



UNIVERSITE LILLE 2 DROIT ET SANTE
FACULTE DE MEDECINE HENRI WAREMBOURG

Année : 2016

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE

**ADAPTABILITE DES ENDOPROTHESES STANDARDISEES DANS
LE TRAITEMENT DES ANEURISMES THORACO-ABDOMINAUX
TYPE I, II et III**

Présentée et soutenue publiquement le 29 avril 2016 à 18h
au Pôle Recherche

Par Agathe LE CHEVALIER de PREVILLE

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Stéphane HAULON

Assesseurs :

Monsieur le Professeur André VINCENELLI

Monsieur le Docteur François PONTANA

Monsieur le Docteur Jonathan SOBOCINSKI

Directeur de Thèse :

Monsieur le Docteur Dominique FABRE

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Liste des abréviations

ATA	Anévrisme thoraco-abdominal
AMS	Artère mésentérique supérieure
BEVAR	Branched Endovascular aortic Repair (Endoprothèse branchées)
CBP	Cardio pulmonary bypass (shunt cardio-pulmonaire)
CMD	Custom Made Devise (Prothèse sur mesure)
EDP	Endoprothèse
FEVAR	Fenestrated Endovascular aortic Repair (Endoprothèse fenêtrée)
LRA	Artère rénale gauche
OTS	Off the shelf, (endoprothèse standardisée)
PhMSG	Physician Modified Stent Graft Technique, (fenestration faite maison)
RRA	Artère rénale droite
SCI	Ischémie médullaire
TC	Tronc coeliaque
TEVAR	Thoracic Endovascular aortic Repair (Endoprothèse thoracique)

Table des matières

Résumé	12
Introduction	14
I. Généralités.....	14
II. Epidémiologie et étiologies	15
III. Indication opératoire	15
IV. Chirurgie Conventionnelle	16
V. Traitement endovasculaire	18
VI. Endoprothèses standardisées	19
VII. Objectif de notre étude	20
Matériels et méthodes	21
I. Population de patients	21
II. Endoprothèses standardisées étudiées.....	22
III. Données relevées	24
Résultats	28
I. Population étudiée	28
II. Etude anatomique des ATA.....	30
III. Etude des endoprothèses standardisées	35
Discussion	39
I. Epidémiologie de la population de la population des ATA.....	39
II. Stratégie thérapeutique des ATA.....	40
III. Anatomie des artères dans les ATA	43
IV. Adaptabilité aux prothèses standardisées dites « off the shelf » (OTS)	45
Conclusion	48
Références bibliographiques	49
Annexe	53
<u>Annexe 1</u> : Feuille de « sizing sheet ».....	53

RESUME

Contexte : Depuis 2008, la réussite et la durabilité des endoprothèses sur mesure a bien été démontrée. Afin de réduire le coût et le délai de fabrication nécessaire pour les endoprothèses sur mesure, il est nécessaire de mettre à disposition des praticiens des modèles d'endoprothèses (EDP) standardisées rapidement disponibles. L'objectif de notre étude est donc de réaliser une étude anatomique des anévrismes thoraco-abdominaux afin de tester l'adaptabilité de trois nouveaux modèles d'EDP standardisées (le modèle 1 : quatre branches, le modèle 2 : deux branches pour le tronc coeliaque et l'artère mésentérique supérieure et deux fenêtres pour les artères rénales, et enfin le modèle 3 : une branche pour le tronc coeliaque et trois fenêtres pour l'artère mésentérique supérieure et les artères rénales).

Méthode : Entre janvier 2004 et décembre 2015, tous les patients traités dans notre centre pour un anévrisme thoraco-abdominal de type I, II ou III ont été inclus rétrospectivement. Les angioscanners pré-opératoires, ont été analysés par un seul investigateur. Le recueil des données anatomiques a été réalisé à l'aide d'une station de travail radiologique dédiée (Aquarius inTuitionViewer, Terarecon). Les reconstructions multiplanaires et curvilinéaires ont permis de relever les diamètres, hauteurs et positionnements horaires de chaque artère viscérale et rénale. Nous avons ensuite testé, à l'aide d'un calque, dans quelle mesure le positionnement des artères viscérales et rénales s'adaptait à chacun de ces trois nouveaux modèles d'endoprothèses standardisées.

Résultats : Pour les modèles d'EDP testées, 90,9% des patients auraient pu théoriquement bénéficier d'au moins un modèle d'EDP standardisée. Le modèle 1 aurait pu être utilisé dans 70,6% des cas, le modèle 2 dans 84% des cas et le modèle 3 dans 90,9% des cas. Le positionnement médian de l'artère rénale droite (RRA) était, de 9h45 (0,70) et la distance entre l'AMS et la RRA de 13,10mm (13,56). Pour l'artère rénale gauche (LRA), le positionnement médian était de 2h30 (0,85) et la distance entre l'AMS et la LRA de 18,60mm (10,95).

Conclusion : Cette étude a permis de confirmer l'excellente adaptabilité de ces nouvelles endoprothèses standardisées d'un point de vue anatomique. L'absence de délai prolongé de fabrication devrait permettre de les rendre rapidement disponibles à un moindre coût.

INTRODUCTION

I. Généralités

L'anévrisme se définit par une majoration du diamètre de l'aorte de plus de 1,5 fois le diamètre normal associé à une perte de parallélisme de ses bords. L'augmentation du diamètre aortique est secondaire à une atteinte des couches élastiques de la média qui est responsable d'un affaiblissement progressif de la paroi artérielle.

Les anévrismes de l'aorte thoraco-abdominale peuvent être classés selon la classification de Crawford (1) :

- Type I : débutent au niveau de l'artère sous clavière gauche et s'étendent jusqu'au artères rénales.
- Type II : débutent au niveau de l'artère sous clavière et s'étendent à l'aorte abdominale sus, inter et sous-rénale. Ils peuvent également s'étendre aux artères iliaques.
- Type III : débutent au niveau de la 6eme côte et s'étendent en distalité comme les type II.
- Type IV : débutent au niveau du diaphragme et se prolongent sur l'ensemble de l'aorte abdominale et peuvent toucher les artères iliaques.

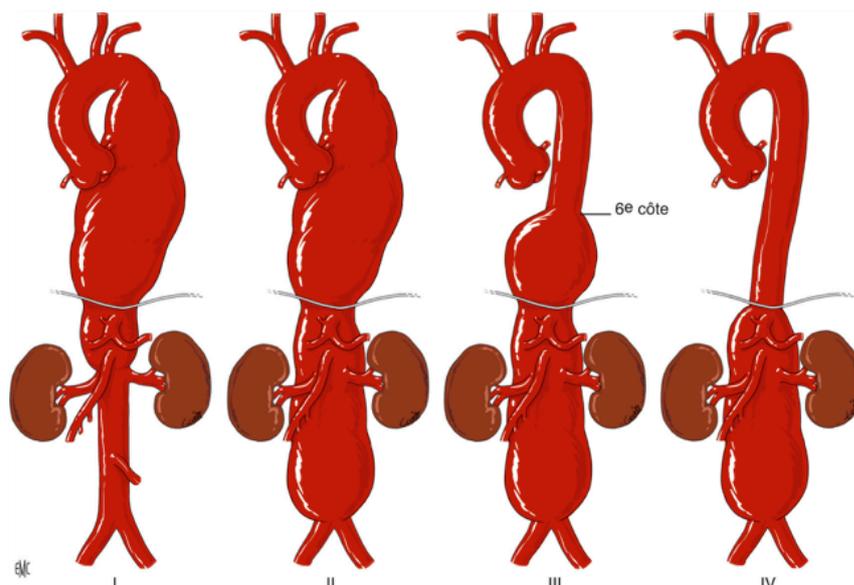


Figure 1 : Classification de Crawford (Traitement chirurgical des anévrismes thoracoabdominaux, M.-J Jacobs, J.Marzelle, EMC, Techniques Chirurgicales-Chirurgie Vasculaire)

II. Epidémiologie et étiologies

L'incidence de cette pathologie est difficile à estimer compte tenu de son caractère asymptomatique. Webb *et al.* (2) estiment l'incidence des anévrismes thoraco-abdominaux aux alentours de 2,2 pour 100 000 par an. Bickerstaff *et al.* (3) estiment cette incidence à 0,39 pour 100 000 par an dans une étude suédoise. Selon les études le taux de survie à 5 ans sans prise en charge chirurgicale varie entre 7 et 20% (2). Bickerstaff *et al.* estiment quant à eux ce taux de survie à 13% (3).

Les étiologies des anévrismes thoraco-abdominaux sont variées. Les anévrismes dégénératifs ou athéroscléreux sont de loin les plus fréquents. Ils touchent préférentiellement les hommes dont l'âge moyen est de 70 ans [65-75] (4). En deuxième position les anévrismes disséquant chroniques sont retrouvés. Ils sont secondaires à une dissection de type B ou à une dissection de type A après remplacement de l'aorte ascendante. D'autres étiologies plus rares sont retrouvées telles que les causes inflammatoires (Maladie de Behçet, Maladie de Takayasu), les causes infectieuses (Tuberculose, Syphilis). Certains anévrismes sont également secondaires à un traumatisme thoracique fermé entraînant une rupture sous adventicielle de l'aorte dans les piliers du diaphragme. Enfin ils peuvent être dus à une dystrophie de la média comme dans la Maladie de Marfan.

III. Indication opératoire

L'objectif du traitement des anévrismes thoraco-abdominaux est surtout de prévenir du risque de rupture et plus rarement du risque de complications thrombo-emboliques. L'indication opératoire sera retenue en cas d'évolutivité de l'anévrisme. C'est à dire en cas de croissance du diamètre supérieure ou égale à 1cm par an ou en cas de diamètre supérieur ou égal à 6cm en cas d'anévrisme asymptomatique.

En cas de symptomatologie l'indication opératoire sera retenue quelle que soit la taille de l'anévrisme compte tenu du risque important de rupture.

IV. Chirurgie Conventionnelle

Le traitement des anévrismes thoraco-abdominaux fût décrit dans un premier temps par Crawford. Celui-ci préconisait la technique du « clamber-suturer ». Il s'agit en effet de réaliser une thoraco-phréno-laparotomie afin de pouvoir réaliser un clampage de l'aorte en zone saine. Une mise à plat est ensuite réalisée. La réimplantation des artères viscérales et rénales peut être réalisée selon plusieurs techniques : réimplantation en palette ou réalisation de pontage sélectifs.

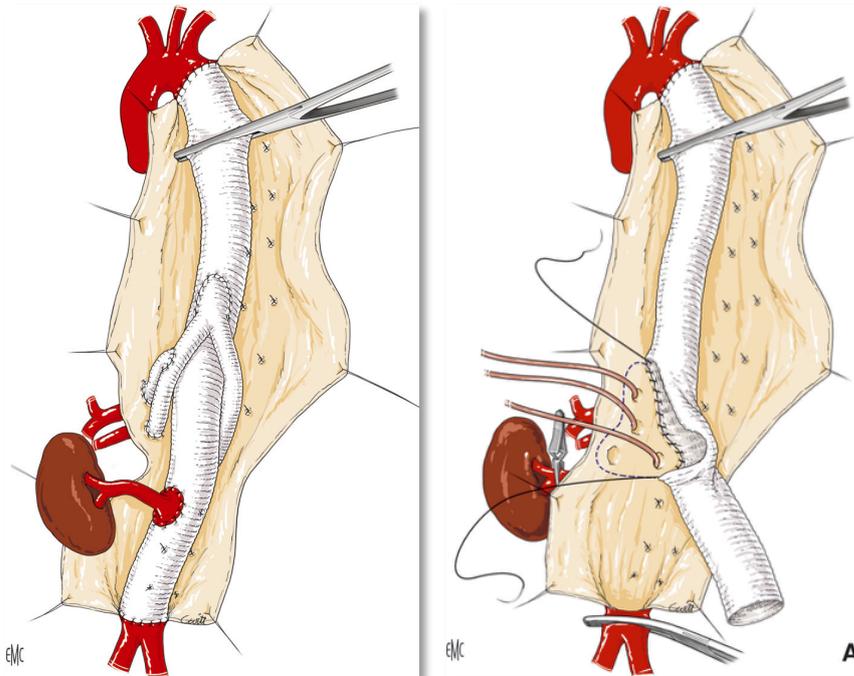


Figure 2 : Prise en charge chirurgicale des ATA : réimplantation en palette des artères viscérales ou réalisation de pontage. (Traitement chirurgical des anévrismes thoracoabdominaux, M.-J Jacobs, J.Marzelle, EMC, Techniques Chirurgicales-Chirurgie Vasculaire)

La morbi-mortalité de cette technique était élevée. Dans les centres spécialisés à haut volume opératoire, la mortalité globale actuelle varie entre 5 et 15% (5). Rigberg *et al.* (6) décrivent quant à eux une mortalité à 30 jours de 19% et de 31% à 1 an. Selon Clouse *et al.* (7) la survie à 5 ans après chirurgie conventionnelle serait de 67,2 +/- 5%.

Coselli *et al.* ont réalisé une étude sur 3309 patients ayant bénéficié d'une prise en charge chirurgicale d'un anévrisme thoraco-abdominal. La mortalité per opératoire dans leur étude est de 7,5%. La paraplégie définitive ainsi que la paraparésie surviennent respectivement dans 2,9% et 2,4% des cas. La survie estimée est de 83,5% +/- 5% à 1 an, de 63,6% +/- 0,9% à 5 ans, de 36,8% +/- 1% à 10 ans et enfin de 18,3% +/- 0,9% à 15 ans (4).

La complication la plus fréquente est la défaillance respiratoire. Celle ci est variable entre 32 à 49% des cas en fonction des études (5)(8). La défaillance rénale est la complication majeure après chirurgie conventionnelle. Selon les études, le taux d'insuffisance rénale aiguë varie entre 11 et 20% (9) avec un recours à l'hémodialyse dans 4,6 à 5,5% des cas (10). En cas d'insuffisance rénale post opératoire, la mortalité post opératoire à 30 jours est considérablement augmentée (9). Dans l'étude de Coselli, 187 patients sur 3309 (soit 5,7%) présentent en post opératoire une altération définitive de la fonction rénale. Parmi ces 187 patients, 107 sont décédés lors de l'hospitalisation (4).

Enfin le taux de paraplégie après une chirurgie conventionnelle varie selon les auteurs et les techniques de protection médullaire per-opératoire entre 4 et 19,8% (5)(11)(12).

V. Traitement endovasculaire

Une nouvelle technique est décrite pour les patients à haut risque chirurgical. Il s'agit du traitement endovasculaire. Il consiste en l'exclusion de l'anévrisme par le déploiement d'une endoprothèse.

Cette option thérapeutique a permis de traiter des patients récusés pour une chirurgie conventionnelle. La mortalité péri-opératoire varie entre 5,5 et 9,1% selon les études (13)(14). Maurel *et al.* mettaient en évidence en 2015 une mortalité à 30 jours de 5,6% (15).

L'ischémie médullaire responsable de paraplégie transitoire ou définitive est une des complications les plus redoutées. En cas de prise en charge endovasculaire ce taux varie entre 0 et 16,7% (16)(17). En effet, la standardisation de la prévention de ce type de complication a permis de minimiser le taux de paraplégie post-opératoires. En outre, le taux de complications rénales a également été considérablement réduit et se situe dans des équipes entrainées aux alentours de 3% (18).

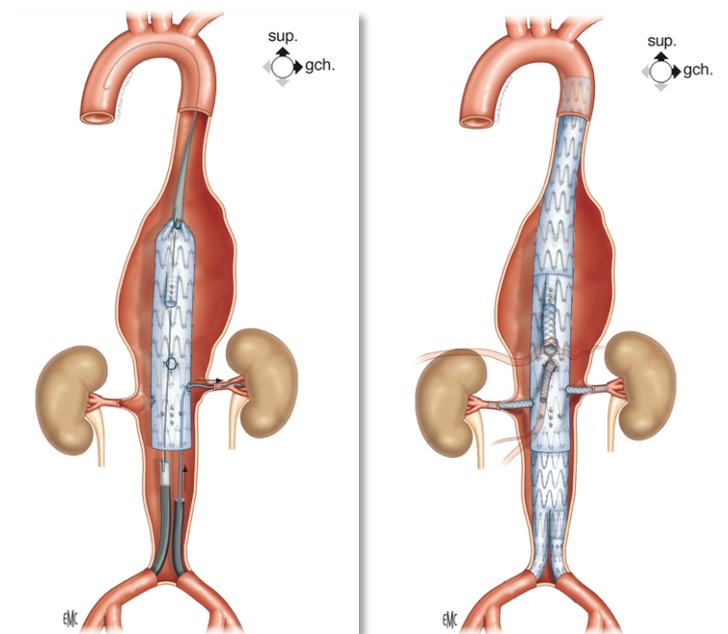


Figure 3 : traitement endovasculaire : déploiement de l'endoprothèse après repérage des artères cibles, puis cathétérisation des artères viscérales (1 branche pour le TC, et 3 fenêtres pour l'AMS et les artères rénales. (Anévrismes thoracoabdominaux : traitement endovasculaire, Sobocinski et al.EMC, Techniques chirurgicales – Chirurgie Vasculaire)

VI. Endoprothèses standardisées

La première endoprothèse multibranches « home made » fût décrite par Chuter en août 2000 pour la prise en charge d'un anévrisme thoraco-abdominal de type III (19). En 2005, le laboratoire Cook crée le premier modèle industrialisé standardisé d'endoprothèse multibranche appelée l'endoprothèse « t-branch ».

C'est à partir de 2008 que le concept d'endoprothèse « off-the-shelf » ou standardisée fera son apparition après le décès d'un patient en attente de fabrication d'une endoprothèse sur mesure. L'objectif est de pouvoir disposer tout de suite d'une endoprothèse sans avoir à attendre le délai de fabrication de 4 à 8 semaines des prothèses sur mesure.

Depuis, de nombreuses études ont eu pour objectif d'étudier la faisabilité de ces endoprothèses off-the-shelf. Bosier *et al.* décrivent un succès technique de 100% sur 15 patients lors de l'utilisation de la prothèse T-Branch (20). Il n'est pas décrit de dégradation de la fonction rénale, ni de lésion organique ischémique. La mortalité à 30 jours est nulle. et lors du suivi à 5 mois il n'est pas noté de décès ni de thrombose de branche.

Bisdas *et al.* comparent quant à eux les endoprothèses sur mesure aux endoprothèses standardisées T-branch. Le succès d'implantation est de 100% dans les deux groupes. La mortalité à 30 jours est de 8% dans le groupe sur mesure (24 patients) et de 0% dans le groupe standardisée (22 patients). La survie à 6 mois est de 71% versus 94% respectivement pour le groupe sur mesure et le groupe standardisé. Enfin, le taux de réintervention à 6 mois est nul dans le groupe sur mesure et de 10% dans le groupe standardisé (21).

Une étude de Premprabha *et al.* met en évidence après un suivi moyen de 25,6 mois, un taux d'occlusion des branches de 9,6% (22).

VII. Objectif de notre étude

Depuis 2008, de nombreuses études ont permis de confirmer la faisabilité et la durabilité des endoprothèses sur mesure fenêtrées et multibranches pour le traitement des anévrismes aortiques complexes. Pour réduire le délai de fabrication nécessaire pour les endoprothèses sur mesure, l'objectif est de mettre à disposition des praticiens un ou plusieurs modèles d'endoprothèses (EDP) standardisées qui seront très rapidement disponibles. L'objectif de notre étude est donc de réaliser une étude anatomique des anévrismes thoraco-abdominaux traités dans notre centre afin de tester l'adaptabilité de trois nouveaux modèles d'EDP standardisées.

Nous avons donc réalisé une étude anatomique des anévrismes thoraco-abdominaux traités dans notre centre afin de définir le positionnement exact des artères rénales et des artères viscérales. Nous avons ensuite testé trois modèles d'endoprothèses standardisées (off-the-shelf) afin de savoir si elles étaient adaptées aux anatomies des anévrismes thoraco-abdominaux traités dans notre centre.

MATERIELS ET METHODES

I. Population de patients

Les patients présentant un anévrisme thoraco-abdominal de type I, II ou III, traités par endoprothèse fenêtrée ou multibranche entre janvier 2004 et décembre 2015, dans notre centre, ont été inclus rétrospectivement dans cette étude.

Les données ont été analysées à partir d'une base de données complétée de manière prospective.

L'ensemble des patients avait bénéficié en pré-opératoire d'un angioscanner avec injection de produit de contraste thoraco-abdomino-pelvien en coupes millimétriques.

Les patients ayant bénéficié d'un traitement endovasculaire pour évolution anévrismale post dissection ont été exclus de l'étude.

II. Endoprothèses standardisées étudiées

Trois modèles d'endoprothèses standardisées ont été étudiés.

Le modèle 1 est une endoprothèse 4 branches. La branche pour l'AMS est positionnée à 12h00, la branche pour le TC est à 1h00, 20mm au dessus de la branche de l'AMS. Les branches pour les artères rénales sont positionnées respectivement à 10h30 et à 3h00 pour la RRA et la LRA, 20mm en dessous de la branche de l'AMS.

Le modèle 2 est une endoprothèse 2 branches et 2 fenêtres. Les branches pour le TC et l'AMS sont positionnées comme pour le module 1. Les fenêtres pour les artères rénales seront positionnées après étude du scanner pré-opératoire du patient.

Le modèle 3 est une endoprothèse 1 branche et 3 fenêtres. La fenêtre pour l'AMS est positionnée à 12h00 et a un diamètre de 8mm. La branche pour le TC est positionnée à 1h00, 40mm au dessus de la fenêtre de l'AMS. Les fenêtres pour les artères rénales seront positionnées après étude du scanner pré-opératoire du patient.

Le diamètre proximal (D1) de ces nouvelles endoprothèses est de 34, 38 ou 42mm. Des crochets proximaux pourront être mis en place en cas d'absence de module thoracique. La longueur du corps de l'endoprothèse (L2), c'est à dire la longueur entre la branche du TC et l'extrémité distale de l'endoprothèse est de 103, 123, 143 ou 163mm. Le diamètre distal de l'endoprothèse est de 22, 26, 30 ou 36mm. Le stent distal sera interne ou externe en fonction de la présence ou non d'un module distal.

La branche de l'AMS est positionnée à 15mm de l'origine de l'artère. Cette distance peut être modifiée à 20mm.

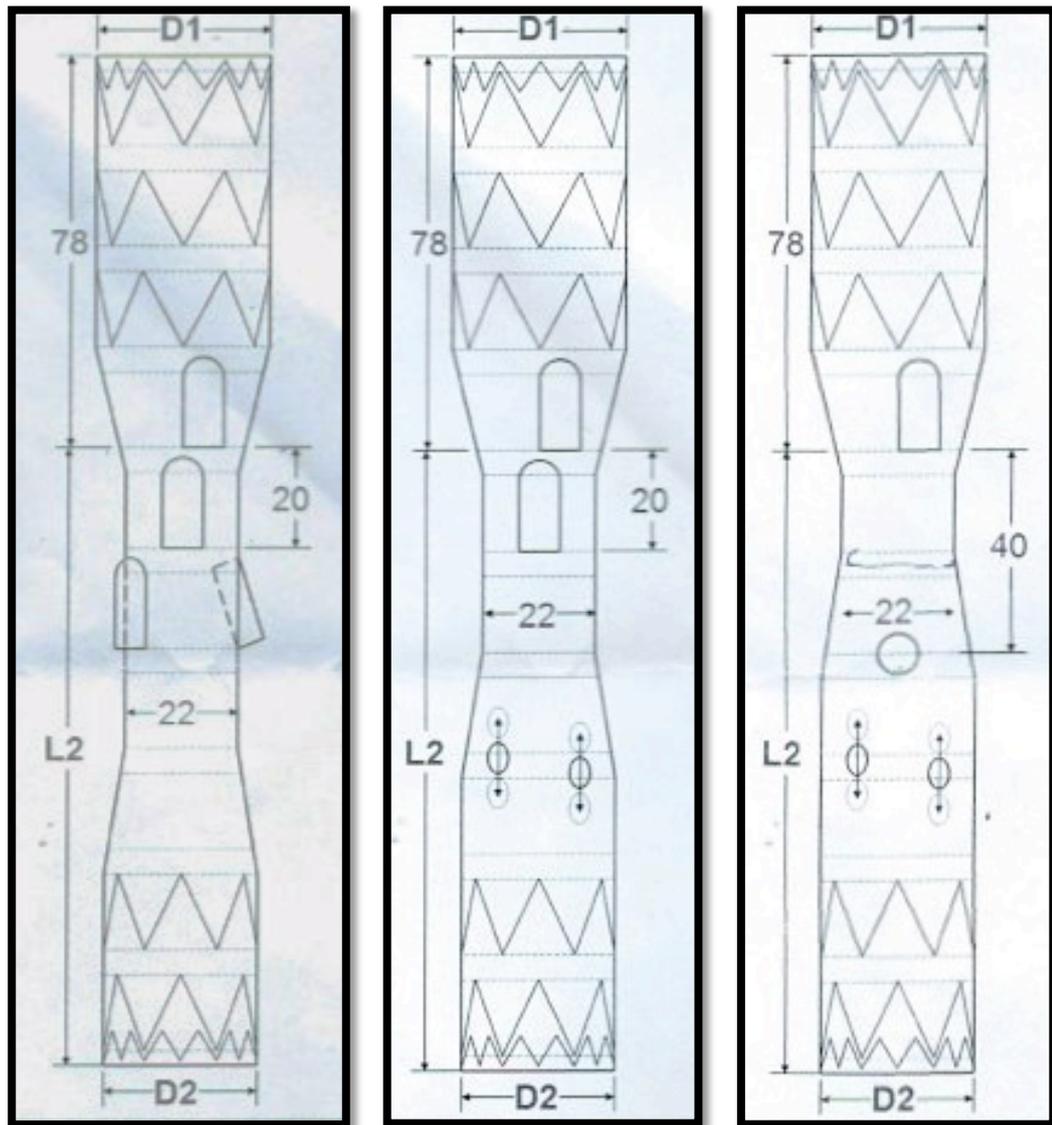


Figure 4 : EDP standardisées (modèle 1, 2 et 3)

III. Données relevées

Les angioscanners réalisés en pré-opératoire ont été analysés séparément sur une station de travail radiologique en trois dimensions (Aquarius inTuitionViewer, Terarecon). Ce logiciel permet de réaliser des reconstructions multiplanaires et curvilinéaires. Une « center line » (ligne passant par le centre de la lumière aortique) est réalisée de manière automatique ou semi-automatique grâce à des algorithmes inclus dans le logiciel (Figure 5).

Ces différentes reconstructions ont permis de mesurer de manière précise :

- le positionnement horaire de l'origine des artères viscérales et rénales avec pour point de référence l'origine de l'AMS établi à 12:00 (Figures 6 et 7),
- la hauteur entre l'AMS, le tronc coeliaque et les artères rénales (Figure 11),
- la distance entre l'AMS le haut et le bas de l'anévrisme (Figures 8 et 10),
- la distance entre le tronc coeliaque et l'artère sous clavière gauche pour les ATA type I et II
- la distance entre l'AMS et la bifurcation aortique (Figure 9),
- le diamètre de l'aorte à l'origine des artères viscérales et rénales (IVD),
- Le diamètre des artères viscérales et rénales
- Les artères polaires dont le diamètre était inférieur à 4mm n'ont pas été prises en compte.

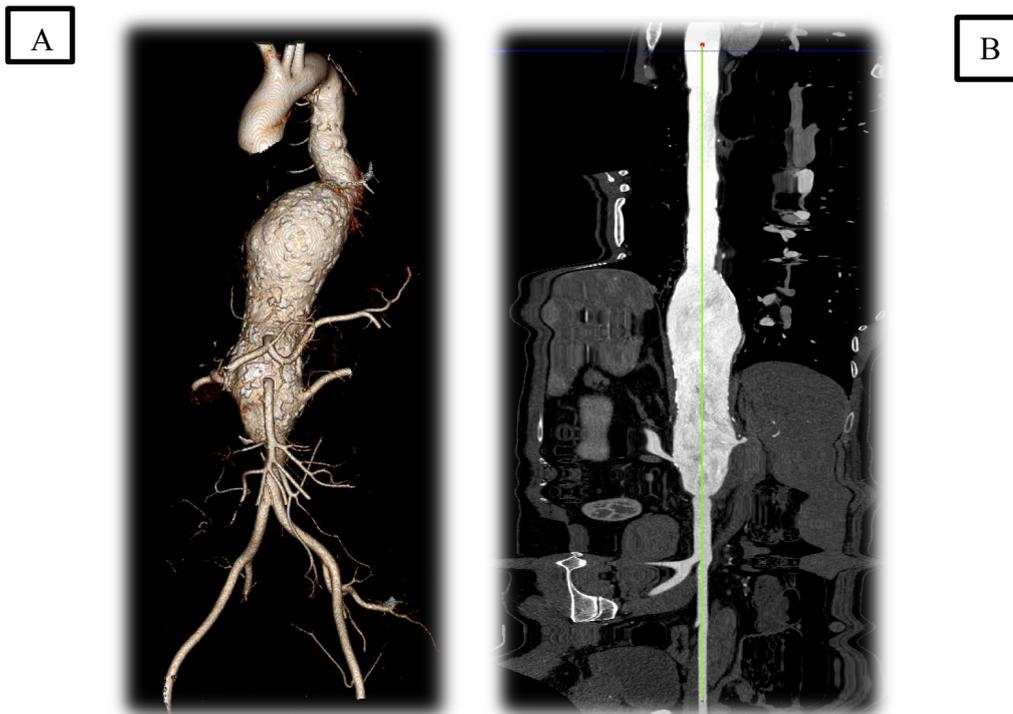


Figure 5 : Reconstruction en 3 Dimensions de l'ATA type III (A), Réalisation de la center line

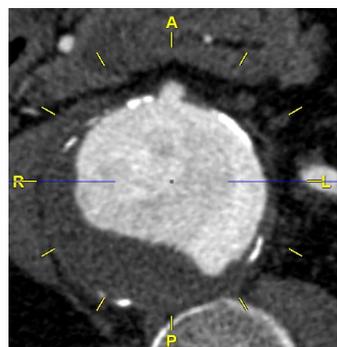


Figure 6 : Origine de l'AMS mise à 12h grâce au cadran horaire.

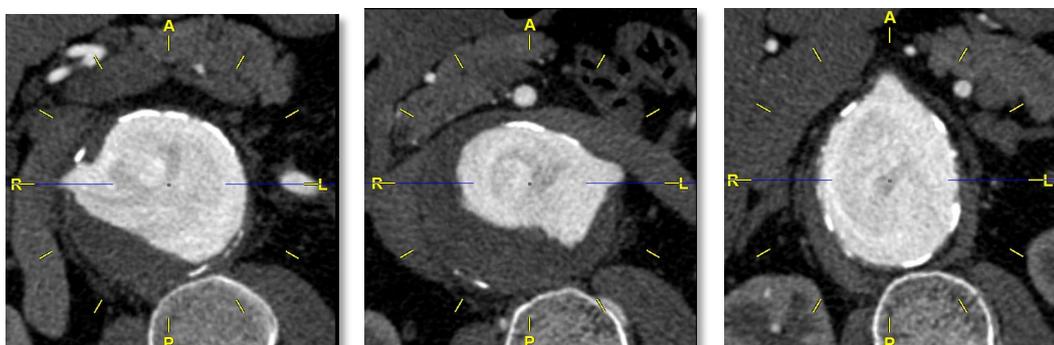


Figure 7 : Mesure des horaires de l'origine de la RRA (9h), la LRA (2h45) et du TC (12h) grâce au cadran horaire, après positionnement de l'AMS à 12h.

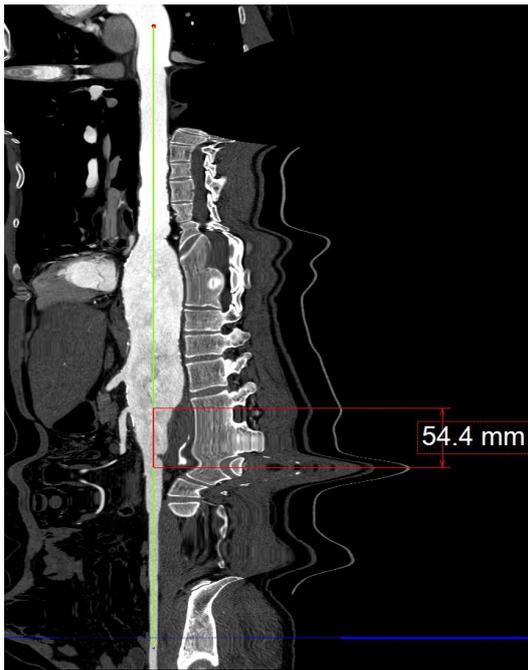


Figure 8 : Mesure de la distance AMS – Bas de l’anévrisme à partir de la center line

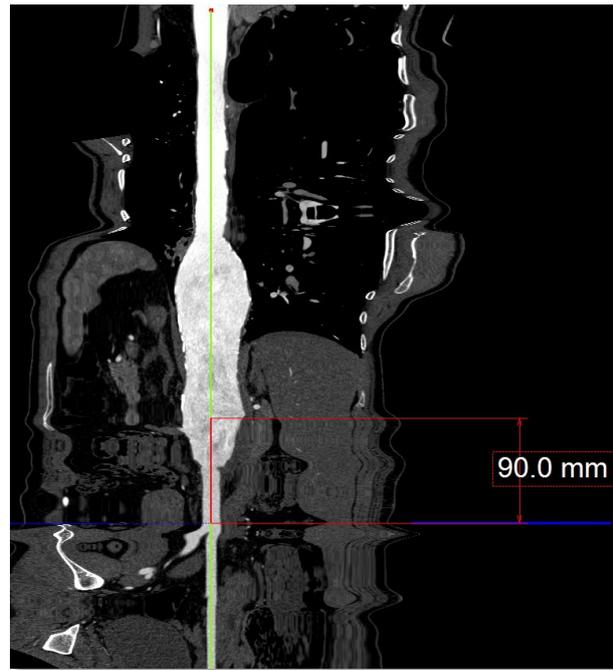


Figure 9 : Mesure de la distance AMS – Bifurcation aortique

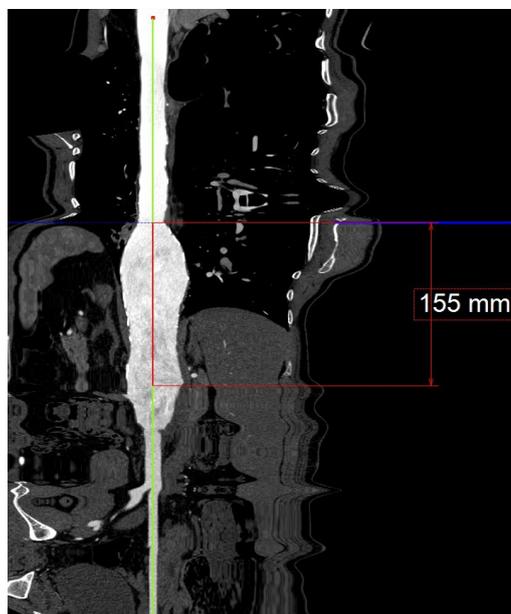


Figure 10 : Mesure de la distance AMS – Haut de l’anévrisme

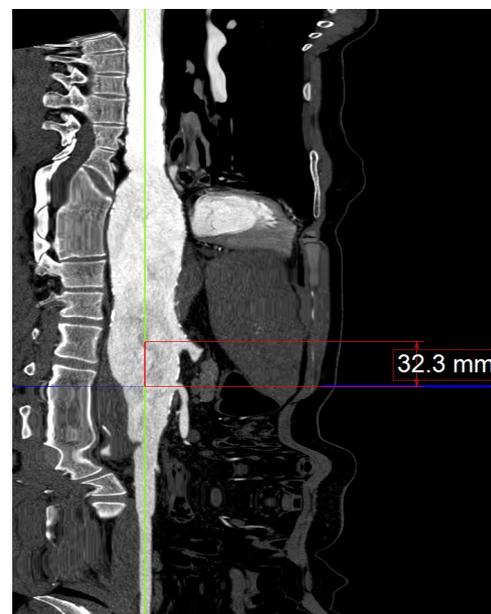


Figure 11 : Mesure de la distance AMS - TC

Les « graft plan » réalisés lors de la conception des endoprothèses ont également été analysés afin de vérifier la cohérence entre les mesures réalisées sur notre station de travail et les mesures réalisées par le planning centre pour la confection des endoprothèses.

L'ensemble de ces données a été mesuré par un seul investigateur.

Pour chaque patient une feuille de « sizing sheet » (Annexe 1) a été réalisée. Sur cette feuille le positionnement de chaque artère par rapport à l'AMS a été noté, ainsi que la bifurcation aortique, le haut et le bas de l'anévrisme. A l'aide du masque transparent (calque) réalisé pour chaque modèle d'endoprothèse tous les patients ont été testés afin de savoir si le positionnement des artères était compatible avec le design de chaque endoprothèse standardisée.

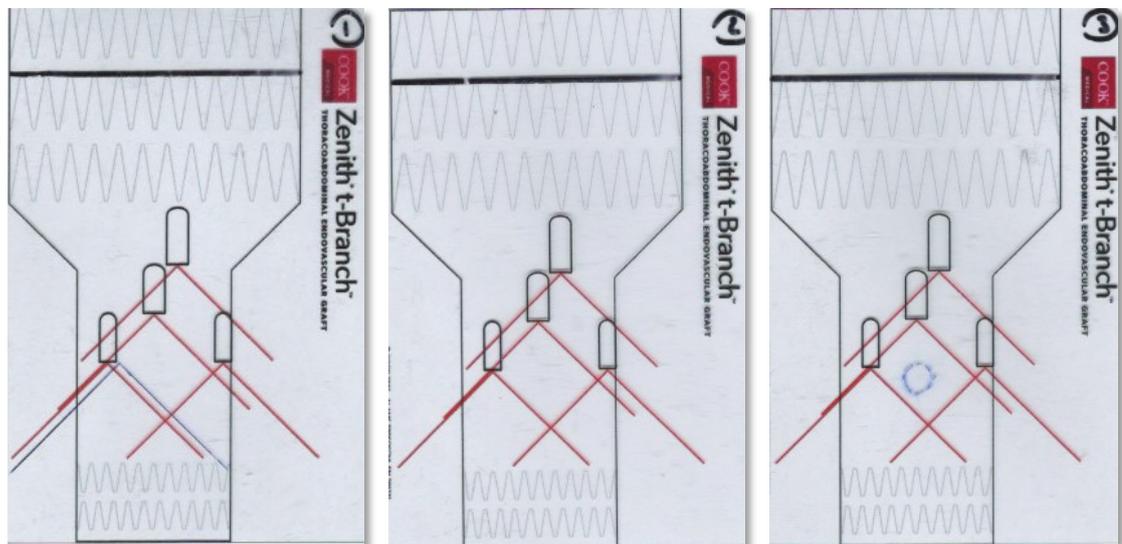


Figure 12 : Calque réalisé pour chaque modèle d'endoprothèse permettant de vérifier la compatibilité de la position des artères avec les branches et fenêtres prédéfinies.

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel SPSS (version 20, IBM Armonk, N.Y., USA)

RESULTATS

I. Population étudiée

Entre janvier 2004 et décembre 2015, 202 patients présentant un Anévrisme de l'aorte thoraco-abdominale (ATA) de type I, II ou III selon la Classification de Crawford ont été traités dans notre centre par endoprothèse fenêtrée ou multibranche sur mesure (CMD).

Parmi les 202 patients, 14 ont bénéficié de la pose d'une endoprothèse fenêtrée ou multibranche dans le cadre d'une évolution anévrismale d'une dissection aortique de type B ou de type A après remplacement de l'aorte thoracique ascendante. Ces patients ont été exclus ainsi qu'un patient compte tenu de l'absence de son scanner pré opératoire.

Au total 187 patients ont été inclus, 16 femmes (8,6%) et 171 hommes (91,4%). Les patients ont été classés selon la Classification de Crawford par type de ATA en fonction de la couverture de l'aorte par l'endoprothèse. Onze patients (5,9%) présentaient un ATA de type I, 37 patients (19,8%) un ATA de type II, et 139 patients (74,3%) un ATA de type III (Tableau 1).

L'âge médian de notre population était de 70 ans.

Le type d'endoprothèse la plus représentée dans notre groupe est l'endoprothèse 4 fenêtres (93 patients soit 49,7% de notre effectif). Ces endoprothèses présentaient au maximum deux fenêtres antérieures pour les artères viscérales (TC et AMS) et deux fenêtres latérales pour les deux artères rénales. Les endoprothèses trois fenêtres présentaient une fenêtre antérieure pour l'AMS et deux fenêtres latérales pour les deux artères rénales (tronc coélique occlus). (Tableau 2).

Tableau 1 : Caractéristiques de la population étudiée

Homme	171 (91,4%)
Femme	16 (8,6%)
Age	70 [37-87]
ATA Type I	11 (5,9%)
ATA Type II	37 (19,8%)
ATA Type III	139 (74,3%)

Tableau 2 : Type d'endoprothèses posées dans notre centre

Type EDP	Effectif (%)
EDP 4 branches	28 (15%)
EDP 4 fenêtres	93 (49,7%)
EDP 2 branches + 2 fenêtres	17 (9,1%)
EDP 1 branche + 3 fenêtres	20 (10,7%)
EDP 3 fenêtres	9 (4,8%)
EDP 1 branche + 2 fenêtres	4 (2,1%)
EDP 3 branches	7 (3,7%)
EDP 2 fenêtres + 2 scallops	1 (0,5%)
EDP 1 fenêtre	1 (0,5%)
EDP 3 fenêtres + 1 branche	3 (1,6%)
EDP 5 fenêtres	2 (1,1%)
EDP 1 branche	1 (0,5%)
EDP 2 branches	1 (0,5%)

II. Etude anatomique des ATA

A. Artère rénale droite

Dans notre échantillon de patients, 183 positions de l'artère rénale droite ont été analysées. En effet chez 4 patients l'artère rénale droite était thrombosée ou présentait une sténose ostiale pré-occlusive ne permettant pas son cathétérisme.

La position horaire de l'origine l'artère rénale était comprise entre 8h et 11h. La médiane était à 9h45 (0,70), avec 50% de l'effectif compris entre 9h30 et 10h. (Histogramme 1 et Tableau 3).

Histogramme 1 : Distribution du positionnement horaire de l'origine de la RRA

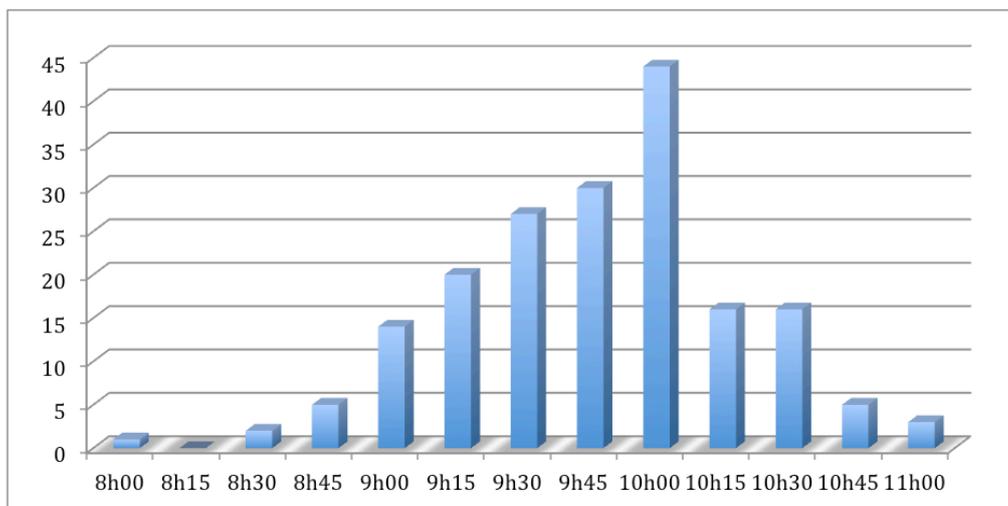
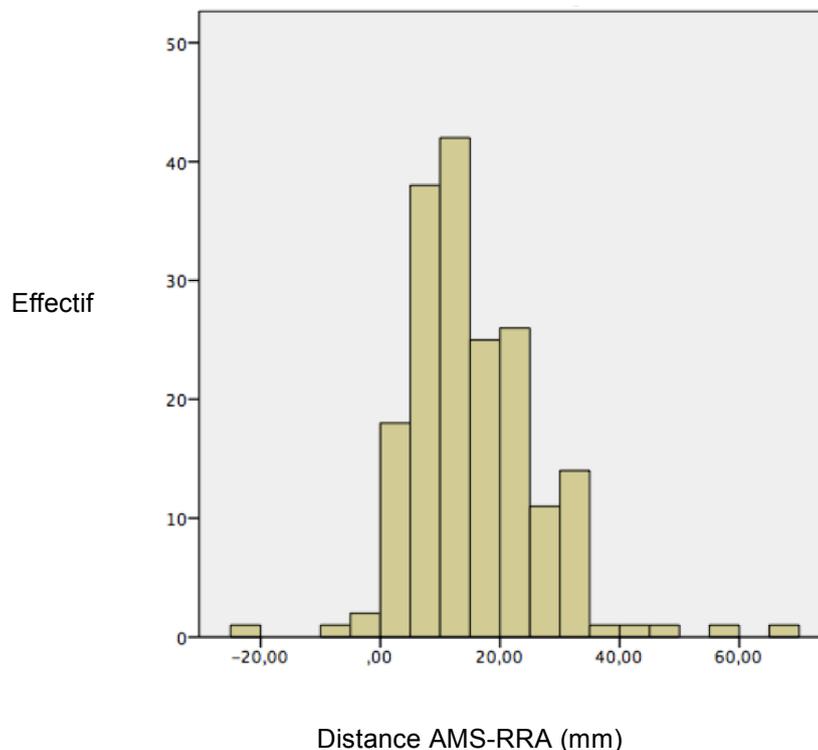


Tableau 3 : Distribution du positionnement horaire de l'origine de la RRA

Horaire RRA	Effectif (%)
8h00	1 (0,5%)
8h15	0 (0%)
8h30	2 (1,1%)
8h45	5 (2,7%)
9h00	14 (7,5%)
9h15	30 (16%)
9h30	27 (14,4%)
9h45	30 (16%)
10h00	44 (23,5%)
10h15	16 (8,6%)
10h30	16 (8,6%)
10h45	5 (2,7%)
11h00	3 (1,6%)

Nous avons également étudié la distance entre l'AMS et la RRA. Cette distance était variable entre 24mm au dessus de l'AMS et 66,20mm en dessous de l'AMS. La médiane était de 13,10mm (13,56) (Histogramme 2).

Histogramme 2: Répartition de la distance AMS-RRA (en mm).

B. Artère rénale gauche

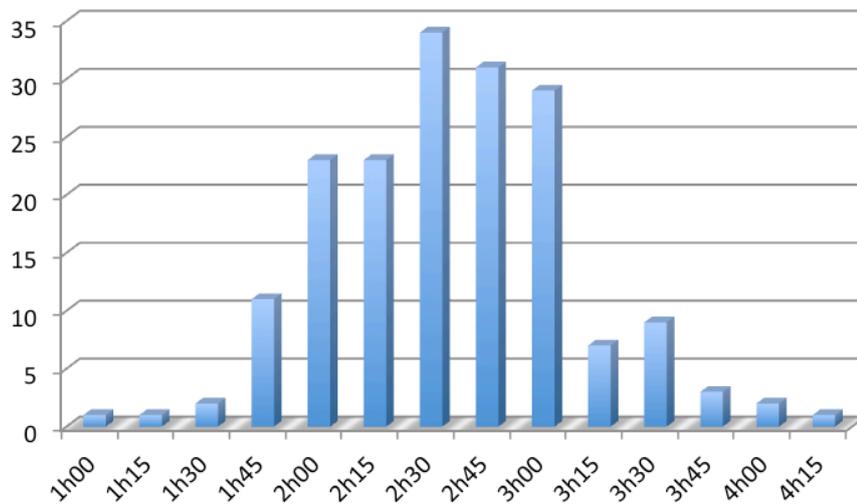
Dans notre échantillon 177 positions de l'artère rénale gauche ont été analysées. Dix occlusions ou sténoses pré occlusives de l'origine de l'artère rénale gauche ont été observées

L'horaire de l'artère rénale gauche était compris entre 1h et 4h15. La médiane était de 2h30 (0,85), avec 50% des artères rénales gauches comprises entre 2h15 et 3h (Tableau 4 et Histogramme 3).

Tableau 4 : Distribution du positionnement horaire de LRA

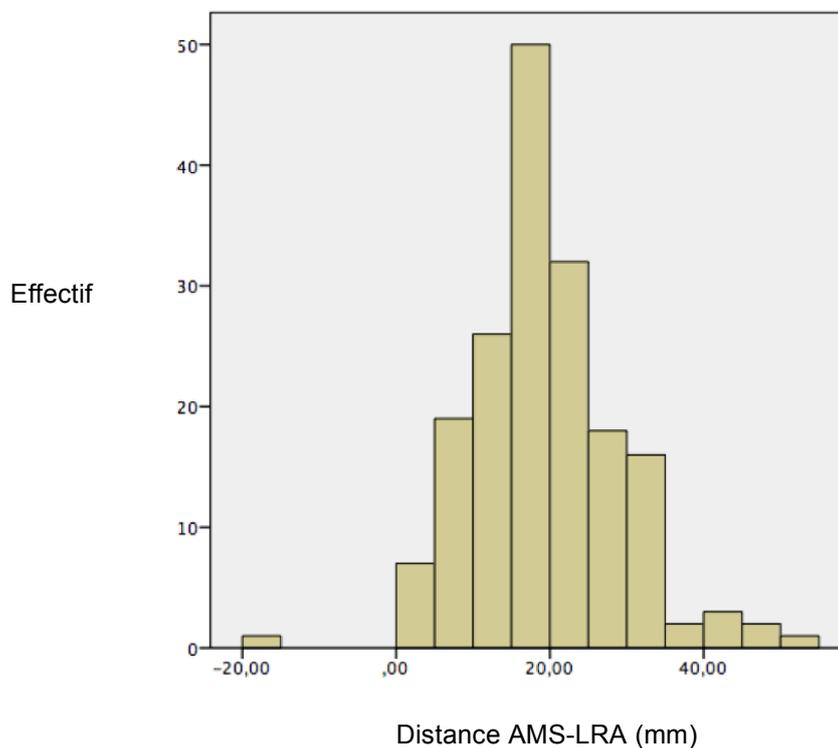
Horaire LRA	Effectif (%)
1h00	1 (0,5%)
1h15	1 (0,5%)
1h30	2 (1,1%)
1h45	11 (5,9%)
2h00	23 (12,3%)
2h15	23 (12,3%)
2h30	34 (18,2%)
2h45	31 (16,6%)
3h00	29 (15,5%)
3h15	7 (3,7%)
3h30	9 (4,8%)
3h45	3 (1,6%)
4h00	2 (1,1%)
4h15	1 (0,5%)

Histogramme 3 : Distribution du positionnement horaire de l'origine de la LRA



Puis nous avons étudié la distance entre l'AMS et la LRA. Celle-ci allait de 18,60mm au-dessus de l'AMS à 51,70mm en dessous de l'AMS. La médiane était de 18,60mm (10,95) (Histogramme 4).

Histogramme 4 : Distribution de la distance AMS-LRA (en mm).



C. Diamètre aortique en regard des artères viscérales et rénales (IVD)

Afin de permettre un déploiement correct des branches de l'endoprothèse, il est recommandé de s'assurer que la lumière aortique en regard de la naissance des artères viscérales et rénales est supérieure ou égale à 25mm de diamètre. Un diamètre supérieur ou égal à 20mm peut être accepté.

Dans notre population, l'IVD en regard de la SMA varie entre 52,9mm et 18mm. Chez 70 patients, l'IVD est supérieur ou égal à 30mm. Chez 130 patients l'IVD est supérieur ou égal à 25mm. Chez 176 patients, l'IVD est supérieur ou égal à 20mm. Enfin chez 4 patients l'IVD est inférieur à 20mm. Un patient présente une occlusion de la SMA et 7 données sont manquantes.

L'IVD en regard du TC varie entre 56,6mm et 21mm. Chez 81 patients, l'IVD est supérieur ou égal à 30mm. Chez 137 patients, l'IVD est supérieur ou égal à 25mm et enfin chez 166 patient l'IVD est supérieur ou égal à 20mm.

L'IVD en regard de la RRA varie entre 50 et 18mm. Chez 46 patients, l'IVD est supérieur ou égal à 30mm. Chez 119 patients, l'IVD est supérieur ou égal à 25mm. Chez 171 patients l'IVD est supérieur ou égal à 20mm et enfin l'IVD est inférieur à 20mm chez 8 patients.

L'IVD en regard de la LRA varie entre 49,8mm et 18mm. Chez 42 patients l'IVD est supérieur ou égal à 30mm. Chez 109 patients, l'IVD est supérieur ou égal à 25mm. Chez 163 patients, l'IVD est supérieur ou égal à 20mm. Enfin chez 8 patients, l'IVD est inférieur à 20mm.

III. Etude des endoprothèses standardisées

A. Modèle 1

Le modèle 1 pouvait être implanté pour traiter l'ATA chez 132 patients soit 70,6%,

Pour les succès, dans 63 cas (soit 33,7%), la branche de l'AMS devait être positionnée à 20mm de l'origine de l'AMS.

Les causes d'échecs d'implantation de ce modèle étaient les suivantes:

- la présence de deux artères rénales gauches dans 2 cas (3,6%)
- la distance AMS-RRA dans 24 cas (43,6%)
- la distance AMS-LRA dans 6 cas (10,9%)
- La position du TC dans 16 cas (29%), dans 3 cas l'échec est dû à la distance AMS-TC, et dans 13 cas l'échec est dû à l'horaire du TC.
- La longueur du corps de l'endoprothèse (L2) dans 10 cas (18%). Dans l'ensemble de ces cas les patients avaient un antécédent de pontage aorto-bi-iliaque ou bi-fémorale ou de pose d'une endoprothèse bifurquée.
- L'IVD en regard de la SMA inférieur à 20mm dans 4 cas (7,3%),
- L'IVD en regard des artères rénales dans 8 cas (14,5%).

Parmi ces échecs plusieurs cas présentaient des causes associées d'échec. En effet dans 2 cas l'échec est dû à la position du TC et de la RRA. Dans 2 cas l'échec est dû à la longueur de L2, à la position de la LRA et de la RRA. Dans 2 cas, l'échec est dû à la position de la RRA et de la LRA

B. Modèle 2

Le modèle 2 pouvait être implanté pour traiter l'ATA chez 157 patients, soit 84%.

Dans 25 cas (13,4%) la distance entre la branche de l'AMS et l'origine de l'artère devait être modifiée à 20mm.

Les causes d'échecs étaient les suivantes:

- la présence de deux artères rénales gauches dans 2 cas (7%),
- la longueur du corps de l'endoprothèse (L2) dans 10 cas (33%),
- la position du tronc coeliaque dans 16 cas (53%),
- l'IVD en regard de la SMA inférieur à 20mm dans 4 cas (13%).

C. Modèle 3

Le modèle 3 pouvait être implanté pour traiter l'ATA chez 170 patients, soit 90,9%.

Les causes d'échec étaient :

- la présence de deux artères rénales gauches dans 2 cas (12%),
- la longueur du corps de l'endoprothèse dans 9 cas (53%),
- la position du tronc coeliaque dans 4 cas (23%).

D. Couverture aortique

Le prototype d'endoprothèse testé dans notre étude possède un stent couvert de moins dans sa partie proximale que l'endoprothèse t-branch actuellement sur le marché. En effet la distance entre la branche du tronc coeliaque et le haut de l'endoprothèse est de 78mm contre 98mm actuellement. Nous avons donc voulu savoir si l'utilisation de ces nouvelles endoprothèses standardisées nécessitait l'ajout d'un module thoracique supplémentaire en particulier pour les ATA III étant donné que les ATA I et II bénéficient par définition d'une extension thoracique.

L'utilisation de ces nouvelles endoprothèses nécessite le rajout d'un module thoracique supplémentaire dans 6 cas sur 139 soit dans 4,3% des cas.

E. Succès des endoprothèses standardisées en fonction du type d'ATA.

Nous nous sommes également intéressés à l'adaptabilité de ces nouvelles endoprothèses en fonction du type d'ATA.

Dans le sous groupe ATA Type I, les modèles 1, 2 pouvaient être implanté pour traiter l'ATA dans 10/11 cas. Le modèle 3 fonctionnait quant à lui dans les 11 cas. Un seul patient du sous-groupe ATA I pouvait bénéficier des trois types d'EDP. Deux modèles d'EDP étaient possibles pour 10 patients. Enfin les 11 patients pouvaient bénéficier au moins d'un modèle d'EDP.

Dans le sous groupe ATA Type II, le modèle 1 pouvait être implanté pour traiter l'ATA dans 26 cas sur 37, le modèle 2 dans 34 cas et le modèle 3 dans 35 cas. Deux patients ne pouvaient donc pas bénéficier d'une endoprothèse standardisée.

Au moins un modèle était possible chez 35 patients, au moins deux modèles chez 34 patients et les trois modèles chez 26 patients.

Dans le sous groupe ATA Type III, le modèle 1 pouvait être implanté pour traiter l'ATA dans 96 cas sur 139, le modèle 2 dans 113 cas et le modèle 3 dans 124 cas. Dans ce sous groupe, 15 patients ne pouvaient pas bénéficier d'une endoprothèse standardisée. Au moins un modèle était possible chez 124 patients. Au moins deux modèles étaient possibles chez 113 patients et les trois modèles chez 96 patients.

Quelque soit le type d'ATA, 170 patients pouvaient bénéficier d'au moins un type d'endoprothèse, 157 patients d'au moins deux modèles et enfin 123 patients des trois modèles.

E. Branche à occlure

Chez 12 patients le TC était occlus ou présentait une pseudo-occlusion par compression extrinsèque d'un ligament arqué (6,42%). Chez 10 patients (5,35%) la LRA était occluse. Enfin chez 4 patients (2,14%) la RRA était occluse. Parmi ces patients, dans un cas, le TC, la RRA et la LRA étaient occlus. Dans deux cas le TC et la LRA étaient occlus.

En cas d'occlusion du TC, il serait nécessaire de procéder à l'occlusion de la branche en per-opératoire en mettant en place un Amplatzer.

En cas d'occlusion d'une artère rénale, pour le modèle 1 dont les branches sont déjà positionnées il faudrait également procéder à l'occlusion de la branche en per opératoire. Concernant les modèles 2 et 3, l'occlusion d'une ou des deux artères rénales serait spécifiée lors de la commande de l'endoprothèse et la ou les fenêtres concernées ne seraient pas confectionnées.

DISCUSSION

I. Epidémiologie de la population des ATA

La population étudiée est comparable aux précédentes études sur les endoprothèses standardisées multibranches. Dans ces études le pourcentage d'hommes est de 68 à 74%, il est de 91,4% dans notre population (23)(24). L'âge médian de notre population est de 70 ans [37-87]. Dans différentes études de Chuter (16)(25) l'âge médian est de 74 ans [57-87]. Mais, l'équipe de Houston rapporte sur une cohorte de 823 patients opérés pour un ATA en chirurgie ouverte un âge moyen des patients de 63 ans. Cette population est sélectionnée avec un biais de sélection car pour les patients jeunes et pour les syndromes de Marfan l'option chirurgicale ouverte est souvent préférée. Dans cette étude, le pourcentage d'homme était de 66% (26).

Concernant le type d'ATA, dans notre étude le taux d'ATA de type III est plus élevé que dans la littérature. En effet, les études préalables décrivent un taux d'ATA de type I entre 6 et 9%, un taux d'ATA II de 28 à 31% et un taux d'ATA III de 14 à 20% (16)(20)(25).

On note également qu'une étude chirurgicale récente publiée par Coselli retrouve pour des ATA chirurgicaux une répartition similaire en ATA type I (209 patients (25.4%)), ATA type II (264 patients (32.1%)) ATA type III (157 patients (19.1%)), et ATA IV (193 patients (23.5%)) sur une population de 823 patients (27).

Cette différence entre notre étude et la littérature est expliquée par le fait que dans notre étude nous avons considéré les ATA selon la couverture aortique par l'endoprothèse et non selon le type anatomique.

II. Stratégie thérapeutique des ATA

Pour traiter un ATA différentes stratégies sont envisageables. Elles sont résumées dans le tableau 5.

Depuis 1999, les prothèses fenêtrées ont été introduites. Elles ont permis le traitement par voie endovasculaire d'anévrisme Thoraco-abdominaux initialement pour les patients non opérables (28).

La stratégie thérapeutique de prise en charge de ces ATA est complexe.

La première option reste la chirurgie ouverte pour les patients jeunes, notamment en cas de syndrome de Marfan, ainsi que pour les patients avec un ATA développé sur une dissection aortique.

Les résultats sont satisfaisants à moyens et long terme pour ces patients traités en chirurgie ouverte (27).

Cette chirurgie nécessite la réalisation d'une thoraco-phréno-laparotomie. Elle est donc à haut risque chez les patients âgés (>80 ans), présentant une insuffisance respiratoire (VEMS<1,5L), une altération de la fonction rénale, un abdomen hostile ou encore une altération de la fonction cardiaque (FEVG<40%).

La deuxième option thérapeutique est la technique hybride qui associe une technique de chirurgie ouverte et une technique endovasculaire. Cette technique consiste à la mise en place d'une endoprothèse dans l'aorte thoraco-abdominale couvrant l'ensemble de l'anévrisme après avoir réalisé un débranching des artères viscérales et rénales. Après la réalisation d'une laparotomie les artères viscérales et rénales sont revascularisées à partir d'un axe iliaque ou de l'aorte distale.

Cette technique est très peu utilisée mais peut-être envisagée dans des situations d'urgence.

La troisième option thérapeutique est la réparation endovasculaire qui est actuellement en cours d'évaluation.

Parmi les techniques endovasculaires la première option est l'implantation d'endoprothèses branchées (BEVAR) ou fenêtrées (FEVAR).

Parmi ses prothèses, il existe une solution sur mesure (Custom Made Device) avec une prothèse parfaitement adaptée à l'anatomie du patient. Les fenêtres et/ou branches sont positionnées en fonction de la position anatomique des artères du patient à traiter. Ces prothèses ont montré une excellente stabilité et une excellente durabilité dans le traitement des ATA (29)(30).

L'autre alternative est la prothèse prête à porter ou standardisée. Ces prothèses sont ainsi appelées « off the Shelf » car elles sont immédiatement disponibles sans imposer de délai de fabrication

Parmi ses prothèses on retrouve la prothèse T-branch de Cook qui est une prothèse avec 4 branches déjà suturées sur le corps principal prothétique. Les prothèses que nous avons étudiées dans cette étude sont une nouvelle génération de prothèses « off the shelf », qui seront plus facilement et plus rapidement disponibles que les CMD.

Les autres options thérapeutiques sont les techniques dites "off label". Ce sont des techniques qui ne sont pas officiellement approuvées mais qui peuvent être envisagées sous certaines conditions, c'est-à-dire lorsque les patients sont récusés pour des procédures standards ou dans des situations d'urgence.

Parmi ces techniques on retrouve les techniques des prothèses parallèles (parallel graft technique), qui comportent les cheminées (Chimney/ ChEVAR), les périscoopes (Periscope), Tuba (snorkel), et autres multibranches parallèles. Le problème de ces techniques reste la durabilité à long terme du aux gouttières entre les différentes prothèses implantées (31).

Une autre alternative est la prothèse modifiée par le chirurgien aussi appelée «physician modified stent graft technique» (PhMSG). Les fenestrations sont « faites maison » (home made technique), c'est-à-dire confectionnées par le chirurgien au début de l'intervention sur une endoprothèse standard(32).

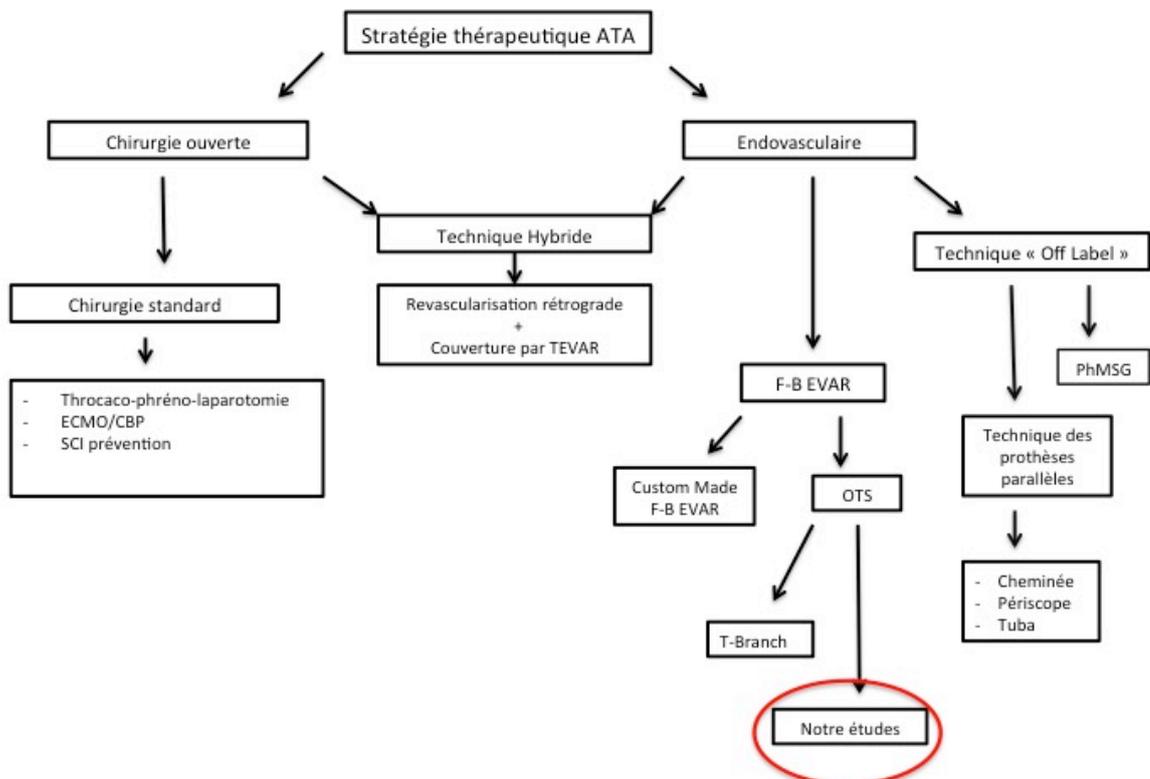
L'implantation de stents multicouches (Multi layer) n'est pas recommandé dans le traitement des anévrisme de l'Aorte thoraco-abdominale (33).

L'étude actuelle évalue une nouvelle approche OTS, ou prêt-à-porter endovasculaire, pour traiter les anévrismes de l'Aorte thoraco-abdominale.

La complexité de l'anatomie des différentes branches des ATA est un challenge pour le traitement endovasculaire. L'utilisation des endoprothèses multibranches a montré des résultats durables à moyen terme avec les prothèses sur mesure (CMD).

L'équipe de Fernandez a récemment confirmé la durabilité et la stabilité des prothèses prêtes à porter (« off the shelf ») qui semblent être équivalentes aux prothèses sur mesure. Il est donc licite de préférer ce type de matériel qui ne nécessite pas de délai de confection et dont la fabrication est plus simple et moins coûteuse (29).

Tableau 5 : Stratégie thérapeutique des Anévrismes Thoraco-abdominaux



III. Anatomie des artères dans les ATA

Il semble que certaines conditions anatomiques ne soient pas favorables au traitement endovasculaire des TAAA. Ainsi, Rolls et al ont définis des critères anatomiques défavorables au traitement endovasculaire (34).

Les critères sont les suivants :

- l'angulation aortiques sous rénale $> 60^\circ$,
- l'angulation négative des artères rénales,
- l'angulation du tronc coeliaque $>120^\circ$,
- l'angulation de la mésentérique supérieure $>140^\circ$
- l'angulation > 90 de l'iliaque commune
- les sténoses ostiales des branches $> 60\%$,
- la proximité de 3 mm de deux branches,
- la présence d'un stent de fixation supra rénal préexistant.

On peut également définir certaines situations comme étant des contre-indications à une procédure endovasculaire comme le diamètre des accès fémoraux ou iliaque externe même si l'apparition de prothèses Low-profile permet de traiter des patients avec des accès de petit calibre.

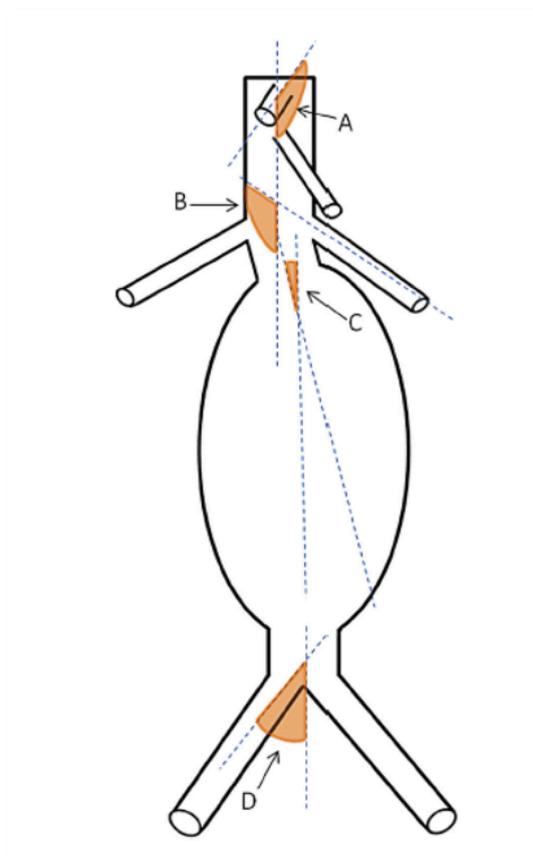
Enfin, certaines situations comme les « shaggy Aorta » restent des contre-indications au traitement endovasculaire.

Azzaoui *et al.* ont réalisé une étude anatomique des anévrismes juxta rénaux (35). Celui ci retrouve un positionnement des artères rénales comparable à notre étude. En effet l'artère rénale droite est positionnée à 285° [240° - $337,5^\circ$] soit 2h45, et l'artère rénale gauche est positionnée à $82,5^\circ$ [$37,5^\circ$ - 150°] soit 9h30. Dans notre étude l'horaire médian de l'artère rénale droite est de 9h45 (0,70) et l'horaire médian de l'artère rénale gauche est de 2h30 (0,85). La distance entre l'artère mésentérique supérieur et les artères rénales a également été étudiée. Celle ci était respectivement de 9mm [0-30] et de 8mm [3-30] pour l'artère rénale gauche et l'artère rénale droite. Ces données sont différentes de celles relevées dans notre étude. Cela s'explique par le type différent d'anévrisme étudié.

Malheureusement, il n'est pas retrouvé dans la littérature de véritable étude anatomique des artères viscérales et rénales dans les anévrismes thoraco-abdominaux permettant une comparaison de nos résultats.

Le dernier élément reste l'évolutivité des angulations car on sait maintenant que les angulations et le positionnement des artères vont évoluer après la mise en place de cette prothèse. Il existe une certaine conformabilité à l'anatomie comme nous l'a récemment montré l'équipe de Ullery (36) .

Figure 13 : Critères anatomiques pour la prise en charge endovasculaire (37).



A : Angulation du Tronc coeliaque
B : Angulation de l'artère rénale droite
C : Angulation du collet sous rénal
D : Angulation de l'artère iliaque commune
Mesures réalisées en pré-opératoire

IV. Adaptabilité aux prothèses standardisées dites « off the shelf » (OTS)

Seuls 17 patients (9%) ne peuvent pas bénéficier d'une endoprothèse standardisée dans notre étude. En effet 90,9% de nos patients (170 cas) peuvent bénéficier d'au moins un modèle d'endoprothèse standardisée, 84% des patients (157 cas) peuvent bénéficier de deux modèles et 66% (123 cas) des trois modèles.

Si l'on compare l'adaptabilité des prothèses OTS par rapport aux prothèses multibranches OTS comme la t-Branch, il semble que leur adaptabilité soit bien meilleure d'un point de vue anatomique.

En effet, deux principales études ont analysé la faisabilité des modèles multibranches. Bisdas retrouve dans son étude 49% (21 cas sur 43) de patients présentant un ATA dont l'anatomie est compatible avec l'utilisation d'une endoprothèse t-Branch (38). Les causes d'échec sont les suivantes : tout d'abord l'orientation des artères rénales dans 3,20%, la bifurcation aortique trop haute dans 1,7% et enfin l'IVD inférieur à 25mm dans 5,33%.

Gasper *et al.* ont quant à eux étudié 201 patients afin de savoir si l'endoprothèse multibranche pouvait être utilisée. Sur l'ensemble des patients, seuls 34 (17%), ne peuvent pas bénéficier de l'endoprothèse multibranche. Les raisons sont les suivantes : dans 41% des cas l'orientation des artères rénales est en cause, dans 3% il s'agit de la distance entre le TC, l'AMS et les artères rénales, et enfin dans 9% des cas il s'agit de l'orientation du TC et de l'AMS (23).

Les résultats de notre étude sont sensiblement comparables. Il faut néanmoins tenir compte du fait que dans le choix de stratégie thérapeutique initial les cas avec une anatomie non favorable ont été exclus. Il s'agit d'un biais de sélection anatomique initial qui diminue ce taux par rapport à l'ensemble de la population des ATA.

Le modèle 1 étudié ici correspond au modèle multibranche. La seule différence entre ces deux modèles est le positionnement de la branche de l'artère rénale droite qui est respectivement à 10h00 dans le modèle t-branch et à 10h30 dans notre modèle 1. Nos résultats se situent entre ces deux études. En effet le taux de succès de notre modèle 1 est de 70,6%. Le taux d'échec dû à l'IVD est de 21%, le taux d'échec dû à une bifurcation haute est de 18% et enfin l'orientation des artères rénales est en cause dans 21%.

La comparaison de nos résultats pour les modèles 2 et 3 par rapport à la littérature est difficile compte tenu de l'absence de données anatomiques précises sur le positionnement des artères rénales.

L'étude réalisée par Mendes a comparé deux prothèses « off the shelf » et a étudié l'adaptabilité de ces prothèses (Endologix Ventana (Endologix Inc, Irvine, Calif) et Cook p-Branch (Cook Medical, Brisbane, Australia)). Ainsi la p-Branch était adaptée dans 75% des situations alors que la Ventana ne l'était que dans 61% des cas (39).

Les auteurs concluent d'ailleurs que près de 40% des anévrismes traités ne répondent pas aux critères anatomiques pour la réparation endovasculaire avec l'un des deux dispositifs, ce qui justifie la nécessité de conceptions de nouvelles endoprothèses.

Faber *et al.* concluent sur les dispositifs OTS que les stratégies de développement de prothèses OTS réduiront les temps d'attente pour les patients atteints de la maladie anévrismale aortique complexe. Dans leur étude, un nombre important avait encore besoin de prothèses sur mesure jusqu'à ce que des conceptions de nouvelles prothèses soient disponibles (40).

Les premières expériences avec les prothèses OTS ne démontrent pas de risques rénaux importants; cependant, le nombre de prothèses implantées était faible. Les auteurs concluaient que d'autres études comparant les résultats de ces techniques étaient nécessaires pour établir la meilleure approche pour gérer la réparation endovasculaire des anévrismes aortiques complexes.

Ainsi notre étude correspond à l'étape attendue de l'évolution des prothèses OTS s'adaptant à un grand nombre de patients.

La limite principale de cette étude, outre le fait qu'elle soit rétrospective et monocentrique, est que la population étudiée est une population déjà sélectionnée avec une anatomie favorable au traitement endovasculaire.

On peut tout de même conclure que ces prothèses seront largement utilisées dans un futur proche

CONCLUSION

Les modèles OTS que nous avons étudiés s'adaptent à 90,9% des patients porteurs d'ATA traités dans notre service par voie endovasculaire. En effet le modèle 1 s'adaptait à l'anatomie aortique dans 70,6% des cas (132 cas), le modèle 2 dans 84% (157 cas) et enfin le modèle 3 dans 90,9% (170 cas). La limite essentielle de notre cohorte de patients étudiés est le fait que les patients présentant une anatomie non favorable au traitement endovasculaire ont été exclus. Le taux de succès peut donc diminuer dans la population générale des ATA. Néanmoins ces patients n'auraient pas pu non plus disposer d'une prothèse CMD, c'est à dire confectionnée sur mesure.

L'utilisation de ces nouvelles endoprothèses standardisées devrait permettre une diminution importante du délai de fabrication et donc de livraison qui devrait être réduit de 6 à 3 semaines.

Une étude clinique prospective sera nécessaire afin de confirmer l'adaptabilité de ces nouvelles endoprothèses standardisées dans la population générale des ATA.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Crawford ES, Coselli JS. Thoracoabdominal aneurysm surgery. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 1991 Oct;3(4):300–22.
2. Webb TH, Williams GM. Thoracoabdominal aneurysm repair. *Cardiovasc Surg Lond Engl.* 1999 Oct;7(6):573–85.
3. Bickerstaff LK, Pairolero PC, Hollier LH, Melton LJ, Van Peenen HJ, Cherry KJ, et al. Thoracic aortic aneurysms: a population-based study. *Surgery.* 1982 Dec;92(6):1103–8.
4. Coselli JS, LeMaire SA, Preventza O, de la Cruz KI, Cooley DA, Price MD, et al. Outcomes of 3309 thoracoabdominal aortic aneurysm repairs. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016 Jan 14;
5. Coselli JS, Bozinovski J, LeMaire SA. Open surgical repair of 2286 thoracoabdominal aortic aneurysms. *Ann Thorac Surg.* 2007 Feb;83(2):S862–4; discussion S890–2.
6. Rigberg DA, McGory ML, Zingmond DS, Maggard MA, Agustin M, Lawrence PF, et al. Thirty-day mortality statistics underestimate the risk of repair of thoracoabdominal aortic aneurysms: a statewide experience. *J Vasc Surg.* 2006 Feb;43(2):217–22; discussion 223.
7. Clouse WD, Marone LK, Davison JK, Dorer DJ, Brewster DC, LaMuraglia GM, et al. Late aortic and graft-related events after thoracoabdominal aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2003 Feb;37(2):254–61.
8. Conrad MF, Crawford RS, Davison JK, Cambria RP. Thoracoabdominal aneurysm repair: a 20-year perspective. *Ann Thorac Surg.* 2007 Feb;83(2):S856–61; discussion S890–2.
9. Kashyap VS, Cambria RP, Davison JK, L'Italien GJ. Renal failure after thoracoabdominal aortic surgery. *J Vasc Surg.* 1997 Dec;26(6):949–55; discussion 955–7.
10. Coselli JS, LeMaire SA, Conklin LD, Köksoy C, Schmittling ZC. Morbidity and mortality after extent II thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Ann Thorac Surg.* 2002 Apr;73(4):1107–15; discussion 1115–6.
11. Panneton JM, Hollier LH. Nondissecting thoracoabdominal aortic aneurysms: Part I. *Ann Vasc Surg.* 1995 Sep;9(5):503–14.

12. Cambria RP, Clouse WD, Davison JK, Dunn PF, Corey M, Dorer D. Thoracoabdominal Aneurysm Repair: Results With 337 Operations Performed Over a 15-Year Interval. *Ann Surg*. 2002 Oct;236(4):471–9.
13. Bleyen J, Schol F, Vanhandenhove I, Vercaeren P. Side-branched modular endograft system for thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *J Endovasc Ther Off J Int Soc Endovasc Spec*. 2002 Dec;9(6):838–41.
14. Bicknell CD, Cheshire NJW, Riga CV, Bourke P, Wolfe JHN, Gibbs RGJ, et al. Treatment of complex aneurysmal disease with fenestrated and branched stent grafts. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg*. 2009 Feb;37(2):175–81.
15. Maurel B, Delclaux N, Sobocinski J, Hertault A, Martin-Gonzalez T, Moussa M, et al. The impact of early pelvic and lower limb reperfusion and attentive peri-operative management on the incidence of spinal cord ischemia during thoracoabdominal aortic aneurysm endovascular repair. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg*. 2015 Mar;49(3):248–54.
16. Chuter TAM, Rapp JH, Hiramoto JS, Schneider DB, Howell B, Reilly LM. Endovascular treatment of thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg*. 2008 Jan;47(1):6–16.
17. Verhoeven EL, Tielliu IF, Bos WT, Zeebregts CJ. Present and future of branched stent grafts in thoraco-abdominal aortic aneurysm repair: a single-centre experience. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg*. 2009 Aug;38(2):155–61.
18. Haulon S, D'Elia P, O'Brien N, Sobocinski J, Perrot C, Lerussi G, et al. Endovascular repair of thoracoabdominal aortic aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg*. 2010 Feb;39(2):171–8.
19. Chuter TA, Gordon RL, Reilly LM, Pak LK, Messina LM. Multi-branched stent-graft for type III thoracoabdominal aortic aneurysm. *J Vasc Interv Radiol JVIR*. 2001 Mar;12(3):391–2.
20. Bosiers MJ, Bisdas T, Donas KP, Torsello G, Austermann M. Early experience with the first commercially available off-the-shelf multibranched endograft (t-branch) in the treatment of thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Endovasc Ther Off J Int Soc Endovasc Spec*. 2013 Dec;20(6):719–25.
21. Bisdas T, Donas KP, Bosiers MJ, Torsello G, Austermann M. Custom-made versus off-the-shelf multibranched endografts for endovascular repair of thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg*. 2014 Nov;60(5):1186–95.
22. Premprabha D, Sobel J, Pua C, Chong K, Reilly LM, Chuter TAM, et al. Visceral branch occlusion following aneurysm repair using multibranched thoracoabdominal stent-grafts. *J Endovasc Ther Off J Int Soc Endovasc Spec*. 2014 Dec;21(6):783–90.
23. Gasper WJ, Reilly LM, Rapp JH, Grenon SM, Hiramoto JS, Sobel JD, et al. Assessing the anatomic applicability of the multibranched endovascular repair of thoracoabdominal aortic aneurysm technique. *J Vasc Surg*. 2013 Jun;57(6):1553–8; discussion 1558.

24. Sweet MP, Hiramoto JS, Park K-H, Reilly LM, Chuter TAM. A standardized multi-branched thoracoabdominal stent-graft for endovascular aneurysm repair. *J Endovasc Ther Off J Int Soc Endovasc Spec.* 2009 Jun;16(3):359–64.
25. Chuter T a. M, Reilly LM. Endovascular treatment of thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2006 Dec;47(6):619–28.
26. LeMaire SA, Price MD, Green SY, Zarda S, Coselli JS. Results of open thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Ann Cardiothorac Surg.* 2012 Sep;1(3):286–92.
27. Coselli JS, Green SY, Price MD, Hash JA, Ouyang Y, Volguina IV, et al. Results of Open Surgical Repair in Patients With Marfan Syndrome and Distal Aortic Dissection. *Ann Thorac Surg.* 2016 Feb 12;
28. Faruqi RM, Chuter TA, Reilly LM, Sawhney R, Wall S, Canto C, et al. Endovascular repair of abdominal aortic aneurysm using a pararenal fenestrated stent-graft. *J Endovasc Surg Off J Int Soc Endovasc Surg.* 1999 Nov;6(4):354–8.
29. Fernandez CC, Sobel JD, Gasper WJ, Vartanian SM, Reilly LM, Chuter TAM, et al. Standard off-the-shelf versus custom-made multibranched thoracoabdominal aortic stent grafts. *J Vasc Surg.* 2016 Jan 24;
30. Eagleton MJ, Follansbee M, Wolski K, Mastracci T, Kuramochi Y. Fenestrated and branched endovascular aneurysm repair outcomes for type II and III thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg.* 2016 Jan 11;
31. Pecoraro F, Veith FJ, Puipe G, Amman-Vesti B, Bettex D, Rancic Z, et al. Mid- and Longer-term Follow up of Chimney and/or Periscope Grafts and Risk Factors for Failure. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* 2016 Mar 5;
32. Cochennec F, Kobeiter H, Gohel M, Leopardi M, Raux M, Majewski M, et al. Early Results of Physician Modified Fenestrated Stent Grafts for the Treatment of Thoraco-abdominal Aortic Aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* 2015 Nov;50(5):583–92.
33. Lowe C, Worthington A, Serracino-Inglott F, Ashleigh R, McCollum C. Multi-layer Flow-modulating Stents for Thoraco-abdominal and Peri-renal Aneurysms: The UK Pilot Study. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* 2016 Feb;51(2):225–31.
34. Rolls AE, Jenkins M, Bicknell CD, Riga CV, Cheshire NJ, Burfitt N, et al. Experience with a novel custom-made fenestrated stent graft in the repair of juxtarenal and type IV thoracoabdominal aneurysms. *J Vasc Surg.* 2014 Mar;59(3):615–22.
35. Azzaoui R, Sobocinski J, Maurel B, D'Elia P, Perrot C, Bianchini A, et al. Anatomic study of juxta renal aneurysms: impact on fenestrated stent-grafts. *Ann Vasc Surg.* 2011 Apr;25(3):315–21.

36. Ullery BW, Suh G-Y, Lee JT, Liu B, Stineman R, Dalman RL, et al. Comparative geometric analysis of renal artery anatomy before and after fenestrated or snorkel/chimney endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2016 Apr;63(4):922–9.
37. Franklin RN, Silveira PG, Timi JRR, Lee JT, Galego G do N, Bortoluzzi CT. Tomographic Measurement of Gutters and Analysis of the Conformability of Stent Grafts in the Octopus Technique for Endovascular Thoracoabdominal Aneurysm Repair. *Ann Vasc Surg.* 2016 Mar 8;
38. Bisdas T, Donas KP, Bosiers M, Torsello G, Austermann M. Anatomical suitability of the T-branch stent-graft in patients with thoracoabdominal aortic aneurysms treated using custom-made multibranched endografts. *J Endovasc Ther Off J Int Soc Endovasc Spec.* 2013 Oct;20(5):672–7.
39. Mendes BC, Oderich GS, Macedo TA, Pereira AA, Cha S, Duncan AA, et al. Anatomic feasibility of off-the-shelf fenestrated stent grafts to treat juxtarenal and pararenal abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg.* 2014 Oct;60(4):839–47; discussion 847–8.
40. Farber MA, Vallabhaneni R, Marston WA. “Off-the-shelf” devices for complex aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2014 Sep;60(3):579–84.

AUTEUR : Nom : LE CHEVALIER de PREVILLE

Prénom : Agathe

Date de Soutenance : 29 avril 2016

Titre de la Thèse : Adaptabilité des endoprothèses standardisées dans le traitement des anévrismes thoraco-abdominaux type I, II et III.

Thèse - Médecine - Lille 2016

Cadre de classement : DES Chirurgie Générale, DESC de Chirurgie Vasculaire

Mots-clés : Anévrismes thoraco-abdominaux type I, II et III, endoprothèse standardisée, off the shelf, positionnement artères rénales.

Résumé :

Contexte : Depuis 2008, la réussite et la durabilité des endoprothèses sur mesure a bien été démontrée. Afin de réduire le coût et le délai de fabrication nécessaire pour les endoprothèses sur mesure, il est nécessaire de mettre à disposition des praticiens des modèles d'endoprothèses (EDP) standardisées rapidement disponibles. L'objectif de notre étude est donc de réaliser une étude anatomique des anévrismes thoraco-abdominaux afin de tester l'adaptabilité de trois nouveaux modèles d'EDP standardisées (le modèle 1 : quatre branches, le modèle 2 : deux branches pour le tronc coeliaque et l'artère mésentérique supérieure et deux fenêtres pour les artères rénales, et enfin le modèle 3 : une branche pour le tronc coeliaque et trois fenêtres pour l'artère mésentérique supérieure et les artères rénales).

Méthode : Entre janvier 2004 et décembre 2015, tous les patients traités dans notre centre pour un anévrisme thoraco-abdominal de type I, II ou III ont été inclus rétrospectivement. Les angioscanners pré-opératoires, ont été analysés par un seul investigateur. Le recueil des données anatomiques a été réalisé à l'aide d'une station de travail radiologique dédiée (Aquarius inTuitionViewer, Terarecon). Les reconstructions multiplanaires et curvilinéaires ont permis de relever les diamètres, hauteurs et positionnements horaires de chaque artère viscérale et rénale. Nous avons ensuite testé, à l'aide d'un calque, dans quelle mesure le positionnement des artères viscérales et rénales s'adaptait à chacun de ces trois nouveaux modèles d'endoprothèses standardisées.

Résultats : Pour les modèles d'EDP testées, 90,9% des patients auraient pu théoriquement bénéficier d'au moins un modèle d'EDP standardisée. Le modèle 1 aurait pu être utilisé dans 70,6% des cas, le modèle 2 dans 84% des cas et le modèle 3 dans 90,9% des cas. Le positionnement médian de l'artère rénale droite (RRA) était, de 9h45 (0,70) et la distance entre l'AMS et la RRA de 13,10mm (13,56). Pour l'artère rénale gauche (LRA), le positionnement médian était de 2h30 (0,85) et la distance entre l'AMS et la LRA de 18,60mm (10,95).

Conclusion : Cette étude a permis de confirmer l'excellente adaptabilité de ces nouvelles endoprothèses standardisées d'un point de vue anatomique. L'absence de délai prolongé de fabrication devrait permettre de les rendre rapidement disponibles à un moindre coût.

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Professeur Stéphan HAULON

Asseseurs : Monsieur le Professeur André VINCENELLI

Monsieur le Docteur François PONTANA

Monsieur le Docteur Jonathan SOBOCINSKI

Monsieur le Docteur Dominique FABRE (DT)