



UNIVERSITÉ DE LILLE
FACULTE DE MÉDECINE HENRI WAREMBOURG
Année : 2019-2020

THÈSE POUR LE DIPLOME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

**Apport de la salle hybride sur les résultats des endoprothèses
aortiques fenêtrées et branchées**

Présentée et soutenue publiquement le 13 février 2020 à 16 heures
au Pôle Formation
par **Marie BONNET**

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Jonathan SOBOCINSKI

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Ambroise DUPREY

Monsieur le Docteur François PONTANA

Directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Adrien HERTAULT

AVERTISSEMENT

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

ABRÉVIATIONS

- AAA : Anévrismes Aortiques Abdominaux
- ATA : Anévrismes Thoraco-Abdominaux
- EDP : Endoprothèse
- EVAR : Endovascular Aneurysm Repair
- F/BEVAR : Fenestrated/Branched Endovascular Aneurysm Repair
- CHU : Centre Hospitalo-Universitaire
- CBCT : Cone Beam Computed Tomography
- ALARA : As Low As Reasonably Achievable
- TDM : Tomodensitométrie (scanner)
- 2D/3D : 2-Dimensions/3-Dimensions
- HR : Hybrid Room
- IRC : Insuffisance rénale Chronique
- DFG : Déficit de Filtration Glomérulaire
- BPCO : Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive
- AVC : Accident Vasculaire Cérébral
- SD : Standard Deviation
- BIC : Bayesian Information Criterion
- PDS : Produit Dose Surface
- KM : Kaplan Meier
- IQR : InterQuartile Range
- F : Fenêtres
- B : Branches

TABLE DES MATIÈRES

Résumé.....	8
Introduction	10
Matériel et méthodes	16
I. Population	16
II. Données recueillies.....	17
1. Données démographiques et comorbidités	17
2. Données morphologiques.....	17
3. Données relatives à la procédure.....	18
III. Suivi	19
IV. Critères de jugement	20
1. A court terme.....	20
2. A long terme.....	20
V. Analyse statistique	22
Résultats	24
I. Analyse descriptive	24
1. Caractéristiques démographiques et comorbidités	24
2. Caractéristiques morphologiques	24
3. Configuration de l'endoprothèse	25
II. Impact de la salle hybride.....	26
1. Données relatives à la procédure	27
2. Résultats à court terme	28
3. Résultats à moyen et long termes	30
Discussion	34
I. Données peropératoires	35
II. Résultats à court terme	36
III. Résultats à long terme	37
IV. Limites de l'étude.....	41
Conclusion	43
Bibliographie.....	44

RÉSUMÉ

Introduction

Aucune donnée dans la littérature ne rapporte l'impact des salles hybrides dotées d'outils comme la fusion d'images ou le CBCT (*Cone Beam Computed Tomography*) sur les résultats tardifs du traitement des anévrismes aortiques complexes par endoprothèses (EDP) fenêtrées et/ou branchées (F/BEVAR). Cette étude a pour objectif d'évaluer l'apport de la salle hybride sur les résultats à long terme après F/BEVAR.

Matériel et méthodes

Il s'agit d'une étude monocentrique, rétrospective, incluant l'ensemble des patients traités par F/BEVAR sur deux périodes consécutives. Du 1er janvier 2010 au 10 octobre 2012, ces procédures étaient réalisées à l'aide d'un arceau mobile (OEC 9900, GE Healthcare, *groupe C-arm*), puis du 11 octobre 2012 au 31 décembre 2014, en salle hybride (Discovery IGS 730, GE Healthcare, *groupe HR, Hybrid Room*). L'impact de l'équipement d'imagerie sur l'instabilité des vaisseaux cibles (tout événement lié à une fenêtré/branche : occlusion/sténose, fracture, réintervention pour endofuite Ic ou IIIc, décès ou rupture aortique liés à une fenêtré/branche) et les réinterventions liées à l'EDP au cours du suivi étaient analysées.

Résultats

Deux cents soixante-deux patients étaient inclus dans cette étude (133 patients dans le groupe C-arm et 129 dans le groupe HR). Une EDP avec au moins 3 fenêtrés/branches était implantée chez 67,7 % des patients du groupe C-arm et 89,9 % des patients du groupe HR, soit un nombre total de fenêtrés/branches significativement plus élevé dans le groupe HR (449 contre

403 dans le groupe C-arm, $p < 0,01$). Le suivi médian était de 63 mois dans le groupe C-arm et 45 mois dans le groupe HR ($p = 0,53$). En analyse multivariée, l'instabilité des vaisseaux cibles (20,3 % dans le groupe C-arm et 16,3 % dans le groupe HR, $p^{adj} = 0,24$) et le taux de réinterventions (21,8 % dans le groupe C-arm et 15,5 % dans le groupe HR, $p^{adj} = 0,10$) étaient comparables. Dans le sous-groupe des patients ayant bénéficié d'une EDP avec au moins 3 fenêtres ou branches, on retrouvait une baisse significative du taux de réinterventions au cours du suivi lorsque la procédure était réalisée en salle hybride (15,5 % contre 24,4 % dans le groupe C-arm, $p^{adj} = 0,03$).

Conclusion

La réalisation d'une procédure F/BEVAR en salle hybride permettrait de réduire les réinterventions liées à l'EDP à long terme pour les réparations aortiques les plus complexes (≥ 3 fenêtres/branches).

INTRODUCTION

L'anévrisme de l'aorte est défini comme une dilatation de l'aorte avec perte de parallélisme des parois et un diamètre supérieur ou égal à 50% du diamètre aortique en amont (1).

La prévalence des anévrismes aortiques abdominaux (AAA) est négligeable avant 55 ans puis augmente régulièrement avec l'âge. En 1990, la prévalence chez les personnes âgées de 75 à 79 ans était de 2423 pour 100 000 habitants contre 2275 en 2010 (2). En ce qui concerne les anévrismes thoraco-abdominaux (ATA), l'incidence est incertaine car les études épidémiologiques sont rares (3). Ils sont toutefois beaucoup moins fréquents que les AAA.

L'évolution naturelle des anévrismes de l'aorte est la croissance continue puis la rupture. En effet, le risque de rupture annuel pour les AAA est de 1% pour un diamètre de 40 à 49 mm, entre 1 et 11% pour un diamètre de 50 à 59 mm, entre 10 et 22% pour un diamètre de 60 à 69 mm, supérieur à 30 % pour un diamètre de plus de 70 mm (4).

En cas de rupture d'AAA, le taux de mortalité atteint 80 % (5). L'objectif du traitement est donc de prévenir la rupture.

Les dernières recommandations de la Société européenne de chirurgie vasculaire pour les AAA retiennent l'indication chirurgicale en cas de taille supérieure à 55 mm chez l'homme, 50 mm chez la femme, de croissance rapide (≥ 1 cm par an) ou d'anévrisme symptomatique (6).

Concernant les ATA, il existe un consensus pour traiter les patients à risque chirurgical faible à modéré en cas de diamètre supérieur ou égal à 60 mm (moins pour les patients suspects de maladie du tissu conjonctif), d'une croissance rapide de l'anévrisme (≥ 1 cm par an) ou de symptômes (3,7).

Il existe deux types de traitement. Le traitement chirurgical ouvert dit conventionnel est réalisé pour la première fois par Charles Dubost en 1951 (8). Il consiste en une mise à plat de l'anévrisme et un remplacement de l'aorte pathologique par un tube prothétique.

A partir des années 1990, un nouveau type de traitement fait son apparition : le traitement endovasculaire (9). Il s'agit d'une technique mini-invasive qui consiste à exclure l'anévrisme de la circulation générale en interposant un stent recouvert de matériel prothétique (endoprothèse) par voie fémorale. Les avantages du traitement endovasculaire par rapport à la chirurgie ouverte classique sont d'éviter la laparotomie, de limiter le temps d'intervention, les pertes sanguines et d'éviter le clampage aortique.

La faisabilité du traitement endovasculaire repose notamment sur la nécessité de segments aortiques non pathologiques en amont et en aval (collets) afin d'exclure parfaitement l'anévrisme de la circulation artérielle sans défaut d'étanchéité.

En cas d'anévrismes complexes (juxta-rénaux, para-rénaux et thoraco-abdominaux), ces segments aortiques d'amont ou d'aval peuvent inclure l'origine des artères à destinée cérébrale, digestive et/ou rénale qui doivent donc être préservées par la création sur l'endoprothèse (EDP) de fenêtres ou de branches afin de maintenir leur perméabilité (*figure 1*). De telles EDP, conçues sur mesure à partir de l'imagerie préopératoire, apparaissent à la fin des années 1990 (10,11). Depuis, de nombreuses études ont montré la faisabilité et l'efficacité de cette technique (12–17).

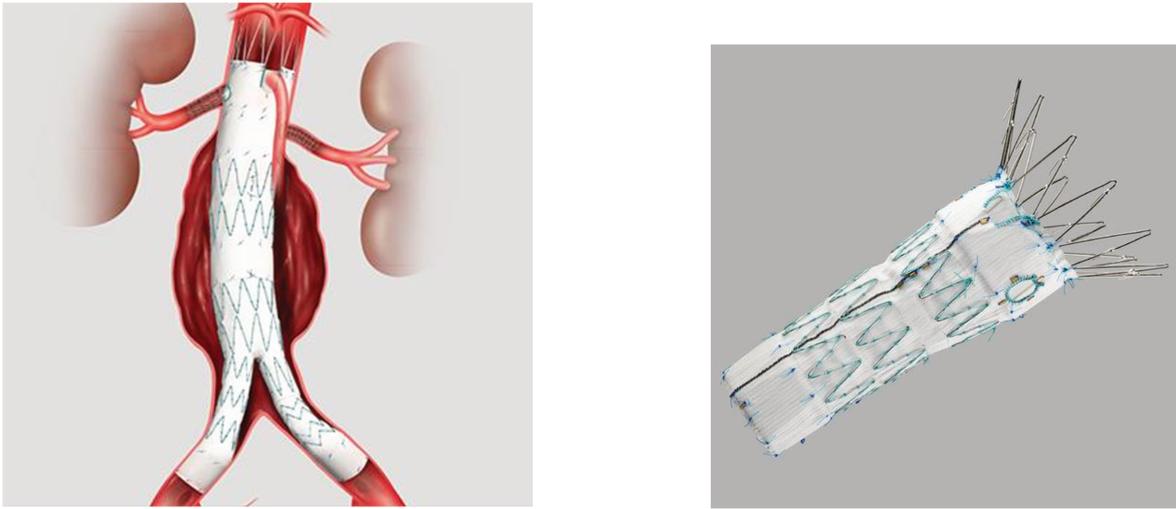


Figure 1 : EDP fenêtrée

Images issues du site aortic.cookmedical.com

En ce qui concerne les anévrismes aortiques sous-rénaux, plusieurs essais randomisés ont comparé les résultats du traitement endovasculaire au traitement chirurgical conventionnel. Le traitement endovasculaire (*Endovascular Aneurysm Repair* ou EVAR pour les Anglo-saxons) a montré son bénéfice en terme de morbi-mortalité au cours de la première année (18–20). Cependant ce bénéfice par rapport à la chirurgie ouverte se perd au cours des années en raison du nombre important de réinterventions en cas d'EVAR (20–22).

Le même problème se pose pour les anévrismes complexes. Une méta-analyse a été publiée par Jones et al. en 2019 afin de comparer le traitement par EDP fenêtrée (FEVAR) au traitement chirurgical conventionnel pour les anévrismes juxta-rénaux. Elle ne met pas en évidence de différence significative en termes de mortalité à 30 jours avec un taux significativement plus faible de complications majeures précoces. Cependant, le taux de réinterventions tardives après FEVAR est significativement plus élevé : 11,1 % versus 2% pour la chirurgie ouverte avec des suivis moyens respectifs de 21,6 mois et 31,1 mois (23). Plus récemment, une revue de la littérature portant sur 30 études évaluant le traitement endovasculaire des anévrismes juxta et para-rénaux par EDP fenêtrée rapportait un taux de

réinterventions tardives de 10,4 % (allant de 0% à 57,4%) avec un suivi moyen de 3 à 60 mois (24). Par ailleurs, une précédente étude portant sur les procédures F/BEVAR réalisées au CHU de Lille retrouvait une survie sans réintervention à 1 an, 3 ans et 5 ans de 88,2 %, 78,8 % et 70,2 % (25). Ces réinterventions sont principalement dues aux plicatures ou thromboses de jambage, de fenêtre ou de branche et aux endofuites entraînant une augmentation du diamètre du sac anévrisimal (26).

Parallèlement au développement de ces procédures endovasculaires de plus en plus complexes, des systèmes d'imagerie de plus en plus performants se sont également développés, amenant à réaliser ce type d'interventions dans des salles hybrides qui remplacent peu à peu le bloc opératoire conventionnel muni d'une table radio-transparente et d'un arceau mobile.

La salle hybride permet en effet de combiner un environnement chirurgical adapté à un système d'imagerie fixe avec une qualité d'image supérieure et des applications d'imagerie avancée telles que la fusion et le CBCT (*Cone Beam Computed Tomography*).

La fusion d'images consiste à superposer un masque vasculaire 3D, réalisé à partir de l'imagerie préopératoire, à l'imagerie 2D fluoroscopique peropératoire. Elle apporte ainsi une aide précieuse à la navigation endovasculaire et de nombreuses études ont montré que cette technologie, associée à l'application du principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), permet de réduire les doses de produits de contraste, l'irradiation et le temps opératoire (27–31).

Le CBCT est une acquisition tomodensitométrique (TDM) réalisée par angiographie rotationnelle qui permet de réaliser des reconstructions proches d'un angioscanner, contrairement à l'angiographie en deux dimensions (2D) qui nécessite souvent de réaliser plusieurs acquisitions sous des incidences différentes afin d'évaluer la présence d'une

endofuite ou d'une plicature (32). De nombreuses études font état de la supériorité du CBCT, en comparaison à l'angiographie 2D, pour s'assurer en peropératoire du succès technique de la procédure, en particulier pour vérifier la perméabilité des vaisseaux cibles, repérer les plicatures de stent ou jambage et les endofuites et ainsi les corriger immédiatement (32–37). Dans leur cohorte d'anévrismes aortiques sous-rénaux, Schulz et al. (36) ont montré une meilleure détection des endofuites pour le CBCT (36%) en comparaison avec l'angiographie 2D (16%) ou l'angio-TDM (22%) ($p < 0.001$), aboutissant à 7 procédures complémentaires peropératoires (7,1%). Massoni et al. rapportent qu'environ un tiers des sténoses de jambage n'était pas diagnostiqué avec l'angiographie 2D en comparaison avec le CBCT (32).

Plusieurs études suggèrent que la salle hybride permettrait de réduire le taux de réinterventions précoces. Dans une étude parue en 2019, intitulée « *Impact of onlay fusion and cone beam computed tomography on radiation exposure and technical assessment of fenestrated-branched endovascular aortic repair* », Tenorio et al. constatent que les patients traités par endoprothèses fenêtrées ou branchées en salle hybride avec la fusion d'images et le CBCT avaient une mortalité et un taux de réinterventions secondaires significativement plus faibles à 30 jours (4% versus 10% dans le groupe sans fusion ni CBCT ; $p = 0,022$) (38). Dans leur cohorte d'EVAR, Biasi et al. (39) rapportent que 86 % des complications précoces étaient dues à un problème technique et auraient pu être évitées par une meilleure imagerie peropératoire. Dans cette étude, le CBCT identifiait des problèmes conduisant à une procédure immédiate dans 6% des cas et permettait une diminution du nombre de réinterventions précoces (0/80 vs 14/312, $p = 0.05$).

On suppose alors que la salle hybride permettrait également de réduire le taux de réinterventions tardives et ainsi la morbi-mortalité à moyen et long termes. Cependant, il n'existe pas d'études dans la littérature à ce sujet.

L'objectif de cette étude rétrospective est donc d'évaluer l'apport de la salle hybride sur les résultats à moyen et long termes des endoprothèses fenêtrées et branchées dans notre centre.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

I. Population

Tous les patients ayant bénéficié d'une endoprothèse fenêtrée et/ou branchée pour l'exclusion endovasculaire d'un anévrisme de l'aorte juxta-rénal, para-rénal ou thoraco-abdominal en chirurgie programmée au sein du service de chirurgie vasculaire du CHU de Lille entre le 1^{er} janvier 2010 et le 31 décembre 2014 étaient inclus de manière consécutive puis analysés de manière rétrospective.

Les patients ayant bénéficié d'une EDP branchée de la crosse étaient exclus de cette étude.

A partir du 11 octobre 2012, le service de chirurgie vasculaire du CHU de Lille s'est doté d'une salle hybride.

Cette population a donc été divisée en deux groupes :

- Le groupe C-arm : concernait les patients traités du 1er janvier 2010 au 10 octobre 2012. Durant cette période, l'implantation d'une EDP fenêtrée/branchée était réalisée dans un bloc opératoire conventionnel avec un arceau mobile ou C-arm (OEC 9900 GE Healthcare Chalfont UK).
- Le groupe salle hybride (Hybrid Room = HR) : concernait les patients traités du 11 octobre 2012 au 31 décembre 2014. L'ensemble des interventions était réalisé en salle hybride (IGS 730, GE Healthcare, France) permettant l'utilisation de la fusion d'images et du CBCT.

II. Données recueillies

1. Données démographiques et comorbidités

Les données suivantes étaient recueillies dans le dossier médical informatisé du patient :

- le **sexe**
- l'**âge**
- les **comorbidités** du patient : diabète, tabagisme, coronaropathie, insuffisance rénale chronique (IRC, définie par un DFG <60 mL/min), broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO)

2. Données morphologiques

L'angioscanner préopératoire de chaque patient était récupéré, reconstruit sur une station 3D (Aquarius Intuition, TeraRecon) puis analysé par un opérateur unique afin de recueillir les variables suivantes :

- le **type d'anévrisme**, permettant de distinguer deux groupes :
 - les ATA de Type I, II, III et V selon la classification de Crawford modifiée par Safi (40) (Figure 2)
 - les ATA de Type IV, les anévrismes juxta-rénaux et para-rénaux
- le **diamètre maximal préopératoire** de l'anévrisme était mesuré bord externe à bord externe, en millimètres, après reconstructions curvilinéaires (ou en « centerline » c'est-à-dire suivant une ligne passant par le centre de la lumière aortique).

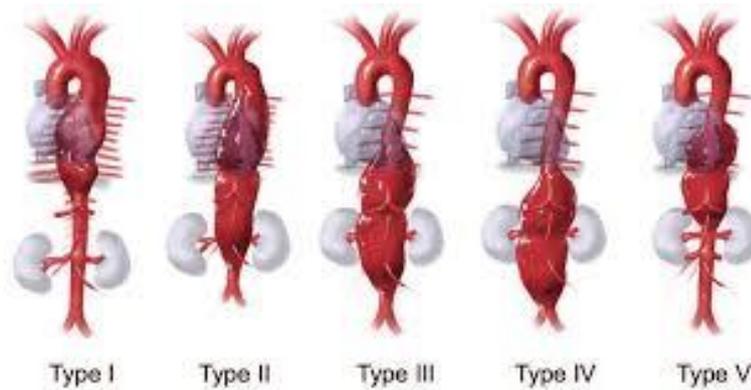


Figure 2 : Classification de Crawford modifiée des anévrismes aortiques thoraco-abdominaux

- Type I : ATA débutant après l'origine de l'artère sous-clavière gauche et s'arrêtant au-dessus des artères rénales
- Type II : ATA débutant après l'origine de l'artère sous-clavière gauche jusqu'à la bifurcation aortique
- Type III : ATA allant du 6^{ème} espace intercostal jusqu'à la bifurcation aortique
- Type IV : ATA allant du hiatus diaphragmatique jusqu'à la bifurcation aortique
- Type V : ATA allant du 6^{ème} espace intercostal et s'arrêtant au-dessus des artères rénales

3) Données relatives à la procédure

Les interventions étaient toutes réalisées par une équipe d'opérateurs expérimentés, en respectant le principe ALARA. Tous les patients étaient traités avec une EDP sur mesure conçue à partir de l'angioscanner préopératoire ou une EDP branchée standardisée (Zenith t-Branch), fabriquées par Cook Medical (Bloomington, Ind).

Pour chaque intervention, il était recueilli :

- le **type d'EDP** implantée :
 - EDP fenêtrée
 - EDP branchée
 - EDP combinant fenêtres et branches
- le **nombre de fenêtres ou branches**
- le **temps de procédure** exprimé en minutes (min)
- le **volume de produit de contraste** exprimé en millilitres (mL)

- le **Produit Dose-Surface (PDS)**, exprimé en Gray par centimètres carrés (Gy.cm²), reflétant l'irradiation associée à la procédure, était relevée sur l'équipement d'imagerie.
- le **succès technique** (41), défini comme l'introduction et le déploiement correct de l'EDP sans nécessité de conversion et sans décès dans les 24 premières heures, avec des artères cibles perméables, l'absence de plicature significative (<30% de sténose) et l'absence d'endofuite de type I ou III (Figure 3).

III. Suivi

Les données qui suivent étaient recueillies jusqu'à la date de fin de suivi correspondant au 1^{er} décembre 2018 à l'aide du dossier médical informatisé.

La date du dernier suivi correspondait au dernier signe de vie présent dans le dossier informatisé du patient, quel qu'il soit, y compris une consultation d'une autre spécialité ou un examen complémentaire.

Le date de décès était notifiée dans le dossier médical ou récupérée suite à l'appel de la famille du patient ou du médecin traitant, en précisant la nature du décès et en distinguant les décès de cause aortique ou non. Un décès survenu dans les 30 premiers jours après l'intervention était considéré comme un décès de cause aortique (41).

L'ensemble des patients était soumis à un suivi clinique et radiologique régulier à 6, 12, 24 mois puis annuellement.

IV. Critères de jugement

1. A court terme

Les critères de jugement suivants étaient retenus afin d'évaluer les résultats à court terme :

- la survenue d'**effets indésirables majeurs** dans les 30 premiers jours incluant les complications cardiaques, pulmonaires, rénales, la survenue d'AVC et d'ischémie médullaire de grade III
- les **réinterventions précoces**, réalisées dans les 30 premiers jours après la procédure initiale, comprenant tous types d'intervention
- la **durée de séjour**, exprimée en jours
- la **mortalité à 30 jours**

2. A long terme

Les critères de jugement suivants étaient retenus :

- **L'instabilité des vaisseaux cibles** (*Target Vessel Instability*), définie comme le critère de jugement principal est un critère composite proposé par Tara Mastracci (42) comprenant tout événement relié à une fenêtre ou branche :
 - décès ou une rupture d'anévrisme
 - occlusion
 - séparation d'un composant
 - réintervention pour endofuite de type Ic ou IIIc (Figure 3), sténose, plicature, déconnexion ou fracture

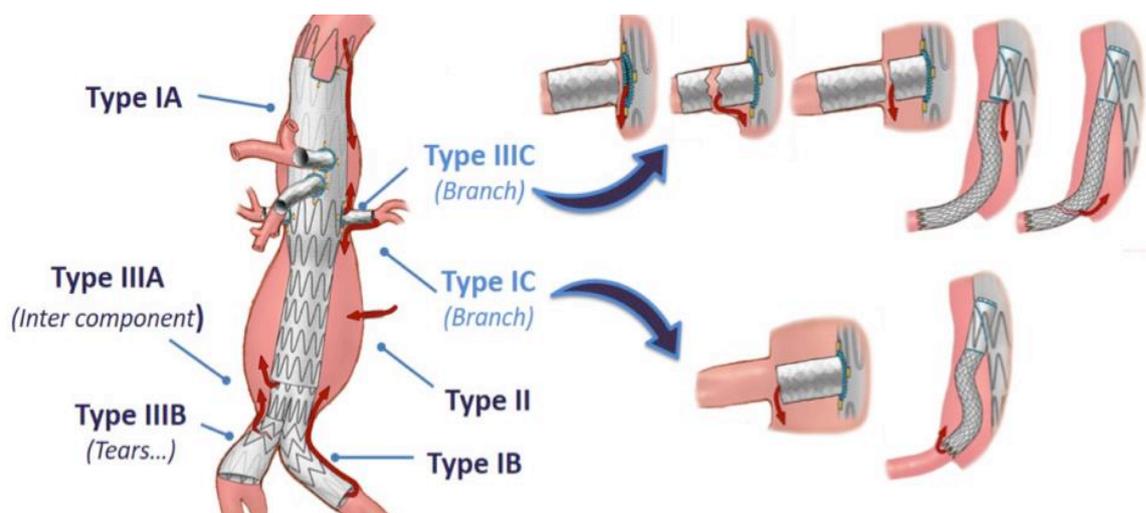


Figure 3 : Classification révisée des endofuites
Aortic Live 2018, Longterm results of bridging stents in fenestrated and branched endovascular repair, Gustavo S. Oderich

- Les **réinterventions liées à l'EDP**, un critère composite défini comme l'ensemble des réinterventions au cours du suivi pour :
 - Endofuites de type I et III (Figure 3)
 - Plicature ou thrombose de fenêtres ou branches
 - Plicature ou thrombose de jambage

Étaient exclues les réinterventions pour complications des abords (hématome, infection), ischémie aiguë sur thrombose de pontage croisé en cas d'EDP mono-iliaque ou pathologie du trépied fémoral, embolisations d'un saignement issu de petites artères périphériques ou résections intestinales pour embolies de cholestérol ainsi que les réinterventions pour endofuite de type II et infection de prothèse.

- **L'instabilité de l'EDP** définie comme la présence d'au moins un des événements suivants au cours du suivi :
 - endofuite de type I ou III
 - plicature ou thrombose de jambage
 - plicature ou thrombose des vaisseaux cibles

- La **mortalité** en précisant la date et la cause du décès

- La **mortalité aortique** en précisant la date du décès et en considérant un décès survenu dans les 30 premiers jours après l'intervention comme un décès de cause aortique (41)

V. Analyse statistique

Toutes les analyses statistiques étaient réalisées à l'aide du logiciel SAS Advanced Statistics 2.0 (IBM, New York, États-Unis). Une étude descriptive de la cohorte était réalisée. Les variables continues étaient exprimées sous forme de médiane avec un intervalle interquartile (IQR = [Q1-Q3]) ou de moyenne avec un écart type (SD : Standard Deviation). Les variables qualitatives étaient présentées sous forme de valeurs absolues et de pourcentages. Les comparaisons entre les variables qualitatives étaient effectuées avec le test du Khi2 (ou test exact de Fisher) et celles entre les variables continues avec le test t de Student ou avec le test de Mann-Whitney. Les résultats étaient comparés entre les deux groupes de patients opérés avant et après l'apparition de la salle hybride (C-arm vs HR).

Les analyses de survie étaient effectuées selon le modèle de Kaplan-Meier. Les courbes étaient comparées avec un test du log-rank. Les relations entre l'utilisation de la salle hybride, les réinterventions et l'instabilité des vaisseaux cibles étaient analysées avec un modèle de régression logistique binaire. Lorsque la relation entre le critère composite et une covariable quantitative n'était pas linéaire, la covariable était recodée en une variable binaire. Le seuil de recodage était déterminé en minimisant le critère d'information bayésien du modèle (critère BIC). Les modèles multivariés étaient construits en incluant toutes les variables avec un $p < 0,10$ dans les analyses univariées ou considérées comme cliniquement pertinentes. La sélection des covariables était effectuée manuellement jusqu'à l'obtention d'un modèle pertinent, puis affinée selon différentes procédures de sélection automatique (ascendante, descendante ou par étapes).

Des analyses en sous-groupe étaient réalisées en fonction du nombre de fenêtres et de branches.

Des valeurs de p et p^{adj} (p ajusté en analyse multivariée) inférieures à 0,05 étaient considérées comme significatives.

RÉSULTATS

I. Analyse descriptive

1. Caractéristiques démographiques et comorbidités

Entre le 1^{er} janvier 2010 et le 31 décembre 2014, 262 patients avaient bénéficié de l'exclusion endovasculaire d'un anévrisme de l'aorte juxta-rénal, para-rénal ou thoraco-abdominal par une endoprothèse fenêtrée et/ou branchée, en chirurgie programmée au sein du service de chirurgie vasculaire du CHU de Lille :

- 133 patients dans le groupe C-arm
- 129 patients dans le groupe salle hybride (HR)

L'âge moyen des patients était de 70,68 (+/-8,25) dans le groupe C-arm et 70,40 (+/-8,41) dans le groupe salle hybride ($p=0,785$), avec respectivement 91,73 % et 94,57 % d'hommes ($p=0,466$).

Il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes concernant les caractéristiques démographiques et les comorbidités. Les deux groupes étaient donc comparables. Le tableau I ci-dessous récapitule l'ensemble de ces données.

2. Caractéristiques morphologiques

Il n'y avait pas de différence significative concernant la répartition du type d'anévrisme ($p=0,886$) avec toutefois une prédominance d'anévrismes juxta-rénaux, para-rénaux et ATA de type IV (75,94 % pour le groupe C-arm et 76,74 % dans le groupe HR). Le diamètre préopératoire moyen était également comparable entre les deux groupes : 59,77 mm (+/-9,87) pour le groupe C-arm et 59,54 mm (+/-8,99) pour le groupe HR ($p=0,848$).

Variabes	C-arm	HR	P
préopératoires	(n=133)	(n=129)	
Age (années)	70,68 (+/-8,25)	70,40 (+/-8,41)	0,785
Sexe masculin	122 (91,73%)	122 (94,57%)	0,466
Coronaropathie	66 (49,62%)	51 (39,53%)	0,108
BPCO	55 (41,35%)	39 (30,23%)	0,071
IRC	32 (24,06%)	35 (27,13%)	0,575
Diabète	29 (21,80%)	24 (18,60%)	0,542
Tabagisme	116 (87,2%)	116 (89,9%)	0,693

Tableau I : Caractéristiques démographiques et comorbidités

IRC : Insuffisance rénale chronique, BPCO : Broncho-pneumopathie chronique obstructive, HR : Salle hybride

3. Configuration de l'endoprothèse

Les caractéristiques concernant le nombre de fenêtres ou branches et le type d'EDP dans chaque groupe sont résumées dans le tableau II.

Il existait une différence significative sur la répartition du nombre de fenêtres ou branches entre les deux groupes ($p < 0,01$). Le nombre total de vaisseaux cibles était significativement plus élevé dans le groupe salle hybride : 449 au total contre 403 dans le groupe C-arm ($p < 0,01$).

En revanche, on observait une répartition comparable entre les deux groupes concernant le type d'endoprothèse utilisé (fenêtrée, branchée, ou EDP combinant fenêtres et branches) avec un $p=0,263$ mais une proportion plus importante d'EDP fenêtrées de manière globale (74,44% pour le groupe C-arm et 81,40% pour le groupe salle hybride).

Configuration EDP	C-Arm (n=133)	HR (n=129)	P
1 fenêtre ou branche	2 (1,5%)	3 (2,33%)	
2 fenêtres ou branches	41 (30,83%)	10 (7,75%)	
3 fenêtres ou branches	43 (32,33%)	40 (31,01%)	<0,01
≥ 4 fenêtres ou branches	47 (35,34%)	76 (58,91%)	
Nombre total de vaisseaux cibles/ moyenne	403 3	449 3,5	<0,01
Type d'EDP			
- Fenêtrée	99 (74,44%)	105 (81,40%)	
- Branchée	17 (12,78%)	9 (6,98%)	0,263
- EDP combinant fenêtres et branches	17 (12,78%)	15 (11,63%)	

Tableau II : Type d'endoprothèse (EDP) et configuration

II. Impact de la salle hybride

Les variables de confusion identifiées et retenues pour l'analyse multivariée étaient les suivantes :

- diamètre préopératoire
- type d'anévrisme selon la classification de Crawford modifiée
- type d'endoprothèse : fenêtrée, branchée, fenêtrée et branchée
- comorbidités du patient : tabac, BPCO, coronaropathie, insuffisance rénale chronique

1. Données relatives à la procédure

Population totale

Les données sont regroupées dans le tableau III ci-dessous.

Le temps de procédure était significativement plus long dans le groupe salle hybride avec 201,3 minutes contre 181,1 minutes dans le groupe C-arm ($p^{adj}<0,01$).

Le volume de produit de contraste utilisé était par contre significativement plus faible dans le groupe salle hybride, soit 125 mL contre 142,2 mL dans le groupe C-arm ($p^{adj}<0,01$).

L'irradiation était également plus faible pour la salle hybride : 70,87 Gy.cm² contre 93,56 Gy.cm² pour le groupe C-arm ($p^{adj}<0,01$).

Il n'existait pas de différence significative concernant le succès technique : 95,3 % dans le groupe salle hybride et 92,5 % dans le groupe C-arm ($p^{adj}=0,08$).

Analyse en sous-groupe

Une analyse en sous-groupe était réalisée sur les patients ayant bénéficié de la pose d'une EDP avec au moins 3 fenêtres ou branches, soit 90 patients dans le groupe C-arm et 116 patients dans le groupe salle hybride. Le sous-groupe de patients avec une EDP comprenant 1 à 2 fenêtres ou branches n'était pas analysé par manque de puissance. Les données sont regroupées dans le Tableau III. Les résultats étaient similaires à ceux observés sur la cohorte totale.

	Population totale				Au moins 3 fenêtres ou branches			
	C-arm (n=133)	HR (n=129)	P	P ^{Adj}	C-arm (n=90)	HR (n=116)	P	P ^{Adj}
Temps de procédure (min) (SD)	181,1 (69,8)	201,3 (80,8)	<0,01	<0,01	201,5 (71,9)	208,0 (80,9)	<0,01	<0,01
Volume de contraste (ml), (SD)	142,2 (63,2)	125 (50,9)	0,01	<0,01	155,9 (66,6)	128,3 (51,3)	<0,01	<0,01
PDS (Gy.cm²), (SD)	93,56 (89,23)	70,87 (62,31)	0,01	<0,01	112,86 (100,13)	72,13 (50,36)	<0,01	<0,01
Succès technique	123 (92,5%)	123 (95,3%)	0,39	0,08	80 (88,9%)	110 (94,8%)	0,15	0,12

Tableau III : Données peropératoires

SD : Déviation standard ; PDS : Produit dose surface ; P^{Adj} : P ajusté en analyse multivariée

2. Résultats à court terme

Population totale

Il n'existait pas de différences significatives concernant la survenue d'effets indésirables majeurs, les réinterventions précoces et la mortalité à 30 jours entre les deux groupes.

La durée de séjour était significativement plus courte dans le groupe salle hybride : 10,9 jours contre 13,7 jours dans le groupe C-arm ($p^{adj} < 0,01$).

Analyse en sous-groupe

Les mêmes conclusions s'appliquaient aux patients avec au moins 3 fenêtres ou branches avec une durée de séjour de 10,3 jours dans le groupe salle hybride et 12,2 jours dans le groupe C-arm ($p^{adj} < 0,01$).

L'ensemble de ces données sont regroupées dans le Tableau IV ci-dessous.

	Population totale				Au moins 3 fenêtres ou branches			
	C-arm (n=133)	HR (n=129)	P	P ^{Adj}	C-arm (n=90)	HR (n=116)	P	P ^{Adj}
Effets indésirables majeurs	71 (53,4%)	78 (60,4%)	0,33	0,52	56 (62,2%)	69 (59,5%)	0,58	0,67
Réinterventions précoces	13 (9,8%)	7 (5,4%)	0,19	0,19	9 (10,0%)	6 (5,2%)	0,15	0,10
Durée de séjour (jours), (SD)	13,7 (24,9)	10,9 (10,8)	<0,01	<0,01	12,2 (8,8)	10,3 (7,5)	<0,01	<0,01
Mortalité à 30 jours	7 (5,3%)	5 (3,9%)	0,42	0,69	7 (7,8%)	4 (3,4%)	0,11	0,21

Tableau IV : Résultats précoces

3. Résultats à moyen et long termes

Population totale

Le suivi était comparable entre les deux groupes ($p^{adj}=0,53$) avec un suivi médian de 63,30 mois (IQR = 33,40-75,97) dans le groupe C-arm et de 44,93 mois (IQR = 25,07-53,50) dans le groupe salle hybride.

On ne retrouvait pas de différences significatives concernant l'instabilité des vaisseaux cibles, les réinterventions liées à l'EDP, les réinterventions sur fenêtres et/ou branches, les thromboses de fenêtres et/ou branches, les thromboses de jambages et l'instabilité de l'endoprothèse.

Les données sont regroupées dans le Tableau V ci-dessous.

Les courbes de Kaplan Meier (KM) de survie sans instabilité des vaisseaux cibles et de survie sans réintervention sont représentées ci-dessous, respectivement figures 4 et 5.

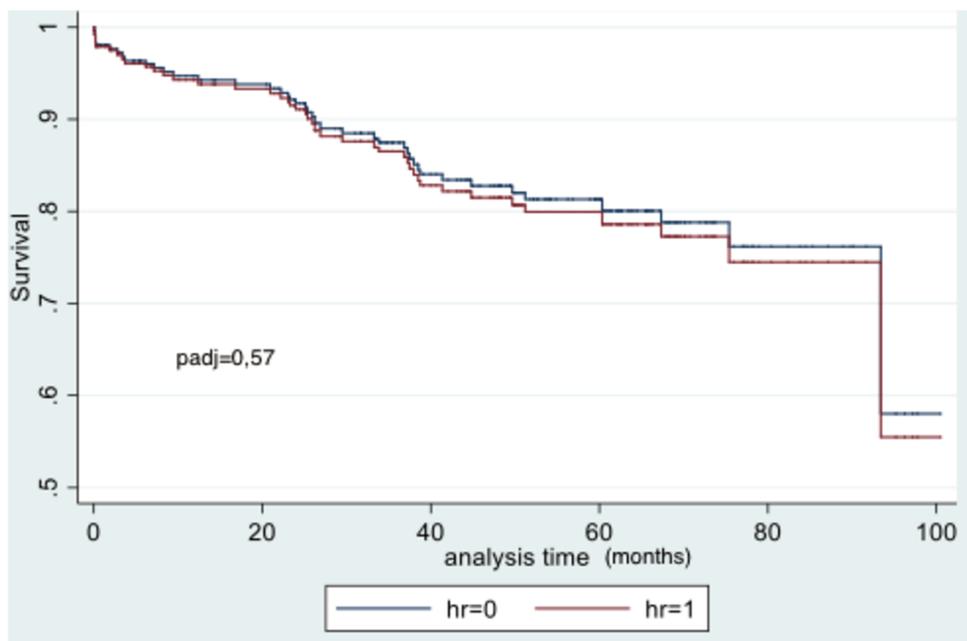


Figure 4 : Survie sans instabilité de vaisseaux cibles entre les groupes C-arm (hr=0) et HR (hr=1)

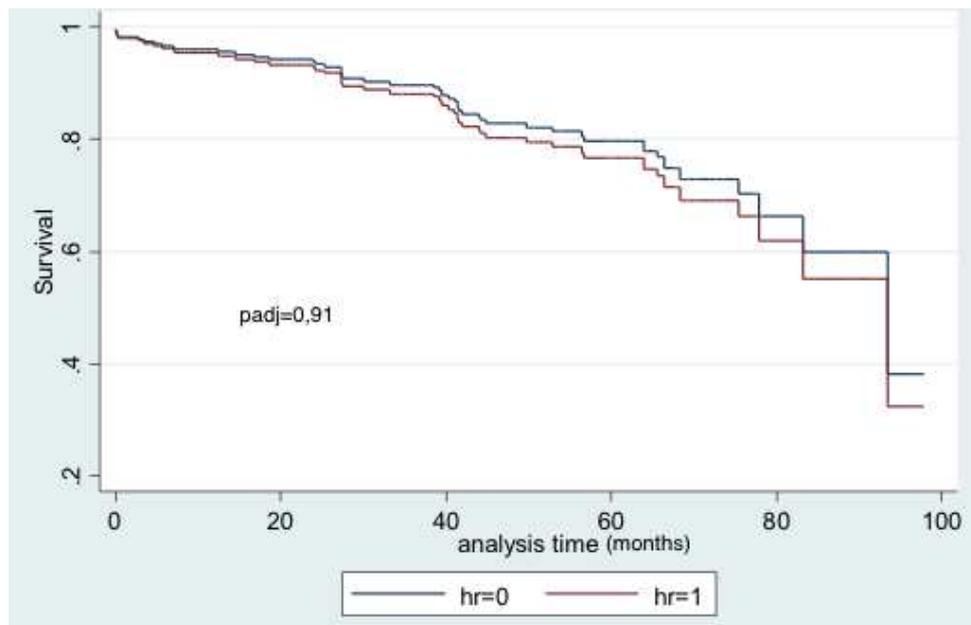


Figure 5 : Survie sans réintervention entre les groupes C-arm (hr=0) et HR (hr=1)

La mortalité (courbe KM figure 6) et la mortalité aortique étaient également comparables entre les deux groupes. La mortalité était de 54 patients (40,6%) dans le groupe C-arm et de 32 patients (24,8%) dans le groupe salle hybride ($p^{adj}=0,72$). La mortalité aortique était de 3 patients (2,3 %) dans le groupe C-arm et de 6 patients (4,7 %) dans le groupe salle hybride ($p^{adj}= 0,24$).

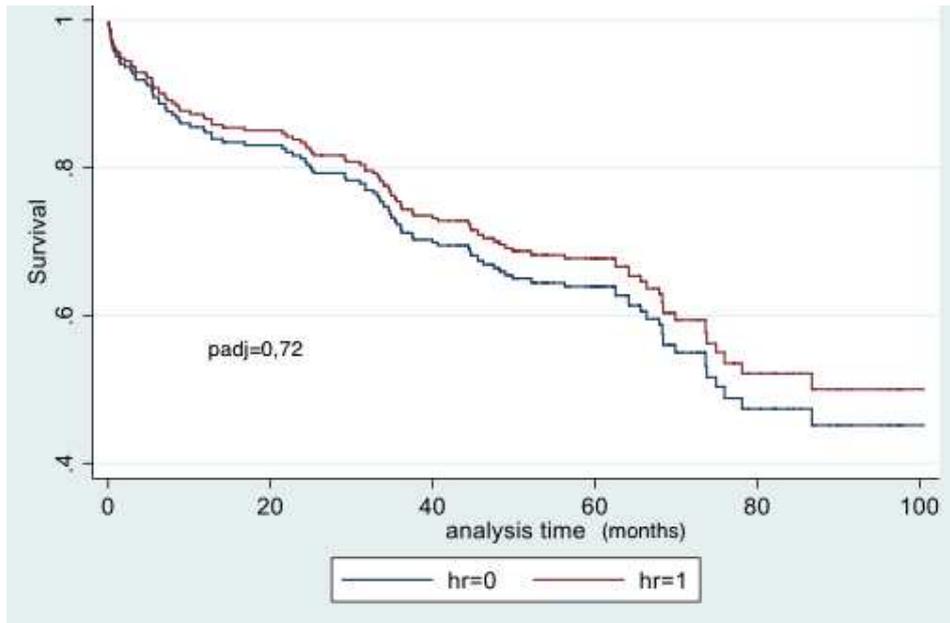


Figure 6 : Survie globale au cours du suivi entre les groupes C-arm (hr=0) et HR (hr=1)

Analyse en sous-groupe

Chez les patients ayant bénéficié de la pose d'une EDP avec au moins 3 fenêtres ou branches, il n'existait pas de différences significatives concernant l'instabilité des vaisseaux cibles, les réinterventions sur fenêtres et/ou branches, les thromboses de fenêtres et/ou branches, les thromboses de jambages et l'instabilité de l'endoprothèse.

En revanche, le nombre de réinterventions liées à l'EDP était significativement plus faible dans le groupe salle hybride : 18 (15,5 %) contre 22 (24,4 %) dans le groupe C-arm ($p^{adj}=0,03$).

Les données sont regroupées dans le Tableau V ci-dessous.

	Population totale				Au moins 3 fenêtres ou branches			
	C-arm (n=133)	HR (n=129)	P	P ^{Adj}	C-arm (n=90)	HR (n=116)	P	P ^{Adj}
Suivi en mois (IQR)	63,30 (33,40- 75,97)	44,93 (25,07- 53,50)	0,53	0,53	63,30 (33,40- 75,97)	44,93 (25,07- 53,50)	0,53	0,53
Instabilité des vaisseaux cibles	27 (20,3%)	21 (16,3%)	0,54	0,24	21 (23,3%)	19 (16,4%)	0,22	0,09
Réinterventions	29 (21,8%)	20 (15,5%)	0,21	0,10	22 (24,4%)	18 (15,5%)	0,14	0,03
Réinterventions sur F et/ou B	21 (15,8%)	15 (11,6%)	0,77	0,39	18 (20,0%)	13 (11,2%)	0,41	0,17
Thromboses de F et/ou B	12 (9,0%)	14 (10,9%)	0,32	0,64	10 (11,1%)	13 (11,2%)	0,50	0,33
Thromboses de jambages	6 (4,5%)	1 (0,8%)	0,24	0,32	4 (4,4%)	1 (0,9%)	0,56	0,57
Instabilité de l'EDP	43 (32,3%)	32 (24,8%)	0,99	0,64	32 (35,6%)	29 (25,0%)	0,59	0,37

Tableau V : Résultats à moyen et long termes

IQR : Intervalle interquartile ; F : Fenêtres ; B : Branches ; P^{Adj} : P ajusté en analyse multivariée

DISCUSSION

Cette étude rapporte les données peropératoires et le suivi à court, moyen et long termes de l'ensemble des patients ayant bénéficié d'une EDP fenêtrée et/ou branchée au CHU de Lille entre 2010 et 2014. Au total, elle comprend 262 patients : 133 patients dans le groupe C-arm et 129 patients dans le groupe salle hybride. L'âge médian des patients était de 70 ans, principalement des hommes, et les deux groupes étaient comparables au regard des caractéristiques démographiques, des comorbidités et des caractéristiques morphologiques de l'anévrisme (principalement des anévrismes juxta-rénaux, para-rénaux ou thoraco-abdominaux de type IV de 59,5 mm de diamètre en moyenne). L'utilisation d'endoprothèses fenêtrées était majoritaire dans les deux groupes par rapport aux endoprothèses branchées ou mixtes.

Nous observons tout d'abord une évolution des pratiques au cours des années. En effet, le nombre total de vaisseaux cibles était significativement plus élevé dans le groupe salle hybride. Ce dernier comprenait presque 60 % d'EDP avec au moins 4 fenêtres ou branches contre seulement 35 % dans le groupe C-arm ($p < 0,01$). Ces données révèlent une tendance à faire de moins en moins de compromis sur le collet proximal, dans l'objectif de réduire le taux d'endofuites de type Ia ou de migration à long terme. Cette pratique est de plus en plus commune dans les centres à haut volume traitant des anévrismes complexes par voie endovasculaire et de nombreux auteurs s'accordent à dire que l'augmentation de la couverture aortique conduit à une réparation plus durable et prévient la perte ultérieure d'étanchéité de la réparation endovasculaire, même en cas d'évolution de la maladie aortique (42–45). En effet, dans l'étude de Mastracci et al. parue en 2015, intitulée « *Twelve-year results of fenestrated endografts for juxtarenal and group IV thoracoabdominal aneurysms* » (17), le taux

d'endofuites de type I était significativement plus élevé chez les patients ayant bénéficié d'une EDP avec 2 fenêtres rénales (10,4 % contre 1,1 à 3,4 % dans les autres groupes, $p < 0,01$), suggérant qu'un ancrage entre les rénales et l'artère mésentérique supérieure ne serait pas approprié et qu'une EDP avec 3 fenêtres et une scallop, ou 4 fenêtres, apporterait de meilleurs résultats à long terme. De la même manière, O' Callaghan et al. rapportaient un taux d'endofuites de type Ia de 2,8% dans leur cohorte (26 sur 924 procédures F/BEVAR) avec une zone d'ancrage dans l'aorte viscérale significativement associée au développement d'une endofuite par rapport à l'aorte thoracique ($p < 0,01$) (44).

Au vu de ces interventions de plus en plus complexes et de plus en plus longues, se pose alors la question du succès technique, du taux d'irradiation, des doses de produit de contraste utilisées, des résultats à court et long termes et de l'apport de la salle hybride sur l'ensemble de ces données.

I. Données peropératoires

Les résultats de cette étude objectivent une diminution significative de produit de contraste utilisé ainsi qu'une diminution de l'irradiation pour les interventions réalisées en salle hybride, malgré des procédures de plus en plus complexes et longues, ce qui apparaît concordant avec les nombreuses études déjà parues à ce sujet (28–31).

Concernant le succès technique, notre étude ne met pas en évidence de supériorité de la salle hybride, contrairement à l'étude de Tenorio et al. qui objectivait une différence significative entre les procédures réalisées en salle hybride avec la fusion d'image et le CBCT et celles réalisées sans ces outils avancés (succès techniques respectifs de 99.4% et 98.8%, $p < 0.05$) (38). Cependant, on note tout de même une tendance à l'amélioration des résultats dans notre

étude avec un succès technique de 95,3 % pour les interventions réalisées en salle hybride contre 92,5 % dans le groupe C-arm ($p^{adj}=0,08$). Dans le sous-groupe de patients ayant bénéficié d'une EDP avec au moins 3 fenêtres ou branches, la tendance est similaire avec un succès technique de 94,8 % en salle hybride et 88,9 % avec un arceau mobile ($p^{adj}=0,12$).

II. Résultats à court terme

Les résultats à court terme de cette étude rapportent une durée de séjour significativement plus courte dans le groupe salle hybride, ce qui pourrait avoir un impact bénéfique d'un point de vue économique. En effet, les pratiques du service ont évolué avec l'arrivée de la salle hybride et du CBCT puisque les patients bénéficient désormais d'un écho-doppler avant leur sortie et non plus d'un angio-TDM systématique qui retardait alors considérablement la fin du séjour en raison des délais d'attente.

En revanche, le taux d'effets indésirables majeurs, de réinterventions précoces ainsi que la mortalité à 30 jours étaient comparables entre les deux groupes. On observe cependant une tendance à la baisse du nombre de réinterventions précoces lorsque l'on regarde les résultats de la population totale (9,8 % dans le groupe C-arm et 5,4 % dans le groupe salle hybride) et de l'analyse en sous-groupe (10 % dans le groupe C-arm et 5,2 % dans le groupe salle hybride). La même tendance s'applique à la mortalité à 30 jours : 5,3 % dans le groupe C-arm contre 3,9 % dans le groupe salle hybride pour la population totale ; et 7,8 % dans le groupe C-arm contre 3,4 % dans le groupe salle hybride pour le sous-groupe avec au moins 3 fenêtres ou branches. A nouveau, on retrouve donc une tendance générale à l'amélioration des résultats en salle hybride.

Dans la littérature, il existe de nombreuses études comparant les interventions réalisées en

salle hybride à celles réalisées à l'aide d'un arceau mobile. Cependant la majorité de ces travaux traite des anévrismes sous-rénaux et donc des procédures dites EVAR (34,36,39). Seule l'étude de Tenorio et al. objective des différences significatives entre les procédures F/BEVAR réalisées en salle hybride avec la fusion d'images et le CBCT et celles réalisées en salle d'imagerie fixe sans fusion, ni CBCT. La mortalité à 30 jours y est plus basse dans le groupe salle hybride (1% versus 4%, $p < 0.05$), tout comme le taux d'événements indésirables majeurs (19% versus 43%, $p < 0.05$) et le taux de réinterventions à 30 jours (4% versus 10%, $p < 0,05$) (38).

III. Résultats à long terme

Concernant les résultats à long terme, cette étude ne met pas en évidence de différences significatives entre les groupes salle hybride et C-arm pour les critères de jugements prédéfinis tels que l'instabilité des vaisseaux cibles, les réinterventions liées à l'endoprothèse, l'instabilité de l'endoprothèse, la mortalité et la mortalité aortique. Cependant, de manière générale, on observe une tendance à l'amélioration des résultats.

Comme nous l'avons souligné plus haut, l'utilisation des endoprothèses avec 3 ou 4 fenêtres est devenue de plus en plus fréquente au fil des ans et par conséquent le nombre de vaisseaux cibles est significativement plus élevé dans le groupe salle hybride. Logiquement, on s'attendrait donc à observer plus d'événements. L'étude de Mastracci et al. sur les résultats à long terme de l'exclusion endovasculaire des ATA de type IV et des anévrismes juxta-rénaux (17) nous permet d'appuyer cette hypothèse : les patients avec des EDP comportant au moins 3 fenêtres présentaient un taux de réinterventions plus élevé. Par ailleurs, en 2017, Roy et al. rapportaient plus d'endofuites de type Ic et III chez les patients traités avec une EDP

comportant au moins 3 fenêtres au terme d'un suivi moyen de 34 mois (13 % versus 7% dans le groupe 1 à 2 fenêtres ; $p < 0,001$) (45).

Le fait que nos résultats à long terme soient comparables entre les groupes nous laisse donc supposer que la salle hybride aurait un impact bénéfique sur la survenue d'événements tardifs et les réinterventions, malgré l'absence de données statistiquement significatives.

Une analyse en sous-groupe a donc été réalisée chez les patients ayant bénéficié d'une EDP avec au moins 3 fenêtres. Celle-ci objectivait une baisse significative du taux de réinterventions dans le groupe salle hybride (15,5% contre 24,4% dans le groupe C-arm, $p^{adj} = 0,03$). Il existerait donc bien un bénéfice à long terme à l'utilisation de la salle hybride chez les patients devant bénéficier de procédures F/BEVAR complexes comprenant au moins 3 fenêtres ou branches.

Aucune donnée dans la littérature ne rapporte l'intérêt des salles hybrides dotées d'outils comme la fusion d'images ou le CBCT sur les résultats tardifs du traitement des anévrismes aortiques complexes par EDP fenêtrées et branchées.

De nombreuses études rapportent des résultats à long terme, sans préciser si les procédures ont été réalisées en salle hybride, en salle de radiologie fixe ou à l'aide d'un arceau mobile, même si l'on suppose qu'au cours des années les arceaux mobiles ont peu à peu été supprimés avec l'apparition des salles hybrides. Afin de pouvoir préciser l'apport de la salle hybride sur les résultats à long terme des EDP fenêtrées et branchées, nous serions tentés de dire que de nouvelles études comparant la salle hybride à l'arceau mobile seraient nécessaires. Cependant, pour des raisons évidentes, ce type d'étude ne sera jamais réalisé.

Le tableau VII ci-dessous regroupe les principales études rapportant les résultats à long terme des EDP fenêtrées ou branchées (17,26,42,45–48) avec un suivi moyen de 24 mois à 96 mois selon les études. En ce qui concerne l'instabilité des vaisseaux cibles, nos résultats

apparaissent meilleurs : 20,3 % pour le groupe C-arm et 16,3 % pour le groupe salle hybride contre 27 % dans l'étude de Mastracci et al. (42). Concernant les réinterventions, les thromboses de fenêtre et/ou branches ou encore la mortalité aortique, nos résultats semblent comparables à la littérature.

Cependant, il est important de noter que les durées de suivi sont variables et rendent les comparaisons difficiles. Par ailleurs, la définition des critères de jugement n'est pas standardisée et varie beaucoup dans la littérature. Par exemple, la notion de réintervention recouvre les réinterventions pour endofuites de type I/III, plicature ou thrombose dans certaines études ; alors que tous les types de réinterventions sont considérés dans d'autres (comme Mastracci et al. (17), Kristmundsson et al. (26) ou encore Oikonomou et al. (48)) ; et que plusieurs publications n'offrent pas de définition claire (Verhoeven et al. (46) et Roy et al. (45)). De plus, les réinterventions pour plicature de stent sont souvent laissées à l'appréciation du clinicien et il n'existe pas de définition précise de ce qui est significatif ou non. Il apparaît alors essentiel de standardiser ces critères de jugement afin de pouvoir comparer les résultats des différentes études et en tirer des conclusions sur les résultats à long terme des endoprothèses fenêtrées et branchées.

	Mastracci et al. 2013 (42)	Roy et al. 2017 (45)	Verhoeven et al. 2010 (46)	Kristmundsson et al. 2014 (26)	Mastracci et al. 2015 (17)	Oikonomou et al. 2017 (48)	Oderich et al. 2014 (47)	CHU Lille	
								C-arm	HR
Instabilité des vaisseaux cibles	27 %							20,3 %	16,3 %
Réinterventions		19,5 %	9 %	37 %	26 %	18,4 %	22 %	21,8 %	15,5 %
Réinterventions sur F et/ou B	11 %	11 %					18 %	15,8 %	11,6 %
Thromboses de F et/ou B		9,9 %	9 %	10 %	8,4 %	5 %		9 %	10,9 %
Mortalité		41 %	41,5 %	54 %	80 %			40,6 %	24,8 %
Mortalité aortique		5,2 %		9 %	2 %			2,3 %	4,7 %

Tableau VII : Résultats à long terme dans la littérature en comparaison aux groupes C-arm et salle hybride (HR)

IV. Limites de l'étude

La construction de cette étude comporte des limites qu'il est important de prendre en compte dans l'interprétation des résultats. Tout d'abord, il s'agit d'une étude monocentrique, rétrospective.

L'une des principales limites de cette étude tient au fait que la réalisation ou non d'un CBCT n'était pas prise en compte dans l'analyse des résultats. En effet, notre groupe salle hybride était composé de patients traités depuis octobre 2012. Cependant, depuis octobre 2013, un CBCT était réalisé en salle hybride en fin d'intervention chez tous les patients bénéficiant d'une EDP branchée ou fenêtrée. L'un des principaux avantages du CBCT comme nous l'avons déjà évoqué dans l'introduction est de repérer en peropératoire les endofuites, les plicatures avec une meilleure sensibilité que l'angiographie 2D et de pouvoir les corriger immédiatement, amenant à diminuer le nombre de réinterventions (37). Cet élément pourrait donc être source de biais dans l'analyse de nos résultats. Toutefois, des analyses réalisées dans le cadre de ce travail sur l'ensemble de la cohorte lilloise (non présentées ici) n'ont pas permis de différencier l'effet propre du CBCT de celui de la salle hybride.

Par ailleurs, d'autres éléments pouvant influencer les résultats à long terme des procédures F/BEVAR n'étaient pas été pris en compte dans cette étude et pourraient être source de biais dans l'analyse des résultats, comme par exemple les données morphologiques préopératoires des vaisseaux cibles (angulation, calcifications, diamètre) ou le type de stent utilisé pour les vaisseaux cibles. Dans notre cohorte, les patients bénéficiaient tous de stents couverts sur ballon : Advanta V12 (Atrium Medical, Merrimack, NH) dans les premières années puis des stents Lifestream (Bard Peripheral Vascular, USA) et BeGraft (Bentley InnoMed, Hechingen, Germany), mais leur impact spécifique sur les résultats à long terme n'était pas étudié.

Enfin, il s'agit d'une étude comportant deux groupes consécutifs et l'effet de la courbe d'apprentissage, inhérent à ce type de procédures complexes, n'était pas analysé. Cependant, afin de limiter cet effet, nous avons commencé notre étude en 2010, à l'époque où le volume de patients devenait constant (plus de 30 patients par an, début de l'expérience lilloise en 2004) et où, a priori, la courbe d'apprentissage initiale était passée.

CONCLUSION

Cette étude confirme que l'utilisation de la salle hybride permet de réduire l'utilisation de produit de contraste ainsi que l'irradiation peropératoire malgré des procédures F/BEVAR de plus en plus longues et complexes au cours des années. Le succès technique était similaire entre les groupes salle hybride et C-arm mais, au vu de la complexité croissante des procédures, cela nous amène à supposer que la salle hybride apporterait une aide précieuse à la navigation et à la cathétérisation des vaisseaux cibles. L'apport de la salle hybride à court terme n'était pas retrouvé en dehors d'une durée de séjour plus courte, signe d'une évolution des pratiques. A moyen et long termes, l'instabilité des vaisseaux cibles, le taux de réinterventions, de thromboses et l'instabilité de l'endoprothèse étaient comparables entre les groupes salle hybride et C-arm, malgré l'augmentation du nombre de vaisseaux cibles dans le groupe salle hybride. Cependant on retrouvait une baisse significative du taux de réinterventions au cours du suivi dans le groupe salle hybride chez les patients ayant bénéficié d'une EDP avec au moins 3 fenêtres ou branches. Ces résultats nous permettent de supposer que la salle hybride apporterait un bénéfice à long terme aux patients devant bénéficier de procédures F/BEVAR complexes comprenant au moins 3 fenêtres ou branches.

BIBLIOGRAPHIE

1. Johnston KW, Rutherford RB, Tilson MD, Shah DM, Hollier L, Stanley JC. Suggested standards for reporting on arterial aneurysms. Subcommittee on Reporting Standards for Arterial Aneurysms, Ad Hoc Committee on Reporting Standards, Society for Vascular Surgery and North American Chapter, International Society for Cardiovascular Surgery. *J Vasc Surg.* mars 1991;13(3):452- 8.
2. Sampson UKA, Norman PE, Fowkes FGR, Aboyans V, Song Y, Harrell FE, et al. Estimation of global and regional incidence and prevalence of abdominal aortic aneurysms 1990 to 2010. *Glob Heart.* mars 2014;9(1):159- 70.
3. Riantbau V, Böckler D, Brunkwall J, Cao P, Chiesa R, Coppi G, et al. Editor's Choice - Management of Descending Thoracic Aorta Diseases: Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* janv 2017;53(1):4- 52.
4. Moll FL, Powell JT, Fraedrich G, Verzini F, Haulon S, Waltham M, et al. Management of abdominal aortic aneurysms clinical practice guidelines of the European society for vascular surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* janv 2011;41 Suppl 1:S1- 58.
5. Reimerink JJ, van der Laan MJ, Koelemay MJ, Balm R, Legemate DA. Systematic review and meta-analysis of population-based mortality from ruptured abdominal aortic aneurysm. *Br J Surg.* oct 2013;100(11):1405- 13.
6. Wanhainen A, Verzini F, Van Herzele I, Allaire E, Bown M, Cohnert T, et al. Editor's Choice - European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2019 Clinical Practice Guidelines on the Management of Abdominal Aorto-iliac Artery Aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* janv 2019;57(1):8- 93.
7. Cambria RA, Gloviczki P, Stanson AW, Cherry KJ, Bower TC, Hallett JW, et al. Outcome and Emansion Rate of 57 Thoracoabdominal Aortic Aneurysms Managed Nonoperatively. *The American Journal of Surgery, Vol 170, 1995.*
8. Dubost C, Allary M, Oeconomos N. [Treatment of aortic aneurysms; removal of the aneurysm; re-establishment of continuity by grafts of preserved human aorta]. *Memoires Acad Chir Fr.* 11 avr 1951;77(12- 13):381- 3.
9. Parodi JC, Palmaz JC, Barone HD. Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysms. *Ann Vasc Surg.* nov 1991;5(6):491- 9.
10. Browne TF, Hartley D, Purchas S, Rosenberg M, Van Schie G, Lawrence-Brown M. A fenestrated covered suprarenal aortic stent. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* nov 1999;18(5):445- 9.
11. 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.* nov 1999;6(4):354- 8.

12. Verhoeven ELG, Katsargyris A, Oikonomou K, Kouvelos G, Renner H, Ritter W. Fenestrated Endovascular Aortic Aneurysm Repair as a First Line Treatment Option to Treat Short Necked, Juxtarenal, and Suprarenal Aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* juin 2016;51(6):775- 81.

13. Amiot S, Haulon S, Becquemin J-P, Magnan P-E, Lermusiaux P, Goueffic Y, et al. Fenestrated endovascular grafting: the French multicentre experience. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* mai 2010;39(5):537- 44.

14. Schanzer A, Simons JP, Flahive J, Durgin J, Aiello FA, Doucet D, et al. Outcomes of fenestrated and branched endovascular repair of complex abdominal and thoracoabdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg.* 2017;66(3):687- 94.

15. Greenberg RK, Lu Q, Roselli EE, Svensson LG, Moon MC, Hernandez AV, et al. Contemporary Analysis of Descending Thoracic and Thoracoabdominal Aneurysm Repair: A Comparison of Endovascular and Open Techniques. *Circulation.* 19 août 2008;118(8):808- 17.

16. Oderich GS, Greenberg RK, Farber M, Lyden S, Sanchez L, Fairman R, et al. Results of the United States multicenter prospective study evaluating the Zenith fenestrated endovascular graft for treatment of juxtarenal abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg.* déc 2014;60(6):1420-1428.e1-5.

17. Mastracci TM., Matthew J. Eagleton, Yuki Kuramochi, Shona Bathurst, and Katherine Wolski Twelve-year results of fenestrated endografts for juxtarenal and group IV thoracoabdominal aneurysms. *J Vasc Surg.* 2015;61:355-64.

18. Becquemin J-P, Pillet J-C, Lescalie F, Sapoval M, Goueffic Y, Lermusiaux P, et al. A randomized controlled trial of endovascular aneurysm repair versus open surgery for abdominal aortic aneurysms in low- to moderate-risk patients. *J Vasc Surg.* mai 2011;53(5):1167-1173.e1.

19. Greenhalgh RM, Brown LC, Kwong GPS, Powell JT, Thompson SG, EVAR trial participants. Comparison of endovascular aneurysm repair with open repair in patients with abdominal aortic aneurysm (EVAR trial 1), 30-day operative mortality results: randomised controlled trial. *Lancet Lond Engl.* 4 sept 2004;364(9437):843- 8.

20. Powell JT, Sweeting MJ, Ulug P, Blankensteijn JD, Lederle FA, Becquemin J-P, et al. Meta-analysis of individual-patient data from EVAR-1, DREAM, OVER and ACE trials comparing outcomes of endovascular or open repair for abdominal aortic aneurysm over 5 years. *Br J Surg.* 2017;104(3):166- 78.

21. Li B, Khan S, Salata K, Hussain MA, de Mestral C, Greco E, et al. A systematic review and meta-analysis of the long-term outcomes of endovascular versus open repair of abdominal aortic aneurysm. *J Vasc Surg.* sept 2019;70(3):954-969.e30.

22. Paravastu SCV, Jayarajasingam R, Cottam R, Palfreyman SJ, Michaels JA, Thomas SM. Endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014. Disponible sur: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD004178.pub2/abstract/fr>
23. Jones AD, Waduud MA, Walker P, Stocken D, Bailey MA, Scott DJA. Meta - analysis of fenestrated endovascular aneurysm repair versus open surgical repair of juxtarenal abdominal aortic aneurysms over the last 10 years. *BJS Open.* 17 mai 2019;3(5):572- 84.
24. Mohamed N, Galyfos G, Anastasiadou C, Sachmpatzidis I, Kikiras K, Papapetrou A, et al. Fenestrated Endovascular Repair For Pararenal Or Juxtarenal Abdominal Aortic Aneurysms : A Systematic Review. *Ann Vasc Surg.* 17 oct 2019;
25. Calster KV, Bianchini A, Elias F, Hertault A, Azzaoui R, Fabre D, et al. Risk factors for early and late mortality after fenestrated and branched endovascular repair of complex aneurysms. *J Vasc Surg.* 1 mai 2019;69(5):1342- 55.
26. Kristmundsson T, Sonesson B, Dias N, Törnqvist P, Malina M, Resch T. Outcomes of fenestrated endovascular repair of juxtarenal aortic aneurysm. *J Vasc Surg.* 1 janv 2014;59(1):115- 20.
27. Maurel B, Martin-Gonzalez T, Chong D, Irwin A, Guimbreti re G, Davis M, et al. A prospective observational trial of fusion imaging in infrarenal aneurysms. *J Vasc Surg.* 2018;68(6):1706-1713.e1.
28. Hertault A, Rhee R, Antoniou GA, Adam D, Tonda H, Rousseau H, et al. Radiation Dose Reduction During EVAR: Results from a Prospective Multicentre Study (The REVAR Study). *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* 2018;56(3):426- 33.
29. McNally MM, Scali ST, Feezor RJ, Neal D, Huber TS, Beck AW. Three-dimensional fusion computed tomography decreases radiation exposure, procedure time, and contrast use during fenestrated endovascular aortic repair. *J Vasc Surg.* fevr 2015;61(2):309- 16.
30. Hertault A, Maurel B, Sobocinski J, Martin Gonzalez T, Le Roux M, Azzaoui R, et al. Impact of hybrid rooms with image fusion on radiation exposure during endovascular aortic repair. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* oct 2014;48(4):382- 90.
31. Goudekettering SR, Heinen SGH,  nl  C, van den Heuvel DAF, de Vries J-PPM, van Strijen MJ, et al. Pros and Cons of 3D Image Fusion in Endovascular Aortic Repair: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endovasc Ther Off J Int Soc Endovasc Spec.* ao t 2017;24(4):595- 603.
32. Bianchini Massoni C, Gargiulo M, Giovanetti F, Freyrie A, Faggioli G, Gallitto E, et al. Adjunctive stenting of endograft limbs during endovascular treatment of infrarenal aortic and iliac aneurysms according to 3-projection completion angiography. *J Endovasc Ther Off J Int Soc Endovasc Spec.* ao t 2011;18(4):585- 90.
33. Hertault A, Maurel B, Pontana F, Martin-Gonzalez T, Spear R, Sobocinski J, et al. Benefits of Completion 3D Angiography Associated with Contrast Enhanced Ultrasound to Assess Technical Success after EVAR. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* mai 2015;49(5):541- 8.

34. Varu VN, Greenberg JI, Lee JT. Improved efficiency and safety for EVAR with utilization of a hybrid room. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* déc 2013;46(6):675- 9.
35. Dijkstra ML, Eagleton MJ, Greenberg RK, Mastracci T, Hernandez A. Intraoperative C-arm cone-beam computed tomography in fenestrated/branched aortic endografting. *J Vasc Surg.* mars 2011;53(3):583- 90.
36. Schulz CJ, Schmitt M, Böckler D, Geisbüsch P. Intraoperative contrast-enhanced cone beam computed tomography to assess technical success during endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg.* sept 2016;64(3):577- 84.
37. Törnqvist P, Dias N, Sonesson B, Kristmundsson T, Resch T. Intra-operative cone beam computed tomography can help avoid reinterventions and reduce CT follow up after infrarenal EVAR. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* avr 2015;49(4):390- 5.
38. Tenorio ER, Oderich GS, Sandri GA, Ozbek P, Kärkkäinen JM, Macedo TA, et al. Impact of onlay fusion and cone beam computed tomography on radiation exposure and technical assessment of fenestrated-branched endovascular aortic repair. *J Vasc Surg.* avr 2019;69(4):1045-1058.e3.
39. Biasi L, Ali T, Ratnam LA, Morgan R, Loftus I, Thompson M. Intra-operative DynaCT improves technical success of endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg.* 1 févr 2009;49(2):288- 95.
40. Safi HJ, Winnerkvist A, Miller CC, Iliopoulos DC, Reardon MJ, Espada R, et al. Effect of extended cross-clamp time during thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Ann Thorac Surg.* 1 oct 1998;66(4):1204- 8.
41. Chaikof EL, Blankensteijn JD, Harris PL, White GH, Zarins CK, Bernhard VM, et al. Reporting standards for endovascular aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 1 mai 2002;35(5):1048- 60.
42. Mastracci TM, Greenberg RK, Eagleton MJ, Hernandez AV. Durability of branches in branched and fenestrated endografts. *J Vasc Surg.* avr 2013;57(4):926- 33.
43. Katsargyris A, Oikonomou K, Kouvelos G, Mufty H, Ritter W, Verhoeven ELG. Comparison of outcomes for double fenestrated endovascular aneurysm repair versus triple or quadruple fenestrated endovascular aneurysm repair in the treatment of complex abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg.* 1 juill 2017;66(1):29- 36.
44. O'Callaghan A, Greenberg RK, Eagleton MJ, Bena J, Mastracci TM. Type Ia endoleaks after fenestrated and branched endografts may lead to component instability and increased aortic mortality. *J Vasc Surg.* 1 avr 2015;61(4):908- 14.
45. Roy IN, Millen AM, Jones SM, Vallabhaneni SR, Scurr JRH, McWilliams RG, et al. Long-term follow-up of fenestrated endovascular repair for juxtarenal aortic aneurysm. *BJS Br J Surg.* 2017;104(8):1020- 7.

46. Verhoeven ELG, Vourliotakis G, Bos WTGJ, Tielliu IFJ, Zeebregts CJ, Prins TR, et al. Fenestrated Stent Grafting for Short-necked and Juxtarenal Abdominal Aneurysm: An 8-Year Single-centre Experience. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 1 mai 2010;39(5):529- 36.
47. Oderich GS, Greenberg RK, Farber M, Lyden S, Sanchez L, Fairman R, et al. Results of the United States multicenter prospective study evaluating the Zenith fenestrated endovascular graft for treatment of juxtarenal abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg.* déc 2014;60(6):1420-1428.e5.
48. Oikonomou K, Kasprzak P, Schierling W, Kopp R, Pfister K. Graft Complexity–Related Outcomes of Fenestrated Endografting for Abdominal Aortic Aneurysms. *J Endovasc Ther.* avr 2017;24(2):230- 6.

AUTEUR : Nom : BONNET

Prénom : Marie

Date de soutenance : Le 13 février 2020

Titre de la thèse : Apport de la salle hybride sur les résultats des endoprothèses aortiques fenêtrées et branchées

Thèse - Médecine - Lille 2020

Cadre de classement : Chirurgie vasculaire

DES + spécialité : DES chirurgie générale + DESC chirurgie vasculaire

Mots-clés : F/BEVAR, Salle hybride, Réinterventions

Résumé :

Introduction : Aucune donnée dans la littérature ne rapporte l'impact des salles hybrides dotées d'outils comme la fusion d'images ou le CBCT (Cone Beam Computed Tomography) sur les résultats tardifs du traitement des anévrysmes aortiques complexes par endoprothèses (EDP) fenêtrées et/ou branchées (F/BEVAR). Cette étude a pour objectif d'évaluer l'apport de la salle hybride sur les résultats à long terme après F/BEVAR.

Matériel et méthodes : Il s'agit d'une étude monocentrique, rétrospective, incluant l'ensemble des patients traités par F/BEVAR sur deux périodes consécutives. Du 1er janvier 2010 au 10 octobre 2012, ces procédures étaient réalisées à l'aide d'un arceau mobile (OEC 9900, GE Healthcare, groupe C-arm), puis du 11 octobre 2012 au 31 décembre 2014, en salle hybride (Discovery IGS 730, GE Healthcare, groupe HR, Hybrid Room). L'impact de l'équipement d'imagerie sur l'instabilité des vaisseaux cibles (tout événement lié à une fenêtré/branche : occlusion/sténose, fracture, réintervention pour endofuite Ic ou IIIc, décès ou rupture aortique liés à une fenêtré/branche) et les réinterventions liées à l'EDP au cours du suivi étaient analysées.

Résultats : Deux cents soixante-deux patients étaient inclus dans cette étude (133 patients dans le groupe C-arm et 129 dans le groupe HR). Une EDP avec au moins 3 fenêtrés/branches était implantée chez 67,7 % des patients du groupe C-arm et 89,9 % des patients du groupe HR, soit un nombre total de fenêtrés/branches significativement plus élevé dans le groupe HR (449 contre 403 dans le groupe C-arm, $p < 0,01$). Le suivi médian était de 63 mois dans le groupe C-arm et 45 mois dans le groupe HR ($p = 0,53$). En analyse multivariée, l'instabilité des vaisseaux cibles (20,3 % dans le groupe C-arm et 16,3 % dans le groupe HR, $p^{adj} = 0,24$) et le taux de réinterventions (21,8 % dans le groupe C-arm et 15,5 % dans le groupe HR, $p^{adj} = 0,10$) étaient comparables. Dans le sous-groupe des patients ayant bénéficié d'une EDP avec au moins 3 fenêtrés ou branches, on retrouvait une baisse significative du taux de réinterventions au cours du suivi lorsque la procédure était réalisée en salle hybride (15,5 % contre 24,4 % dans le groupe C-arm, $p^{adj} = 0,03$).

Conclusion : La réalisation d'une procédure F/BEVAR en salle hybride permettrait de réduire les réinterventions liées à l'EDP à long terme pour les réparations aortiques les plus complexes (≥ 3 fenêtrés/branches).

Composition du Jury :

Président : Monsieur le Professeur Jonathan SOBOCINSKI

Assesseurs : Monsieur le Professeur Ambroise DUPREY, Monsieur le Docteur François PONTANA

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur Adrien HERTAULT