



**HAL**  
open science

# Hémiarche en crosse ouverte versus Frozen Elephant Trunk dans les dissections aortiques aiguës s'étendant aux troncs supra-aortiques : comparaison de deux techniques chirurgicales

Juliette Piccoli

► **To cite this version:**

Juliette Piccoli. Hémiarche en crosse ouverte versus Frozen Elephant Trunk dans les dissections aortiques aiguës s'étendant aux troncs supra-aortiques : comparaison de deux techniques chirurgicales. Médecine humaine et pathologie. 2023. hal-04516839

**HAL Id: hal-04516839**

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-04516839v1>

Submitted on 22 Mar 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE**

**BIBLIOTHÈQUES  
UNIVERSITAIRES**

## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact bibliothèque : [ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr)  
(Cette adresse ne permet pas de contacter les auteurs)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE DE LORRAINE  
2023

FACULTE DE MEDECINE, MAÏEUTIQUE  
ET MÉTIERS DE LA SANTÉ À NANCY

**THESE**

pour obtenir le grade de  
**DOCTEUR EN MEDECINE**

présentée et soutenue publiquement

Dans le cadre du troisième cycle de Médecine de Spécialité

Par

**Juliette PICCOLI**

Le 24 novembre 2023

**Hémiarche en crosse ouverte versus Frozen Elephant Trunk dans les  
dissections aortiques aiguës s'étendant aux troncs supra-aortiques :  
comparaison de deux techniques chirurgicales**

**Membres du Jury :**

Monsieur le Professeur Stéphane RENAUD

Président du Jury

Monsieur le Professeur Juan-Pablo MAUREIRA

Directeur de Thèse

Monsieur le Professeur Damien MANDRY

Jury

Monsieur le Docteur Fabrice VANHUYSE

Jury

Monsieur le Docteur Mazen ELFARRA

Jury

Monsieur le Docteur Giuseppe LAURIA

Jury

**Présidente de l'Université de Lorraine :**  
**Madame Hélène BOULANGER**

**Doyen de la Faculté de Médecine**  
**Professeur Marc BRAUN**

**Vice-doyenne**  
Pr Louise TYVAERT

**Assesseurs :**

- *Premier cycle* : Pr Thomas SCHWITZER et Dr Nicolas GAMBIER
- *Deuxième cycle* : Pr Antoine KIMMOUN
- *Troisième cycle hors MG* : Pr Marie-Reine LOSSER
- *Troisième cycle MG* : Pr Paolo DI PATRIZIO
- *Finances* : Prs Eliane ALBUISSON et Louise TYVAERT
- *Vie hospitalo-universitaire* : Pr Stéphane ZUILY
- *Relations avec la Grande Région* : Pr Thomas FUCHS-BUDER
- *Relations Internationales* : Pr Jacques HUBERT
- *Valorisation* : Pr Pascal ESCHWEGE
- *Interface avec les métiers de la santé* : Pr Céline HUSELSTEIN
- *Docimologie* : Pr Jacques JONAS
- *ECOS* : Pr Patrice GALLET, Dr Eva FEIGERLOVA
- *Service sanitaire* : Pr Nelly AGRINIER
- *Lecture critique d'articles* : Drs Jonathan EPSTEIN et Aurélie BANNAY
- *Interface HVL & Réseau Nasce* : Prs Nicla SETTEMBRE, Fabienne ROUYER-LIGIER et Pablo MAUREIRA
- *Etudiant* : Mehdi BELKHITER

**Chargé de mission**

- *PASS Médecine* : Dr Nicolas GAMBIER

**Présidente du Conseil Pédagogique** : Pr Louise TYVAERT  
**Président du Conseil Scientifique** : Pr Abderrahim OUSSALAH

=====

**DOYENS HONORAIRES**

Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER - Professeur Henry COUDANE

=====

**PROFESSEURS HONORAIRES**

Etienne ALIOT - Jean-Marie ANDRE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY - Marc-André BIGARD Patrick BOISSEL – Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE – Jean-Louis BOUTROY - Serge BRACARD - Laurent BRESLER - Serge BRIANÇON - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL - François CHERRIER - Henry COUDANE - Jean-Pierre CRANCE – Gilles DAUTEL - Jean-Pierre DESCHAMPS - Gilbert FAURE - Gérard FIEVE - Bernard FOLIGUET – Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Pierre GAUCHER - Jean-Luc GEORGE - Alain GERARD - Hubert GERARD Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Gilles GROSDIDIER - Philippe HARTEMANN - Dominique HESTIN - Bruno HOEN - Gérard HUBERT - Claude HURIET – Jean-Pierre KAHN - Gilles KARCHER - Michèle KESSLER - François KOHLER Pierre LANDES - Pierre LASCOMBES - Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Alain LE FAOU - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS – Bruno LEHEUP - Jean-Pierre MALLIÉ - Philippe MANGIN - François MARCHAL - Jean-Claude MARCHAL – Yves MARTINET - Pierre MATHIEU - Thierry MAY - Michel MERLE - Daniel MOLÉ - Pierre MONIN – Pierre NABET - Patrick NETTER - Jean-Pierre NICOLAS - Francis PENIN - Claude PERRIN - François PLENAT - Jacques POUREL Francis RAPHAEL - Antoine RASPILLER - Denis REGENT - Jacques ROLAND – Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT - Jean-Luc SCHMUTZ - Michel SCHWEITZER - Daniel SIBERTIN-BLANC - Claude SIMON - Jean-François STOLTZ - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Paul VERT – Hervé VESPIGNANI - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET - Jean-Pierre VILLEMOT - Denis ZMIROU – Faïez ZANNAD

=====

## PROFESSEURS ÉMÉRITES

Serge BRACARD - Laurent BRESLER - Serge BRIANÇON - Henry COUDANE - Jean-Pierre CRANCE –  
Gilbert FAURE - Bruno HOEN - Jean-Pierre KAHN - Gilles KARCHER - Michèle KESSLER - Alain LE FAOU -  
Bruno LEHEUP - Thierry MAY - Patrick NETTER - Jean-Pierre NICOLAS - Michel SCHMITT –  
Jean-Luc SCHMUTZ - Faiez ZANNAD

=====

## PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

### 42<sup>e</sup> Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

#### 1<sup>re</sup> sous-section : *Anatomie*

Professeur Marc BRAUN - Professeure Manuela PEREZ

#### 2<sup>e</sup> sous-section : *Histologie, embryologie et cytogénétique*

Professeur Christo CHRISTOV

#### 3<sup>e</sup> sous-section : *Anatomie et cytologie pathologiques*

Professeur Guillaume GAUCHOTTE – Professeur Hervé SARTELET

### 43<sup>e</sup> Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

#### 1<sup>re</sup> sous-section : *Biophysique et médecine nucléaire*

Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER - Professeur Antoine VERGER

#### 2<sup>e</sup> sous-section : *Radiologie et imagerie médicale*

Professeur René ANXIONNAT - Professeur Alain BLUM - Professeure Valérie CROISÉ –

Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur Benjamin GORY - Professeur Damien MANDRY –

Professeur Pedro GONDIM TEIXEIRA

### 44<sup>e</sup> Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

#### 1<sup>re</sup> sous-section : *Biochimie et biologie moléculaire*

Professeur Jean-Louis GUEANT - Professeur David MEYRE - Professeur Bernard NAMOUR –

Professeur Jean-Luc OLIVIER - Professeur Abderrahim OUSSALAH

#### 2<sup>e</sup> sous-section : *Physiologie*

Professeur Christian BEYAERT - Professeur Bruno CHENUÉL - Professeur Mathias POUSSEL –

Professeur Jacques JONAS

#### 3<sup>e</sup> sous-section : *Biologie cellulaire*

Professeure Véronique DECOT-MAILLERET

#### 4<sup>e</sup> sous-section : *Nutrition*

Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT - Professeur Olivier ZIEGLER

### 45<sup>e</sup> Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

#### 1<sup>re</sup> sous-section : *Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière*

Professeur Alain LOZNIEWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

#### 2<sup>e</sup> sous-section : *Parasitologie et Mycologie*

Professeure Marie MACHOUART

#### 3<sup>e</sup> sous-section : *Maladies infectieuses ; maladies tropicales*

Professeure Céline PULCINI - Professeur Christian RABAUD

### 46<sup>e</sup> Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

#### 1<sup>re</sup> sous-section : *Épidémiologie, économie de la santé et prévention*

Professeure Nelly AGRINIER - Professeur Francis GUILLEMIN - Professeur Cédric BAUMANN

#### 4<sup>e</sup> sous-section : *Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*

Professeure Eliane ALBUISSON - Professeur Nicolas JAY

### 47<sup>e</sup> Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

#### 1<sup>re</sup> sous-section : *Hématologie ; transfusion*

Professeur Pierre FEUGIER – Professeur Thomas LECOMPTE - Professeur Julien BROSEUS

#### 2<sup>e</sup> sous-section : *Cancérologie ; radiothérapie*

Professeur Thierry CONROY - Professeur Frédéric MARCHAL - Professeur Didier PEIFFERT

#### 3<sup>e</sup> sous-section : *Immunologie*

Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT - Professeure Marie-Thérèse RUBIO

#### 4<sup>e</sup> sous-section : *Génétique*

Professeur Philippe JONVEAUX

## **48° Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

### **1<sup>re</sup> sous-section : Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire**

Professeur Gérard AUDIBERT - Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Thomas FUCHS-BUDER  
Professeure Marie-Reine LOSSER - Professeur Claude MEISTELMAN - Professeur Philippe GUERCI

### **2° sous-section : Médecine intensive-réanimation**

Professeur Sébastien GIBOT - Professeur Bruno LÉVY - Professeur Antoine KIMMOUN

### **3° sous-section : Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie**

Professeur Pierre GILLET - Professeur Jean-Yves JOUZEAU

### **4° sous-section : Thérapeutique-médecine de la douleur ; addictologie**

Professeur Nicolas GIRERD

### **5° sous-section : Médecine d'urgence**

Professeur Tahar CHOUIHED

## **49° Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION**

### **1<sup>re</sup> sous-section : Neurologie**

Professeur Marc DEBOUVERIE - Professeur Louis MAILLARD - Professeur Sébastien RICHARD –  
Professeur Luc TAILLANDIER Professeure Louise TYVAERT

### **2° sous-section : Neurochirurgie**

Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS - Professeur Olivier KLEIN

### **3° sous-section : (Psychiatrie d'adultes ; addictologie**

Professeur Vincent LAPREVOTE - Professeur Raymund SCHWAN - Professeur Thomas SCHWITZER -

Professeure Fabienne ROUYER-LIGIER

### **4° sous-section : Pédiopsychiatrie ; addictologie**

Professeur Bernard KABUTH

### **5° sous-section : Médecine physique et de réadaptation**

Professeur Jean PAYSANT

## **50° Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE**

### **1<sup>re</sup> sous-section : Rhumatologie**

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE - Professeur Damien LOEUILLE

### **2° sous-section : Chirurgie orthopédique et traumatologique**

Professeur Laurent GALOIS - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX

### **3° sous-section : Dermato-vénéréologie**

Professeure Anne-Claire BURSZTEJN

### **4° sous-section : Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie**

Professeur François DAP - Professeur Etienne SIMON

## **51° Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE**

### **1<sup>re</sup> sous-section : Pneumologie ; addictologie**

Professeur Jean-François CHABOT - Professeur Ari CHAOUAT

### **2° sous-section : Cardiologie**

Professeur Edoardo CAMENZIND - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET – Professeur Olivier HUTTIN

Professeur Batric POPOVIC - Professeur Nicolas SADOUL

### **3° sous-section : Chirurgie thoracique et cardiovasculaire**

Professeur Juan-Pablo MAUREIRA - Professeur Stéphane RENAUD

### **4° sous-section : Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire**

Professeur Sergueï MALIKOV - Professeur Denis WAHL – Professeur Stéphane ZUILY –

Professeure Nicla SETTEMBRE

## **52° Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE**

### **1<sup>re</sup> sous-section : Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie**

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI - Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

### **2° sous-section : Chirurgie viscérale et digestive**

Professeur Ahmet AYAV - Professeur Laurent BRUNAUD – Professeure Adeline GERMAIN

### **3° sous-section : Néphrologie**

Professeur Luc FRIMAT

### **4° sous-section : Urologie**

Professeur Pascal ESCHWEGE - Professeur Jacques HUBERT

## **53° Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET MÉDECINE GÉNÉRALE**

### **1<sup>re</sup> sous-section : Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie**

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Jean-Dominique DE KORWIN - Professeure Gisèle KANNY

Professeure Christine PERRET-GUILLAUME – Professeur Roland JAUSSAUD – Professeure Laure JOLY

### **3° sous-section : Médecine générale**

Professeur Jean-Marc BOIVIN - Professeur Paolo DI PATRIZIO

**54° Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

**1<sup>re</sup> sous-section : Pédiatrie**

Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET - Professeur Jean-Michel HASCOET - Professeur Cyril SCHWEITZER

**2° sous-section : Chirurgie infantile**

Professeur Pierre JOURNEAU - Professeur Jean-Louis LEMELLE

**3° sous-section : Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale**

Professeur Philippe JUDLIN - Professeur Olivier MOREL

**4° sous-section : Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale**

Professeur Bruno GUERCI - Professeur Marc KLEIN - Professeur Georges WERYHA

**55° Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU**

**1<sup>re</sup> sous-section : Oto-rhino-laryngologie**

Professeur Roger JANKOWSKI - Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER - Professeure Cécile RUMEAU - Professeur Patrice GALLET

**2° sous-section : Ophtalmologie**

Professeure Karine ANGIOI - Professeur Jean-Paul BERROD – Professeur Jean-Baptiste CONART

**3° sous-section : Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie**

Professeure Muriel BRIX

=====

**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS**

**61° Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL**

Professeur Walter BLONDEL

**64° Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE**

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER - Professeur Pascal REBOUL

**65° Section : BIOLOGIE CELLULAIRE**

Professeure Céline HUSELSTEIN

**66° Section : PHYSIOLOGIE**

Professeur Nguyen TRAN

=====

**PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE**

**53° Section, 3° sous-section : Médecine générale**

Professeure associée Sophie SIEGRIST - Professeur associé Olivier BOUCHY

=====

**MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS**

**42° Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE**

**1<sup>re</sup> sous-section : Anatomie**

Docteur Bruno GRIGNON

**44° Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION**

**1<sup>re</sup> sous-section : Biochimie et biologie moléculaire**

Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA - Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle GASTIN – Docteure Catherine MALAPLATE - Docteur Marc MERTEN

**2° sous-section : Physiologie**

Docteure Iulia-Cristina IOAN

**45° Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE**

**1<sup>re</sup> sous-section : Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière**

Docteure Corentine ALAUZET - Docteure Hélène JEULIN - Docteure Véronique VENARD

**2° sous-section : Parasitologie et mycologie**

Docteure Anne DEBOURGOGNE

**46° Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ**

**1<sup>re</sup> sous-section : Epidémiologie, économie de la santé et prévention**

Docteure Frédérique CLAUDOT - Docteur Arnaud FLORENTIN - Docteur Jonathan EPSTEIN – Docteur Abdou OMOROU

**2° sous-section Médecine et Santé au Travail**

Docteure Isabelle THAON

**4° sous-section : Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication**

Docteure Aurélie BANNAY (stagiaire)

**47° Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE**

**1<sup>re</sup> sous-section : *Hématologie ; transfusion***

Docteure Maud D'AVENI

**2° sous-section : *Cancérologie ; radiothérapie***

Docteure Lina BOLOTINE

**3° sous-section : *Immunologie***

Docteure Alice AARNINK

**4° sous-section : *Génétique***

Docteure Céline BONNET - Docteure Mathilde RENAUD

**48° Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

**3° sous-section : *Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie***

Docteur Nicolas GAMBIER - Docteur Julien SCALA-BERTOLA -

Docteure Élise PAPE (stagiaire)

**49° Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION**

**2° sous-section : *Neurochirurgie***

Docteur Fabien RECH

**50° Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE**

**4° sous-section : *Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie***

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

**51° Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE**

**3° sous-section : *Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire***

Docteur Fabrice VANHUYSE

**54° Section : DEVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

**1° sous-section : *Pédiatrie***

Docteure Cécile POCHON – Docteur Amandine DIVARET-CHAUVEAU

**3° sous-section : *Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale***

Docteur Charline BERTHOLD

**4° sous-section : *Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; Gynécologie médicale***

Docteure Eva FEIGERLOVA

**5° sous-section : *Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale***

Docteur Mikaël AGOPIANTZ

=====

**MAÎTRES DE CONFÉRENCES**

**5° Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES**

Monsieur Vincent LHUILLIER

**63° Section : GÉNIE ÉLECTRIQUE, ÉLECTRONIQUE, PHOTONIQUE ET SYSTÈMES**

Madame Pauline SOULET LEFEBVRE

**64° Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE**

Madame Marie-Claire LANHERS - Monsieur Nick RAMALANJAONA

**65° Section : BIOLOGIE CELLULAIRE**

Madame Nathalie AUCHET – Madame Rümeyza BASCETIN - Madame Natalia DE ISLA-MARTINEZ –

Monsieur Christophe NEMOS – Monsieur Simon TOUPANCE

**69° Section : NEUROSCIENCES**

Madame Sylvie MULTON

**90° Section : MAÏEUTIQUE**

Madame Gaëlle AMBROISE (stagiaire)



=====

## MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

53<sup>e</sup> Section, 3<sup>e</sup> sous-section : (*Médecine générale*)

Docteur Antoine CANTON - Docteur Jean-Charles VAUTHIER

=====

## DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)  
*Brown University, Providence (U.S.A)*  
Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)  
*Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)*  
Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)  
*Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)*  
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)  
*Research Institute for Mathematical Sciences  
de Kyoto (JAPON)*

Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)  
*Université d'Helsinki (FINLANDE)*  
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)  
*Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIËTNAM)*  
Professeur Daniel G. BICHET (2001)  
*Université de Montréal (Canada)*  
Professeur Marc LEVENSTON (2005)  
*Institute of Technology, Atlanta (USA)*

Professeur Brian BURCHELL (2007)  
*Université de Dundee (Royaume-Uni)*  
Professeur Yunfeng ZHOU (2009)  
*Université de Wuhan (CHINE)*  
Professeur David ALPERS (2011)  
*Université de Washington (U.S.A)*  
Professeur Martin EXNER (2012)  
*Université de Bonn (ALLEMAGNE)*

# Remerciements

---

**À notre Maître et Président de Jury,**

**Monsieur le Professeur Stéphane RENAUD,**

Professeur des universités et Praticien Hospitalier de Chirurgie thoracique et cardiovasculaire.

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de présider cette thèse et de juger ce travail.

Vous m'avez énormément apporté durant cette année de formation en chirurgie thoracique à vos côtés, de par vos connaissances, votre sérénité, vos compétences techniques et morales. Vous m'avez soutenue lors de mes premiers projets universitaires en m'y partageant votre passion et votre force, je vous en suis très reconnaissante. Vous m'avez appris à toujours persévérer quel que soit les contraintes, et à me concentrer sur le positif.

Vous être pour moi un modèle de carrière à suivre et un fidèle soutien.

Veillez trouver dans cette thèse ma profonde admiration et mon profond respect pour votre parcours professionnel.

**À notre Maître et Directeur de Thèse,**

**Monsieur le Professeur Juan-Pablo MAUREIRA,**

Professeur des universités et Praticien Hospitalier de Chirurgie thoracique et cardiovasculaire, Chef de service de chirurgie cardio-vasculaire et transplantation.

Je vous remercie de m'avoir soutenue dans ce projet et de m'avoir accompagnée tout au long de l'élaboration de ce travail.

Depuis mes premiers pas en chirurgie cardiaque, vous me partagez avec passion vos connaissances techniques et théoriques, ce qui me fascine au quotidien. Votre capacité à surmonter toute épreuve chirurgicale me motive à persévérer.

C'est pour moi un honneur d'apprendre à vos côtés et j'espère être à la hauteur de vos exigences. Votre calme, votre patience et votre savoir-faire sont pour moi un modèle à suivre.

Vous êtes un pilier pour ma carrière, et je vous en remercie profondément.

**À notre Maître et Juge,**

**Monsieur le Professeur Damien MANDRY,**

Professeur des universités et Praticien Hospitalier de Radiologie.

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de juger ce travail et en apportant votre expertise dans le domaine de l'imagerie cardiaque.

Veillez trouver dans cette thèse l'expression de mon profond respect.

**À notre Maître et Juge,**

**Monsieur le Docteur Fabrice VANHUYSE,**

Maitre de Conférences Hospitalo-universitaire et Praticien Hospitalier de Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire.

Je vous remercie d'avoir accepté de juger ce travail.

Je vous suis reconnaissante pour tout ce que vous m'avez transmis durant mes premières années d'internat. Votre calme et bonne humeur constante au bloc opératoire associés à vos connaissances sont un exemple pour moi. Je suis également fière de pouvoir élaborer mon projet de master 2 à vos côtés.

Veillez trouver dans cette thèse l'expression de mon profond respect.

**À notre Maître et juge,**

**Monsieur le Dr Mazen ELFARRA,**

Praticien Hospitalier de Chirurgie thoracique et cardiovasculaire.

C'est un honneur pour moi de vous avoir dans mon jury de thèse. Merci pour tout ce dont vous m'avez transmis depuis le début de mon internat, merci de croire en moi depuis le début, merci pour vos cours de « flash » et ces moments de partage au bloc opératoire. Votre force et votre expérience m'impressionnent depuis mes tous premiers pas en chirurgie cardiaque.

Veillez trouver l'expression de mon profond respect dans cette thèse.

**À notre Maître et Juge,**

**Monsieur le Docteur Giuseppe LAURIA,**

Praticien Hospitalier de Chirurgie thoracique et cardiovasculaire.

Je vous remercie de l'honneur que vous me faites en acceptant de juger ce travail.

Votre détermination et vos connaissances imbattables en hémodynamique, mais surtout votre passion sont un exemple au quotidien pour moi. Je vous remercie pour avoir toujours cru en mes capacités et mon mental, pour toujours vouloir me pousser vers le haut et pour votre protection. Vous êtes comme un grand frère pour moi.

Je vous suis reconnaissante pour la confiance que vous m'avez accordée durant mes premières années, et j'espère qu'il y en aura encore beaucoup d'autres à partager ensemble.

**À ma famille,**

**À mes parents, Catherine et Thierry,** merci de m'accompagner depuis mes premiers pas jusqu'à ce jour si important pour moi. Les mots me manqueront et sont si pauvres par rapport à tout ce dont vous m'avez apporté jusqu'ici. Vous êtes mes deux plus grandes forces et je vous suis tellement reconnaissante de m'avoir portée jusqu'ici, dans les bons comme dans les mauvais moments. Papa, je suis si fière de ton parcours professionnel mais aussi sportif, je suis et resterai ta plus grande fan. On our way to Nice 2024. Maman, ma reine, ma star, je t'admire tant, sur le plan professionnel mais aussi social ; tu es un modèle pour moi. J'espère qu'un jour mes enfants me verront de la même façon dont moi je te vois. Je vous aime fort.

**À mon petit frère, Milo,** mon plus grand fan, mon pilier, tout n'a pas toujours été rose mais n'est-ce pas normal entre frères et sœurs ? Je t'aime de plus en plus chaque jour, et suis si fière de l'homme que tu es devenu. À nos histoires d'enfants, à nos chamailleries, à nos confidences, et à nous tout simplement.

**À mes grands-parents maternels, Annick et Jean-Claude,** je ne vous remercierai jamais assez de l'enfance que vous m'avez offerte, votre admiration pour mon travail me pousse à toujours aller plus haut et je suis fière d'être votre petite fille. Je vous aime.

**À ma grand-mère maternelle, Chantal,** mon modèle de féminité et de courage, je t'admire pour le bout de femme que tu représentes aujourd'hui. Merci d'avoir toujours cru en moi. À nos coquetteries et secrets depuis ma jeune enfance, je t'aime.

**À mon grand-père paternel, Patrice,** parti bien trop tôt. Il ne se passe pas un jour sans que tu me manques ; je sais que de là-haut tu es fier de moi. Piccoli, à jamais.

**À ma marraine, Marie,** ta bonne humeur, ta force et ta beauté m'impressionne depuis toujours. Merci pour ton soutien ces dernières années. **Avec ton mari, Dom,** vous représentez un modèle familial pour moi.



**À ma cousine, Mélanie,** à notre passion commune pour la danse, à ton humour et ta persévérance. Merci pour tous ces moments de rires passés ensemble, avec **ton mari, Damien.**

**À ma grand-tante et mon grand-oncle, Muriel et Michel,** merci pour tous ces repas de famille passés ensemble, ce partage culinaire et œnologique de génération en génération. Vivement Noël prochain avec tous **vos petits-enfants, Baptiste, Paul, Jules et Victor** mes petits monstres préférés.

**À mon oncle Arnaud, et ses enfants, mes cousins germains, Lou et Ugo,** malgré la distance vous êtes toujours présents dans mes pensées, en espérant que l'on soit réunis à nouveau bientôt.

**À Coucou,** tu serais si fière de moi aujourd'hui, à nos nuits en s'endormant mains dans la main, à cette odeur de savon et à tes soupes de vin au pain.

**À mamie Fifi,** mes souvenirs olfactifs et gustatifs de nos recettes familiales restent intacts, prends soin de ton fils.

**À mes meilleurs amis,**

**À Solenn**, (deux « n » et George sans « s ») ma meilleure amie, ma sœur. Depuis maintenant 24 ans, on s'est suivi et soutenu malgré les embûches, mais nous sommes inséparables, je pense que tout le monde s'est fait à cette idée. Je ne te remercierai jamais assez pour toute l'aide que tu m'apportes, ton écoute et ta présence sont pour moi une force au quotidien. Je t'aime.

**À mes Michels ; Marlène**, ta bonne humeur constante égaie tous nos moments ensembles, tu as toujours su trouver les mots même dans les moments les plus difficiles et je te remercierais jamais assez pour ta bienveillance.

**Lucie**, ta serviabilité hors-pair font de toi une personne incroyable et que je souhaiterai à tout le monde d'avoir auprès de soi. J'admire la personne que tu deviens au fil des années, je t'en prie ne change jamais.

**Mathilde**, ton courage et ta détermination m'impressionne. Je suis si fière du petit bout de femme que tu es devenue. Ta capacité à t'intéresser aux autres et à y faire toujours très attention sont pour moi les qualités qui te représentent le mieux.

**et Léna**, depuis la seconde, malgré quelques péripéties, tu es toujours là. Un petit rayon de soleil, parfois timide mais quand on le découvre en profondeur, on ne peut plus s'en séparer.

Enfin bref, merci pour toutes ces années ensembles, à nos confidences, nos rires, nos larmes, avec vous je me sens moi-même. Pas besoin d'en dire plus, vous savez déjà tout, je vous aime.

**À Amaury**, mon bff, mon frère. Qui l'eut cru qu'une rencontre entre cette petite blonde à la veste rose (qui ne s'appelait définitivement pas Pauline) et ce petit homme à casquette si sûr de lui, se transformerait en amitié si solide ? Merci de me supporter depuis 9 ans, en espérant qu'il y en aura encore beaucoup d'autres ensembles, ne change rien.

**À Marine**, à notre passion commune pour Sézane, à nos discussions, à ta franchise, et ton soutien qui est pour moi si important. Merci d'être là, avec **Guillaume**, mon ami si fidèle et présent depuis le début de nos études, vous formez un magnifique couple.

À **Manon**, alias colocation, merci pour ces magnifiques années en cohabitation. A nos multiples Spritz et Mythos, nos apéros/confidences se terminant en rigolade ; à notre passion pour la danse et j'en passe.. Je suis si fière de ton parcours, avec **Nico** vous êtes des profonds soutiens, je vous en remercie.

À **Léa Ferdi**, tes mots me sont toujours d'une grande aide, j'admire ton mental d'acier résistant à toute épreuve, merci de faire partie de mes amis, merci pour ton honnêteté sans faille, merci tout simplement d'être toi.

À **Paul**, mon gros nez tordu, mon ami d'enfance, merci d'être toujours là au fil des années, et merci de m'avoir fait rencontrer **Arthur**, mon petit rayon de soleil hebdomadaire, on forme un bon trio tous les trois. (sans oublier ma petite **Léa**, je n'ai jamais vu Arthur aussi heureux que depuis ton arrivée dans sa vie).

À **Alex**, mon super bro, merci de me redonner le sourire chaque fois que je te vois, merci de me faire toujours voir le positif, tu n'imagines pas à quel point ton soutien m'a aidé pour être celle que je suis aujourd'hui, merci d'être là.

À **Margaux**, en souvenir de nos plus belles années et toutes ces soirées, des beuveries jusqu'aux confidences les plus profondes, merci pour tous tes conseils, je suis fière du chemin parcouru ensemble.

À **Marie Lou**, merci de faire partie de mon cercle d'amis, merci de m'avoir fait découvrir ton univers ; du cross fit, à notre colocation, en passant par Billie Eilish. Tu pourras toujours te reposer sur moi.

À **mes petites puces, Clémence, Lucille, Inès et Pop's**, vous rendez mes journées et soirées meilleures, votre présence est toujours si agréable. Merci de mettre des paillettes dans ma vie. Miaou.

À **Margot** (alias la thouv) et **Léa** (alias lélé), vous faites partis de mes amies les plus chères, merci de toujours croire en moi, vous êtes des piliers.

À **Claire**, ma grande sœur de cœur, tu fais partie de la famille. J'admire ton naturel sans faille. Ta détermination dans la vie et ton parcours sont un exemple pour moi. Je suis si heureuse du bonheur que tu partages avec **Vikar** et maintenant **Priya**, tu mérites tout cela. En attendant nos futures soirées tricot et dégustation de Gin ensembles, je vous souhaite à tous les trois le meilleur.

À **Branko**, mon copina, quelle magnifique découverte. Je ne sais comment l'exprimer mais tu as tout de suite pris une énorme place dans ma vie, tu es une épaule sur laquelle on peut se reposer, avec un énorme cœur et une histoire personnelle si touchante. Merci à la vie pour que nos chemins se soient croisés.

À **Thibaut D.**, je ne pourrais dire à quand remonte notre première discussion, mais en tout cas il y en a eu des milliers depuis. Toujours là pour rassurer et montrer aux gens leurs qualités. Tu me fais voir le positif en moi et on sait tous les deux que ce n'est pas chose facile. Merci d'être toujours là.

À **Robin**, tu sais déjà tout ce que je pense, il y a des personnes qui marquent nos vies à jamais, et tu en fais partie. À notre magnifique voyage en Inde, à tous nos échanges depuis le collège, à toi tout simplement. Je suis si fière du petit bout d'homme que tu es, et malgré la distance rien ne change. Je serai là, pour toujours et à jamais.

**À mes amis,**

**À mes gars-surs** de Crévic et des alentours, Tommy, Zoran, Maxime C, Maxime K, Remy, Pedro, René, je sais que je pourrai toujours compter sur vous, merci de m'aimer comme je suis, vous êtes tous importants pour moi, ne changez rien.

**À la team P\*car dolls**, Nabil, Martin, Ida et Émilie, merci pour toutes ces folles années passées ensembles. Je ne les oublierai jamais. Vous voir tous si épanouis dans vos vies professionnelles mais surtout personnelles me rend si heureuse.

**Aux anges** restants, Nass la menace, Rodolphe alias Grodo, Mathieu alias Matlac, Yacine alias Tonton, Margaux alias Gaux, Greg alias Tharrad, Paul alias Poloshon, merci pour tous ces moments depuis l'externat, merci pour tous ces fous-rires, je suis heureuse d'avoir pu vous rencontrer et passer ces années avec vous.

**À Louis** (alias mon boubou), **Maxime** (alias mon fifou) et **Alex** (alias musclor,) merci pour toutes ces rigolades, on se connaît depuis longtemps et malgré nos vies différentes, c'est toujours un énorme plaisir de vous voir.

**À Tom**, mon binôme de réa. Tu sais déjà ce que je pense de toi, et nous n'avons pas besoin de nous exprimer pour se comprendre mutuellement. Ta maturité associée à ton humilité mais aussi ton humour font de toi une personne que j'admire. Merci d'avoir croisée ma route.

**À Léa et Théo**, la plus belle surprise de 2022 fut votre rencontre. Vous êtes si fusionnels et toujours d'agréable compagnie pour moi ; merci de faire partie de mon cercle d'amis.

**À l'IMEN**, ceux depuis ma P2 (Bigno, Romain, Elise, FG, Lucas, Gauthier, Valbal, Sacha, Caro), et ceux depuis l'internat (Hadri, Vic, Guillaume, Alain, Camille, Aude, Axel, Béré, Antoine, Mathilde, Jean *et cie*), merci pour tous ces moments partagés et merci d'être là ce soir, ça me touche sincèrement.

**À Manon, Melissa, Lucie et Charlotte**, à toutes nos soirées filles et confidences, je suis contente que nos chemins se soient croisés, merci de faire partie de ma vie.

**À JK**, mon cher ami, merci pour toutes ces discussions et rigolades, j'aime beaucoup la personne que tu es, en espérant un jour surfer à tes côtés.

**À David**, ta présence égaie toujours plus mes journées et soirées. Merci d'apporter ta joie de vivre partout où tu vas, je suis si fière de ton parcours depuis le lycée ; reste comme tu es.

**À Léa et Mathilde**, vous êtes deux petites pépites remplies de joie et de rires. Ces vacances dans le Sud restent un excellent souvenir grâce à vous deux ; team Spritz for life.

**À toute la team cross-fit Nancy**, Benoit, Céline, Cédric (alias Kikitch), Pascale, Audrey, Jérôme, Nacer, Aurélie, Élisabeth, Antoine et tous les autres, merci pour tous ces moments de partages sportifs (et festifs).

**À Laura**, ton pep's illumine mes séances de cross-fit, merci d'apporter toujours de la bonne humeur, tu as été une incroyable découverte pour moi cette année.

**Aux amis de la famille**, et en particulier à mon Parrain, **Nicolas**, merci de votre présence ce soir qui me touche sincèrement, je suis fière de vous montrer ce travail.

**À mes collègues,**

**Au service de chirurgie cardiaque,**

**Au DR GRANDMOUGIN,** votre calme face à toute situation m'a toujours impressionnée, merci pour les connaissances que vous m'avez transmises, à ces dissections aortiques et autres interventions en musiques ; vous avez tout mon respect.

**Au Dr Pan DAN,** à notre passion commune pour la pathologie aortique, merci pour toute l'aide que tu m'as apportée pour ce travail, c'est en partie grâce à toi si ce projet a pu voir le jour. D'abord co-interne, puis maintenant chef, c'est un plaisir de travailler avec toi.

**Au Dr Yihua Liu,** ta dextérité et ton calme m'impressionneront toujours. Tout geste paraît facile entre tes doigts, merci pour tout ce que tu me transmets, et merci de m'avoir supportée lors de mes mauvais jours et pendant toutes ces astreintes.

**À Coraline Lauria,** ma coco, tu es devenue rapidement un de mes repères dans ce service. Ta personnalité et ton caractère sont un modèle pour moi, et je suis heureuse du bonheur que tu partages avec ton mari et ta magnifique fille, **Juliette**. Merci d'être toujours là pour moi.

**Aux Perfusionnistes,** Florence, Frédéric, Jacques, Damien et Olivier, merci pour tous ces cafés, merci pour votre bonne humeur, vous êtes un profond soutien pour moi et j'espère poursuivre à vos côtés pour encore de longues années. On se retrouve bientôt en chir-ex.

**Aux IBODES** de cardiaque, merci pour tous ces moments partagés au bloc opératoire, j'espère que vous êtes fières de votre petit chat noir, moi en tout cas je suis fière de faire partie de votre équipe et heureuse de votre présence en ce jour si important pour moi.

**À l'équipe infirmières, aides-soignantes, secrétaires et cadres,** c'est toujours un plaisir de travailler avec vous, merci pour votre confiance depuis le début. Vous êtes au top, ne l'oubliez jamais.

Et le meilleur pour la fin ;

**À Maxime**, je te suis à jamais reconnaissante pour tout ce que tu m'as apportée. Tu m'as fait découvrir et aimer la chirurgie cardiaque, tu m'as toujours valorisée et portée vers le haut. À toutes ces astreintes de folies, mes premières ECMO, dissections aortiques, greffes et chantiers en tout genre. À nos balades en ambulances et avions, à nos discussions et confidences. Je suis contente que ma route ait croisé la tienne, tu es un exemple et un pilier pour moi, je ne te remercierai jamais assez. **À Alexandru**, je te remercie pour tout ce que tu m'as transmis, tu m'as porté lors de mes premiers pas en chirurgie cardiaque, tu m'as transmis ta passion et ta rigueur, je n'oublierai jamais notre première greffe ensemble, ma première canulation et surtout tous ces moments de rires et de relâchement les midis tous les trois. Je suis heureuse de voir ton épanouissement professionnel, tu le mérites.

Vous me manquez les zouzous.



**Au service de chirurgie thoracique, réanimation médicale et de chirurgie cardiaque,**

**Au Dr SIAT**, tu représentes pour moi un modèle féminin, ton humanité et ta force sont un exemple pour toutes les femmes médecins de notre société. Merci pour ce que tu m'as transmis.

**Au Dr Joseph SEITLINGER**, à notre passion commune pour la bière, la fête et la Corse ; je te remercie pour tout ce que tu m'as apportée depuis le premier jour de mon internat. Je suis fière d'avoir travaillé à tes côtés. Merci pour ton aide pour mon premier article, j'espère que notre collaboration ne s'arrêtera pas là, tu es pour moi un exemple de carrière à suivre.

**Au Dr Christophe WOLLBRETT**, je n'oublierai jamais ce premier semestre. Tu m'as appris à être une bonne interne, rapidement et efficacement. Merci de m'avoir transmis ta rigueur et ton organisation, « heureusement que papa était là » et c'est ce que je veux retenir de nous deux. Bonne chance pour la suite de ton parcours professionnel mais surtout personnel.

**Aux Pr KIMMOUN et LEVY, aux Dr THIVILIER, PEREZ, KOSUTSKI, PEQUIGNOT et BERTRAND**, merci pour ces trois mois parmi vous, j'ai tant appris à vos côtés. J'espère également vous avoir montré qu'un chirurgien peut aussi réfléchir avec son esprit et pas seulement avec ses mains.

**Au Pr GUERCI, aux Dr REGNIER, DELOLME, KLEIN, HIRSCHI, KARA, STANCU, ROB et CHENARD**, ce fut un réel plaisir de passer trois mois de ce côté du champ. Merci de m'avoir fait découvrir la chirurgie cardiaque sous un autre œil. À nos futures années de collaboration.

**À l'équipe soignante de thoracique**, mes mamans, Anne-Sophie, Anaïs, Justine, Claire, Marina, Doude, Gwen, vous m'avez connue bébé, et soutenue dès le début, je n'oublierai jamais tous ces moments partagés ensemble. Ne changez rien, vous êtes au top.

**Aux IBODES de thoracique**, Carène, Yvan, Alain, Gaëlle et Romain, vous avez embelli toutes mes journées au bloc opératoire, votre joie et humour me manquent au quotidien, merci pour tout.

**À mes co-internes de spécialités ; Elodie** (alias Doc PAM) à nos excursions post-congrès, et multiples discussions, tu es quelqu'un de confiance et de sincère, je suis heureuse de t'avoir

rencontrée (#girlpower) ; **Florent, Ouriel, Gabriele, Ryad, Yassine, Maxime, Ulrick, Issam**, je ne fais pas de mots pour chacun d'entre vous (je crois avoir déjà dépassé le quota de remerciements) mais le cœur y est.

**À ma team Ocre**, Elsa (alias doudouchat), Hugo Bigno (alias doudouchat2), Aurel, Tom, Sandie, Lucie, Max, Hugolem, et MaximeBertrandMaximeBertrand ; merci pour ce stage que vous avez rendu encore plus formidable ; et je n'oublie pas **toute l'équipe soignante de la RMB**, merci pour ces longues nuits de gardes à vos côtés, ne vous inquiétez pas, le chat noir is back, on se reverra pour les poses d'ECMO.

*Et à tous ceux que j'ai pu oublier ...*

# Serment

---

## « **A**u moment d'être admise à exercer la médecine,

Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité. Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque ».

# Table des matières

---

---

<b>Liste des abréviations</b> .....	28
<b>I. Introduction et généralités</b> .....	29
<b>A. La dissection aortique</b> .....	29
a. Physiologie .....	29
b. Physiopathologie .....	30
c. Classification .....	32
d. Épidémiologie.....	35
e. Facteurs de risque, marqueurs de risque et présentation clinique .....	35
f. La malperfusion systémique.....	36
g. Diagnostic.....	37
<b>B. Chirurgie de la dissection aortique</b> .....	40
a. Recommandation .....	40
b. Techniques chirurgicales.....	41
c. Zoom sur la chirurgie de la crosse aortique en aiguë.....	43
d. Histoire de la Frozen Elephant Trunk .....	44
e. Type de canulation .....	44
f. Techniques de protections cérébrales.....	45
g. Déroulé de la chirurgie par Thoraflex .....	47
h. Suites postopératoires.....	48

<b>II. Rationnel de l'étude</b> .....	49
A. Tube droit, hémia arche ou arche totale ? .....	49
B. Que faire ? .....	50
<b>III. Article</b> .....	51
Introduction .....	52
Materials and methods.....	54
Results.....	57
Discussion.....	59
Conclusion .....	62
References.....	64
Tables and figures .....	67
<b>IV. Conclusion</b> .....	72
<b>V. Bibliographie</b> .....	74

# Liste des abréviations

---

AVC : Accident vasculaire cérébral

CEC : Circulation extracorporelle

DAA : Dissection aortique aigue

EACTS : European association for cardio thoracic surgery

EAVS : European association for vascular surgery

ECG : Électrocardiogramme

FET : Frozen Elephant Trunk

IMC : Indice de masse corporelle

IRAD : Registre international des dissections aortiques

IRM : Imagerie par résonance magnétique

TABC : Tronc artériel brachio-céphalique

TSA : Troncs supra aortiques

# I. Introduction et généralités

---

La dissection aortique aiguë (DAA) est une pathologie grave résultant d'une brèche intimale créant un faux chenal par passage du flux sanguin entre les différentes couches de l'aorte. Le gold-standard de la prise en charge consiste à remplacer une portion de l'aorte disséquée en excluant la porte d'entrée initiale. Cependant, la technique chirurgicale employée sera fonction de la localisation de cette brèche et des modalités de l'étendue de cette dissection. Dans le cas des dissections aortiques de type I de DeBakey étendue aux troncs supra-aortiques (TSA), le choix entre une réparation standard de l'hémiarche, ou d'une réparation plus agressive associant l'arche totale et la réimplantation des TSA reste une décision controversée. Différents travaux (1–3) montrent que la situation clinique préopératoire et en particulier en cas de malperfusion systémique peut orienter d'emblée vers une réparation plus large. Cependant, pour les patients sans signe de malperfusion et stables, le bénéfice d'une réparation extensive n'est pas clairement démontré. C'est dans ce contexte que nous avons souhaité analyser et préciser la place que doit prendre chacune de ces stratégies chirurgicales.

## A. La dissection aortique

### a. Physiologie

L'aorte représente le plus important vaisseau du corps en terme de diamètre, conduisant sur toute une vie plus de 200 millions de litres de sang dans tout l'organisme. Elle est divisée en plusieurs parties : la racine aortique ; l'aorte ascendante ; l'arche aortique lui-même donnant les trois troncs supra-aortiques (TSA) représentés par le tronc artériel brachio-céphalique (TABC), qui se divise en artère subclavière droite et carotide droite, l'artère carotide gauche et l'artère subclavière gauche ; puis le diaphragme sépare le reste en aorte thoracique descendante et aorte abdominale. Son paroi quant à elle se compose de trois couches histologiques : l'intima représentant la couche la plus interne et délimitée par l'endothélium ; la média composée de fibres élastiques et de collagène délimités par la couche lamina

elastica interne et externe, ainsi que des cellules musculaires lisses qui vont à elles toutes donner à l'aorte son élasticité ; puis pour finir l'adventice qui est composé de collagène, des vasa vasorum et nervorum, et du réseau lymphatique (4).

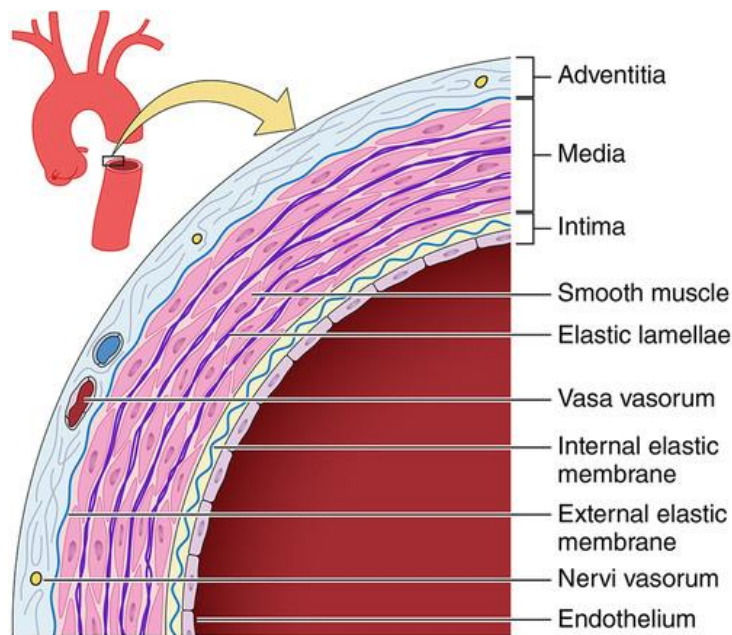


Image 1. Histologie de l'aorte

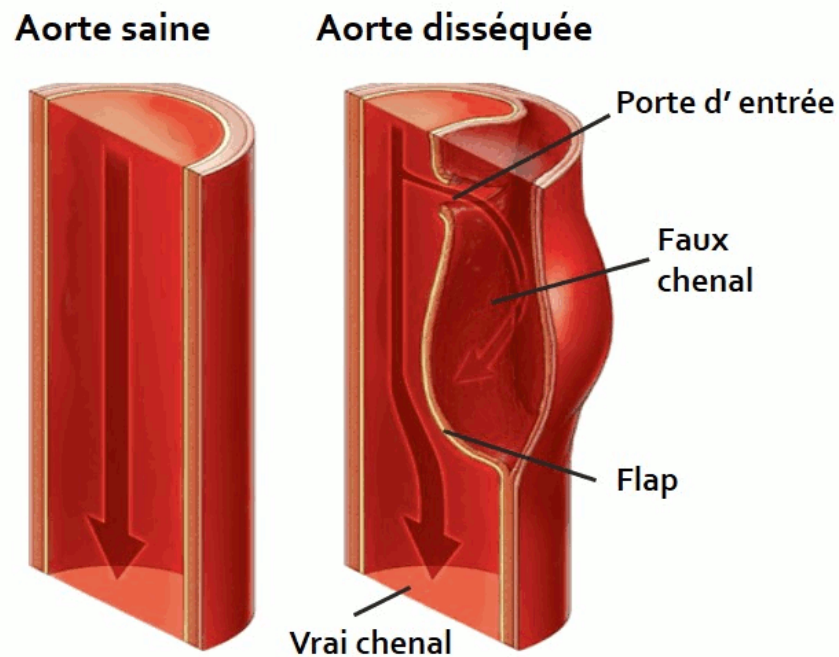
Son rôle, hormis celui de conduire le sang dans toute la circulation corporelle, est également un contrôle des résistances vasculaires systémique et du rythme cardiaque de par ses récepteurs. Son diamètre est inférieur à 40 millimètres dans les situations normales. Les différentes variables pouvant jouer sur cette taille sont l'âge, le genre, l'indice de masse corporelle (IMC) et la pression artérielle (5,6). Cependant, il existe une grande variation entre les individus avec des morphologies aortiques différentes.

#### b. Physiopathologie

La dissection aortique aiguë (DAA), le plus commun des syndromes aortiques aigus (7), est une situation d'urgence caractérisée par une déchirure de l'intima permettant au sang de pénétrer dans la lumière entre la média et les autres couches de l'aorte entraînant alors une dilatation de cette dernière, et pouvant conduire jusqu'à une rupture complète de la paroi aortique. Cette brèche intimale est nommée la porte d'entrée de la dissection aortique. Le passage du sang entre les couches va alors créer ce qu'on appelle un faux chenal distinct du vrai chenal où



circule physiologiquement le sang, avec parfois une communication entre les deux. Un thrombus va alors se former au niveau de la média créant un état inflammatoire qui va fragiliser les tissus par apoptose des cellules musculaires lisses et du tissu élastique (4,7). Tout ceci augmente alors le risque d'extension de la dissection, pouvant se propager dans le sens antérograde ou rétrograde de la circulation sanguine.



*Image 2. Schéma dissection aortique*



*Image 3. Porte d'entrée d'une dissection aortique de type A sur pièce opératoire d'aorte ascendante*

### c. Classification

Anciennement, les dissections aortiques étaient séparées en 2 groupes : aiguë lorsque les premiers symptômes dataient de moins de 14 jours ; chronique lorsque le diagnostic se faisait 15 jours ou plus après les premiers symptômes. Dans les suites, une étude basée sur le registre international des dissections aortiques (IRAD) a proposé une classification plus précise classant alors : en hyper aiguë lorsque le début des symptômes ont commencé dans les moins de vingt-quatre heures ; aiguë dans les 2 à 7 jours après les premiers symptômes ; subaiguë dans les 8 à 30 jours après les premiers symptômes ; et chroniques lorsque les premiers symptômes datent de plus de 30 jours (8).

Afin de planifier et guider les interventions lors des dissections, une classification anatomique des zones aortiques a été définie coupant l'aorte en 11 zones différentes. Les zones importantes en chirurgie cardiaque sont les suivantes :

- Zone 0 : de l'extrémité ascendante vers l'extrémité distale de l'origine du TABC.

- Zone 1 : de l'origine de la carotide commune gauche vers la portion entre le TABC et la carotide gauche.

- Zone 2 : de l'origine de la sous-clavière gauche vers la portion entre la carotide gauche et la sous-clavière gauche.

- Zone 3 : implique l'aorte thoracique descendante proximale jusqu'au corps vertébral T4, soit les 2 premiers cm en aval de la sous-clavière gauche.

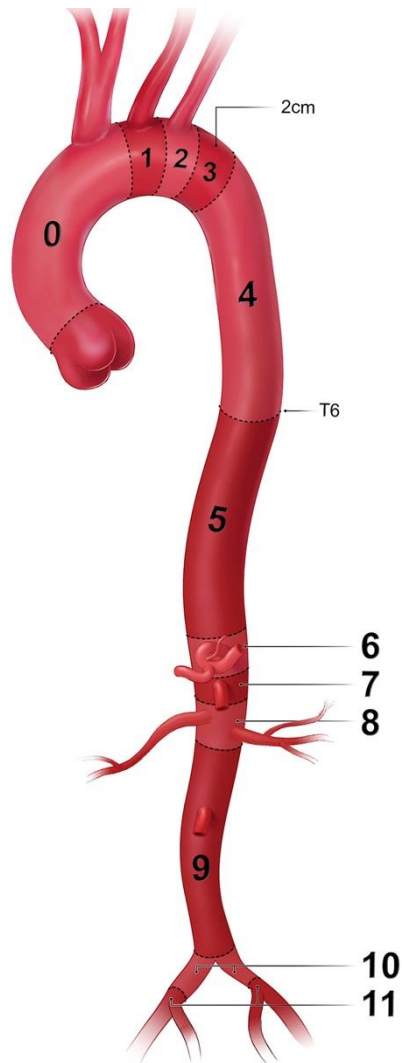


Image 4. Classification des segments anatomiques aortiques par 11 zones d'atterrissage (9)

Il existe également plusieurs classifications pour déterminer le type de dissection aortique. La classification de Stanford (10) se base sur l'extension de la dissection dans le sens antérograde ou rétrograde donnant alors :

- Type A : Toute dissection intéressant l'aorte ascendante quel que soit la porte d'entrée.
- Type B : Toute dissection n'intéressant pas l'aorte ascendante, mais pouvant inclure l'arche aortique.

L'autre classification connue et utilisée est celle de DeBakey (11) qui, quant à elle, est basée sur l'origine de la porte d'entrée et l'extension de la dissection donnant :

- Type I : Origine de la porte d'entrée de la dissection dans l'aorte ascendante et se propageant en distalité incluant l'arche aortique et l'aorte descendante.

- Type II : Dissection touchant uniquement l'aorte ascendante.
- Type III : Origine de la porte d'entrée dans l'aorte thoracique descendante uniquement (IIIa) ou s'étendant également à l'aorte abdominale sous diaphragmatique (IIIb).

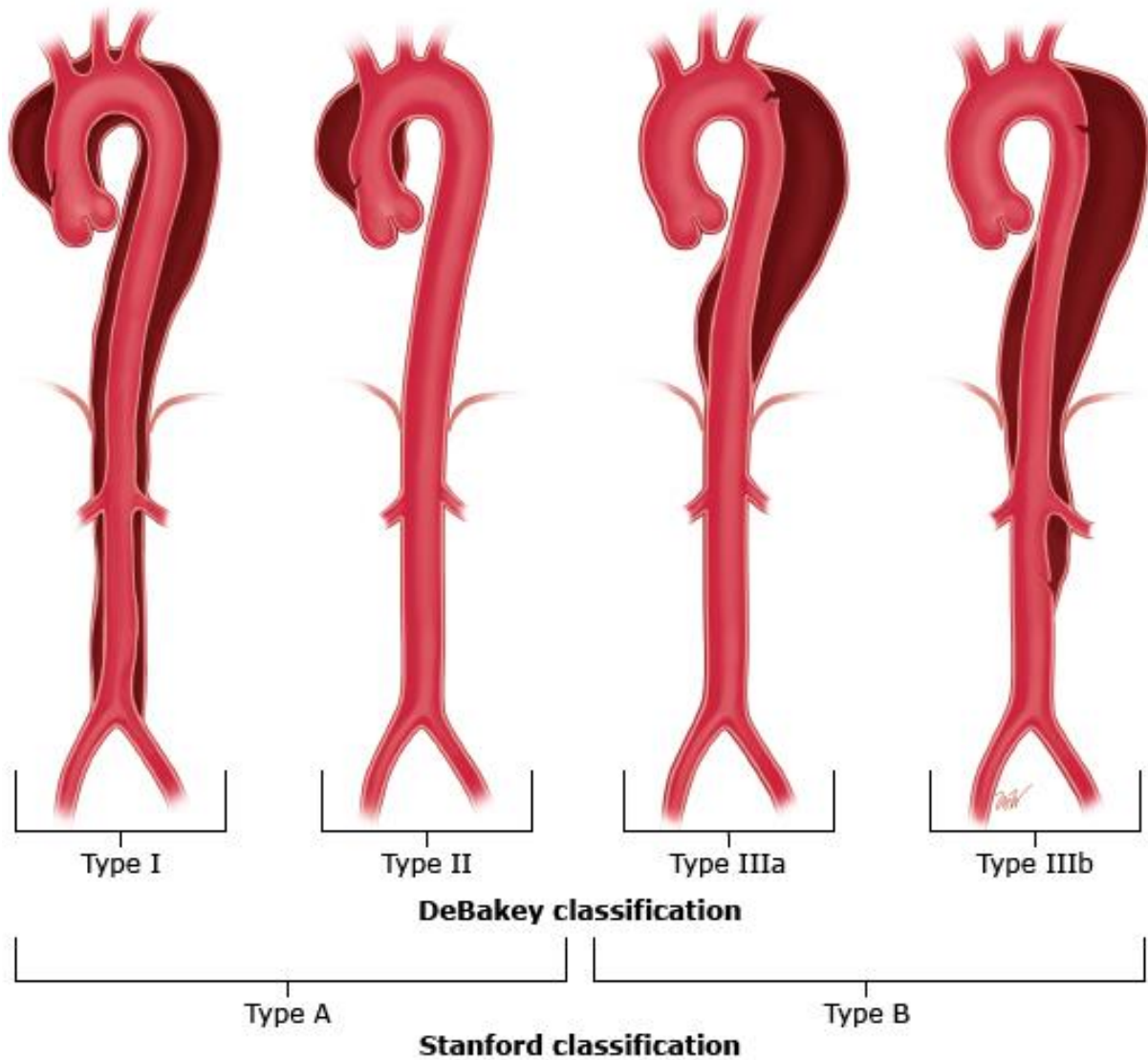


Image 5. Classification des dissections aortiques selon DeBakey et Stanford

Récemment, un consensus d'expert associant l'European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) et Vascular Surgery (EAVS) a proposé une nouvelle catégorie qu'ils ont nommé « Non-A, Non-B-dissection » spécifiquement pour les portes d'entrées localisées dans l'arche aortique (12).

#### d. Épidémiologie

L'incidence de la dissection aortique est de 5 à 30 cas par million de personnes par an (9). En aiguë, l'IRAD retrouve un taux de mortalité à 57% sans intervention chirurgicale, alors que le taux de mortalité globale chirurgicale est d'environ 18%. Pour la dissection aiguë de l'aorte ascendante, si elle n'est pas traitée, la mortalité serait de 1 à 2% par heures dans les premières 48 heures après le début des symptômes (13).

#### e. Facteurs de risque, marqueurs de risque et présentation clinique

Il existe un grand nombre de facteurs identifiés, favorisant le risque de développer une dissection aortique. Les principaux facteurs étudiés sont l'âge (on distingue en réalité deux pics, un plus jeune dans les cas d'élastopathie, et un plus tardif chez les patients athéromateux), l'hypertension artérielle, une dilatation de l'aorte avec un diamètre supérieur à 45 millimètres, l'athérosclérose, un antécédent familial de pathologie aortique, le tabagisme, ou encore un antécédent de chirurgie cardiaque. L'existence d'une bicuspidie associée cependant reste un élément controversé. Il existe également les syndromes génétiques du tissu conjonctif fragilisant les vaisseaux tel que le syndrome de Marfan touchant une personne sur 3000 à 5000 (14), le syndrome d'Ehlers-Danlos touchant une personne sur 100 000 à 250 000 (15), ou encore le syndrome de Loeys-Dietz (16). Il semblerait également qu'être une femme soit à la fois un facteur protecteur étant moins touchées par la DAA et souvent à un âge plus avancé que les hommes ; et à la fois un facteur de risque de mortalité d'après une récente étude (17), puisqu'elles ont un taux de mortalité chirurgicale plus élevé dans les mêmes conditions hémodynamiques et avec les mêmes techniques de réparation chirurgicale. Elles ont également une présentation clinique plus atypique et le diagnostic est donc souvent retardé.

La DAA peut se présenter sous plusieurs formes. Le tableau clinique le plus fréquent est l'apparition d'une douleur thoracique brutale, quelque fois migratrice associée à une poussée hypertensive et le plus souvent une différence tensionnelle entre les deux bras de plus de 20 mmHg pour la pression artérielle systolique. D'autres formes plus atypiques existent avec par exemple une hypotension artérielle initiale, des douleurs abdominales, une syncope, une toux, ou une dyspnée. Parfois,

c'est une complication qui fait découvrir le diagnostic. Les plus importantes sont la rupture complète de la paroi aortique causant une hémorragie interne gravissime, une tamponnade, une obstruction coronaire, une insuffisance aortique massive, des signes de malperfusion myocardique, neurologique, ou encore viscérale (7,18).

Le problème diagnostic résulte donc dans le fait que cette pathologie reste rare et les présentations cliniques sont parfois trompeuses. En effet, elles peuvent mimer d'autres affections plus courantes comme un angor, un infarctus du myocarde, une embolie pulmonaire, un accident vasculaire cérébral (AVC) ou encore des atteintes digestives pouvant alors provoquer d'importantes conséquences si elles sont traitées comme telles. C'est pourquoi il est important de détecter les marqueurs de risques augmentant alors la sensibilité du diagnostic, proposés par les recommandations américaines (9) et comprenant : le syndrome de Marfan, des antécédents familiaux de pathologie aortique ou valvulaire, l'intensité de la douleur, le déficit de pouls ou encore la différence de pression artérielle. De plus, ces facteurs et marqueurs de risque préopératoires ont un rôle important dans la prédiction de la morbi-mortalité postopératoire (19).

Tableau 1. Marqueurs de risque augmentant la probabilité de syndrome aortique aiguë, recommandations AHA/ACC 2022

Clinical data useful to assess the a priori probability of acute aortic syndrome

High-risk conditions	High-risk pain features	High-risk examination features
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marfan syndrome (or other connective tissue diseases)</li> <li>• Family history of aortic disease</li> <li>• Known aortic valve disease</li> <li>• Known thoracic aortic aneurysm</li> <li>• Previous aortic manipulation (including cardiac surgery)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chest, back, or abdominal pain described as any of the following:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- abrupt onset</li> <li>- severe intensity</li> <li>- ripping or tearing</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evidence of perfusion deficit:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- pulse deficit</li> <li>- systolic blood pressure difference</li> <li>- focal neurological deficit (in conjunction with pain)</li> </ul> </li> <li>• Aortic diastolic murmur (new and with pain)</li> <li>• Hypotension or shock</li> </ul>

#### f. La malperfusion systémique

La malperfusion systémique représente un des marqueurs de risque préopératoire de mortalité les plus sévères, pouvant augmenter la mortalité lors d'une DAA jusqu'à 43% (20). Elle est définie par une altération de la circulation sanguine dans un ou plusieurs organes entraînant alors par manque de flux sanguin une ischémie avec un dysfonctionnement de ces derniers (21,22). Plusieurs syndromes de malperfusion existent : cérébrale (accident vasculaire cérébral,

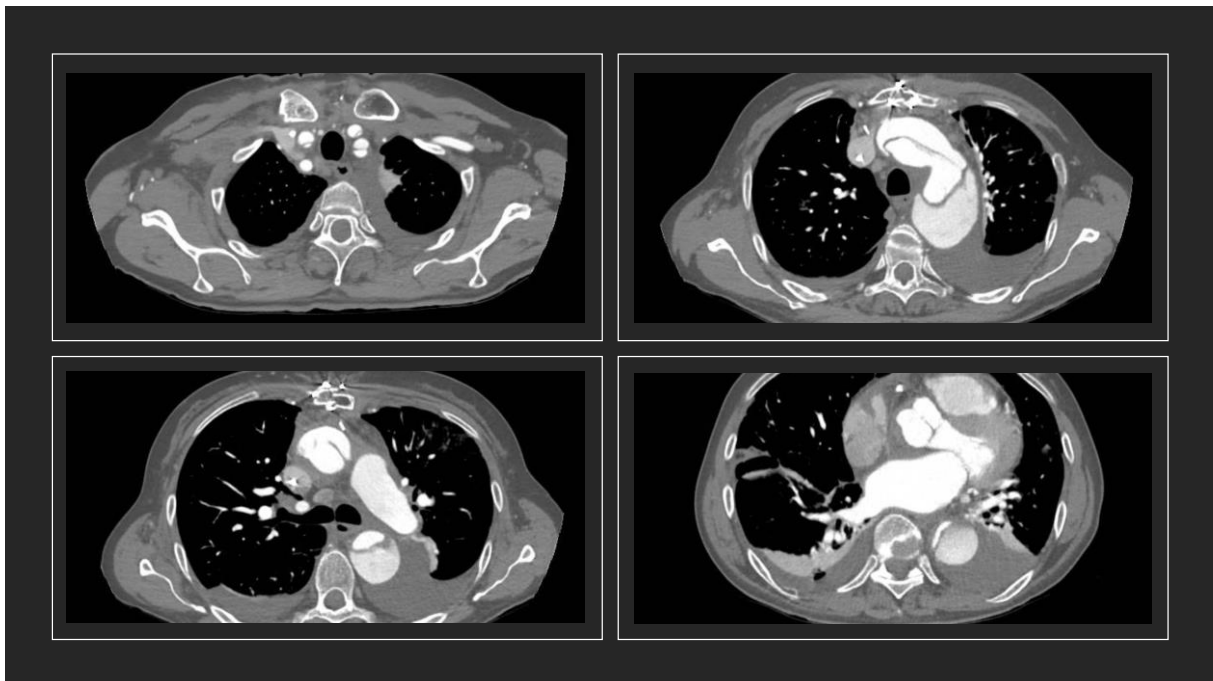
accident ischémique transitoire), cardiaque (mouvement des troponines, modifications électriques, dysfonctionnement myocardique), mésentérique (douleurs abdominales, paralysie intestinale, élévation des transaminases), rénale (élévation de la créatinine, oligoanurie) et des membres (absence de pouls, déficit sensoriel ou moteur avec signes cliniques d'ischémie). Tout ceci découle de la compression dynamique du vrai chenal par la pression accumulée dans le faux chenal ou alors de l'obstruction causée par le flap intimal.

Cependant, la morbidité post-opératoire causée par cette malperfusion est diminuée de 4 à 13% si on la traite avant ou pendant la chirurgie (20). L'incidence des malperfusions préopératoires lors des DAA de type A varie de 16 à 34%. En particulier, la malperfusion cérébrale est présente dans 6 à 14% des DAA de type A. Elle résulte d'une occlusion partielle ou complète des vaisseaux des TSA par le flap intimal et peut provoquer une encéphalopathie hypoxique due à l'état de choc, à une compression ou à un AVC par embolisation d'un thrombus par le faux chenal (23). Au début des prises en charges chirurgicales de la DAA, les complications cérébrales majeures en préopératoire pouvait être une contre-indication à la chirurgie du fait du statut neurologique incertain et motivait une prise en charge médicamenteuse première. Cependant, au fil des années, il a été démontré que la chirurgie, y compris dans les situations de malperfusion sévère, était plutôt un facteur protecteur, augmentant alors de 50% la survie par rapport au traitement médical (24). En effet, les données de l'IRAD ont montré que le coma ou les AVC ont été résolutifs après la chirurgie chez plus de 80% des patients (25).

#### g. Diagnostic

L'Électrocardiogramme (ECG) est systématiquement réalisé chez tout patient présentant des douleurs thoraciques et se présentant aux urgences. Le plus souvent normal, il peut cependant montrer des modifications non spécifiques du segment ST ou de l'onde T, des modifications ischémiques ou signes d'infarctus pouvant alors entraîner des retards diagnostiques et des prescriptions de médicaments antiagrégants et anticoagulants pouvant rendre alors la réparation chirurgicale plus complexe (26). La radiographie thoracique est également un examen standard réalisée chez tout patient se plaignant de douleurs thoraciques afin d'éliminer particulièrement un pneumothorax. Elle est le plus souvent normale ou peut parfois

montrer un hémithorax. Un élargissement du médiastin ou du contour aortique peut également se visualiser. La tomodensitométrie reste l'examen primordial et permettant le plus souvent le diagnostic. L'avantage est la réalisation rapide et complète d'une reconstruction de l'aorte entière en 2 dimensions. Il permet également d'établir un pronostic et d'améliorer la stratégie de prise en charge. En effet, il est possible d'y constater un épanchement péricardique, un hématome, un faux chenal perméable et parfois de trouver la porte d'entrée. Un bon examen peut s'avérer primordial, avec un gating cardiaque basé sur l'ECG permettant de diminuer les artefacts de l'aorte et de la valve aortique (27). Le problème résulte cependant de sa disponibilité en urgence qui n'est pas toujours évidente.



*Image 6. Angioscanner cardiaque d'une dissection aortique de type I*

L'échographie cardiaque peut aussi révéler le diagnostic en visualisant un flap intimal dans la racine aortique, avec des signes de tamponnade informant sur la sévérité et l'urgence chirurgicale absolue. Elle permet également d'informer sur le type d'insuffisance aortique si elle y est associée et d'orienter sur la prise en charge et stratégie chirurgicale à opter.



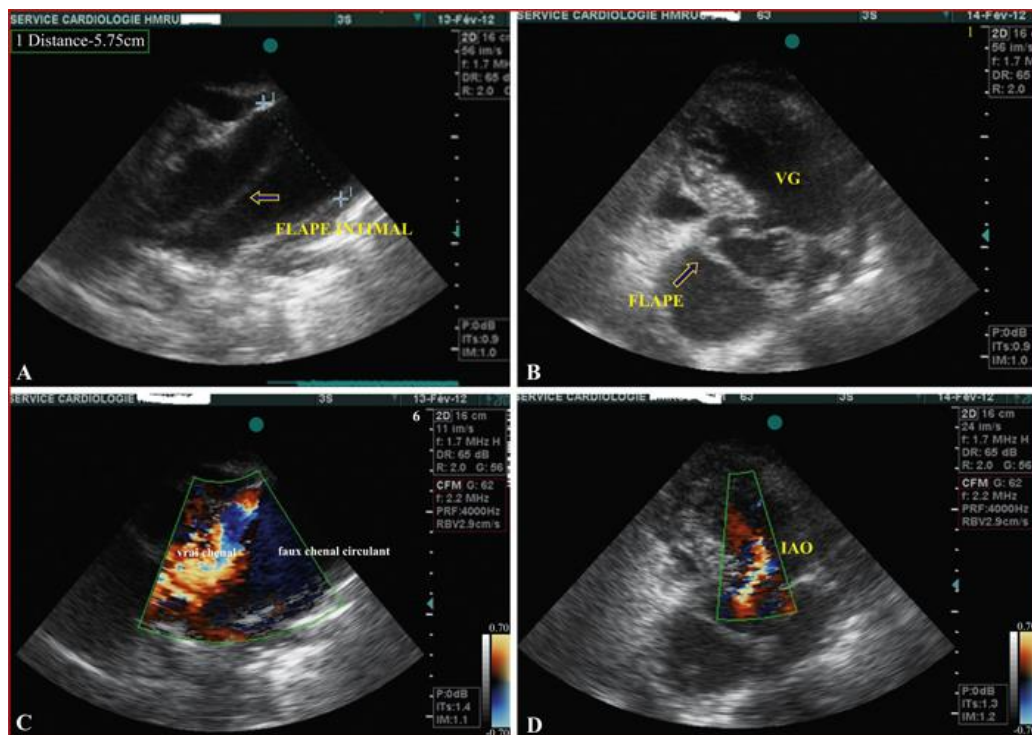


Image 7. Échographie trans-thoracique d'une dissection aortique de type A avec insuffisance aortique associée (28)

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) est moins accessible d'autant plus que l'examen est long et donc peu approprié aux situations d'urgence, mais reste cependant un bon outil diagnostique. Dans de rare cas, et plutôt dans des situations non aiguës pour un diagnostic de maladie aortique, il permet grâce à la délimitation entre le flux sanguin et la paroi des vaisseaux, de donner un diamètre aortique maximal et précis, la forme et l'étendue de la dissection, et quelles branches sont impliquées, tout ceci de manière fiable.

L'artériographie restant un examen plus invasif avec injection d'iode par cathétérisation artérielle n'est quasiment plus utilisée pour le diagnostic en aiguë d'une dissection aortique.

Concernant les biomarqueurs, aucun n'est pathognomique. Les D-Dimères avec un seuil à 500 ng/mL présentent plutôt une bonne valeur prédictive négative. S'ils sont négatifs dans les 24 premières heures après le début des symptômes, tout comme dans l'embolie pulmonaire, ils éliminent le diagnostic de dissection aortique (29).

## B. Chirurgie de la dissection aortique

### a. Recommandation

La dissection aortique aiguë reste une des urgences majeures en chirurgie cardiaque, en terme de morbi-mortalité, malgré les progrès en réanimation et l'évolution des techniques de réparation. La mortalité opératoire a diminué de 25 à 18% selon l'IRAD entre 1995 et 2013 (19). Le traitement chirurgical en urgence est le gold-standard dans les DAA de type A ; ses objectifs principaux étant la réduction des complications mortelles et graves par exclusion de la porte d'entrée et réparation prothétique. Pour les DAA de type B, il est souvent possible de débiter par un traitement médical seul conservateur pour contrôler la douleur, la pression artérielle et surveiller l'évolution par imagerie. Il est nécessaire de recourir à un traitement endovasculaire ou chirurgical seulement en cas de survenue d'une complication clinique ou d'un anévrisme (7,9).

Tableau 2. Recommandation de prise en charge chirurgicale des DAA de type A, recommandations AHA 2022 (9)

Recommendations for Initial Surgical Considerations in Acute Type A Aortic Dissection Referenced studies that support the recommendations are summarized in the Online Data Supplement.		
COR	LOE	Recommendations
1	B-NR	1. In patients presenting with suspected or confirmed acute type A aortic dissection, emergency surgical consultation and evaluation and immediate surgical intervention is recommended because of the high risk of associated life-threatening complications. <sup>1,2</sup>
2a	B-NR	2. In patients presenting with acute type A aortic dissection, who are stable enough for transfer, transfer from a low- to a high-volume aortic center is reasonable to improve survival. <sup>3,4</sup>
2a	B-NR	3. In patients presenting with nonhemorrhagic stroke complicating acute type A aortic dissection, surgical intervention is reasonable over medical therapy to reduce mortality and improve neurologic outcomes. <sup>5,6</sup>

Une étude récente basée sur l'IRAD avec une grande population de patients atteints de DAA de type A est venue confirmer que jusqu'à l'âge de 80 ans, après prise en

charge chirurgicale, la mortalité hospitalière était moindre que lors d'un traitement médical conservateur, amenant donc à dire qu'il est toujours licite d'intervenir même chez les personnes plus âgées (30).

#### b. Techniques chirurgicales

Plusieurs types de réparations existent en fonction du type de dissection et surtout de la localisation de la porte d'entrée, de la morphologie de l'aorte, et de la morbidité de la réparation. L'objectif premier reste la réduction de la morbidité postopératoire immédiate mais les complications tardives elles aussi seront influencées par les modalités de prise en charge initiales.

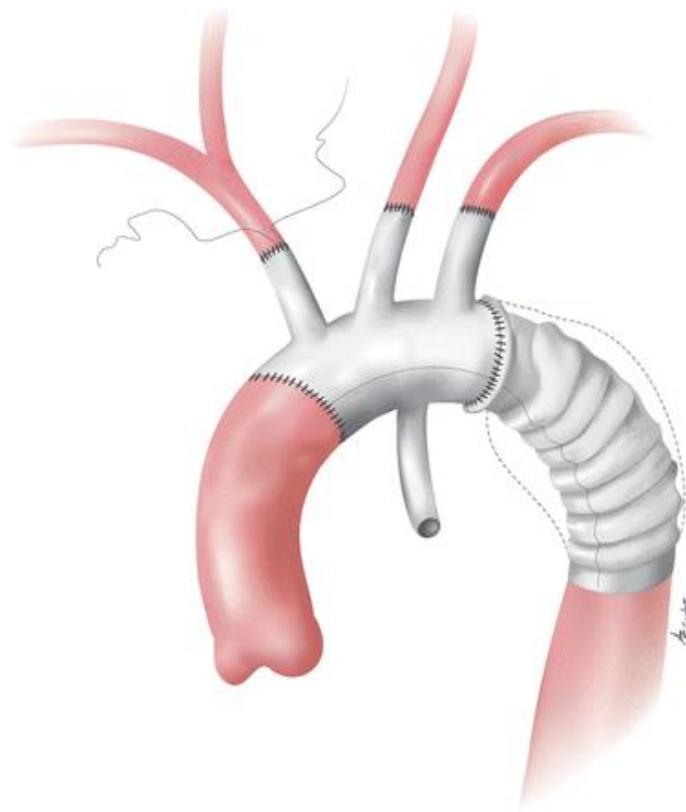
Lorsque la dissection est associée à une insuffisance aortique, il est possible que la réparation seule de l'aorte avec remodelage suffise à corriger cette fuite. Mais parfois, il est nécessaire de changer également la valve. Lorsque la dissection s'étend aux sinus de Valsalva, il est également fortement recommandé de remplacer la racine aortique, étant à haut risque de réintervention dans les suites par dilatation et régurgitation aortique, voire de procéder à une chirurgie de Bentall (9,31).



*Image 8. Chirurgie de Bentall associant tube prothétique, réimplantation des coronaires et remplacement valvulaire mécanique aortique*

La discussion actuelle concerne l'étendue de la réparation aortique, en particulier dans les DAA de type I de De Bakey. En effet, le geste le plus rapide et le plus simple consiste à remplacer l'aorte seule ou l'hémiarc sans toucher aux TSA

et en fermant uniquement la porte d'entrée mais laissant alors le plus souvent une grande partie de l'aorte encore disséquée. D'autres techniques plus invasives et plus longues comme la Frozen Elephant Trunk (FET), que l'on peut définir comme une technique hybride constituée d'une partie prothétique et d'un stent couvert, permettant à la fois de corriger la porte d'entrée primaire dans l'arche aortique et également, grâce à un stent déployé dans l'aorte descendante, de comprimer le faux chenal résiduel. Le point commun pour toutes les FET est ce stent dans l'aorte thoracique descendante associé au remplacement de tout l'arche aortique. Cependant, la réimplantation des TSA peut être élective pouvant alors impacter le remodelage de ces différents vaisseaux. L'artère sous-clavière gauche y est régulièrement sacrifiée. Cette intervention reste exigeante techniquement et pourrait exposer elle-même à des risques neurologiques (32). De plus, la décision de stratégie chirurgicale reste encore débattue lorsque le patient se présente avec des déficits neurologiques ou dans le coma. Le pronostic de récupération reste faible, cependant il a été tout de même prouvé qu'une reperfusion cérébrale rapide, en particulier dans les 5 heures après les premiers symptômes, peut permettre une récupération même totale (33). Dans les contextes de présentations cliniques avec malperfusion d'organe, ce type de technique hybride doit être envisagé.



*Image 9. Frozen Elephant Trunk, Thoraflex*

### c. Zoom sur la chirurgie de la crosse aortique en aiguë

Les dissections aortiques avec porte d'entrée localisée dans la crosse aortique représentent environ 9 à 31% de toutes les dissections avec un taux de mortalité opératoire estimé entre 29 et 35% (34), et la plupart des travaux sont en faveur d'une réparation chirurgicale mais sans pour autant définir la stratégie optimale. Les dernières recommandations américaines (9) tendent à dire que dans une DAA de type A, une anastomose ouverte distale en arrêt circulatoire permet une meilleure inspection de l'étendue de la dissection et permet de statuer sur la meilleure stratégie chirurgicale à opter, sans pour autant augmenter le risque de décès peropératoire. En effet, par rapport à la technique de clampage aortique, le risque de complications cérébro-vasculaires à court et moyen terme serait moindre (35,36).

Tableau 3. Recommandations concernant la stratégie chirurgicale lors d'une DAA de type A, basée sur les recommandations AHA 2022 (9)

COR	LOE	Recommandations
1	B-NR	In patients with acute type A aortic dissection undergoing aortic repair, an open distal anastomosis is recommended to improve survival and increase false-lumen thrombosis rates.

Une réparation chirurgicale d'emblée reste donc exceptionnellement remise en cause mais plusieurs techniques existent et restent débattues ; une réparation de l'aorte ascendante seule par un tube droit en dacron, un remplacement de l'hémiarche sans toucher aux TSA ou alors un remplacement de l'arche total par la technique Elephant Trunk ou autres bypass chirurgicaux. Certains articles montrent une non-infériorité de la réparation totale de l'arche aortique comparée à une hémiarche, sans augmenter la morbi-mortalité opératoire mais seulement en allongeant le temps de CEC et d'arrêt circulatoire (3). La littérature tend donc à dire qu'il n'y aurait pas d'avantage à une chirurgie totale de l'arche aortique comparée à une approche plus limitée mais qu'elle pourrait tout de même être une meilleure option lorsque la porte d'entrée est localisée à cet endroit.

#### d. Histoire de la Frozen Elephant Trunk

La première technique de trompe d'éléphant a été créée en 1983 par Borst et ses collègues (37) puis la technique TEVAR a été créée pour les dissections aortiques aiguës ou chroniques localisées plutôt dans l'aorte descendante avec le déploiement des stents endovasculaires par Dake et ses collègues (38). Dans les suites, c'est en 1996 que les premiers travaux de Suto et Kato ont permis de développer les premières prothèses hybrides avec une prothèse pour la crosse aortique qu'ils ont cousu sur un stent endovasculaire destiné à l'aorte descendante (39,40). C'est ainsi que les premiers papiers sont sortis sur les premières utilisations de la Frozen Elephant Trunk (41,42) avec plusieurs marques différentes amenant à la Thoraflex (Thoraflex™ Hybrid Prosthesis (Vascutek®, Terumo®, Inchinnan, Scotland, UK)).

La Thoraflex possède, en plus du stent endovasculaire auto-expansible composé de nitinol et polyester, 4 branches en dacron soit 3 pour les TSA et une supplémentaire permettant d'insérer une canule aortique pour permettre la reperfusion lors du geste et diminuer ainsi le temps d'arrêt circulatoire lors des anastomoses suivantes. Le stent existe en plusieurs tailles, entre 26 et 40 mm de diamètre et 100 ou 150 mm de long. Concernant le stenting, il ne faut pas sursizer mais plutôt ajouter simplement le diamètre du faux et du vrai chenal avec une erreur acceptable inférieure à 5%. Pour la longueur du stent, plus il est étendu, plus la force radiaire est meilleure mais cependant risque de couvrir les artères vertébrales et donc provoquer des ischémies médullaire ; d'où l'intérêt de prendre un stent court. Ce stent a l'avantage de s'implanter vite et facilement, réduisant alors le temps d'arrêt circulatoire. Lorsque l'anastomose distale est terminée, il est possible de repartir en CEC par la 4<sup>ème</sup> branche en dacron, créée dans ce but (1).

#### e. Type de canulation

En cas de DAA, la canulation centrale au niveau de l'aorte ascendante même est difficilement réalisable, risquant alors de provoquer une rupture de cette dernière. Deux autres solutions s'offrent alors aux chirurgiens : la canulation par l'artère fémorale ou l'axillaire/sous-clavière. Cependant, de nombreuses études ont montré qu'une perfusion rétrograde peut augmenter le risque de malperfusion. En effet,

l'axillaire a l'avantage de perfuser dans le sens antérograde et de permettre dans le même temps une cérébroplégie protectrice lors de l'arrêt circulatoire. Cependant, la canulation fémorale reste la voie d'urgence la plus simple et réalisable dans les situations d'instabilité hémodynamique nécessitant une canulation rapide. Il est alors recommandé dans les suites de reperfusion par canulation centrale dès que possible afin de rétablir une circulation antérograde dans le vrai chenal (43,44).

Tableau 4. Stratégies de perfusion et canulation lors d'une DAA de type A, basée sur les recommandations AHA 2022 (9)

COR	LOE	Recommandations
2a	B-NR	In patients with acute type A aortic dissection undergoing surgical repair, axillary cannulation, when feasible, is reasonable over femoral cannulation to reduce the risk of stroke or retrograde malperfusion.
2a	B-NR	In patients with acute type A aortic dissection undergoing surgical repair who require circulatory arrest, cerebral perfusion is reasonable to improve neurologic outcomes.
2a	B-NR	In patients with acute type A aortic dissection undergoing surgical repair, direct aortic or innominate artery cannulation with imaging guidance is reasonable as an alternative to femoral or axillary cannulation.

#### f. Techniques de protections cérébrales

C'est en 1982 que la technique d'arrêt circulatoire pour réaliser une anastomose ouverte en hypothermie a été décrite (45).

Il existe en effet plusieurs techniques. Concernant l'hypothermie, un consensus a défini l'hypothermie profonde entre 14 et 20°C et l'hypothermie modéré entre 21 et 28°C (46). Pour protéger le système nerveux, on associe à cette hypothermie une cérébroplégie. Elle peut être réalisée par voie rétrograde en canulant directement dans la veine cave supérieure ou dans le tronc veino-innominé ;

ou par voie antérograde soit par la carotide droite, la carotide gauche ou les deux associées, ou également par la voie axillaire droite. Cependant, si l'hypothermie réalisée est profonde, il est possible de ne pas réaliser une cérébroplégie dans le même temps.

Certains auteurs ont montré une réduction de la mortalité opératoire avec cette technique associant l'utilisation d'une circulation antérograde, un arrêt circulatoire en hypothermie profonde et l'absence de clampage aortique. En effet, le clamp aortique associé à une perfusion rétrograde peut provoquer une augmentation de la pression dans le faux chenal et plusieurs portes d'entrées, tout ceci associé à une malperfusion de l'aorte distale comme déjà précédemment évoqué (47).

Pendant plusieurs décennies, l'hypothermie profonde à 18°C fut la norme pour les réparations chirurgicales des DAA de type A à visée neuro-protectrice. Des travaux ont ensuite montré qu'il existait une protection cérébrale incomplète lors d'arrêts circulatoires prolongés. Mais refroidir en dessous de 18°C n'est cependant pas une solution car ceci peut entraîner une altération de l'autorégulation cérébrale compromettant alors l'intégrité neuronale (48,49). Dans les suites, des études ont prouvé qu'adjoindre une perfusion cérébrale à l'hypothermie avait un bénéfice quant à la survie et réduisait le risque d'AVC dans les chirurgies avec reconstruction de l'arche aortique. La perfusion cérébrale antérograde, soit par les artères carotides soit par les artères axillaires dans le sens physiologique de la circulation sanguine, associée à une hypothermie modérée serait tout aussi efficace sans pour autant supérieure à l'hypothermie seule, en terme de survie à 30 jours et autres comorbidités majeures postopératoire (50,51). Cependant, l'adjonction d'une cérébroplégie antérograde à une hypothermie modérée réduirait l'incidence des lésions viscérales et autres dysfonctions attribuables aux températures basses, avec également un impact sur le temps de récupération postopératoire qui serait plus rapide (50). Le problème réside cependant par le fait qu'il est parfois difficile de prédire l'étendue de la reconstruction avant d'avoir ouvert complètement la crosse aortique et que la stratégie de refroidissement doit se décider avant cette étape opératoire.

À présent, les dernières recommandations européennes préconisent une cérébroplégie antérograde durant chaque arrêt circulatoire durant les chirurgies de l'arche aortique (Classe IIa, Niveau B) (7) tout comme les recommandations américaines.



#### g. Déroulé de la chirurgie par Thoraflex

En général, l'intervention se déroule donc en hypothermie modérée, entre 20 et 28°C associée à une cérébroplégie antérograde à 10 mL/kg/min environ, ou alors en hypothermie profonde à 18°C sans cérébroplégie. Le site de cérébroplégie peut être au niveau d'une des artères carotides ou les deux, ou alors au niveau de l'artère axillaire droite après abord du sillon delto-pectoral. L'aorte est alors ouverte jusqu'en distalité afin d'y déployer l'endoprothèse puis anastomoser la prothèse à l'aorte thoracique descendante par du prolène 4/0. C'est à ce moment qu'intervient la 4<sup>ème</sup> branche permettant une reperfusion pour tout le reste du corps en y introduisant une nouvelle canule aortique et stoppant alors l'arrêt circulatoire. Ensuite, la carotide gauche est anastomosée à la 2<sup>ème</sup> branche pour permettre une reperfusion cérébrale bilatérale, puis l'artère sous-clavière gauche est anastomosée à la 3<sup>ème</sup> branche (ou alors, elle peut être ligaturée dans certaines situations compliquées). Pour finir, le TABC est réimplanté sur la 1<sup>ère</sup> branche. L'anastomose proximale de la prothèse Thoraflex est alors réalisée soit directement sur l'aorte native, soit sur un tube droit remplaçant l'aorte ascendante. L'ordre de sutures des branches des TSA dépend des centres et des chirurgiens ; tout peut être envisagé. A la fin de la procédure, la 4<sup>ème</sup> branche de la prothèse est ligaturée.

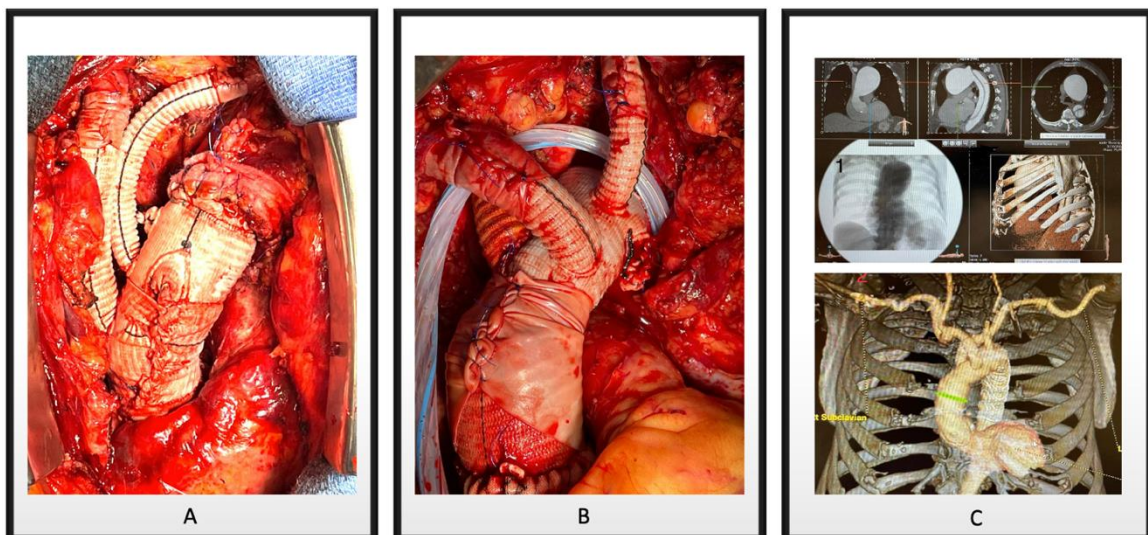


Image 10. A : Remplacement par Thoraflex avec ligature de la branche axillaire gauche et pontage carotido-axillaire gauche

B : Remplacement par Thoraflex avec réimplantation des trois troncs supra-aortiques

C : Reconstruction scannographique et 3D après remplacement par thoraflex

#### h. Suites postopératoires

Dans une revue récente basée sur l'IRAD, la survie post-opératoire après la sortie d'hospitalisation est de 96,1% à un an et de 90,5% à 3 ans. Il a été démontré que certaines variables comme la taille de l'aorte et le flux dans le faux chenal sont liés à l'expansion de ce dernier et à la mortalité (18). Concernant les traitements, les données restent pauvres, même si il paraîtrait bénéfique de prescrire des bêtabloquants dans les DAA de type A après leur réparation chirurgicale (52). Le quotidien des patients après leur sortie d'hospitalisation est tout de même altéré sur le plan physique comme émotionnel. Il semblerait tout de même qu'une activité cardiovasculaire d'intensité modérée pourrait être cardio-protectrice plutôt qu'une restriction de l'activité physique (53,54).

## II. Rationnel de l'étude

---

### A. Tube droit, hémiarche ou arche totale ?

Un des avantages de la FET est de réduire le risque de réinterventions grâce au remodelage induit par le stent. En effet, il permet une oblitération du faux chenal et les auteurs s'intéressent particulièrement à cela dans la plupart des études à ce sujet. Les données des études nous informent qu'à 3 mois il existerait une thrombose du faux chenal dans 85% des cas, et augmenterait à 89% à 6-12 mois. Ceci suggère alors un remodelage de l'aorte initial rapide après le geste chirurgical et se poursuivant dans le temps (2). Cependant les indications sont encore discutables et sujettes à de nombreux débats entre les différents centres et chirurgiens. Les données restent également faibles sur le long terme.

Les complications de la FET les plus fréquentes découlent souvent d'une réintervention pour saignement, d'accidents emboliques, d'ischémies médullaires et d'insuffisance rénale aiguë requérant une dialyse. D'après un reviewing récent, il semblerait que le sur-risque majeur reste les ischémies médullaires incluant les paralysies et paraplégies. Peu d'études cependant se focalisent sur l'évolution à moyen et long terme (1). Le mécanisme est encore à déterminer, suggérant pour le moment que lors du déploiement du stent, cela entraînerait l'occlusion de certaines artères vertébrales et provoquerait donc les ischémies responsables des paralysies ou paraplégies. Cependant, une analyse récente basée sur un grand nombre de données de registres internationaux avec de grande populations de patients (N= 978), semblerait montrer qu'il n'y a pas de différence entre les remplacements par FET ou les autres techniques de réparation de l'arche aortique total (donc sans stent surajouté) en terme de paraplégie post-opératoire (55). La Thoraflex en particulier, de par sa reperfusion précoce par la 4<sup>ème</sup> branche, permet de réduire le temps d'arrêt circulatoire et donc diminue le risque d'ischémie médullaire qui y est également lié (2).

## B. Que faire ?

Il semblerait tout de même que dans les DAA de type A, la FET permettrait de réduire les complications dues à la malperfusion en permettant au vrai chenal de se réexpandre dans l'aorte thoracique descendante et limitant alors les complications viscérales et rénales (1,56).

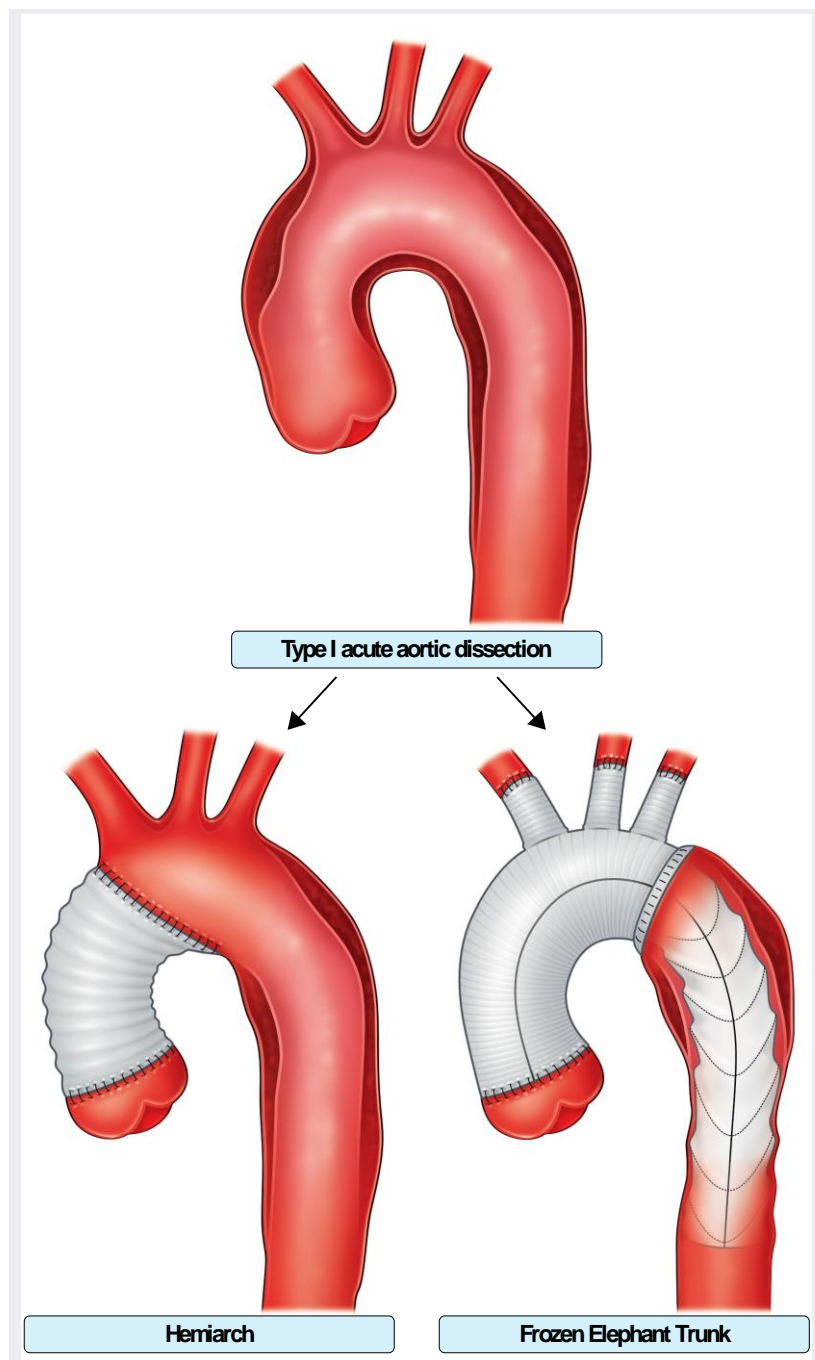
Les recommandation d'un article de revue de Shrestha et ses collègues de l'European Journal of CardioThoracic Surgery (1) suggère que la FET ou une autre méthode alternative doit être considérée pour les patients atteints de DAA de type A avec porte d'entrée dans l'arche aortique distale ou le début de l'aorte descendante pour traiter de manière simultanée un syndrome de malperfusion ou empêcher son évolution post-opératoire ; mais aussi que la FET peut être considérée dans les dissection aortique aigue de type I pour prévenir le risque à moyen terme d'anévrisme dans l'aorte restante, (Classe 2B, Niveau C).

Tous ces papiers comparent donc plusieurs techniques de FET, et ce qu'il en ressort est que les complications neurologiques restent un problème majeur sur lequel il faut s'intéresser. En particulier, les dernières recommandations américaines suggèrent que lors d'une DAA avec porte d'entrée localisée dans la crosse aortique, il est préférable de réaliser l'anastomose distale en arrêt circulatoire avec crosse ouverte. Comme expliqué précédemment, cela réduirait les risques liés au clampage aortique et permettrait une inspection minutieuse de l'arche. Dans ce contexte, avec l'arrêt circulatoire qui devient alors systématique, l'indication de réaliser d'emblée une FET serait intéressante à étudier, en particulier avec la prothèse Thoraflex. La plupart des travaux réalisés se sont concentrés sur tous les patients ou uniquement ceux avec malperfusion cérébrale. C'est pourquoi nous avons voulu étudier les différences en terme de morbi-mortalité post-opératoire en comparant une population de patients ayant bénéficié d'un arrêt circulatoire avec réparation par tube droit ou hémiarche à ceux ayant bénéficié d'une Thoraflex lors d'une dissection aortique de type I sans signe de malperfusion cérébrale associée.

### III. Article

---

**Mid-term outcomes of Frozen Elephant Trunk versus open conventional surgical technique in the management of type A dissections extended to the arch branch vessels without cerebral malperfusion.**



## Introduction

Acute DeBakey type I aortic dissection is a life-threatening disease requiring emergency surgical treatment with a high operative mortality of 17% to 26% (1). Open arch surgery has been widely employed, but a more extensive technique of aortic arch repair using the frozen elephant trunk (FET) technique is increasingly recommended. As a conventional repair, this technique would also allow repairing the initial intimal tear zone. Moreover, FET can enable a more extensive repair and reduce the risk of distal malperfusion by promoting favorable remodeling through thrombosis of the false channel (2). Thus, FET could help reduce morbidity and mortality in the short and medium terms, reducing malperfusion, aneurysmal evolution, and reoperation rates (3). However, this technique has yet to demonstrate an advantage over the traditional approach in the absence of cerebral or distal malperfusion.

For patients with a Type A dissection undergoing aortic repair with ascending aorta or hemiarch replacement, open distal anastomosis is recommended to improve survival (4–6). Open distal anastomosis is usually performed under circulatory arrest with cerebral perfusion and hypothermia, which are conditions similar to total arch replacement.

Some authors have demonstrated an advantage of the FET technique in patients with cerebral malperfusion to reduce it (7). However, total arch replacement can be associated with greater morbidity and mortality than hemiarch replacement (8).

One study has focused on Type A dissection extending to the arch branch vessels (ABVs) but for patients not presenting preoperative systemic malperfusion. The study did not find a difference between an aggressive repair of the arch or hemiarch but instead found a reduction in remote reinterventions during repairs of the total arch (9). The surgical option is even more challenging to make in patients with acute DeBakey I dissection with ABVs dissection without cerebral malperfusion. Under the same surgical conditions (hypothermic circulatory arrest (HCA) for open distal anastomosis), the choice between a conservative procedure leaving the arch branch and descending aorta nonrepaired and the advanced but time-consuming FET techniques remains challenging. The European and American consensus has not clarified the exact indication for this scenario (4).

Therefore, we compare the surgical outcomes of total arch replacement using the FET procedure via Thoraflex (Vascutek ; Inchinnan, Scotland) with the outcomes of hemiarch replacement using open distal anastomosis in patients with acute DeBakey type I aortic dissection using ABVs dissection without cerebral malperfusion.

## Materials and methods

This study was approved by the Delegation for Clinical Research and Innovation at the Nancy Regional University Hospital, with the approval number 2023PI035-374.

### Study population

From January 2015 to April 2023, 156 patients with acute DeBakey type I aortic dissection underwent urgent surgery at the Department of Cardio-Vascular Surgery and Transplantation at the Nancy Regional University Hospital. Of them, 42 patients were enrolled in this study for an arch branch dissection without cerebral malperfusion. The ABVs dissection was defined as extended into the main trunk of the innominate artery or left common carotid artery, and dissection limited to the origin of the ABVs was not considered. Cerebral malperfusion was determined by surgeons based on the history of the initial presentation and physical examinations, such as focal neurological deficits, laboratory values, and findings on computed tomography (CT) scans.

Of the 42 included patients, 25 underwent total arch replacement using the FET procedure, whereas 17 received hemiarch or limited ascending replacement with open distal anastomosis. The decision regarding the surgical strategy depended on the patient's condition, intimal tearing site, or diameter of the distal arch but was ultimately at the surgeon's discretion.

### Surgical techniques

All patients underwent a median sternotomy. Arterial cannulation for the cardiopulmonary bypass was achieved through the right subclavian artery through an interpositional graft in 19 patients (45.2%) and through femoral cannulation in 23 patients (54.8%). For cerebral protection, antegrade selective via carotid cannulation or axillary cannulation was applied in 31 patients (78.8%). Retrograde cerebral perfusion via superior vena cava cannulation was used in 7 patients (16.7%) and another 4 (9.5%) without cerebral perfusion. All procedures were performed under deep or moderate HCA, as defined by the current consensus (deep was between



14°C and 20°C, and moderate was between 21°C and 28°C) (10). Myocardial protection was performed by cold blood cardioplegia (9% by antegrade, 21% by retrograde, and 12% by both) or Custodiol. For patients who underwent FET procedures, the decisions regarding using a guide wire for positioning the stent graft, the oversizing of the prosthesis, and the operative strategy were based on the surgeon's preference.

### Study endpoint and covariables

Data were obtained until April 2023. Patients were grouped into two groups (the FET group versus the hemiarach group). The primary endpoint of the study was defined as survival within 30 days of surgery. Secondary endpoints were a composite of neurological complications, such as stroke with hemiplegia, paraplegia, or monoplegia; postoperative organ dysfunction, such as acute kidney injury, liver dysfunction, or cardiac dysfunction; and overall late survival.

Near-infrared spectroscopy (NIRS) variation was defined as plus or minus than 20% (11). Acute kidney injury was defined as kidney disease improving global outcomes (KDIGO) criteria (a 0.3 mg/d ( $\geq 26.5$  mol/L) sanguine creatinine (SCr) increase from the baseline within 48 h of surgery, a 50% SCr increase from baseline within 7 days of surgery, or a decrease in urine output below 0.5 mL/kg/h for 6 h) (12).

Liver dysfunction was defined as serum levels of aspartate transferase or alanine transferase (ASAT/ALAT) greater than five times the upper limit of normal (normal range for aspartate transferase, 0 to 40 U/L. For alanine transferase, 0 to 50 U/L) or total serum bilirubin of 5 mg/dL or higher within 7 days after surgery (13). A new myocardial infarction was defined as a high-sensitivity cardiac troponin I elevation greater than 500 times the upper reference limit (34 ng/L) with clinical myocardial ischemia (14).

### Statistical analysis

The Methodology, Data Management, and Statistics Department at the Nancy Regional University Hospital performed the statistical analysis. Categorical variables are presented as frequencies and percentages, and continuous variables are presented as the mean plus or minus the standard deviation or the median with an

interquartile range. Baseline characteristics between patients (the FET group versus the hemiarach/limited ascending group) were compared using the chi-squared test or the exact Fisher test for the categorical data and the Student or Wilcoxon test for continuous data. Kaplan–Meier curves were estimated depending on the group. A log-rank test was used to evaluate whether a difference occurred between the two survival curves. For the univariate comparisons in the secondary endpoints, the Fisher or chi-squared test was used to compare the categorical variables, and the Student or Wilcoxon test was used for continuous variables. The significance threshold in a two-sided situation was set at 5%. The analysis was conducted using SAS v9.4 software.

## Results

### Patient characteristics and intra-operative profiles

According to the inclusion criteria, we focused on 25 patients in the FET group and 17 in the hemiarch group. Table 1 presents the baseline characteristics and preoperative profiles. There was no significant difference in the extent of ABVs dissection between the two groups. During the intervention, the cardio-pulmonary bypass (CPB) time, aortic clamping time, and total circulatory arrest time were lower in the hemiarch group. More anterograde cerebral perfusion was performed in the FET group (88% in the FET group versus 52.9% in the hemiarch group), whereas retrograde (8% in the hemiarch group versus 29.4% in the FET group) or deep hypothermia at 18°C without cerebral perfusion (17.6% in the hemiarch group versus 4% in the FET group) was commonly used in the hemiarch group ( $p = 0.0430$ ; Table 2). Variation of NIRS was only observed in the hemiarch group (5%;  $p = 0.0073$ ). No significant difference was related to hypothermia between the two groups.

### Immediate postoperative data

Early death occurred in three patients who underwent FET surgery (12%), and there was no death in the hemiarch group. The two groups had no statistical difference ( $p = 0.2593$ ).

New neurological permanent dysfunction, such as stroke (hemiplegia, monoplegia, and paraplegia), occurred in two patients who underwent FET surgery and two who underwent hemiarch replacement (8% versus 11.8%;  $p = 1.0000$ ). Two patients in the hemiarch group underwent a reintervention on ABVs because of postoperative cerebral malperfusion (11.8% versus 0%;  $p = 0.1580$ ). There was no difference in low cardiac output syndrome needing ECMO between the two groups, and no myocardial infarction was diagnosed (Table 3). More patients required hemodialysis (17.6% in the hemiarch group versus 34.8% in the FET group;  $p = 0.2973$ ), but no permanent kidney injury was observed at discharge. Moreover, no liver injury was detected in the two groups according to the measurement of ALAT/ASAT and the absence of clinical symptoms (Figures 2 and 3).

### Mid-term outcome

The five-year survival was estimated at 88% in the FET group and 94.1% in the hemiarth group without significant difference ( $p = 0.5243$ ). Surgery in the remaining aorta was only observed in the FET group, with five aortic stents, one surgical bypass, and four surgical repairs of false aneurysms (8% versus 0%;  $p = 0.0056$ ). However, the maximal distal diameter measured after the aortic isthmus was larger in the hemiarth group (36.6 mm in the hemiarth group versus 31.9 mm in the FET group;  $p = 0.0203$ ). A residual false lumen was observed in 13 patients in both groups (52% in the FET group versus 76.6% in the hemiarth group). No residual false lumen was observed in 12 patients in the FET group and 13 in the hemiarth group, with no significant difference between the two groups ( $p = 0.0965$ ; Table 3). The evolution of ABVs dissection was stable for both groups without supplementary intervention.

## Discussion

The emerging FET technique is considered a milestone in the surgical treatment of aortic diseases, particularly those concerning the aortic arch. Its employment in acute aortic syndromes helped decrease operative mortality (15) because it enables the repair of the aorta from Zones 0 to 4 in one stage. Therefore, the FET technique has become the model since 2012, and over 1000 papers have reported results using this technique during the last 10 years. However, concerns were raised about its indication regarding the extension of the dissection and especially about its higher incidence of neurological complications due to the frozen part of the stented endoprosthesis.

The indication for the FET technique remains undefined. In recent American Heart Association guidelines (4), the FET technique can be considered when the flap extends from the arch to the descending aorta to treat malperfusion and reduce late distal aortic complications. In contrast, a hemiarch procedure over a more extensive arch replacement is recommended when there is no intimal tear in the arch or arch aneurysm. This study compared the FET technique with a hemiarch procedure performed with open distal anastomosis to avoid clamping-induced new intimal tears in patients with arch vessels dissection without preoperative cerebral malperfusion.

General operative mortality is about 17% to 26% in acute aortic dissection (1). In this study, the in-hospital mortality was 12% for patients who underwent FET procedures and null for patients who underwent hemiarch procedures. Due to the limited patient numbers, there was no statistical difference. The five-year unadjusted survival was similar in these two groups, which was 91.7%.

The open distal anastomosis for the FET technique is commonly performed in Zone 3, requiring extensive surgical exposure, especially with fragile or torn arch tissue. This approach leads to a significantly longer HCA time than the hemiarch procedure, in which distal anastomosis remains in Zone 0 (53.6 versus 36.7 min,  $p < 0.05$ ). In two cases with hemiarch replacement, the HCA was performed without cerebral perfusion. However, longer HCA time can deeply affect hemostatic restoration, resulting in a more massive blood product transfusion (16). In the FET group, 40% of patients needed massive transfusions, whereas 17.6% of patients in the hemisphere needed massive transfusions.

Similarly, the FET procedure involves arch branch replacement, which prolongs the total CPB time (258 versus 186.6 min,  $p < 0.05$ ). Although the prolonged CPB time did not affect overall survival, visceral organ perfusion could be affected due to the delayed restoration of the pulsatile bloodstream (17). Along with the prolonged HCA time in the FET group, we observed that almost twice as many patients needed hemodialysis during their postoperative intensive care stay (34.8% in FET group versus 17.6% in hemiarch group,  $p = 0.3$ ). These patients regained normal renal function at discharge. No liver dysfunction was observed in the two groups of patients. Visceral organ dysfunction was reported to be an independent risk factor for postoperative mortality in acute aortic dissection (18).

In this study, all three patients who died in the FET group presented severe liver dysfunction and cardiac deficiency (data not shown). Of those patients who survived, no patient suffered from permanent distal organ dysfunction. Nevertheless, visceral organ dysfunction commonly requires prolonged intensive care and hospital stays (25 days for the FET group and 18 days for the hemiarch group), increasing the socioeconomic expense. Despite early renal dysfunction, these results confirmed the safety of open anastomosis conducted with circulatory arrest under moderate hypothermia regarding distal organ protection.

The surgical treatment of the ABVs and endoprosthesis of the descending aorta are risk factors for postoperative neurological complications (19). In this study, two patients needed further intervention on the carotid artery immediately after the primary hemiarch surgery (11.8% versus 0%,  $p = 0.16$ ). However, the incidence of stroke was similar in the two groups (8% in FET group versus 11.8% in hemiarch group;  $p = 1.0000$ ).

The two groups (88% in the FET group and 92.1% in the hemiarch group at 3 years) exhibited good overall short-term survival. The results were similar to those of previous studies, with no difference in mid-term survival between the aggressive or conservative procedure (8,20).

Another result was the maximal distal aorta diameter. The hemiarch group displayed a significantly larger diameter, probably because no stent graft was implanted (36.6 versus 31.9 mm in the FET group;  $p = 0.02$ ). However, according to the consensus guidelines, this diameter remains below the aneurysm definition (4).

Previous studies indicated that total arch replacement reduced the risk of reoperation on the remaining aorta (8,9,20). Despite the frozen part of the FET

technique, a significant difference existed between the two groups, with reinterventions only in the FET group (8% versus 0%,  $p < 0.05$ ). The aortic tissue may be more fragile in patients who require the FET technique. Moreover, the distal anastomosis was performed in complex conditions with poor exposure during the FET procedure; therefore, the suture quality for FET may differ from the quality of the hemiarch sutures. Furthermore, a late CT scan found a large portion of patients with persistent false lumen in both groups (52% in the FET group and 76.5% in the hemiarch group,  $p = 0.1$ ), which can also attenuate the beneficial effects of the FET technique, which was intended to accelerate the exclusion of false lumen.

This study has some limitations. First, this is a single-center retrospective study with a small cohort, but the inclusion period remained long with few exclusion criteria reflecting real-life conditions. A larger cohort may exhibit more significant statistical differences between the two groups. Second, these two strategies, performed with open distal anastomosis, are under quick evolution with modified techniques. Studies with precise intimal location would be helpful to determine their indication better. Finally, such techniques are not routinely performed, and surgical skills and postoperative management capability are required (21). Surgeries by different surgeons generated considerable heterogeneity.

## Conclusion

Finally, according to the similar primary outcomes in these two groups and the noninferiority of the hemiarch technique regarding neurological complications, organ malperfusion, and late outcomes on the remaining aorta, we recommend a “no touch” option in arch branch vessels and distal aorta, which may be better for patients without signs of cerebral malperfusion.



**Acknowledgments** : None

**Conflicts of interests** : None

**Key words** : acute aortic dissection, arch branch vessels, frozen elephant trunk, malperfusion, cardiac surgery.

### **Glossary of abbreviations**

ABVs : Arch branch vessels

ALAT : Alanine transferase

ASAT : Aspartate transferase

CPB : Cardio-pulmonary bypass

ECMO : Extracorporeal membrane oxygenation

FET : Frozen elephant trunk

HCA : Hypothermic circulatory arrest

KDIGO : Kidney disease improving global outcomes

NIRS : Near infrared spectroscopy

SCr : Sanguine creatinine

SD : Standard error

## References

1. Chikwe J, Cavallaro P, Itagaki S, Seigerman M, Diluozzo G, Adams DH. National outcomes in acute aortic dissection: influence of surgeon and institutional volume on operative mortality. *Ann Thorac Surg*. 2013 May;95(5):1563–9.
2. Zhang H, Lang X, Lu F, Song Z, Wang J, Han L, et al. Acute type A dissection without intimal tear in arch: Proximal or extensive repair? *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2014 Apr 1;147(4):1251–5.
3. Karck M, Chavan A, Hagl C, Friedrich H, Galanski M, Haverich A. The frozen elephant trunk technique: a new treatment for thoracic aortic aneurysms. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2003 Jun;125(6):1550–3.
4. 2022 ACC/AHA Guideline for the Diagnosis and Management of Aortic Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines | *Circulation* [Internet]. [cited 2023 Mar 30]. Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIR.0000000000001106>
5. Geirsson A, Shioda K, Olsson C, Ahlsson A, Gunn J, Hansson EC, et al. Differential outcomes of open and clamp-on distal anastomosis techniques in acute type A aortic dissection. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2019 May 1;157(5):1750–8.
6. Malvindi PG, Modi A, Miskolczi S, Kaarne M, Velissaris T, Barlow C, et al. Open and closed distal anastomosis for acute type A aortic dissection repair. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*. 2016 Jun 1;22(6):776–83.
7. Yang B, Norton EL, Shih T, Farhat L, Wu X, Hornsby WE, et al. Late outcomes of strategic arch resection in acute type A aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2019 Apr;157(4):1313-1321.e2.
8. Kim JB, Chung CH, Moon DH, Ha GJ, Lee TY, Jung SH, et al. Total arch repair versus hemiarch repair in managing acute DeBakey type I aortic dissection. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2011 Oct;40(4):881–7.

9. Norton EL, Wu X, Farhat L, Kim KM, Patel HJ, Deeb GM, et al. Dissection of Arch Branches Alone: An Indication for Aggressive Arch Management in Type A Dissection? *Ann Thorac Surg.* 2020 Feb;109(2):487–94.
10. Yan TD, Bannon PG, Bavaria J, Coselli JS, Elefteriades JA, Griep RB, et al. Consensus on hypothermia in aortic arch surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013 Mar;2(2):163–8.
11. Holmgaard F, Vedel AG, Rasmussen LS, Paulson OB, Nilsson JC, Ravn HB. The association between postoperative cognitive dysfunction and cerebral oximetry during cardiac surgery: a secondary analysis of a randomised trial. *Br J Anaesth.* 2019 Aug;123(2):196–205.
12. Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury. *Nephron Clin Pract.* 2012;120(4):c179-184.
13. Majumder K, Spratt JR, Holley CT, Roy SS, Cogswell RJ, Liao K, et al. Impact of Postoperative Liver Dysfunction on Survival After Left Ventricular Assist Device Implantation. *Ann Thorac Surg.* 2017 Nov;104(5):1556–62.
14. Devereaux PJ, Lamy A, Chan MTV, Allard RV, Lomivorotov VV, Landoni G, et al. High-Sensitivity Troponin I after Cardiac Surgery and 30-Day Mortality. *N Engl J Med.* 2022 Mar 3;386(9):827–36.
15. Hanif H, Dubois L, Ouzounian M, Peterson MD, El-Hamamsy I, Dagenais F, et al. Aortic Arch Reconstructive Surgery With Conventional Techniques vs Frozen Elephant Trunk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Can J Cardiol.* 2018 Mar;34(3):262–73.
16. Williams JB, Phillips-Bute B, Bhattacharya SD, Shah A, Andersen N, Altintas B, et al. Predictors of Massive Transfusion with Thoracic Aortic Procedures Utilizing Deep Hypothermic Circulatory Arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011 May;141(5):1283–8.

17. Zanardo G, Michielon P, Paccagnella A, Rosi P, Caló M, Salandin V, et al. Acute renal failure in the patient undergoing cardiac operation. Prevalence, mortality rate, and main risk factors. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1994 Jun;107(6):1489–95.
18. Pacini D, Leone A, Belotti LMB, Fortuna D, Gabbieri D, Zussa C, et al. Acute type A aortic dissection: significance of multiorgan malperfusion. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2013 Apr;43(4):820–6.
19. Preventza O, Liao JL, Olive JK, Simpson K, Critsinelis AC, Price MD, et al. Neurologic complications after the frozen elephant trunk procedure: A meta-analysis of more than 3000 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020 Jul;160(1):20-33.e4.
20. Omura A, Miyahara S, Yamanaka K, Sakamoto T, Matsumori M, Okada K, et al. Early and late outcomes of repaired acute DeBakey type I aortic dissection after graft replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016 Feb;151(2):341–8.
21. Verhoye JP, Belhaj Soulami R, Fouquet O, Ruggieri VG, Kaladji A, Tomasi J, et al. Elective frozen elephant trunk procedure using the E-Vita Open Plus prosthesis in 94 patients: a multicentre French registry. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2017 Oct 1;52(4):733–9.

## Tables and figures

Table 1. Preoperative profiles

	<b>FET</b> N=25 (59,5%)	<b>Hemiarch</b> N=17 (40,5%)	<b>P value</b>
<b>Age, year</b>	60,8 ± 9,4	63,8 ± 11,5	0,3717
<b>Sexe, n(%)</b>			0,9626
<b>Female</b>	9 (36)	6 (35,3)	
<b>Male</b>	16 (64)	11 (64,7)	
<b>Cardiologic history , n (%)</b>	23 (92)	13 (76,5)	0,2017
Hypertension	22	8	
AF	2	4	
<b>Tobacco history, n (%)</b>	10 (41,7)	4 (23,5)	0,2276
<b>Cancer history, n (%)</b>	2 (8)	4 (23,5)	0,2017
<b>Marfan syndrome, n (%)</b>	2 (8)	0 (0)	0,5064
<b>Extent of ABVD, n (%)</b>			0,1898
<b>Only RCC</b>	5 (20)	6 (35,3)	
<b>Only LCC</b>	4 (16)	5 (29,4)	
<b>All arch branches</b>	16 (64)	6 (35,3)	

Table 2. Perioperative profiles

	<b>FET</b>	<b>Hemiarch</b>	<b>P value</b>
	N=25 (59,5%)	N=17 (40,5%)	
<b>Arterial Cannulation site</b>			0,2857
<b>Right axillary artery</b>	13 (52)	6 (35,3)	
<b>Femoral artery</b>	12 (48)	11 (64,7)	
<b>CPB time (min)</b>	258 ± 75,5	186,6 ± 49,8	0,0015*
<b>Aortic clamping time (min)</b>	161,2 ± 68,9	113,3 ± 37,1	0,0362*
<b>Cerebral perfusion, n (%)</b>			0,0430*
<b>None</b>	1 (4)	3 (17,6)	
<b>Anterograde</b>	22 (88)	9 (52,9)	
<b>Retrograde</b>	2 (8)	5 (29,4)	
<b>Total circulatory arrest time (min)</b>	53,5 ± 21	36,7 ± 23,9	0,0020*
<b>Hypothermia (°C)</b>	23,3 ± 2,2	21,8 ± 3,9	0,1154
<b>Combined procedure, n(%)</b>			
<b>Aortic root replacement</b>	2 (8)	0	
<b>Bentall procedure</b>	1 (4)	3 (17,6)	
<b>Coronary bypassing surgery</b>	1 (4)	0	
<b>Massive transfusion, n(%)</b>	10 (40)	3 (17,6)	0,1791

Table 3 Postoperative data

	<b>FET</b> N=25 (59,5%)	<b>Hemiarch</b> N=17 (40,5%)	<b>P value</b>
<b>In-hospital mortality, n(%)</b>	3 (12)	0 (0)	0,2593
<b>Low cardiac output syndrome needing ECMO, n(%)</b>	1 (4,3)	1 (5,9)	1,0000
<b>Permanent neurologic dysfunction, n (%)</b>	2 (8)	2 (11,8)	1,0000
<b>Requirement for dialysis, n(%)</b>	8 (34,8)	3 (17,6)	0,2973
<b>Vasopressor support &gt; 5 days, n(%)</b>	4 (17,4)	4 (23,5)	0,7025
<b>Mechanical respiratory support (days)</b>	4,6 ± 6,3	2,2 ± 4,0	0,1049
<b>Postoperative pneumonia, n(%)</b>	7 (28)	5 (29,4)	1,0000

Table 4 Late outcomes

	<b>FET</b>	<b>Hemiarch</b>	<b>P value</b>
	N=25 (59,5%)	N=17 (40,5%)	
<b>Overall survival, n(%)</b>	22 (88)	16 (94,1)	0,5243
<b>Late surgery in remaining aorta, n(%)</b>	8 (36,4)	0 (0)	0,0056*
<b>Reintervention on arch branch vessels, n(%)</b>	0(0)	2 (11,8)	0,1580
<b>CT findings on the latest follow up (&gt; 6 months)</b>			
<b>Maximal distal diameter, (mm)</b>	31,9 ± 4,0	36,6 ± 6,2	0,0203*
<b>Residual false lumen, n(%)</b>			0,0965
<b>No</b>	12 (48)	3 (6,3)	
<b>Persistent</b>	13 (52)	13 (76,5)	



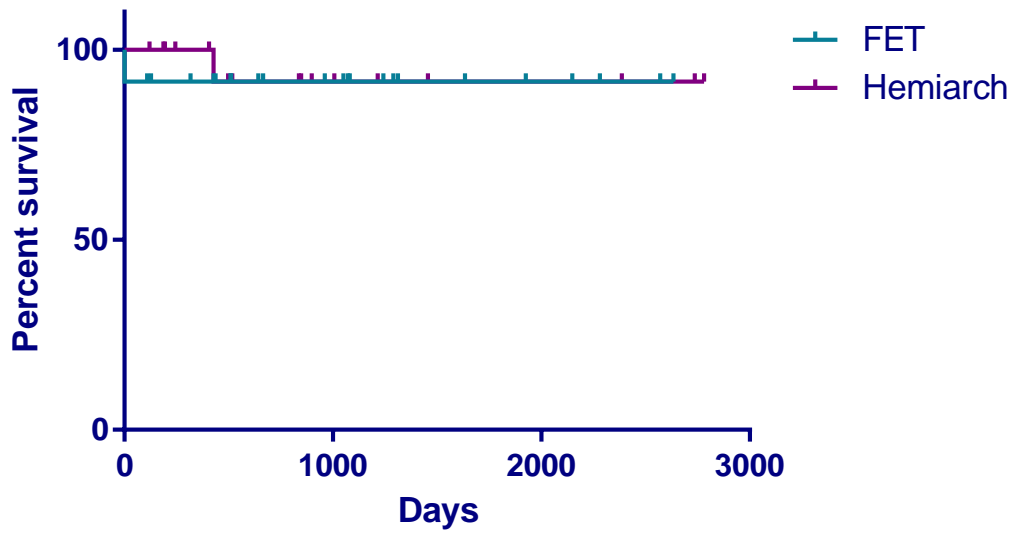


Figure 1. Overall survival

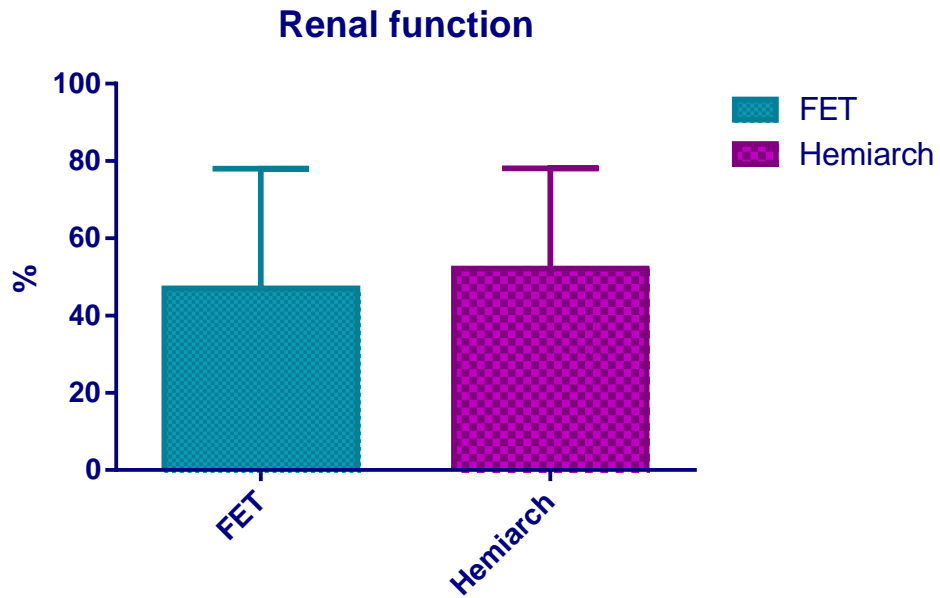


Figure 2. Renal function with glomerular filtration rate at discharge

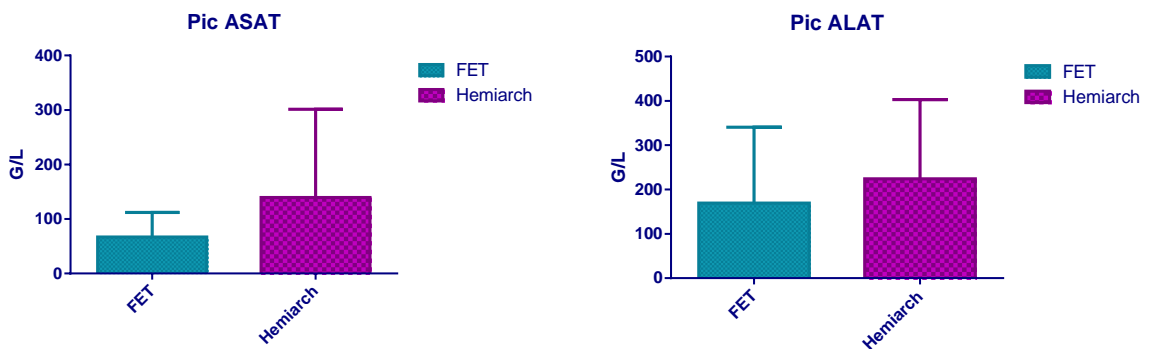


Figure 3. Liver function with measurement of ASAT and ALAT at their peak

## IV. Conclusion

---

Depuis l'émergence de la Frozen Elephant Trunk, le traitement chirurgical des syndromes aortiques aigus a beaucoup évolué en permettant une réparation complète de l'aorte de la zone 0 à la zone 4 en une seule étape, contribuant à une diminution de la mortalité opératoire (66). Cette technique est donc devenue une mode depuis 2012, avec cependant des questionnements quant à son indication en fonction de l'extension de la dissection et de la clinique préopératoire des patients. De plus, il existerait une incidence plus élevée de complications neurologiques (70). En effet, les dernières recommandations américaines (9) recommandent de réaliser une FET quand le flap s'étend de l'arche à l'aorte descendante afin de traiter la malperfusion et réduire les complications aortiques distales tardives.

Nous avons donc voulu, dans ce travail, comparer la technique FET à une procédure hémiarche seule, toutes deux réalisées en anastomose distale ouverte dans des dissections aortiques de type I s'étendant aux TSA, mais sans signe de malperfusion cérébrale. Notre mortalité intra-hospitalière à 30 jours était de 12% pour le groupe FET, ce qui est assez similaire aux résultats de la littérature qui sont entre 17% et 26% (57) ; quant au groupe hémiarche, nous n'avons pas constaté de décès. Les résultats n'étaient pas significatifs probablement dus au nombre limité de patients (25 pour le groupe FET et 17 pour le groupe hémiarche). L'exposition lors de la technique FET était moins évidente car l'anastomose distale était réalisée en zone 3 sur des tissus en général plus fragiles, ce qui allonge le temps de CEC, d'arrêt circulatoire et d'hypothermie. De ce fait, les transfusions massives, de plus de 4 culots globulaires, ont été plus importantes dans ce groupe (40% versus 17,6%). Concernant les dysfonctions d'organes, nous n'avons pas observé de différence significative entre les deux groupes, qu'il s'agisse d'insuffisance rénale aiguë, d'insuffisance hépatique ou d'infarctus du myocarde, et aucun patient n'a eu de séquelles. Ces résultats peuvent renforcer la sécurité de la technique d'anastomose distale ouverte en arrêt circulatoire avec une protection des organes distaux. Comme expliqué précédemment, la FET est un facteur de risque de complication neurologique. Cependant, dans cette étude, l'incidence d'AVC post-opératoire avec séquelles était similaire dans les deux groupes (8% dans le groupe FET versus 11,8%

dans le groupe hémiarche ;  $p=1,0000$ ). Seulement 2 patients dans le groupe hémiarche ont bénéficié d'une intervention en post-opératoire immédiat sur une carotide.

La survie à court terme était satisfaisante à 3 ans, avec 88% dans le groupe FET et 92,1% dans le groupe hémiarche, de façon similaire aux autres études, sans différence entre une technique plus agressive ou alors conservative sur l'aorte (60,61,71). Mais contrairement à ces papiers, notre étude montre une différence significative avec un plus grand nombre de réinterventions à distance sur l'aorte restante dans le groupe FET (8% versus 0%,  $p<0.05$ ). En effet, les tissus sont souvent plus fragiles, avec une anastomose distale qui est plus complexe à réaliser due à une mauvaise exposition. Ceci peut alors engendrer des faux anévrysmes à moyen terme. De plus, les scanners à plus de six mois post-opératoire retrouvent une grande proportion de patients avec un faux chenal résiduel dans les deux groupes ce qui atténue alors le bénéfice attendu de la technique FET (52% groupe FET versus 76,5% groupe hémiarche,  $p=0,1$ ).

Bien évidemment, cette étude contient des limites principalement par son caractère uni-centrique et rétrospectif associé à une faible cohorte. De plus, de telles techniques ne sont pas pratiquées en routine et nécessitent des compétences chirurgicales et une capacité de gestion postopératoire (72) , les chirurgies réalisées par différents chirurgiens générant une hétérogénéité considérable. Une autre limite de cette étude est de ne pas avoir évalué plus précisément le remodelage aortique scannographique à distance. En effet, un des objectifs de ces chirurgies est de permettre une oblitération du faux chenal et d'éviter le risque de réinterventions sur l'aorte restante. Des études ultérieures seraient intéressantes à réaliser en se focalisant sur les scanner à distance et en comparant le lit d'aval aortique.

Pour conclure, selon les résultats primaires similaires dans ces deux groupes, et la non-infériorité de la technique de l'hémiarche en ce qui concerne les complications neurologiques, la malperfusion d'organes et les résultats tardifs sur l'aorte restante, nous suggérons qu'un « no touch » sur les TSA et l'aorte distale pourrait être une meilleure option chez les patients sans signe de malperfusion cérébrale.

## v. Bibliographie

---

1. Shrestha M, Bachet J, Bavaria J, Carrel TP, De Paulis R, Di Bartolomeo R, et al. Current status and recommendations for use of the frozen elephant trunk technique: a position paper by the Vascular Domain of EACTS†. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2015 May 1;47(5):759–69.
2. Shrestha M, Kaufeld T, Beckmann E, Fleissner F, Umminger J, Alhadi FA, et al. Total aortic arch replacement with a novel 4-branched frozen elephant trunk prosthesis: Single-center results of the first 100 patients. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2016 Jul 1;152(1):148-159.e1.
3. Li B, Ma WG, Liu YM, Sun LZ. Is extended arch replacement justified for acute type A aortic dissection? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2015 Jan;20(1):120–6.
4. Bonow RO, Mann DL, Zipes DP, Libby P. *Braunwald's Heart Disease E-Book: A Textbook of Cardiovascular Medicine*. Elsevier Health Sciences; 2011. 2049 p.
5. Devereux RB, de Simone G, Arnett DK, Best LG, Boerwinkle E, Howard BV, et al. Normal limits in relation to age, body size and gender of two-dimensional echocardiographic aortic root dimensions in persons  $\geq 15$  years of age. *Am J Cardiol*. 2012 Oct 15;110(8):1189–94.
6. Rogers IS, Massaro JM, Truong QA, Mahabadi AA, Kriegel MF, Fox CS, et al. Distribution, determinants, and normal reference values of thoracic and abdominal aortic diameters by computed tomography (from the Framingham Heart Study). *Am J Cardiol*. 2013 May 15;111(10):1510–6.
7. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, Bossone E, Bartolomeo RD, Eggebrecht H, et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2014 Nov 1;35(41):2873–926.

8. Booher AM, Isselbacher EM, Nienaber CA, Trimarchi S, Evangelista A, Montgomery DG, et al. The IRAD Classification System for Characterizing Survival after Aortic Dissection. *The American Journal of Medicine*. 2013 Aug 1;126(8):730.e19-730.e24.
9. 2022 ACC/AHA Guideline for the Diagnosis and Management of Aortic Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines | *Circulation* [Internet]. [cited 2023 Mar 30]. Available from:  
  
<https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIR.0000000000001106>
10. Daily PO, Trueblood HW, Stinson EB, Wuerflein RD, Shumway NE. Management of acute aortic dissections. *Ann Thorac Surg*. 1970 Sep;10(3):237–47.
11. DeBakey ME, Henly WS, Cooley DA, Morris GC, Crawford ES, Beall AC. SURGICAL MANAGEMENT OF DISSECTING ANEURYSMS OF THE AORTA. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1965 Jan;49:130–49.
12. Czerny M, Schmidli J, Adler S, van den Berg JC, Bertoglio L, Carrel T, et al. Current options and recommendations for the treatment of thoracic aortic pathologies involving the aortic arch: an expert consensus document of the European Association for Cardio-Thoracic surgery (EACTS) and the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2019 Jan 1;55(1):133–62.
13. Tsai TT, Nienaber CA, Eagle KA. Acute Aortic Syndromes. *Circulation*. 2005 Dec 13;112(24):3802–13.
14. Salik I, Rawla P. Marfan Syndrome. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [cited 2023 Apr 15]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537339/>
15. Miklovic T, Sieg VC. Ehlers Danlos Syndrome. In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [cited 2023 Apr 15]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK549814/>

16. Gouda P, Kay R, Habib M, Aziz A, Aziza E, Welsh R. Clinical features and complications of Loeys-Dietz syndrome: A systematic review. *Int J Cardiol.* 2022 Sep 1;362:158–67.
17. Nienaber CA, Fattori R, Mehta RH, Richartz BM, Evangelista A, Petzsch M, et al. Gender-Related Differences in Acute Aortic Dissection. *Circulation.* 2004 Jun 22;109(24):3014–21.
18. Evangelista A, Isselbacher EM, Bossone E, Gleason TG, Eusanio MD, Sechtem U, et al. Insights From the International Registry of Acute Aortic Dissection. *Circulation.* 2018 Apr 24;137(17):1846–60.
19. Trimarchi S, Nienaber CA, Rampoldi V, Myrmet T, Suzuki T, Mehta RH, et al. Contemporary results of surgery in acute type A aortic dissection: The International Registry of Acute Aortic Dissection experience. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005 Jan;129(1):112–22.
20. Bayamin K, Power A, Chu MWA, Dubois L, Valdis M. Malperfusion syndrome in acute type A aortic dissection: Thinking beyond the proximal repair. *J Card Surg.* 2022 Nov;37(11):3827–34.
21. Czerny M, Schoenhoff F, Etz C, Englberger L, Khaladj N, Zierer A, et al. The Impact of Pre-Operative Malperfusion on Outcome in Acute Type A Aortic Dissection: Results From the GERAADA Registry. *J Am Coll Cardiol.* 2015 Jun 23;65(24):2628–35.
22. Pacini D, Leone A, Belotti LMB, Fortuna D, Gabbieri D, Zussa C, et al. Acute type A aortic dissection: significance of multiorgan malperfusion. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2013 Apr;43(4):820–6.
23. Berretta P, Trimarchi S, Patel HJ, Gleason TG, Eagle KA, Di Eusanio M. Malperfusion syndromes in type A aortic dissection: what we have learned from IRAD. *J Vis Surg.* 2018 Mar 31;4:65.
24. Estrera AL, Garami Z, Miller CC, Porat EE, Achouh PE, Dhareshwar J, et al. Acute type A aortic dissection complicated by stroke: can immediate repair be performed safely? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006 Dec;132(6):1404–8.

25. Di Eusanio M, Patel HJ, Nienaber CA, Montgomery DM, Korach A, Sundt TM, et al. Patients with type A acute aortic dissection presenting with major brain injury: should we operate on them? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013 Mar;145(3 Suppl):S213-221.e1.
26. Correlates of Delayed Recognition and Treatment of Acute Type A Aortic Dissection | *Circulation* [Internet]. [cited 2023 Apr 26]. Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/circulationaha.110.006320>
27. Roos JE, Willmann JK, Weishaupt D, Lachat M, Marincek B, Hilfiker PR. Thoracic aorta: motion artifact reduction with retrospective and prospective electrocardiography-assisted multi-detector row CT. *Radiology.* 2002 Jan;222(1):271–7.
28. John Libbey Eurotext - Sang Thrombose Vaisseaux - Rôle de l'échocardiographie transthoracique dans le diagnostic de la dissection aiguë aortique type A de Stanford [Internet]. [cited 2023 Oct 24]. Available from: [https://www.jle.com/fr/revues/stv/e-docs/role\\_de\\_lechocardiographie\\_transthoracique\\_dans\\_le\\_diagnostic\\_de\\_la\\_dissection\\_aigue\\_aortique\\_type\\_a\\_de\\_stanford\\_293736/article.phtml?tab=citer](https://www.jle.com/fr/revues/stv/e-docs/role_de_lechocardiographie_transthoracique_dans_le_diagnostic_de_la_dissection_aigue_aortique_type_a_de_stanford_293736/article.phtml?tab=citer)
29. Suzuki T, Distanto A, Zizza A, Trimarchi S, Villani M, Salerno Uriarte JA, et al. Diagnosis of Acute Aortic Dissection by D-Dimer. *Circulation.* 2009 May 26;119(20):2702–7.
30. Trimarchi S, Eagle KA, Nienaber CA, Rampoldi V, Jonker FHW, De Vincentiis C, et al. Role of age in acute type A aortic dissection outcome: report from the International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD). *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010 Oct;140(4):784–9.
31. null null, Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA, Bersin RM, Carr VF, et al. 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM Guidelines for the Diagnosis and Management of Patients With Thoracic Aortic Disease. *Circulation.* 2010 Apr 6;121(13):e266–369.

32. Leontyev S, Borger MA, Etz CD, Moz M, Seeburger J, Bakhtiary F, et al. Experience with the conventional and frozen elephant trunk techniques: a single-centre study. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2013 Dec;44(6):1076–82; discussion 1083.
33. Neurological Outcomes After Immediate Aortic Repair for Acute Type A Aortic Dissection Complicated by Coma | *Circulation* [Internet]. [cited 2023 Mar 29]. Available from: <https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.011551>
34. Ma WG, Zhang W, Wang LF, Zheng J, Ziganshin BA, Charilaou P, et al. Type A aortic dissection with arch entry tear: Surgical experience in 104 patients over a 12-year period. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2016 Jun 1;151(6):1581–92.
35. Malvindi PG, Modi A, Miskolczi S, Kaarne M, Velissaris T, Barlow C, et al. Open and closed distal anastomosis for acute type A aortic dissection repair. *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*. 2016 Jun 1;22(6):776–83.
36. Geirsson A, Shioda K, Olsson C, Ahlsson A, Gunn J, Hansson EC, et al. Differential outcomes of open and clamp-on distal anastomosis techniques in acute type A aortic dissection. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2019 May 1;157(5):1750–8.
37. Borst HG, Walterbusch G, Schaps D. Extensive aortic replacement using “elephant trunk” prosthesis. *Thorac Cardiovasc Surg*. 1983 Feb;31(1):37–40.
38. Dake MD, Miller DC, Mitchell RS, Semba CP, Moore KA, Sakai T. The “first generation” of endovascular stent-grafts for patients with aneurysms of the descending thoracic aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1998 Nov;116(5):689–703; discussion 703-704.
39. Kato M, Ohnishi K, Kaneko M, Ueda T, Kishi D, Mizushima T, et al. New graft-implanting method for thoracic aortic aneurysm or dissection with a stented graft. *Circulation*. 1996 Nov 1;94(9 Suppl):II188-93.



40. Suto Y, Yasuda K, Shiiya N, Murashita T, Kawasaki M, Imamura M, et al. Stented elephant trunk procedure for an extensive aneurysm involving distal aortic arch and descending aorta. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1996 Nov 1;112(5):1389–90.
41. Usui A, Fujimoto K, Ishiguchi T, Yoshikawa M, Akita T, Ueda Y. Cerebrospinal dysfunction after endovascular stent-grafting via a median sternotomy: the frozen elephant trunk procedure. *Ann Thorac Surg*. 2002 Nov;74(5):S1821-1824; discussion S1825-1832.
42. Karck M, Chavan A, Hagl C, Friedrich H, Galanski M, Haverich A. The frozen elephant trunk technique: a new treatment for thoracic aortic aneurysms. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2003 Jun;125(6):1550–3.
43. Helder MRK, Schaff HV, Day CN, Pochettino A, Bagameri G, Greason KL, et al. Regional and Temporal Trends in the Outcomes of Repairs for Acute Type A Aortic Dissections. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2020 Jan 1;109(1):26–33.
44. Benedetto U, Mohamed H, Vitulli P, Petrou M. Axillary versus femoral arterial cannulation in type A acute aortic dissection: evidence from a meta-analysis of comparative studies and adjusted risk estimates. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2015 Dec 1;48(6):953–9.
45. Livesay JJ, Cooley DA, Duncan JM, Ott DA, Walker WE, Reul GJ. Open aortic anastomosis: improved results in the treatment of aneurysms of the aortic arch. *Circulation*. 1982 Aug;66(2 Pt 2):122-127.
46. Yan TD, Bannon PG, Bavaria J, Coselli JS, Elefteriades JA, Griep RB, et al. Consensus on hypothermia in aortic arch surgery. *Ann Cardiothorac Surg*. 2013 Mar;2(2):163–8.
47. Lawton JS, Liu J, Kulshrestha K, Moon MR, Damiano RJ, Maniar H, et al. The impact of surgical strategy on survival after repair of type A aortic dissection. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2015 Aug 1;150(2):294-301.e1.

48. McCullough JN, Zhang N, Reich DL, Juvonen TS, Klein JJ, Spielvogel D, et al. Cerebral metabolic suppression during hypothermic circulatory arrest in humans. *Ann Thorac Surg.* 1999 Jun;67(6):1895–9; discussion 1919-1921.
49. Ehrlich MP, McCullough JN, Zhang N, Weisz DJ, Juvonen T, Bodian CA, et al. Effect of hypothermia on cerebral blood flow and metabolism in the pig. *Ann Thorac Surg.* 2002 Jan;73(1):191–7.
50. Ss P, Jm H, Je B, Hj P, S T, D P, et al. Moderate Versus Deep Hypothermia in Type A Acute Aortic Dissection Repair: Insights from the International Registry of Acute Aortic Dissection. *The Annals of thoracic surgery* [Internet]. 2021 Dec [cited 2023 Feb 26];112(6). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33515541/>
51. Englum BR, He X, Gulack BC, Ganapathi AM, Mathew JP, Brennan JM, et al. Hypothermia and cerebral protection strategies in aortic arch surgery: a comparative effectiveness analysis from the STS Adult Cardiac Surgery Database. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2017 Sep 1;52(3):492–8.
52. Sayed A, Munir M, Bahbah EI. Aortic Dissection: A Review of the Pathophysiology, Management and Prospective Advances. *Curr Cardiol Rev.* 2021 Jul 20;17(4):e230421186875.
53. Chaddha A, Kline-Rogers E, Woznicki EM, Brook R, Housholder-Hughes S, Braverman AC, et al. Activity Recommendations for Post-aortic Dissection Patients. *Circulation.* 2014 Oct 14;130(16):e140–2.
54. Chaddha A, Eagle KA, Braverman AC, Kline-Rogers E, Hirsch AT, Brook R, et al. Exercise and Physical Activity for the Post-Aortic Dissection Patient: The Clinician’s Conundrum. *Clinical Cardiology.* 2015;38(11):647–51.
55. Poon SS, Tian DH, Yan T, Harrington D, Nawaytou O, Kuduvalli M, et al. Frozen elephant trunk does not increase incidence of paraplegia in patients with acute type A aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020 Apr;159(4):1189-1196.e1.

56. Tsagakakis K, Pacini D, Di Bartolomeo R, Gorlitzer M, Weiss G, Grabenwoger M, et al. Multicenter early experience with extended aortic repair in acute aortic dissection: is simultaneous descending stent grafting justified? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010 Dec;140(6 Suppl):S116-120; discussion S142-S146.
57. Hanif H, Dubois L, Ouzounian M, Peterson MD, El-Hamamsy I, Dagenais F, et al. Aortic Arch Reconstructive Surgery With Conventional Techniques vs Frozen Elephant Trunk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Can J Cardiol.* 2018 Mar;34(3):262–73.
58. Preventza O, Liao JL, Olive JK, Simpson K, Critsinelis AC, Price MD, et al. Neurologic complications after the frozen elephant trunk procedure: A meta-analysis of more than 3000 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020 Jul;160(1):20-33.e4.
59. Chikwe J, Cavallaro P, Itagaki S, Seigerman M, Diluozzo G, Adams DH. National outcomes in acute aortic dissection: influence of surgeon and institutional volume on operative mortality. *Ann Thorac Surg.* 2013 May;95(5):1563–9.
60. Omura A, Miyahara S, Yamanaka K, Sakamoto T, Matsumori M, Okada K, et al. Early and late outcomes of repaired acute DeBakey type I aortic dissection after graft replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016 Feb;151(2):341–8.
61. Kim JB, Chung CH, Moon DH, Ha GJ, Lee TY, Jung SH, et al. Total arch repair versus hemiarch repair in the management of acute DeBakey type I aortic dissection. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2011 Oct;40(4):881–7.
62. Norton EL, Wu X, Farhat L, Kim KM, Patel HJ, Deeb GM, et al. Dissection of Arch Branches Alone: An Indication for Aggressive Arch Management in Type A Dissection? *Ann Thorac Surg.* 2020 Feb;109(2):487–94.
63. Verhoye JP, Belhaj Soulami R, Fouquet O, Ruggieri VG, Kaladji A, Tomasi J, et al. Elective frozen elephant trunk procedure using the E-Vita Open Plus prosthesis in 94 patients: a multicentre French registry. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2017 Oct 1;52(4):733–9.

VU

NANCY, le **09 octobre 2023**

NANCY, le **12 octobre 2023**

Le Président de Thèse

Le Doyen de la Faculté de Médecine

**Professeur Stéphane RENAUD**

**Professeur Marc BRAUN**

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE/ **13256C**

NANCY, le **25 octobre 2023**

La Présidente de l'Université de Lorraine

**Madame Hélène BOULANGER**

---

## RESUMÉ DE LA THÈSE

**Objectif** : Comparaison de la survie post-opératoire entre un remplacement total de l'arche aortique par la technique Frozen Elephant Trunk (FET) versus un remplacement de l'hémiarche chez des patients présentant une dissection aortique aiguë de type I avec dissection des troncs supra-aortiques (TSA) sans signe de malperfusion cérébrale.

**Méthode** : Entre janvier 2015 et avril 2023, 42 patients ont été inclus rétrospectivement dans notre étude dans le département de chirurgie cardiaque au CHRU de Nancy. 25 avaient bénéficié d'un remplacement par FET, et 17 d'un remplacement de l'hémiarche. Tous les patients présentaient une dissection étendue au tronc artériel brachio-céphalique ou à la carotide gauche, et ne présentaient pas de signe de malperfusion cérébrale.

**Résultats** : Les deux groupes ne présentaient pas de différence significative concernant l'étendue de la dissection aux TSA. Le temps de circulation extracorporelle, de clampage aortique et d'arrêt circulatoire étaient significativement plus long dans le groupe FET. Nous n'avons pas montré de différence significative sur la mortalité à 30 jours post-opératoire entre les deux groupes (FET 12%, Hémiarche 0%,  $p=0,2593$ ) ni sur la survie globale ( $p=0,5243$ ). Le taux de réintervention à distance sur l'aorte restante étaient cependant plus important dans le groupe FET (36,4% versus 0 % ,  $p=0,0056$ ). Les complications neurologiques permanentes étaient similaires dans les deux groupes (FET 8% et Hémiarche 11,8 ;  $p= 1,0000$ ).

**Conclusion** : Selon les résultats primaires similaires dans ces deux groupes, et la non-infériorité de la technique de l'hémiarche en ce qui concerne les complications neurologiques, la malperfusion d'organes et les résultats tardifs sur l'aorte restante, nous suggérons qu'un « no touch » sur les TSA et l'aorte distale pourrait être une meilleure option chez les patients sans signe de malperfusion cérébrale.

---

**TITRE EN ANGLAIS** : Hemiarch versus Frozen Elephant Trunk in acute aortic dissection extending to the arch branch vessels : comparison of two surgical techniques

---

**THÈSE** : MÉDECINE SPÉCIALISÉE – CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIO VASCULAIRE - ANNÉE 2023

---

**MOTS CLÉS** : dissection aortique aiguë, frozen elephant trunk, malperfusion, troncs supra-aortiques

---

### ADRESSE DE LA FACULTÉ :

Université de Lorraine

Faculté de Médecine, Maïeutique et métiers de la santé à Nancy

9, avenue de la Forêt de Haye

54 500 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex

---