunction After the David V Valve-Sparing Root Replacement. *Ann Thorac Surg* **104**, 1479–1487 (2017).
51. Karciauskas, D. *et al.* Long-term outcomes and predictors of recurrent aortic regurgitation after aortic valve-sparing and reconstructive cusp surgery: a single centre experience. *J Cardiothorac Surg* **14**, 194 (2019).
52. Beckmann, E. *et al.* Aortic valve-sparing root replacement (David): learning curve and impact on outcome. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* **30**, 754–761 (2020).
53. De Paulis, R. *et al.* A new aortic Dacron conduit for surgical treatment of aortic root pathology. *Ital Heart J* **1**, 457–463 (2000).
54. De Paulis, R. *et al.* Analysis of valve motion after the reimplantation type of valve-sparing procedure (David I) with a new aortic root conduit. *Ann Thorac Surg* **74**, 53–57 (2002).
55. Beckmann, E. *et al.* Comparison of Two Strategies for Aortic Valve-Sparing Root Replacement. *Ann Thorac Surg* **109**, 505–511 (2020).
56. Paulsen, M. J. *et al.* Modeling conduit choice for valve-sparing aortic root replacement on biomechanics with a 3-dimensional-printed heart simulator. *J Thorac Cardiovasc Surg* **158**, 392–403 (2019).
57. Tadokoro, N., Inoue, Y., Minatoya, K. & Matsuda, H. Morphology of Sinus of Valsalva After Aortic Valve-Sparing Root Replacement Using Valsalva Graft. *Ann Thorac Surg* **109**, e59–e62 (2020).
58. de Heer, F. *et al.* AVIATOR: An open international registry to evaluate medical and surgical outcomes of aortic valve insufficiency and ascending aorta aneurysm. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* **157**, 2202-2211.e7 (2019).
59. Tanaka, H. *et al.* Outcomes of valve-sparing root replacement in acute Type A aortic dissection. *Eur J Cardiothorac Surg* **53**, 1021–1026 (2018).
60. Aubin, H. *et al.* Valve-Sparing Aortic Root Replacement as First-Choice Strategy in Acute Type a Aortic Dissection. *Front Surg* **6**, 46 (2019).
61. Lee, H. *et al.* Clinical Outcomes of Root Reimplantation and Bentall Procedure: Propensity Score Matching Analysis. *Ann Thorac Surg* **106**, 539–547 (2018).
62. Beckerman, Z. *et al.* The evidence in a Bentall procedure with Valsalva graft: is this standard of care? *J Vis Surg* **4**, 98 (2018).
63. Gaudino, M., Lau, C., Munjal, M., Avgerinos, D. & Girardi, L. N. Contemporary outcomes of surgery for aortic root aneurysms: A propensity-matched comparison of valve-sparing and

composite valve graft replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg* **150**, 1120-1129.e1 (2015).

64. Harky, A., Fok, M., Froghi, S., Bilal, H. & Bashir, M. Valve-Sparing Aortic Root Repair Compared to Composite Aortic Root Replacement: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Heart Valve Dis* **26**, 632–638 (2017).

65. Wu, J., Huang, Y., Qiu, J., Saeed, B. & Yu, C. Is valve-sparing root replacement a safe option in acute type A aortic dissection? A systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* **29**, 766–775 (2019).

66. Rosenblum, J. M. *et al.* Durability and safety of David V valve-sparing root replacement in acute type A aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg* **157**, 14-23.e1 (2019).

67. Joo, H.-C., Chang, B.-C., Youn, Y.-N., Yoo, K.-J. & Lee, S. Clinical experience with the Bentall procedure: 28 years. *Yonsei Med J* **53**, 915–923 (2012).

Annexes

Abréviations

AAA : Anévrisme de l'aorte ascendante

ACCF/AHA : American College of Cardiology Foundation / American Heart Association

ATCD : Antécédents

CAVIAAR : Conservative Aortic Valve surgery for aortic Insufficiency and Aneurysm of the Aortic Root

CD : Coronaire Droite

CG : Coronaire Gauche

DTDVG : Diamètre télédiastolique du ventricule gauche

DTSVG : Diamètre télésystolique du ventricule gauche

ESC : European Society of Cardiology

ETT : Echographie cardiaque trans-thoracique

FEVG : Fraction d'éjection du ventricule gauche

NC : Non Coronaire

SFC : Société Française de Cardiologie

Termes anglophones :

Aortic root : Culot aortique

Basal ring : Anneau aortique

ECG-gated acquisition : Scanner synchronisé sur les contractions cardiaques

Remodeling procedure : Technique de remodelage du culot aortique, décrite par Yacoub

Reimplantation procedure : Technique de réimplantation du culot aortique, décrite par David

Tableaux

TABLEAU A : Réparation des patients du registre AORTLANTIC au sein des 6 centres

Centre	N (%)
CHU Angers	88 (17)
CHU Brest	57 (11)
CHU Nantes	177 (34)
CHU Rennes	152 (30)
CHRU Tours	12 (3)
Clinique St Gatien, Tours	28 (5)

CHU : Centre Hospitalier Universitaire – CHRU : Centre Régional Hospitalier Universitaire

TABLEAU B : Caractéristiques préopératoires, cliniques et d'imagerie.

Données préopératoires	N = 514
Age	53,1 ± 15.2
Extrêmes (min – max)	(14 – 83)
Homme	417 (81.1)
Surface cutanée (m ²)	2.0 ± 0.2
Pathologies associées	
Hypertension artérielle	288 (56.0)
Dyslipidémie	145 (28.2)
Pathologie du tissu conjonctif, Marfan	85 (16.5)
Fibrillation atriale	46 (9.0)
Diabètes	33 (6.4)
BPCO	15 (2.9)
AOMI symptomatique et/ou opérée	8 (1.6)
Pacemaker	4 (0.8)
IRC et/ou Hémodialyse	1 (0.2)
ATCD de chirurgie cardiaque	12 (2.3)
Dissection aortique de type A	58 (11.3)
Chirurgie réalisée en urgence	70 (13.6)
Classe NYHA	
I	283 (55.1)
II	163 (31.7)
III	50 (9.7)
IV	18 (3.5)
Fraction d'Éjection du Ventricule Gauche	61.2 ± 7.9
> 50%	454 (88.7)
30 – 50%	55 (10.7)
< 30%	3 (0.6)
Diamètre télé-diastolique du ventricule gauche (mm)	57.8 ± 8.2
Grade de l'insuffisance aortique	
Absente	80 (15.6)
1	100 (19.5)
2	144 (28.0)
3	125 (24.3)
4	65 (12.6)
Bicuspidie aortique	37 (7.4)
Type 0	21 (63.6)
Type 1	12 (36.4)
Insuffisance mitrale de grade ≥ 2	48 (9,3)
Diamètre des sinus de Valsalva (mm)	51.5 ± 7.6
Diamètre de l'aorte ascendantes (mm)	46.9 ± 11.4

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± écart-type ; ou en fréquence (%) – BPCO : Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive – AOMI : Artériopathie Oblitérante des Membres Inférieurs – IRC : Insuffisance Rénale Chronique – ATCD : Antécédent – NYHA : New York Heart Association

TABLEAU C : Caractéristiques périopératoires

Données périopératoires	N = 514
Diamètre de la prothèse vasculaire (mm)	30
Type de prothèse vasculaire	
Prothèse avec néo-sinus de Valsalva	403 (85.6)
• Gelweave™ (VASCUTEK)	337 (83.6)
• Cardioroot™ (MAQUET)	66 (16.4)
Prothèse droites	68 (14.4)
Valvuloplastie aortique	94 (18.8)
Plicature du bord libre	62 (66)
Resuspension des commissures	20 (21.3)
Surjet au niveau du bord libre (fil de Gore)	6 (6.4)
Résection valvulaire	3 (3.2)
Décalcification	2 (2.1)
Reconstruction par patch	1 (1.1)
Second clampage aortique pour IA persistante	14 (2.9)
Chirurgie combinée	177 (34.4)
Geste au niveau de la crosse aortique	84 (16.3)
Pontage coronarien	38 (7.4)
Procédure de Maze	26 (5.1)
Plastie de la valve mitrale	24 (4.7)
Fermeture de CIA	10 (1.9)
Plastie de la valve tricuspide	9 (1.8)
Myomectomie septale	2 (0.4)
Plastie de la valve pulmonaire	2 (0.4)
Durée de CEC (min)	198.5 ± 61.9
Chirurgie de David isolée	181.4 ± 52.6
Chirurgie combinée	230.7 ± 65.4
Durée de clampage aortique (min)	163.0 ± 42.7
Chirurgie de David isolée	150.4 ± 33.1
Chirurgie combinée	186.9 ± 48.4

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± écart-type ; ou en fréquence (%) – IA : Insuffisance aortique – CIA : Communication inter-atrial – CEC : Circulation extracorporelle

TABLEAU D : Résultats postopératoires précoces

Données postopératoires	N = 514
Complications précoces	
Nécessité de ≥ 1 transfusion	241 (47)
Fibrillation atriale avec AC à la sortie d'hospitalisation	108 (21)
Reprise pour saignement / Tamponnade	58 (11.3)
Pacemaker	22 (4.3)
AVC constitué	10 (1,9)
ACR nécessitant une ECMO	7 (1.4)
Réintervention précoce, avant la sortie d'hospitalisation	
Avec CEC	7 (1.4)
Réintervention pour la valve aortique	4 (0.8)
Grade d'insuffisance aortique à la sortie d'hospitalisation	
Aucune	227 (45,6)
1	226 (46,3)
<i>Jet central / excentré (données manquantes)</i>	<i>123 / 72 (31)</i>
2	34 (7)
<i>Jet central / excentré (données manquantes)</i>	<i>8 / 23 (3)</i>
3	0
4	0
Décès durant l'hospitalisation	10 (1,9)

Les valeurs sont exprimées en moyenne ± écart-type ; ou en fréquence (%) – AC – Anticoagulation curative – AVC – Accident Vasculaire cérébrale – ACR : Arrêt cardiorespiratoire – ECMO : ExtraCorporelle Membrane Oxygénation – CEC : Circulation ExtraCorporelle

NOM : DUBOST

PRENOM : CLEMENT

Titre de Thèse : AORTLANTIC : Registre français sur la chirurgie du culot aortique avec conservation de la valve aortique selon la technique d'inclusion décrite par Tirone David, résultats préliminaires péri-hospitaliers à l'échelle du Grand Ouest.

RESUME

Décrite dans les années 90, les techniques de remplacement du culot aortique avec conservation de la valve aortique connaissent un réel engouement. Cependant, les données au long terme sur cette chirurgie sont encore aujourd'hui limitées à quelques cohortes monocentriques. Le registre AORTLANTIC propose une évaluation multicentrique à long-terme de cette technique à travers un registre régional français, ouvert, sous la tutelle de la SFCTCV (Société Française de Chirurgie Cardio-Thoracique). Ce travail présente les résultats préliminaires, péri-hospitaliers. Avec une faible morbidité et une mortalité de moins de 2% cette technique semble fiable et reproductible en toute sécurité. L'évaluation échographique post-opératoire est excellente démontrant l'efficacité de cette technique. Ces résultats précoces seront à confirmer par une évaluation à long terme.

MOTS-CLES

Chirurgie conservatrice de la valve aortique – Tirone David – Anévrisme de l'aorte ascendante – Insuffisance aortique – Bicuspidie – Dissection aortique – Marfan – HUGO – Registre multicentrique